إدارة المناهج والكتب المدرسية

التكييف والتبريد

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الأول
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

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

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (2020/27)، تاريخ 2020/5/4م، بدءًا من العام الدراسي 2022/2021م.

حقوق الطبع جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمان – الأردن ص ب: (1930)

الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2021/7/4100)
ISBN: 978 - 9957 - 84 - 977 - 1

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 أبورحمة

التحرير العلمي: م. عبد المجيد حسين أبو هنية — التحرير اللغوي: د. خليل إبراهيم القعيسي
التحرير الفني: نرمين داود العزة — التصميم: فخري موسى الشبول
الإنتاج: د. عبد الرحمن سليمان أبو صعيليك

دقق الطباعة وراجعها: م. ثامر سامي الحلايبه

الطبعة الأولى
أعيدت طباعته

منهاجي
متعة التعليم الهادف

1442هـ/ 2021م
2022 - 2023م

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	
المسوغات	7
النتاجات التعلمية المحورية	8
إرشادات للطلبة	10
قواعد السلامة والصحة المهنية	12
الوحدة الأولى: أساسيات تكييف الهواء والعمليات السيكرومترية	
أولًا: العمليات الأساسية لتكييف الهواء	33
ثانيًا: الخريطة السيكرومترية	37
ثالثًا: العمليات السيكرومترية	59
التمرين العملي (1): قياس خصيصتين للهواء وتحديد باقي الخواص على المخطط السيكرومتري	82
التمرين العملي (2): تحديد خصائص الهواء على المخطط السيكرومتري مستعينًا بجهاز خصائص الهواء	84
التمرين العملي (3): تحديد خصائص الهواء على المخطط السيكرومتري مستعينًا بجهاز خصائص الهواء بعد تعديل نسب خلط الهواء	89
الوحدة الثانية: أجهزة التكييف المنزلية	
مكيف النافذة	94
مكيفات الهواء المجزأة	108
التمرين (1): تنظيف فلتر مكيف النافذة	146
التمرين (2): تركيب مكيف الهواء المجزأ	148
التمرين (3) تنفيذ التوصيلات الكهربائية للوحدتين الداخلية والخارجية للمكيف المجزأ	154

التمرين (4): تحديد أطراف المحرّك متعدد السرعات ---------- 157
التمرين (5): فَكّ لوحة التحكم الإلكترونية للمكيف المجزأ وإعادة تركيبها ------- 159
التمرين (6): فَكّ مجسات المكيف المجزأ وفحصها وإعادة تركيبها ---------- 161
التمرين (7): فَكّ مروحة المبخّر ومحرّكها ---------- 163
التمرين (8): فَكّ حوض التصريف الخاص بالوحدة الداخلية وتنظيفه ---------- 165
التمرين (9): استبدال مروحة المكثف الخاص في الوحدة الخارجية ---------- 167
التمرين (10): فحص الصمّام العاكس ميكانيكيًّا وكهربائيًّا وتغييره ---------- 169
التمرين (11): تثبيت مكيف مجزأ ذي قدرة متغيرة (الإنفيرتر)، وتشغيله، ومراقبة
تغير قدرته عن طريق قياس التيّار الكهربائي المسحوب ---------- 173
التمرين (12): تثبيت مكيف محمول ذي خرطوم الهواء وتشغيله ---------- 176
مسرد المصطلحات ---------- 179
قائمة المراجع ---------- 181

منهاجي
متعة التعليم الهادف

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيّدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، أمّا بعد.

فانطلاقًا من رؤية وزارة التربية والتعليم، وانسجامًا مع أهدافها الخاصة بتطوير التعليم، جاء تطوير منهاج التكييف والتبريد بدعم من الوكالة الكورية للتنمية الدولية (KOICA)، والوكالة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ)؛ ليواكب التغيير المتسارع والتطور التكنولوجي المستمر، فأوكل تنفيذ هذا المنهاج إلى مركز هندسة العقول للتدريب والاستشارات لتنفيذه، بإشراف كادر متخصص من الخبراء والفنيين التابعين لوزارة التربية والتعليم الأردنية، ووفقًا لمنهجية التدريب المبني على أساس وحدة الكفاية CBT، وأُعدّت المواد التعليمية والتدريبية وفقًا لمنهجية (5Es) بما يحقق المعايير المهنية لسوق العمل، ويؤدي إلى تقليل الفجوة التدريبية بين التدريب والممارسة في سوق العمل في مجال التكييف والتبريد؛ لإكساب الطلبة المهارات الأدائية والنظرية والاتجاهية كلها، المتعلقة بمهنة التكييف والتبريد، وقد طوّرت الوزارة المناهج تماشيًا وحاجات سوق العمل، وإعداد جيل من الطلبة يتمتع بمهارات حياتية ومهنية، مبنية على أساس كفايات سوق العمل، حيث يرتكز إعداد هذا المنهاج على المعرفة العلمية والخبرات العمليّة، ودمج المعرفة النظرية في التطبيق العملي عَبْرَ إستراتيجيات تعليمية وتدريبية حديثة (5Es)، حيث تعتمد هذه الإستراتيجية المتبعة في إعداد المنهاج على الطالب (المتدرب) محورًا للعملية التعليمية – التعلمية، فحرصت الوزارة على أن يتمتع الطلبة بالقدرة على البحث عن المعرفة وتحليلها؛ ليتولّد لديهم معرفة جيدة، وليتواصلوا مع الآخرين بطرائق متعددة بصورة لائقة، ملتزمين أخلاقيات العمل الجماعي، وليمارسوا التفكير الناقد والإبداعي في حل المشكلات بصورة علمية، مستثمرين ذلك في صنع القرارات.

وقد قُسّم الفصل الدراسي الأول من الصف الثاني عشر وحدتين تدريبيتين، يتعرّف الطالب في الوحدة الأولى أساسيات تكييف الهواء والعمليات السيكرومترية، وفي الوحدة الثانية أجهزة تكييف الهواء المنزلية، وقد أُدرج في هذا الكتاب كثير من الصور، والرسوم التوضيحية،

والأشكال، والجداول، والأنشطة، والقضايا البحثية، والزيارات الميدانية؛ ليحصل الطالب على المعرفة بطرائق مختلفة ومتنوعة، وأعقب الكتاب ملحق المصطلحات الإنجليزية، لتسهيل مهمة الدارسين والمهتمين، خصوصًا في عمليات البحث.

مرّ هذا الكتاب بمراحل عدةّ حتى أُنجز بالصورة التي بين أيديكم، بدأت بدراسة الحاجات وتحليلها، وتمثلت بالمسح الميداني الذي نُفّذ عَبْرَ حصر الكفايات المهنية لتخصص التكييف والتبريد، التي يحتاج إليها القطاعان العام والخاص، ثم وضع هذه الكفايات في ما يُسمى الإطار العام للتخصص، ووضع النتاجات العامة والخاصة، وتطوير الخطة الدراسية ثم إعداد محتوى التعلم، وهو الكتاب مرحلة أولى يتبعه دليل المعلم، وأخيرًا حوسبة المنهاج.

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

والله وليّ التوفيق

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، وصنع القرار الصحيح بشأنها، عند مزاولتهم المهنة في الحياة العملية.

يسعى هذا التخصص إلى غرس مبادئ العمل، وقيمه، واحترامها لدى الطلبة، وَفْقًا 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 إيجابًا في سوق العمل، ويسهم في إعداد طلبة قادرين على إدارة الوقت واستثماره، ما يحقق رؤية وزارة التربية والتعليم وينفذ أهدافها في مجال الاقتصاد المبني على المعرفة وتوظيفها واستثمارها؛ لتكون عونًا لهم في حياتهم العملية.

لذا؛ ينبغي لتخصص التكييف والتبريد أن يُزوّد الطلبة بالمهارات الآتية:

- مهارات خاصة كافية لإجراء أعمال التكييف والتبريد حسب معايير سوق العمل.
- قدر كافٍ من المعارف والمهارات الأساسية في مجال التكييف والتبريد.
- مهارات العمل الأساسية وقيمه، التي تخلق اتجاهات جديدة في تقدير المهنة وأخلاقياتها والتأسي بالأنبياء الذين احترفوا 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.

النتاجات التعلمية المحورية

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

رقم الكفاية	الكفايات	النتاجات العامة للفصل	الوحدة	ملاحظات
1	أساسيات تكييف الهواء والعمليات السيكرومترية.	استعمال المخطّط السيكرومتري (Psychometric Chart) لتحديد خصائص الهواء.	الأولى	في الدروس النظرية والتمارين العملية.
2	تفريغ أنظمة التكييف والتبريد المنزلية والتجارية وشحنها بوسيط التبريد المناسب والآمن بيئيًّا.	الوحدة التدريبية الثانية.	الثانية	في معظم التمارين العملية.
3	تركيب مكيفات الهواء (Constant System) على (Inverter System) أسس صحيحة من حيث اختيار الموقع والطرائق السليمة والآمنة في التركيب.	نتاجات الفصل العامة جميعها غُطيّت في الوحدات التدريبية في موقعها وَفْقًا لتسلسل مخطط الكفايات.	الثانية	موجودة في التمارين العملية جميعها التي تحتاج إلى تخطيط وقياس
4	فحص أجهزة التحكم ولوحات التحكم الإلكترونية المستخدمة في أنظمة التكييف والتبريد وتشغيلها.	نتاجات الفصل العامة جميعها غُطيّت في الوحدات التدريبية في موقعها وَفْقًا لتسلسل مخطط الكفايات.	الثانية	

5	مراعاة الأمور البيئية في التعامل مع وسائط التبريد واستعمال أجهزة التدوير الخاصة بها.	نتاجات الفصل العامة جميعها غُطيّت في الوحدات التدريبية في موقعها وَفْقًا لتسلسل مخطط الكفايات.		
6	استخدام تكنولوجيا المعلومات والتعلم مدى الحياة في مجال التكييف والتبريد.	نتاجات الفصل العامة جميعها غُطيّت في الوحدات التدريبية في موقعها وَفْقًا لتسلسل مخطط الكفايات.		في التمارين العملية والتعليم الإلكتروني
7	تطبيق قواعد السلامة العامة والصحة المهنية.	نتاجات الفصل العامة جميعها غُطيّت في الوحدات التدريبية في موقعها وَفْقًا لتسلسل مخطط الكفايات.		موجود في الدروس كلها تقريبًا.
8	العمل بروح الفريق، والتزام أخلاق المهنة	نتاجات الفصل العامة جميعها غُطيّت في الوحدات التدريبية في موقعها وَفْقًا لتسلسل مخطط الكفايات.	في التمارين العملية جميعها تقريبًا	

إرشادات للطلبة

الكفاية التقنية Technical Competence

إن الكفاية التقنية تستند إلى فكرة نقل المعرفة عن طريق عمل المشروع، وتنفيذ المشاريع عمومًا يعتمد على الخطوات الست الآتية:

إرشادات مهنية

عليك العمل عَبْر أسلوب المشاريع في ست خطوات كما يأتي:

1- الحصول على المعلومات Getting Information

بناءً على تعريف المشروع، يجب أن يحصل المتدربون على صورة واضحة للحل النهائي بما في ذلك التفاصيل. ويتحقق ذلك عبر تحليل منهجي لوثائق المشروع وطرح الأسئلة إذا لزم الأمر.

الأسئلة الممكنة في هذه المرحلة:

- ماذا يفترض أن أفعل؟
- هل فهمت المهمة المطلوبة بصورة دقيقة؟

2- التخطيط Planning

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

الأسئلة الممكنة في هذه المرحلة:

- كيف يمكنني المضي قُدُمًا في تحقيق المهمة المطلوبة؟
- ما المعلومات المطلوبة؟
- ما المساعدات المتاحة؟

3- اتخاذ القرار Decision Making

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

الأسئلة الممكنة في هذه المرحلة:

– ما الأدوات والمستلزمات التي سأستخدمها في التمرين؟

– هل استخدمت مصادر المعلومات المتوافرة جميعها؟

– هل التزمت متطلبات السلامة؟

4- التنفيذ Implementation

تُنفّذ المهمة بعد الأخذ بالخطوات السابقة.

يكون المتدربون قادرين على تنفيذ المهمة المطلوبة من دون مساعدة.

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

الأسئلة الممكنة في هذه المرحلة:

– هل اخترت التسلسل الصحيح لإنجاز المهمة؟

5- التدقيق Checking

يفحص المتدربون النتائج. من الممكن مقارنة النتيجة بوثائق الشركة المصنعة، ويجب التحقق من القياسات لمعرفة مدى واقعية القراءات.

الأسئلة الممكنة في هذه المرحلة:

– هل أنجزت أهداف المشروع؟

– هل اقتنع المدّرب والمعلم بالنتائج؟

6- التقييم Evaluation

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

قواعد السلامة والصحة المهنية

مقدمة عامة: السلامة والصحة المهنية

معلومات هامة

إن توفير بيئة عمل آمنة من المخاطر يؤدي إلى خفض عدد ساعات العمل المفقودة؛ نتيجة تغيب العاملين عن العمل؛ بسبب المرض أو الإصابة، والحد من تكاليف العلاج، والتأهيل، والتعويض عن الأمراض والإصابات المهنية، ما يؤدي إلى تحسين مستوى الإنتاج وزيادته، وتحافظ على العنصر المادي من التلف، فتقلل من الخسائر المادية المباشرة، ومن الخسائر المادية غير المباشرة، فتزداد المرابح والمكاسب.

إدارة المخاطر

وتعني قياس المخاطر المحتملة في بيئة العمل وتقيمها؛ للسيطرة عليها والحد منها ما أمكن أو منعها تمامًا، حيث تُدار المخاطر وَفْقًا للخطوات الآتية مرتبة حَسب الأولوية:

1- تحديد المخاطر: هي عملية تحديد مصادر المخاطر المحتملة، وتحديد الأشخاص المحتمل تعرضهم لهذه المخاطر.

2- تقييم المخاطر: هي عملية تقدير شدة الخطر.

3- تنفيذ إجراءات الوقاية من المخاطر وَفْقًا للتقييم أعلاه، وعمومًا هناك ستة إجراءات للتحكم بالمخاطر مرتبة حَسب الأولوية:

أ -الإزالة: وتعني أن أول إجراء يجب التفكير في تنفيذه هو إزالة الخطر كاملًا ونهائيًّا عن بيئة العمل إن أمكن.

ب-الاستبدال: عند عدم التمكن من إزالة الخطر نهائيًّا، يجب أن يُستبدل به آخر آمنًا إن أمكن.

جـ-العزل: إذا لم نتمكن من إزالة مصدر الخطر أو تغييره، فإن الإجراء المناسب هو عزل الخطر بعوازل مناسبة تقلل أضرار هذا الخطر أو تمنعها.

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

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

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

إجراءات الوقاية من مخاطر العمل في مهنة التكييف والتبريد

في ما يأتي أهم إجراءات الوقاية من المخاطر المحتملة في بيئة العمل في مجال التكييف والتبريد إضافة إلى ما تعلمته في الصفوف السابقة:

الأمراض الناجمة عن الحرارة (heat-related illness)، أو أمراض الحرارة (Heat illness) هي مجموعة من الاضطرابات المرضية التي تظهر نتيجة التعرض لدرجات حرارة مرتفعة، وتشمل أمراضًا طفيفة، مثل: التشنج الحراري، والإغماء الحراري، والإجهاد الحراري، بالإضافة إلى الحالات الأشد خطورة المعروفة باسم ضربة الحرارة، و تعرف ضربة الحرارة أنها ارتفاع في درجة حرارة الجسم لتصل إلى أكثر من (40.6) درجة سليسيوس؛ نتيجة تعرض الجسم لدرجة حرارة عالية، وضعف القدرة على تنظيم الحرارة، وتسبب الحرارة الزائدة للعامل الذي يتعرض إليها باستمرار، تقلصات في عضلات اليدين والقدمين، مصحوبة بالقيء والإنهاك.

التعرّض للحرارة الزائدة

إن الحرارة الزائدة تؤدي إلى تعرق العامل بصورة أكبر من المعتاد، وقد يؤدي ذلك إلى حدوث جفاف في الجلد، وارتفاع درجة حرارة جسم الإنسان، مسببة له الدوار ثم الإغماء، ومن الأمثلة على أمراض الحرارة:

1- الضربة الحرارية: هي ارتفاع في درجة حرارة الجسم أكثر من (40.6) درجة سليسيوس؛ نتيجة تعرض الجسم لدرجة حرارة عالية، وضعف القدرة على تنظيم الحرارة، وتحدث عندما لا يسعف الشخص المصاب بالإعياء الحراري، ويتطلب الأمر هنا المراقبة والمعالجة الطبية؛ لأنها حالة إسعافيه؛ لذا يجب نقل المصاب إلى أقرب مركز طبي.

من أعراضها: انعدام التعرق، وارتفاع درجة الحرارة، ووجود هذيان واضطراب في الرؤية، واختلال في توازن المصاب، وقد يصاب الشخص بالإغماء، ويكون الجلد جافًا وحارًا، وارتفاع ضربات القلب، وانخفاض في ضغط الدم، ويصبح التنفس عميقًا وسريعًا، ما يتطلب إجراء إسعاف أولي، حيث تخلع الملابس الثقيلة للمصاب ويُغطى جسمه بمناشف مبللة مستعملين تيارًا هوائيًا، إلّا أن الإسعاف الأولي لا يكفي، فيجب نقل المصاب إلى أقرب مركز طبي متخصص.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

2- الإجهاد الحراري: يمكن أن يكون تمهيدًا لضربة الحرارة، ومن أعراضه التعرق الشديد، وسرعة التنفس، وضعف النبض.

3- الإعياء الحراري (الإغماء الحراري): هو عدم قدرة الجهاز الدوري وجهاز التحكم الحراري على مجاراة الارتفاع في درجة حرارة الجسم نتيجة الجهد البدني في الجو الحار.

أعراضه: ارتفاع ضربات القلب، وانخفاض كميّة التعرق، وانخفاض كميّة اللعاب مع حدوث تعب شديد قد يصاحبه دوخة.

ما يجب عمله عند حدوث هذه الحالة: التوقف عن ممارسة أي نشاط، ونقل المصاب إلى مكان ظليل وبارد، وتبريد الجسم عن طريق شرب السوائل، وترطيب الجسم، وتوفير تهوية جيدة للمصاب، إذا زالت الأعراض، فينقل المصاب إلى أقرب مركز طبي.

تنتقل الحرارة من مصادر الحرارة كالأفران إلى الأجسام الموجودة في حيز العمل بطرائق ثلاث هي: الإشعاع، والتماس، و الحِمْل.

التعرض للبرد الشديد

التعرض للبرد من (2 إلى 14) ساعة قد يصيب الشخص بتورم في أصابع القدم، والأيدي والأذن، والأجزاء السفلية من الساقين، وتظهر في صورة عُقَدٍ حمراء مائلة للزرقة، ترافقها حكة شديدة عند التعرض للتدفئة قد تدوم ساعتين، وتزول بعد تسخين الأصابع أو المنطقة المصابة، وتعود الحالة مجددًا بالظهور بعد التعرض للبرد الشديد، ويُسمى هذا المرض كذلك تورم الأصابع الشتائي؛ لأنه يصيب بعض الأشخاص في فصل الشتاء، خصوصًا عندما يكون البرد قارسًا (درجة الحرارة أقل من 10°)، ويكون علاج هذا المرض عن طريق أدوية يتناولها كل أربع سنوات أو خمس، قبل أشهر عدة من البرد القارس، ويمكن كذلك الوقاية منه بتفادي التعرض للطقس البارد مدة طويلة، أو تسخين المناطق المعرضة للإصابة بالمرض، بما فيه الكفاية قبل ظهور التورم. و يشير معظم العلماء والمتخصصين في هذا المجال إلى أن درجة الحرارة المثلى لصحة الإنسان تقع بين 18 درجة مئوية وبين 25 درجة مئوية، وعند تعرض الإنسان لانخفاض درجات الحرارة، تحدث تغيرات في جسمه تستدعي إنتاج الحرارة داخله؛ لتعويض النقص بالحرارة، إن استمر فقدان الحرارة مدة أطول، وعجز الجسم عن تنظيم ذلك وتعويضه، يقل التدفق الدموي للأعضاء كالأطراف،

وتنقبض الأوعية الدموية، وللبرد تأثير عام في الجسم، وتأثير موضعي في المناطق المعرضة للبرد، فالتأثير الأول يُعبَّر عنه بصدمة البرد أو انخفاض درجات حرارة الجسم إلى أقل من 35 درجة مئوية؛ لأن درجة الحرارة الطبيعية لجسم الإنسان هي 37 درجة مئوية، ويظهر على المصاب علامات الشحوب والقشعريرة، رد فعل للجسم لتوليد طاقة إضافية، و يصاب بالتعب وصعوبة التنفس، وقد يضطرب الإحساس عند المصاب الذي تعرض للبرودة الزائدة، فيشعر برغبة في خلع ملابسه بسبب إحساسه بحرارة جسمه، وهذا الإحساس كاذب، ولا ينبغي له السماح بذلك.

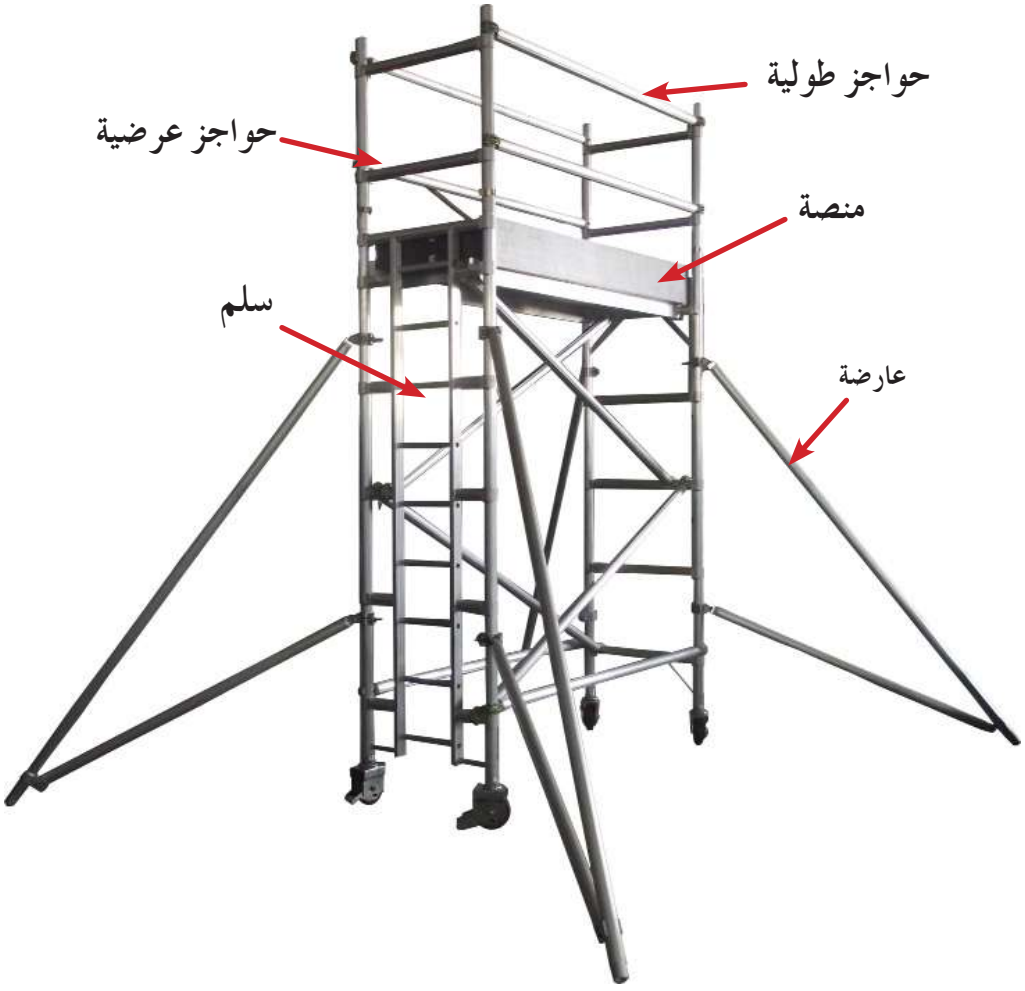
مخاطر العمل على السقالات

تُستعمل السقالات والسلالم النقالة لتنفيذ الأعمال المختلفة في الأماكن المرتفعة، ويجب اختيار السقالة أو السلم المناسب لبيئة العمل وارتفاع موقع العمل وطبيعة العمل؛ لتنفيذ العمل بصورة سليمة من دون التعرض للمخاطر.

السقالة منصة مرتفعة عن الأرض فوق دعامات قوية مثبتة بإحكام، أو معلقة بحبال قوية ومتينة، وتعزى مخاطر السقالات في بيئة العمل إلى سقوط الأشياء على العاملين أو المارين أسفلها، أو سقوط العاملين عنها، وقد تؤدي إساءة استعمال السقالات إلى إصابات شديدة، قد تصل في بعض الأحيان إلى الوفاة، من أسباب حوادث السقالات ما يأتي:

عيوب في التصميم، مثل:

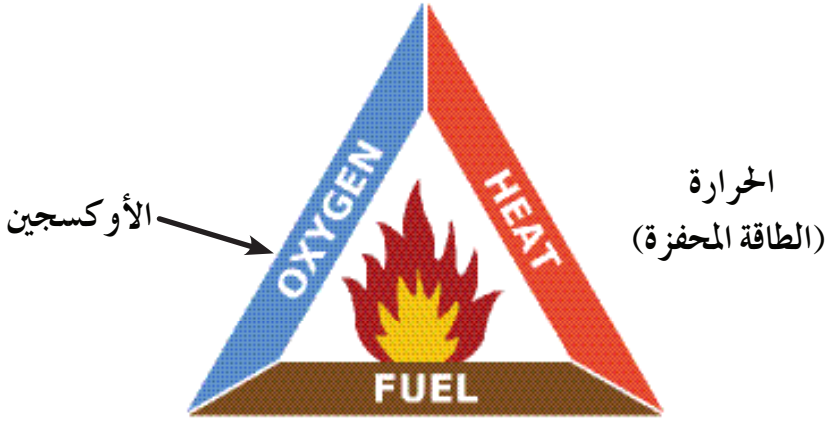
1- قص في القوائم والدعامات أو سائل الربط والتثبيت، أو غياب حواجز الوقاية الجانبية، أو حواجز القدم.
2- نقص في عرض الألواح وعدم تثبيتها أو اتزانها.
3- نقص معدات الوصول إلى السقالات (الصعود والهبوط، والسلالم).
4- عيوب في مواد تصنيع السقالة: استعمال أخشاب (فيها كسور أو شقوق أو عُقَد)؛ لذا يجب تفقد مكونات السقالة والتأكد من سلامتها قبل مباشرة العمل عليها، يُبيّن الشكل الآتي مكونات السقالة.



سوء الاستخدام، مثل: التحميل الزائد، أو إزالة الحواجز الواقية أو إتلافها أو إزالة جزء من أجزاء السقالة، أو استخدام السقالات في أغراض غير مخصصة لها.

مخاطر الحريق

تبدأ الحرائق غالبًا في نطاق ضيق، ومعظمها ينشأ من مستصغر الشرر؛ لعدم اتّباع طرائق الوقاية من الحرائق، لكنها سرعان ما تنتشر – إذا لم تُطفأ في الوقت المناسب – مخلفة خسائر فادحة في الأرواح، والمتاع، والأموال، والمنشآت؛ لذا يجب اتخاذ التدابير الوقائية من مخاطر نشوب الحرائق لمنع حدوثها والقضاء على مسبباتها، وتعرّف عملية الاحتراق (نظرية الاشتعال) أنها تلك الظاهرة الكيميائية التي تحدث نتيجة اتحاد المادة المشتعلة بوجود الأوكسجين ودرجة حرارة كافية لبدء الاشتعال، حيث إن لكل مادة من المواد درجة حرارة اشتعال خاصة بها تُسمّى (نقطة الاشتعال)؛ لذا يجب أن تتوافر ثلاثة عناصر هي: الوقود، والحرارة، والأوكسجين معًا لبدء الاشتعال، وهو ما يُطلق عليه (مثلث الحريق)، يُبيّن الشكل الآتي مثلث الحريق:



1- **الوقود**: يتوافر الوقود بحالته الصلبة، مثل: الخشب، والورق، والقماش، وغيرها، أو بحالته السائلة وشبه السائلة، مثل: الشحوم بأنواعها جميعها، والزيوت والبنزين والكحول وغيرها، أو بحالته الغازية، مثل: غاز البوتان، وغاز الأستلين، وغاز الميثان، وغيرها.

2- **الحرارة**: درجة الحرارة اللازمة لبدء الاشتعال ويسببها اللهب، أو الاحتكاك، أو أشعة الشمس، أو الشرر، أو التفاعلات الكيميائية.

3- **الأوكسجين**: يتوافر الأوكسجين في الهواء الجوي بنسبة (19-21%).

تصنيف الحرائق

1- **حرائق النوع الأول(A)**: تنشأ في المواد الصلبة التي تكون غالبًا ذات طبيعة عضوية (مركّبات الكربون) كالورق، والخشب، والأقمشة.

2- **حرائق النوع الثاني (B)**: تحدث بالسوائل أو المواد المنصهرة القابلة للاشتعال.

3- **حرائق النوع الثالث (C)**: حرائق الغازات القابلة للاشتعال، وتشمل الغازات البترولية المسالة كالبروبان، والبيوتان، وتستعمل الرغاوى والمساحيق الكيميائية الجافة لمواجهة حرائق الغازات في حالة السيولة عند تسرّبها على الأرض، وتستعمل أيضًا رشّاشات المياه لتبريد عبوات الغاز.

4- **حرائق النوع الرابع (D)**: تحدث في المعادن، ولا تستعمل المياه لإطفائها؛ لعدم فاعليتها، ويُستعمل غالبًا مسحوق الجرافيت، أو بودرة التلك، أو الرمل الجاف، أو أنواع أخرى من المساحيق الكيميائية الجافة لإطفاء هذا النوع من الحرائق.

أنواع الطفّايات اليدوية

1- طفاية الماء.

2- طفاية الفوم (الرغوة).

3- طفاية ثاني أكسيد الكربون.

4- طفاية البودرة الجافة.

5- طفاية الهالون.

6- طفاية البودرة السائلة.

إجراءات الوقاية من مخاطر الحرائق

للوقاية من مخاطر الحرائق، لابد من توافر شروط محدّدة لهذا الغرض في تصميم المبنى، وتوافر شروط الوقاية من الحرائق في الأبواب، والمداخل، والمخارج، ومخارج النجاة، والممرات، والساحات، ولوحات إرشادية لمخرج النجاة، ووضع لافتات وإشارات للتحذير، والإرشاد والمنع للوقاية من الحريق، مثل إشارات ممنوع التدخين، وغيرها، وتوفير خزان مياه موصول بشبكة مكافحة الحريق سعته ومواصفاته مطابقة لشروط السلامة، إضافة إلى التزام شروط التخزين الآمنة للمواد القابلة للاشتعال، وتدريب العاملين في بيئة العمل على خطة الإخلاء، وعلى إجراءات مكافحة الحرائق، وكيفية استعمال أجهّزة الإطفاء والإنذار. ومن إجراءات الوقاية من مخاطر الحريق ما يأتي :

إجراءات الوقاية من مخاطر الحرائق

1- تزويد موقع العمل بنظام إنذار مبكر بنشوب حريق.

2- توفير خطة إخلاء جيدة، والتدريب الجيد على تنفيذها.

3- تخصيص منطقة آمنة للتجمّع عند حدوث حريق، وممرات آمنة للوصول إلى منطقة التجمع وتوعية العاملين بذلك.

4- تجهيز مخطّط مخارج النجاة، وتوزيع نسخ منه في الممرات وقرب المداخل يراه الجميع.

5- توفير التهوية الكافية في بعض الأماكن المحتمل وجود أبخرة، أو غازات، أو أتربة قابلة للاشتعال فيها، في مواقع السلالم ومسالك الهروب عامة.

6- توافر طفّايات حريق يدوية موزّعة بحيث تُغطي مساحة الموقع كلها.

7- توفير وسيلة سهلة لقطع التيار الكهربائي عند حصول أي طارئ يستدعي ذلك.

8- تخزين المواد القابلة للاشتعال بعيدًا عن مصادر النيران، وتوفير التهوية بالمخازن، عَبْر إيجاد مناطق فاصلة بين الأبنية وبين مخازن المواد القابلة للاشتعال.

9- توفير مرشّات ماء لمكافحة الحريق موزّعة على الموقع كله، تعمل تلقائيًّا عند حدوث حريق متصلة بنظام مكافحة الحريق الرئيس.

10- تزويد المبنى بنظام مكافحة الحريق مكوّن من: خزان مياه بحجم يتناسب مع المبنى، وشبكة أنابيب مكافحة الحريق تغطّي مرافق المبنى كلها، بحيث تغذى الشبكة بالمياه من مصدرين مختلفين: أحدهما خزان مياه مكافحة الحريق في المبنى، والآخر من صهاريج الدفاع المدني لمكافحة الحرائق؛ حيث تُجهّز شبكة مكافحة الحريق بخط رئيس يصل إلى خارج المبنى – يكون مغلقًا في الحالة الطبيعية –ويُفتح من قِبَل رجال الدفاع المدني ووصل خراطيم صهاريج المياه به لضخ المياه بوساطته إلى شبكة مكافحة الحريق المجهّزة مسبقًا في المبنى.

11- تزويد الخزان بمضخات احتياطية تعمل بالوقود السائل عند انقطاع التيار الكهربائي، وتعطّل المضخات التي تعمل بالكهرباء.

12- توفير لوحات مخارج الطوارئ ولافتاتها، ومواقع الطفّايات ومناطق التجمع عند الإخلاء.

13- عدم إغلاق أبواب النجاة ومخارجها وضمان سهولة فتحها من داخل المبنى، بحيث يكون اتجاه فتح أبواب النجاة من الداخل إلى الخارج وليس العكس.

14- عدم إغلاق الأبواب في أثناء العمل بالمفاتيح أو الأقفال.

15- ضمان خلو ممرات النجاة ومخارجها من المعوقات.

16- استعمال زجاج مقاوم للنيران في النوافذ واستعمال ستائر معدنية.

17- أخذ الاحتياطات اللازمة لمنع انتشار الحريق في المناور والسلالم والمصاعد.

18- خطة إدارة الأزمات والإخلاء عند حدوث حريق، وحالات الطوارئ متعدّدة، فمنها: الحريق، والكوارث الطبيعية كالزلازل، والتعرّض للقصف في أثناء الحروب؛ لذا لا بد من التأكد أن لكل حالة طوارئ من هذه الحالات خطة سلامة خاصة بها تختلف عن غيرها من حالات الطوارئ، وعند حدوث زلزال، يمنع الإخلاء ويُنصح بالاحتماء أسفل الطاولات القريبة للوقاية من تساقط الأشياء، أمّا عند حدوث حريق، فإن سرعة الإخلاء والتصرف السليم أمران حاسمان؛ لذا فإن إعداد خطة لإدارة الأزمات والحالات الطارئة ومواجهتها،

سواء بالاستعداد لها، أو توقعها، أو التعامل معها إذا حدثت، من أهم الأمور الواجبة على الإدارات جميعها، في بيئات العمل المختلفة، والاهتمام بها اهتمامًا كبيرًا، ووضعها على سلم أولويات العمل لضمان توفير الوقاية الشاملة للأفراد والممتلكات، بحيث تتضمّن الخطة تدريب العاملين جميعهم، الموجودين باستمرار في بيئة العمل، (الطلبة أو المتدربين) على كيفية إخلاء تلك المباني من شاغليها في الحالات الطارئة، واتخاذ الإجراءات اللازمة كلها لتأمين سلامتهم، وتحقيق الطمأنينة والاستقرار والأمن لهم.

عناصر خطة الإخلاء

تعتمد متطلّبات نجاح خطة مواجهة الأزمات والحالات الطارئة أساسًا على فريق إدارة الأزمات ومدى تدريبه، وعلى كيفية اكتشاف إشارات الإنذار بالأزمة واتخاذ الإجراءات الوقائية والمواجهة الفعلية واحتواء الضرر، ويجب أن تتضّمن خطة الإخلاء تحديد واجبات المدربين والمشرفين ورؤساء الأقسام والمديرين والحراس وفريق إدارة الأزمات والمتدربين، بحيث يَعرف كل شخص في بيئة العمل واجباته وما يجب عليه أن يفعله تمامًا إذا نشب حريق، وهي كما يأتي:

واجبات فريق إدارة الأزمات

يتألف فريق إدارة الأزمة من شاغلي المبنى، أو المدرسة، ويُكلَّف أعضاؤه بالواجبات الآتية:

1- التأكّد من توافر أجهّزة المكافحة الأولية لأنواع الحرائق جميعها وأن تكون صالحة للاستعمال الفوري، موزّعة بصورة مُنظّمة قرب المداخل الرئيسة والفرعية، وقُرب مخارج الطوارئ، وفي الممرات، حيث تُخزّن المواد القابلة للاشتعال.

2- إرشاد الموجودين والمتدربين إلى مسالك الهروب، ومخارج الطوارئ، ومناطق التجمع.

3- تقديم الإسعافات الأولية.

4- مكافحة الحرائق بالطفّايات المناسبة، مساعدة فِرَق الإطفاء والإنقاذ ما أمكنهم ذلك.

5- على المدربين والمشرفين إحضار سجلات الحضور إلى نقطة التجمع؛ للتأكّد من عدم نسيان أحد في الموقع معرضًا لخطر الحريق.

6- رفع الروح المعنوية والتنبيه على الجميع بضرورة التحلي بالهدوء وعدم الارتباك.
7- قطع التيار الكهربائي عن المكان.
8- التأكّد من توافر الأدوية والأدوات الطبية اللازمة لعمليات الإسعافات الأولية.
9- التأكّد من توافر مخارج الطوارئ الكافية، واللوحات الإرشادية التي تُسهّل عمليات الإخلاء، وترشد شاغلي المبنى إلى مسالك الهروب ومخارج الطوارئ ونقاط التجمع، ويجب أن تحتوي الخطة مخطّطًا لمخارج الطوارئ ومخطّطًا للموقع يُبيّن فيه مواقع الأبواب والشبابيك، والممرات والأدراج، ويجب تفتيش مسارات الإخلاء ومخارج الطوارئ، والتأكّد من أنها سالكة وتخلو من المعوقات.
10- تعليق نُسخ من مخطّط مخارج الطوارئ بصورة مرئية في الممرات والطوابق والمداخل الرئيسة جميعها؛ ليتمكّن أي زائر من رؤية المخطّط، وإخلاء الموقع عند اللزوم.

مخاطر الأمراض المهنية

الأمراض المهنية هي الأمراض التي يُصاب بها الشخص نتيجة لعمله أو مهنته، ويمكن للإصابة أن تكون ناتجة من التعرّض لعوامل ضارة مختلفة، قد تكون كيميائية أوفيزيائية أو بيولوجية أو مسرطنة أو مشعّة (radioactive)، وباختلاف إصابة العمل التي تكون ناتجة غالبًا من وقوع حادث مرة واحدة، فإن المرض المهني يكون ناتجًا من التعرّض الدائم والمتكرّر لمسبب الضرر مدّة زمنية معينة، والطبيب المتخصص يمكنه تحديد المرض المهني. على سبيل المثال، يمكن إطلاق اسم (مرض مهني) على حالات التسمّم بالرصاص، والسحار السيليسي (silicosis)، وكذلك على داء (الأميانت)، فعند الإصابة بداء (الأميانت) مثلا، يتعرّض المريض لمركّبات (الأميانت) (asbestos) التي تدخل إلى الشعب الهوائية، ما يؤدي إلى الإصابة بالالتهاب الرئوي المزمن، كما أن استمرار التعرّض لهذه المركّبات مستقبلًا، قد يؤدي للإصابة بنوع معين من السرطان يصيب غشاء الرئتين. فالأمراض المهنية هي أمراض محدّدة ناتجة من التأثير المباشر للعمليات الإنتاجية، وما تحدثه من تلوث لبيئة العمل، بما يصدر عنها من مخلّفات ومواد وغيرها من الآثار، وكذلك نتيجة تأثير الظروف الطبيعية في بيئة العمل مثل: الضوضاء، والاهتزازات، والإشعاعات،

والحرارة، والرطوبة، وغيرها، وقد يُعرف المرض المهني بالمرض أو العجز الذي يُصاب به العامل؛ نتيجة لتعرضه لظروف العمل وبيئته. وتُصنّف الأمراض المهنية حسب شدتها إلى صنفين هما: الأمراض المهنية الحادّة (Acute): وتظهر آثارها مباشرة فور التعرّض للمسبب في بيئة العمل، مثل: التعرّض لمادة (الأمونيا) بنسب أعلى من الحدود الآمنة، والأمراض المهنية المزمنة (Chronic)، وتظهر آثارها بعد مدّة طويلة من التعرّض للمسبب في بيئة العمل مثل التعرّض لمختلف أنواع الغبار بنسب أعلى من الحدود الآمنة، مددًا طويلة، مثل شعور المصاب بعد سنوات من العمل بضيق نفس وأعراض ربو، وانسداد رئوي نتيجة لتليف الرئة.

أسباب الأمراض المهنية

تُعزى الأمراض المهنية في أسبابها إلى ثلاثة مصادر خطر رئيسة، هي:

بيئة العمل

1- تأثّر العين من التعرّض المتكرّر للوهج والحرارة المرتفعة والضوء الشديد.

2- شدة الضوضاء وتأثيراتها الضارة بالسمع (الصمم المهني).

3- الأعراض والأمراض الناتجة من التعرّض لتغييرات الضغط الجوي (مرض القيسون).

4- التعرّض للمواد ذات النشاط الإشعاعي مثل الراديوم.

5- الاهتزازات الموضعية وتأثيراتها في العظام والمفاصل الصغرى لليدين.

6- الإشعاعات غير مرئية، مثل: الأشعة فوق البنفسجية، والأشعة تحت الحمراء.

المخاطر الكيميائية

1- التسمم بالمعادن الثقيلة ومضاعفاتها، مثل: الرصاص، والزئبق، والزرنيخ، والأنتيمون، والكاديوم، والبريليوم.

2- الأتربة التي تؤدي إلى ما يُسمّي أمراض الغبار الرئوي (pnumoconiosis):

أ - أتربة غير عضوية تؤدي إلى تليّف الرئتين، مثل:

1. السليكوزس (silicosis) نتيجة التعرّض لأتربة السيلكا الحرة في بعض المهن، مثل عمال المناجم، والمحاجر، وصناعة الزجاج والبلور.

2. **الإسبستوزس (asbestosis)**؛ نتيجة التعرّض لألياف الإسبستوس (الحرير الصخري) في صناعة غلاف الفرامل والأنابيب الأسمنتية المختلطة بالإسبتوس والملابس الواقية من الحريق.
3. **التلكوزس (Talcosis)** نتيجة التعرّض لأتربة التلك الصناعي (الطباشير الفرنسي) في بعض صناعات الدهانات والكاوتشوك وغيرها.

ب- أتربة عضوية: مرض البسينوزس **(Byssinosis)** نتيجة التعرّض لغبار القطن، والكتان والجوت، إذ تؤدي إلى أعراض تشبه الربو الشعبي.

المخاطر الصحية الناتجة من الغازات والأبخرة

وتنقسم هذه الغازات من حيث تأثيرها ثلاثة غازات:

1- غازات خانقة بسيطة : نتيجة تسرّبها، تحل محل الهواء الجوي فتقل نسبة الأوكسجين المستنشق فتؤدي إلى الاختناق، وعند التهوية واستنشاق الأوكسجين تزول أعراض الاختناق، مثل: ثاني أكسيد الكربون، والهيدروجين، والميثان، والإيثان، والأرغون.

2- غازات خانقة كيماوية، مثل: أول أكسيد الكربون، والسيانور، وكبريتيد الهيدروجين.

3- الغازات المهيجة، مثل: الأمونيا، والكلور، وثاني أكسيد الكبريت، وفلوريد الهيدروجين، وثاني أكسيد النيتروجين.

المخاطر الصحية الناتجة من التعرّض للمذيبات العضوية

1- **التسمم بالبنزول (Benzol)** مشتقاته جميعها : وهو ضار بنخاع العظم ومكوّنات الدم.

2- **المواد البترولية السائلة والغازية**: يكون ضارًّا بالجلد والجهاز التنفسي والجهاز العصبي.

3- التسمّم بالكحول، والجليكول، واكيتون بأنواعه المختلفة: التسمّم بالكحول الميثيلي **(Methyl Alcohol)** يؤدي إلى إحداث ضرر بالجهاز العصبي، خصوصًا العصب البصري، ويؤدي إلى العمى عند التسمّم الشديد.

المخاطر البيولوجية (الحيوية)

الأمراض الناتجة من التعرّض للميكروبات الحية، أو الملوّثات العضوية، أو الفيروسات، مثل:

1- أمراض الحميات المعدية.

2- الدرن (السل).

3- الجمرة الخبيثة.

4- أمراض الجهاز التنفسي.

المخاطر البيولوجية (الحيوية)

للمخاطر البيولوجية تأثير قوي وخطير عند التعرّض لها، فهي تؤدّي إلى الوفاة أو الإصابة بالأمراض الخطيرة والمعدية، وتكمن المخاطر البيولوجية في التعرّض المهني للكائنات الدقيقة الحية المعدية، وإفرازاتها السامة والطفيليات.

أسباب الإصابة البيولوجية

تنتقل الفيروسات والجراثيم عن طريق:

1- العدوى من المرضى.

2- الطعام أو المكان الملوّث.

3- مخاطر العمل الطبي: يتعرّض العاملون في مجال العمل الطبي للإصابة البيولوجية عن طريق وخز الإبر، والأدوات الحادة الملوّثة، والعدوى المباشرة عن طريق التنفّس.

4- مخاطر العمل العادي: يمكن أن يتعرّض العامل للتلوّث عن طريق: الوخز والجروح من أدوات العمل الحادة، التي غالبًا ما تكون ملوثة، والأكل في أماكن غير مخصصة وملوثة نتيجة العمل أو بأيدي ملوّثة.

5- العدوى في دورات المياه والمغاسل.

6- تلوّث مصادر المياه والخزانات غير النظيفة المستعملة للشرب أو التنظيف.

طرائق الإصابة البيولوجية

1- عن طريق الجهاز التنفّسي (تلوث الهواء).

2- عن طريق الأكل والشرب (الطعام الفاسد واستعمال المياه الملوثة).

3- عن طريق الجلد (الحشرات الضارّة والميكروبات).

4- الأمراض التي تُسبّبها الأخطار البيولوجية (التينانوس، والملاريا، والأمراض الجلدية).

الوقاية من الإصابة البيولوجية

1- النظافة الشخصية المستمرة من حيث الملبس، ومكان العمل، ونظافة المعدّات والأدوات، ونظافة الطعام والشراب.

2- عدم استعمال المياه الملوثّة.

3- إجراء التطعيم ضد الأمراض المعدية والخطرة في المراكز الصحية، عند ظهور إصابة في أماكن العمل.

4- إجازة العامل المصاب وإعفاؤه من الحضور إلى بيئة العمل حتى يتعافى تمامًا، وحجز المصاب بعيدًا عن زملائه، وأهله، وأصدقائه، إلى أن يشفى من هذه الأمراض.

5- ارتداء ملابس واقية عند التعرّض لمصادر ملوّثة بالميكروبات والجراثيم، مثل: البذلات، والقفافيز، والأحذية المطاطية العالية، ونظّارات واقية للعين.

التخزين الآمن للعُدَد والأدوات والمواد و المعدّات

التخزين الآمن لمعدّات التبريد والتكييف، وأدواتها والعُدَد الخاصة بها، يضمن توافرها عند الحاجة إليها سليمة، وبأقل وقت وجهد ممكنين؛ فعند مقارنة وقت العمل الفعلي بالوقت الضائع في البحث عن العُدَد والأدوات بسبب سوء التخزين، نجد أنه وقت كبير ومكلف. وسوء التخزين للأدوات والعُدَد والمعدّات يعرّضها للتلف، ومن الضروري المحافظة على الأدوات والعُدَد والمواد والأجهّزة بتخزينها تخزينًا جيدًا عند الانتهاء من استعمالها، ومهما احتاج الترتيب والتخزين المناسب إلى وقت فإنه لا يُعَدّ هدرًا، في حين الوقت الضائع في البحث عن الأدوات بسبب الإهمال في تنظيم أماكن تخزين الأدوات، هو أحد المشكلات التي تُربك العمل وتؤثّر في السلامة والصحة المهنية، وتسبب أذًى للموجودين في ذلك الموقع؛ لذا يمكن المحافظة على

الأدوات و العُدَد والمواد والأجهّزة عن طريق الإجراءات الآتية:

1- تخزين الأدوات نظيفة بصورة مُنظّمة، يجعل البحث عنها عند الحاجة أمرًا يسيرًا.

2- التخلّص من العُدَد والأدوات التالفة وتغييرها، والتأكّد من تمييز الأدوات التي تحتاج إلى إعادة تعبئة مثل أسطوانات الأوكسجين والأستلين وتخزينها بطريقة آمنة.

3- التحضير المبكر للأدوات اللازمة للعمل، والتأكّد من جاهزيتها، وإجراء الصيانة اللازمة للأدوات التي تحتاج إلى صيانة.

4- وضع العُدَد الخاصة بالعمل ملحوظةً على لوحة خاصة، كما هو مُبيّن في الشكل الآتي:

1 الوحدة الأولى

أساسيات تكييف الهواء والعمليات السيكرومترية

المحاور الفرعية

أولًا: العمليات الأساسية لتكييف الهواء.

ثانيًا: الخريطة السيكرومترية.

ثالثًا: العمليات السيكرومترية.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الوحدة الأولى:
أساسيات تكييف الهواء
والعمليات السيكرومترية

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذه الوحدة أن:

- تتعرّف مفهوم دورة تكييف الهواء وعملياتها الأساسية.
- تتعرّف خصائص الهواء الرطب (السيكرومترية).
- تتعرّف العمليات (السيكرومترية).

القياس والتقويم

النتاجات الخاصة للتدريب العملي

يتوقع منك بعد تنفيذ التدريب أن:

- تقيس خصيصتين من خصائص الهواء بالأجهزة الخاصة بذلك، وتستنتج الخصائص الأخرى مُستعينًا بالخريطة السيكرومترية.

هيأ الإنسان الظروف الحراريّة المناسبة لراحته، بدءًا من إشعال المواقد البسيطة وتحريك الهواء، إلى استعمال المعدات اللازمة لتوفير الراحة التامة عبر التحكم في مجموعة من العوامل، مثل: درجة الحرارة، ورطوبة الهواء، وتزويد المكان بالهواء الخارجي وتنقيته، وحركة الهواء وتوزيعه.

عزيزي الطالب،

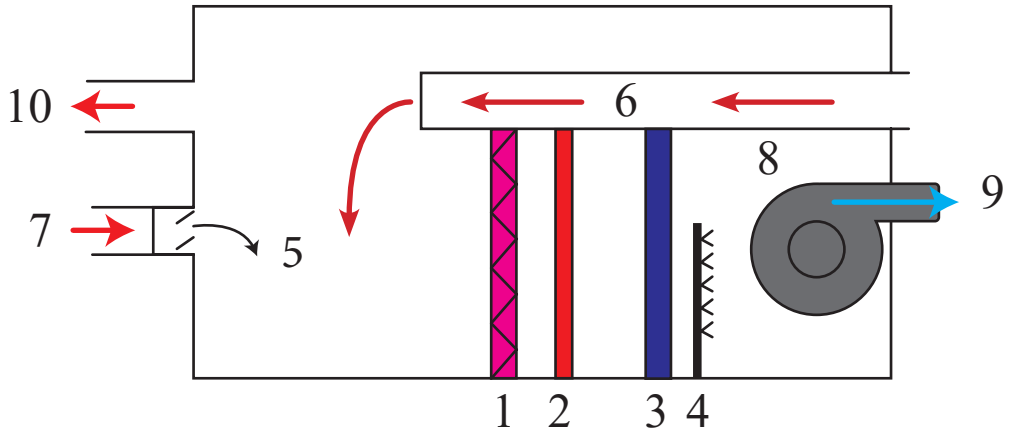
يُعَدّ التعاون صورة من الصور الحضارية للتعامل الإنساني في العالم، لأنه ينفع المجتمع وينهض به نحو الأفضل، وقد حث الدين الإسلامي على تطويره بين الأفراد، فتعاون عزيزي الطالب مع زملائك ومعلمك في المدرسة وخارجها.

- ما هي دورة تكييف الهواء وعملياتها الأساسيّة؟
- كيف أعرف خصائص الهواء الرطب (السيكرومترية)؟
- ما العمليات (السيكرومترية)؟

استكشف

لابد أنك لاحظت أن تكييف الهواء يحتاج إلى معدات خاصة تُخفّض درجة حرارة الهواء في الجو الحار، أو ترفع درجة حرارته في فصل الشتاء، وكذلك تنقية الهواء من الغبار والأتربة، وهذا يدل على أن الهواء المناسب لراحة الإنسان له مواصفات خاصة تصل إليها عَبْرَ التحكم بمجموعة من العوامل، مثل: درجة الحرارة، والرطوبة، ونقاء الهواء (خُلوّ الهواء من الملوثات)، ونسبة الأوكسجين، وستتعرف في فقرة "اقرأ وتعلم" دورة تكييف الهواء والعمليات الأساسية.

- يُبيّن الشكل (1-1) نظامًا مبسّطًا يُظهر إجراءات التحكّم بسرعة الهواء وتدويره داخل الحيّز المراد تكييفه بما يناسب راحة الإنسان. بالتشاور مع زملائك وبإشراف معلمك، حاول أن تتعرف الأجزاء المشار إليها بالأرقام.



الشكل (1-1): نظام تكييف مبسط.

لعلك لاحظت أن عناصر دورة تكييف الهواء المشار إليها بالأرقام من (1-10) في نظام التكييف المبسّط تدل على الدلالات المبينة في الجدول الآتي:

الرقم	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
اسم العنصر	مرشح هواء (فلتر).	عنصر تسخين.	عنصر تبريد.	عنصر ترطيب (مرشات ماء).	غرفة مزج (يمزج فيها الهواء الخارجي مع الهواء الراجع).	الهواء المرتجع (الراجع).	هواء خارجي	مروحة تحريك الهواء.	هواء مُكيف	هواء راجع مطرود

أولًا: العمليات الأساسية لتكييف الهواء

1- التدفئة، والتهوية، وتكييف الهواء (HVAC)

يعرّف تكييف الهواء أنه التحكم المؤقت بخواص الهواء ليصبح مناسبًا لراحة الإنسان، ولمناسب العمليات الصناعية، وعمليات الإنتاج، والمجال الطبي والمجالات كلها، التي تحتاج إلى مواصفات خاصة للهواء المحيط بها، حيث يُمرر هواء الحيّز (المكان) المراد تكييفه عَبْرَ أجهزة تسخين لرفع درجة حرارته، وأجهزة تبريد لخفض درجة حرارته وتجفيفه، وتمريره عَبْرَ مرشحات (فلاتر) لتنقيته من الغبار والميكروبات، أو يُمرر عَبْرَ مرشات مياه لترطيبه إذا كان جافًّا، حيث إن عمليات

التدفئة (heating)، والتهوية (ventilating)، وتكييف الهواء (and air conditioning) ويطلق عليها اختصارًا (HVAC). يعمل علم التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) على السيطرة والتحكم في خصائص الهواء الآتية:

أ – **درجة الحرارة**: يتم التحكم في درجة حرارة الهواء بالتسخين (زيادة درجة حرارة الهواء)، والتبريد (خفض درجة حرارة الهواء).

ب – **الرطوبة**: يتم التحكم في رطوبة الهواء عن طريق إضافة بخار الماء أو الرذاذ إلى الهواء؛ لزيادة الرطوبة وتسمى هذه العملية (ترطيب الهواء)، أو تخليص الهواء من بخار الماء المختلط معه بتمريره فوق سطح بارد ليتكاثف بخار الماء وينفصل عن الهواء؛ لتخفيض الرطوبة، وتسمى هذه العملية (تجفيف الهواء).

جـ – **سرعة الهواء (حركة الهواء)**: يتم التحكم في سرعة الهواء بمراوح دفع الهواء.

د – **نقاء الهواء**: يتم التحكم في نقاء الهواء بتمرير الهواء عبر مرشحات (فلاتر هواء)؛ لتخليصه من الأتربة والشوائب، والميكروبات، والبكتيريا، إضافة إلى خلط هواء المكان بنسبة من الهواء الخارجي النقي؛ لتحسين نسبة الأوكسجين في الأماكن المغلقة، وهذه العملية تسمى عملية التهوية.

من أهم العمليات الأساسية لدورة تكييف الهواء: تسخين الهواء، وتبريد الهواء، وترطيب الهواء، وتجفيف الهواء، وتنقية الهواء، والتهوية، وتحريك الهواء (زيادة سرعة الهواء).

2- خصائص الهواء الرطب (السيكرومترية)

يتميّز الهواء الجوي بخصائص طبيعيّة في كسب بخار الماء وفقدانه، فإذا ارتفعت درجة حرارة الهواء عند قيم ثابتة من الضغط، فإنّ مقدرته على اكتساب الرطوبة تزداد، وإذا انخفضت درجة حرارة الهواء، فإنّ مقدرته على اكتساب الرطوبة تقل.

إنّ انخفاض الرطوبة أو ازديادها، تؤثّر في راحة الإنسان من حيث مقدرته على فقدان الحرارة؛ أو من حيث تأثيرها في صحّة الإنسان من نواحٍ كثيرة.

لذا كان ضروريًّا معرفة كميّة بخار الماء في الهواء (كميّة الرطوبة)؛ للاستفادة منها في تصميم أجهزة التكييف، ولدراسة خصائص الهواء، ويمكن حساب الخصائص الحراريّة للهواء بوساطة المعادلات الرياضيّة، أو أداة لاستخراج هذه الخصائص، تسمى المخططات السيكرومترية، من أهم الخصائص الأساسيّة للهواء ما يأتي:

أ – **درجة الحرارة الجافّة (Dry Bulb Temperature)**: ويرمز إليها بالرمز (**DBT**) هي درجة الحرارة التي تقاس بميزان الحرارة العادي (الجاف)، وتقاس بوحدة السيليسيوس (C°) وفهرنهايت بالنظام البريطاني (F).

ب – **درجة الحرارة الرطبة (Wet Bulb Temperature)**: ويرمز إليها بالرمز (**WBT**) هي درجة حرارة يسجلها ميزان حرارة بصيلته مغطاة بقطعة قماش مبللة ومعرضة لتيار الهواء، يُسمى هذا الميزان ميزان الحرارة المبلل أو ميزان الحرارة الرطب، وهي غالبًا ما تكون أقل من درجة الحرارة الجافة أو تساويها، وتقاس درجة الحرارة الرطبة بوحدة السيليسيوس (C°).

جـ – **التأثير التبريدي (Refrigerating Effect)**: ويرمز إليها بالرمز (**R.E**) هو الفَرْق بين درجتي الحرارة الجافة والحرارة الرطبة، وكلما كان الهواء أكثر جفافًا، كان التأثير التبريدي أكبر.

د – **نقطة الندى (Dew point)**: ويرمز إليها بالرمز (**D.P**)، وهي الدرجة التي يبدأ عندها بخار الماء الموجود في الهواء بالتكاثف، وتقاس بوحدة السيليسيوس (C°).

هـ – **التشبّع (الإشباع)**: يحدث الإشباع عندما تتساوى درجات الحرارة: الجافة والرطبة ونقطة الندى، وعند حدوث الإشباع، لا يستطيع الهواء استيعاب رطوبة إضافية، إذا أضيفت الرطوبة إلى الهواء المشبع، فإن هذه الرطوبة تتحول إلى قطرات تسمى (قطرات الندى)، على سبيل المثال: عندما تضع علبة عصير باردة في الغرفة وتلاحظ تكوّن قطرات ماء على علبة العصير من الخارج، فهذه القطرات على علبة العصير هي قطرات الندى الناتجة من تكاثف بخار الماء الموجود في هواء الغرفة على السطح الخارجي لعلبة العصير الباردة.

و – **رطوبة الإشباع**: هي أكبر كتلة رطوبة يستطيع أن يحملها الهواء الجاف.

ز – **الرطوبة النوعيّة (Specific Humidity)**: يرمز إليها بالرمز (ϕ) وبعض المراجع ترمز إليها بالحرف (w)، و تسمى أيضًا (**Moisture Specific**) وتعرف الرطوبة النوعية أنها: الكتلة

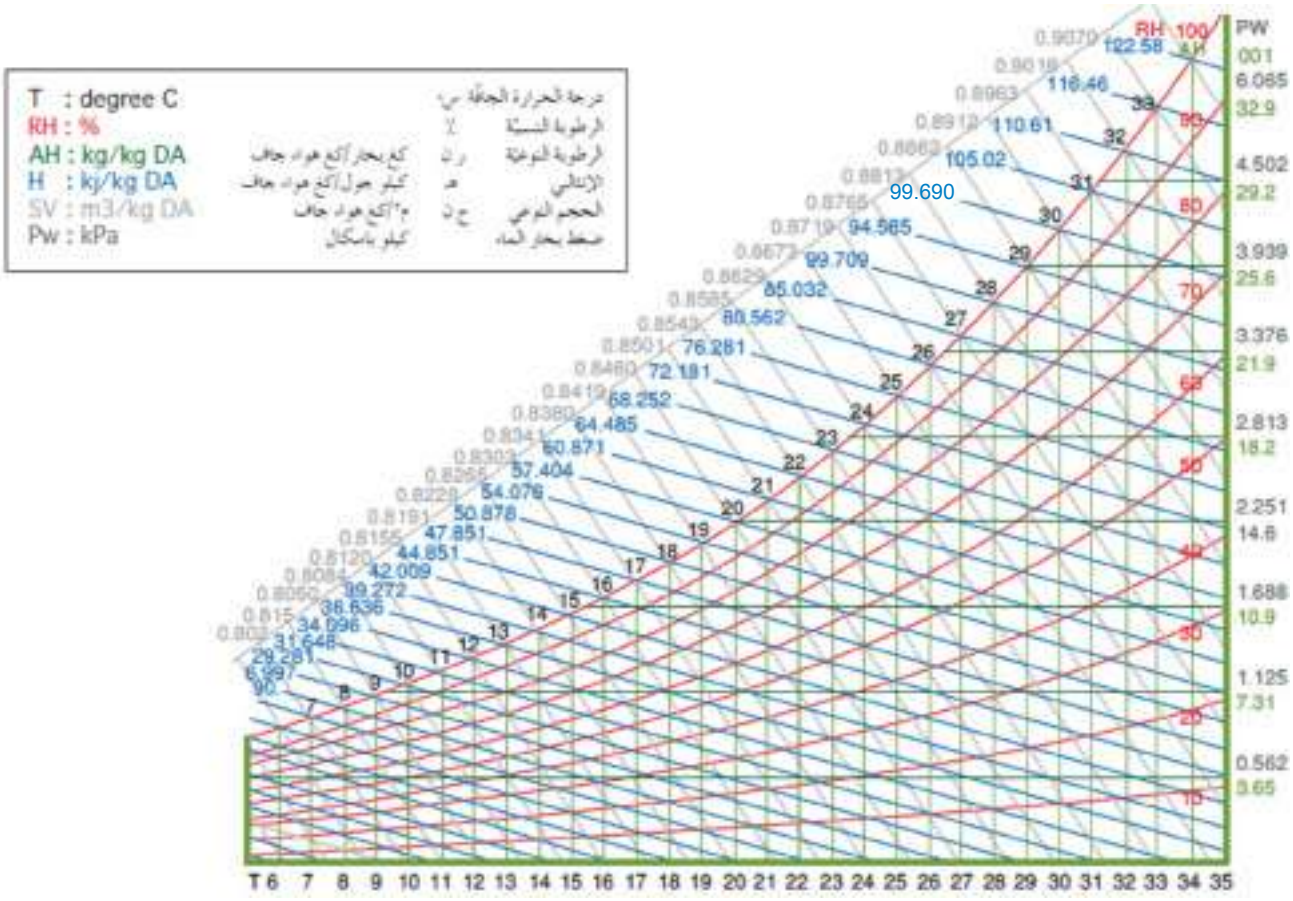
الفعليّة لبخار الماء الموجود في وحدة الكتلة من الهواء الجاف، وتقاس الرطوبة النوعية بالنظام العالمي بوحدة (كيلو غرام بخار ماء/كيلوغرام هواء جاف) وبالرموز (Kgw/Kga)، أو بوحدة (غم بخار ماء/كغ بخار ماء)، أما بالنظام البريطاني، فتقاس بوحدة (باوند ماء لكل باوند هواء) وبالرموز (lbw/lba).

ح – **الرطوبة النسبيّة (Relative Humidity)**: ويرمز إليها بالحرفين (RH)، وتسمى أيضًا (Moisture Relative) هي النسبة المئويّة لكتلة بخار الماء الفعلي المتوافر في وحدة حجم من الهواء إلى كتلة بخار الماء اللازمة لإشباع هذا الحجم عند الظروف نفسها لدرجات الحرارة والضغط، الرطوبة النسبية ليس لها وحدة قياس، فهي تتكوّن من رقم مجرد مضافة إليه النسبة المئوية، فنقول مثلًا: إن الرطوبة النسبية للهواء في غرفة الصف تساوي 70% .

ط – **الحجم النوعي (Specific Volume)**: يرمز إليه بالحرفين (SV)، وهو الحجم الذي يشغله كيلوغرام واحد من الهواء الجاف ووحدته في النظام العالمي هي (م^3/كغ هواء جاف) وتعني باللغة الإنجليزية (m^3/kg DA)، حيث إن DA هي اختصار لكلمتي Dry Air التي تعني هواءً جافًا.

ي – **المحتوى الحراري الإنثالبي (Enthalpy)**: هي كميّة الحرارة الموجودة في الهواء، ويمكن تعريف الإنثالبي أنها كميّة الحرارة الكلّية التي اكتسبتها كتلة معيّنة من الهواء الرطب (وهي مجموع الحرارة المحسوسة والحرارة الكامنة)، ويرمز إليه بالحرف (هـ) باللغة العربية، ووحدته كيلوجول/كغ هواء جاف)، أما باللغة الإنجليزية، فيرمز إليه بالحرف(H) ، ووحدته (kj/ kg DA)، ووحدة قياس الإنثالبي في النظام البريطاني هي (IB/BTU DA)، وتعني وحدة حرارة بريطانية لكل باوند هواء جاف، حيث إن Btu تعني: وحدة حرارية بريطانية، lb تعني: باوند، علمًا أن الإنثالبي تسمى أيضًا (المحتوى الحراري)، ويكون الاهتمام دائمًا بحساب الفَرْق في الإنثالبي بين نقطتين على المخطط السيكرومتري، أي الفَرْق في الإنثالبي للهواء بين نقطتي البداية والنهاية، فتُطرح القيمة الابتدائية من القيمة النهائية، سيوضح ذلك في أمثلة محلولة لاحقًا.

ثانيًا: الخريطة السيكرومترية (Psychometric Chart)



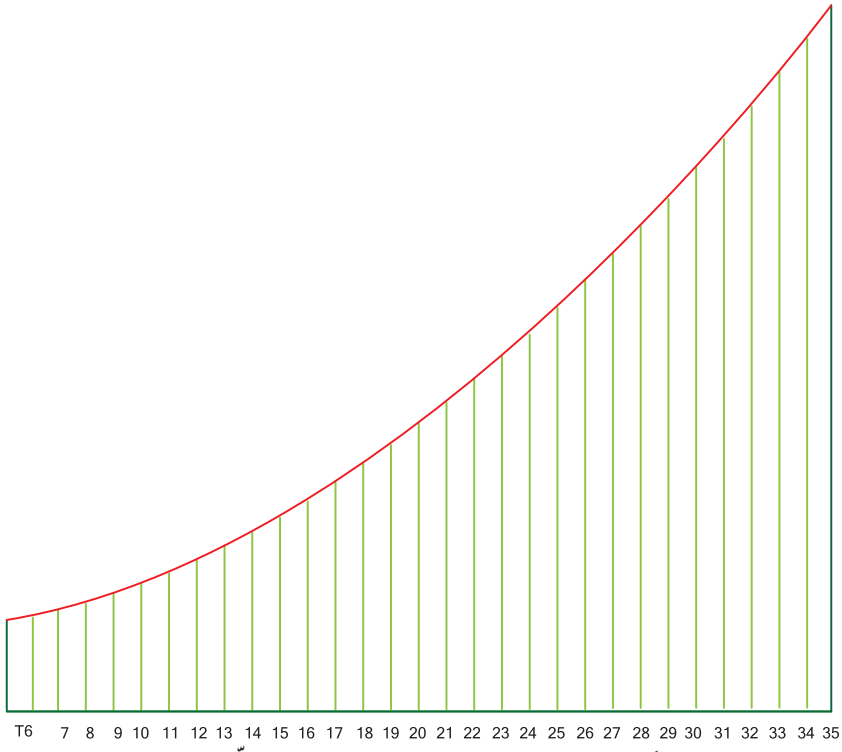
الشكل (1–2): المخطط السيكرومتري.

غالبًا ما تُقاس خصائص الهواء بأجهزة قياس خاصة، ويمكن قياس خصيصتين فقط بأجهزة القياس الخاصة، ثم حساب قيم الخصائص الأخرى باستعمال معادلات رياضية، أو بوساطة مخطط بياني لمعرفة قيم خصائص الهواء بسهولة دون استعمال المعادلات، ويُسمى هذا المخطط البياني الخريطة السيكرومترية أو المخطّط السيكرومتري، وهو ناتج معادلات وعلاقات رياضيّة رُسمت بخطوط ومنحنيات؛ لتسهّل عملية استخراج خصائص الهواء بمعرفة خصيصتين على الأقل من خصائص الهواء، يُبيّن الشكل السابق رسمًا للمخطط السيكرومتري، وقد أعطي كل متغيّر من المتغيّرات في المخطّط لونًا محدّدًا، ستُوضّح وتُفصّل في الفقرات الآتية:

وفي ما يأتي تفصيل لمنحنيات المخطط السيكرومتري:

1- خطوط درجة الحرارة الجافة على المخطط السيكرومتري

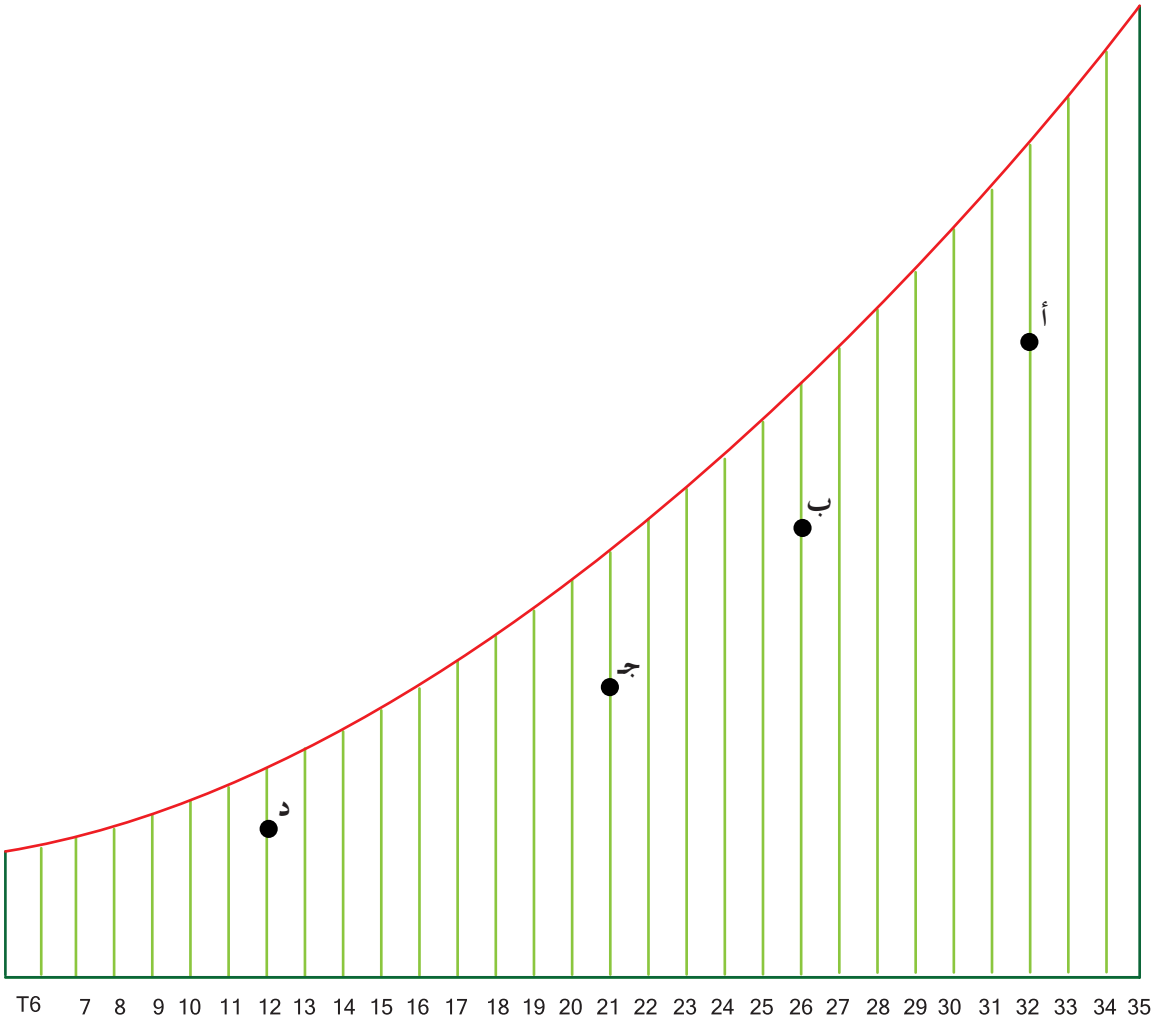
الخطوط العمودية: لاحظ أن المخطط السيكرومتري فيه خطوط عمودية (رأسية) ذات اللون الأخضر الفاتح، هذه الخطوط هي خطوط درجة الحرارة الجافّة، ولقراءة قيمة الحرارة الجافة لنقطة ما من المخطط السيكرومتري، فإننا نُنزل خطًّا عموديًّا أسفل المخطط وهناك نقرأ القيمة المطلوبة، يُبيّن الشكل (3) هذه الخطوط:



الشكل (1–3): خطوط درجة الحرارة الجافّة.

مثال (1)

جِدْ درجة الحرارة الجافة للنقاط (أ، ب، جـ، د)، على المخطط المبين في الشكل الآتي:



الحل

1- درجة الحرارة الجافة عند النقطة (أ)، هي (32° س).

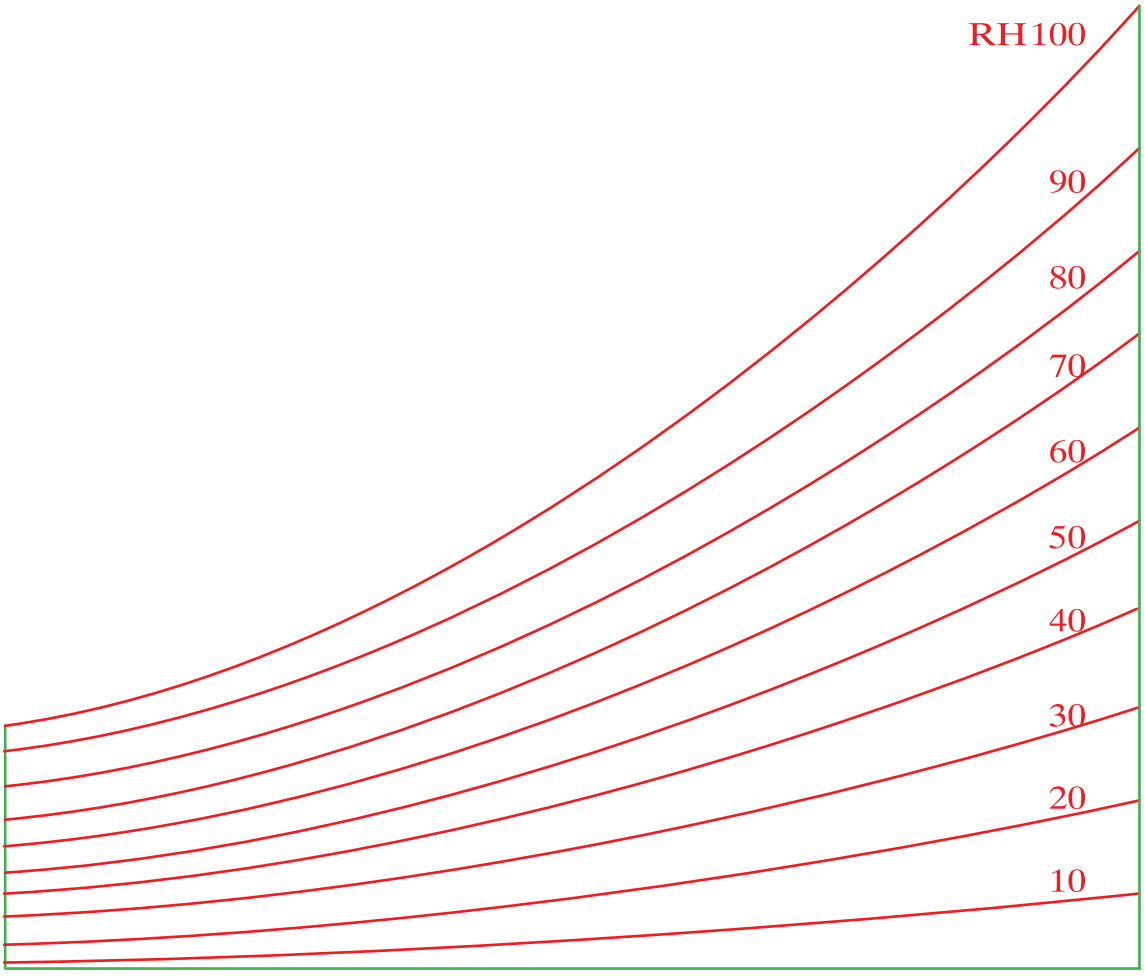
2- درجة الحرارة الجافة عند النقطة (ب)، هي (26° س).

3- درجة الحرارة الجافة عند النقطة (جـ)، هي (21° س).

4- درجة الحرارة الجافة عند النقطة (د)، هي (12° س).

2- خطوط الرطوبة النسبية على المخطط السيكرومتري

المنحنيات المائلة باللون الأحمر: وهي خطوط تمثل الرطوبة النسبيّة، حيث يُبيّن الشكل (4-1) هذه الخطوط، وهي خطوط منحنية وكلّ منحنًى يُبيّن قيمة معينة للرطوبة النسبيّة من (0 – 100%)، علمًا أن الخط الأخير الذي يمثل الرطوبة (100%)، يُسمى منحنى التشبّع.

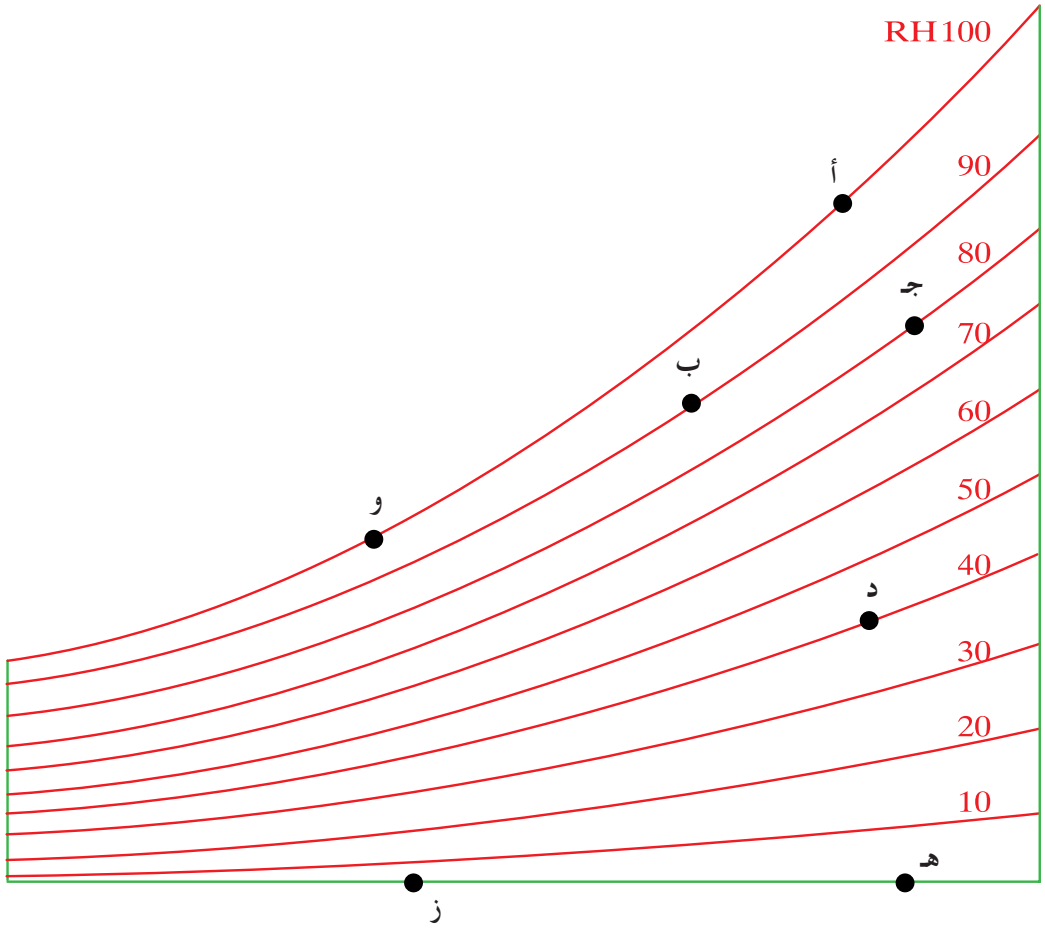


الشكل (4-1): خطوط الرطوبة النسبيّة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

مثال (2)

جِدْ قيمة الرطوبة النسبية عند النقاط: (أ، ب، جـ، د، هـ، و، ز) على المخطط في الشكل الآتي:



الحل

الرطوبة النسبية عند النقطة (أ)، هي (100%)؛ لأنها تقع على منحنى التشبّع (خط التشبّع).

الرطوبة النسبية عند النقطة (ب)، هي (90%).

الرطوبة النسبية عند النقطة (جـ)، هي (80%).

الرطوبة النسبية عند النقطة (د)، هي (40%).

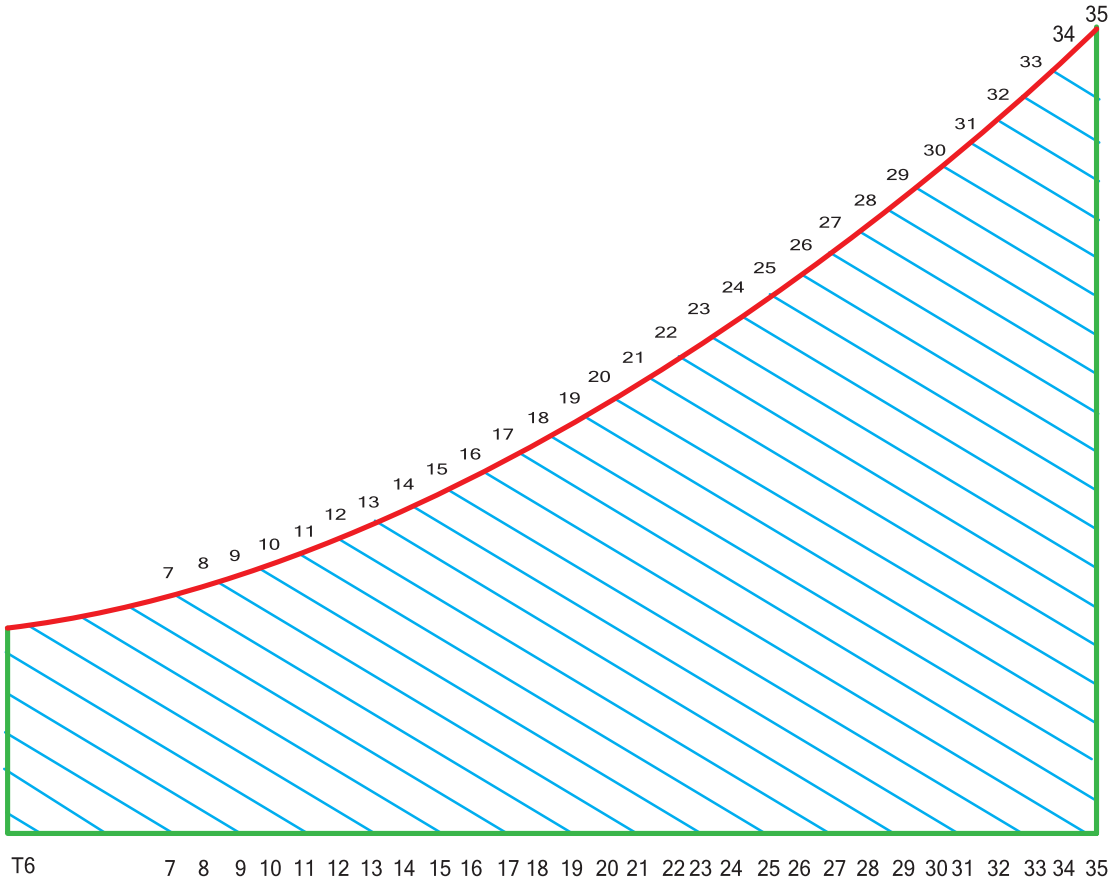
الرطوبة النسبية عند النقطة (هـ)، هي (0%).

الرطوبة النسبية عند النقطة (و)، هي (100%)؛ لأنها تقع على منحنى التشبّع (خط التشبّع).

الرطوبة النسبية عند النقطة (ز)، هي (0%).

3- خطوط الحرارة الرطبة على المخطط السيكرومتري

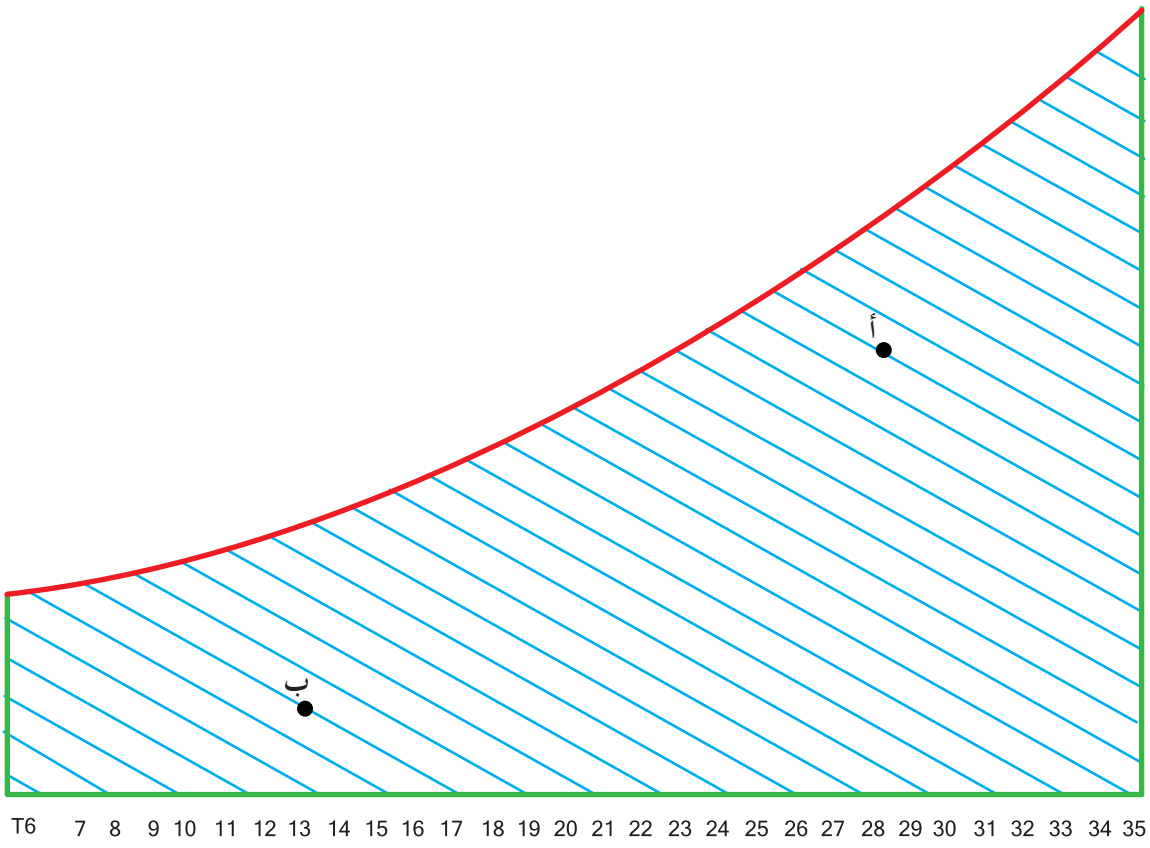
خطوط درجة الحرارة الرطبة، وهي خطوط مائلة، ولمعرفة قيمة درجة الحرارة الرطبة عند نقطة معينة على المنحنى السيكرومتري، فإننا نسير مع هذه الخطوط المائلة من اليمين إلى الشمال حتى نصل إلى منحنى التشبّع (خط التشبّع) ثم ننزل عمودًا من هذه النقطة على المحور الأفقي، فنقرأ قيمة درجة الحرارة الرطبة هناك (ستجد أن درجة الحرارة الرطبة تساوي درجة الحرارة الجافة (الإشباع)، وغالبًا ما تكون درجة الحرارة الرطبة أقل من درجة الحرارة الجافة، ولا يمكن أن تزيد درجة الحرارة الرطبة عن درجة الحرارة الجافة في جميع الأحوال، وفي بعض المخططات يمكن الاستعانة بخطوط الإنثالبي لمعرفة درجة الحرارة الرطبة إذا لم تتوافر خطوط الحرارة الرطبة؛ لأن خطوط درجة الحرارة الرطبة موازية لخطوط الإنثالبي تقريبًا، يُبيّن الشكل (1–5) هذه الخطوط.



الشكل (1–5): خطوط درجة الحرارة الرطبة.

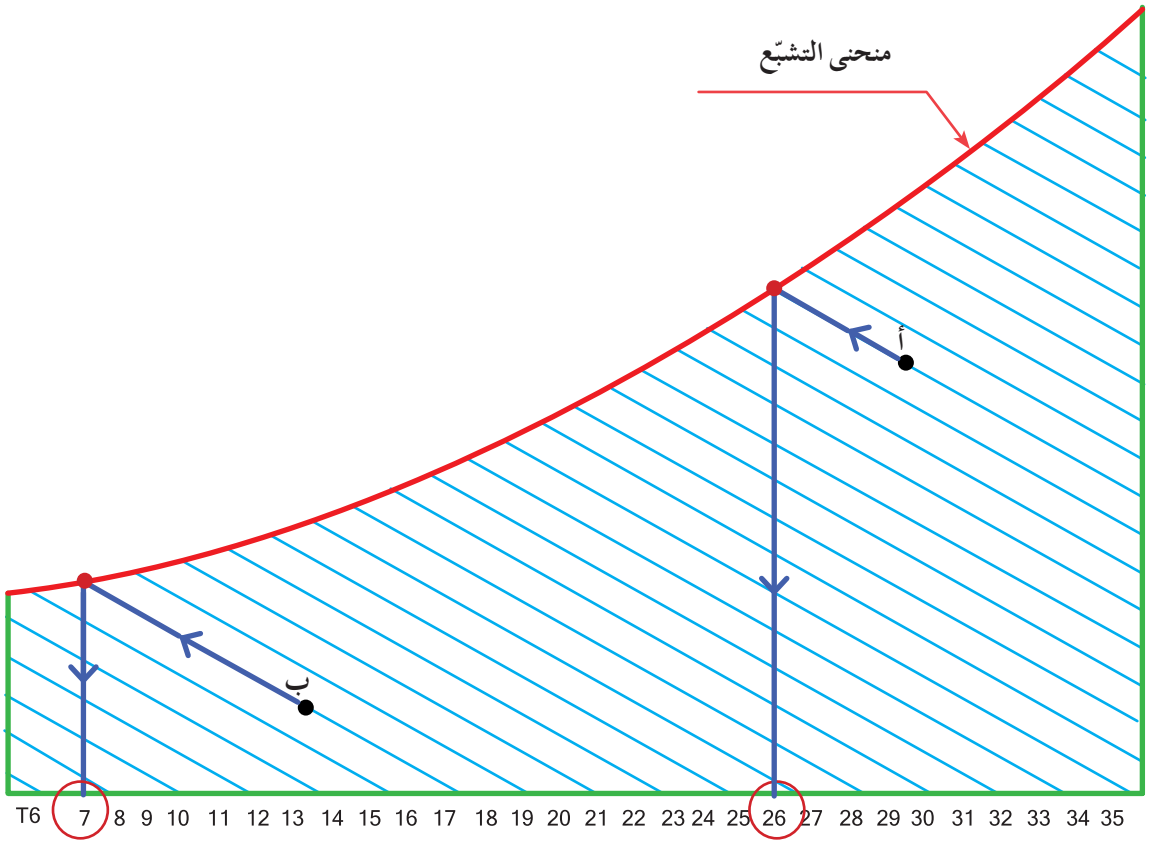
مثال (3)

جِدْ درجة الحرارة الرطبة عند النقطتين: (أ، ب)، على المخطط في الشكل الآتي:



الحل

لإيجاد درجة الحرارة الرطبة عند النقطتين (أ، ب) في هذا المخطط، نرسم خطًّا بالمسطرة من النقطة المطلوبة إلى خط الإشباع في اتجاه خط الحرارة الرطبة نفسه، ثم نرسم خطًّا عموديًّا من تلك النقطة إلى الخط الأفقي أسفل المنحنى ونسجل القيمة المطلوبة، كما في الشكل الآتي:



درجة الحرارة الرطبة عند النقطة (أ)، هي: (26° س).

درجة الحرارة الرطبة عند النقطة (ب)، هي: (7° س).

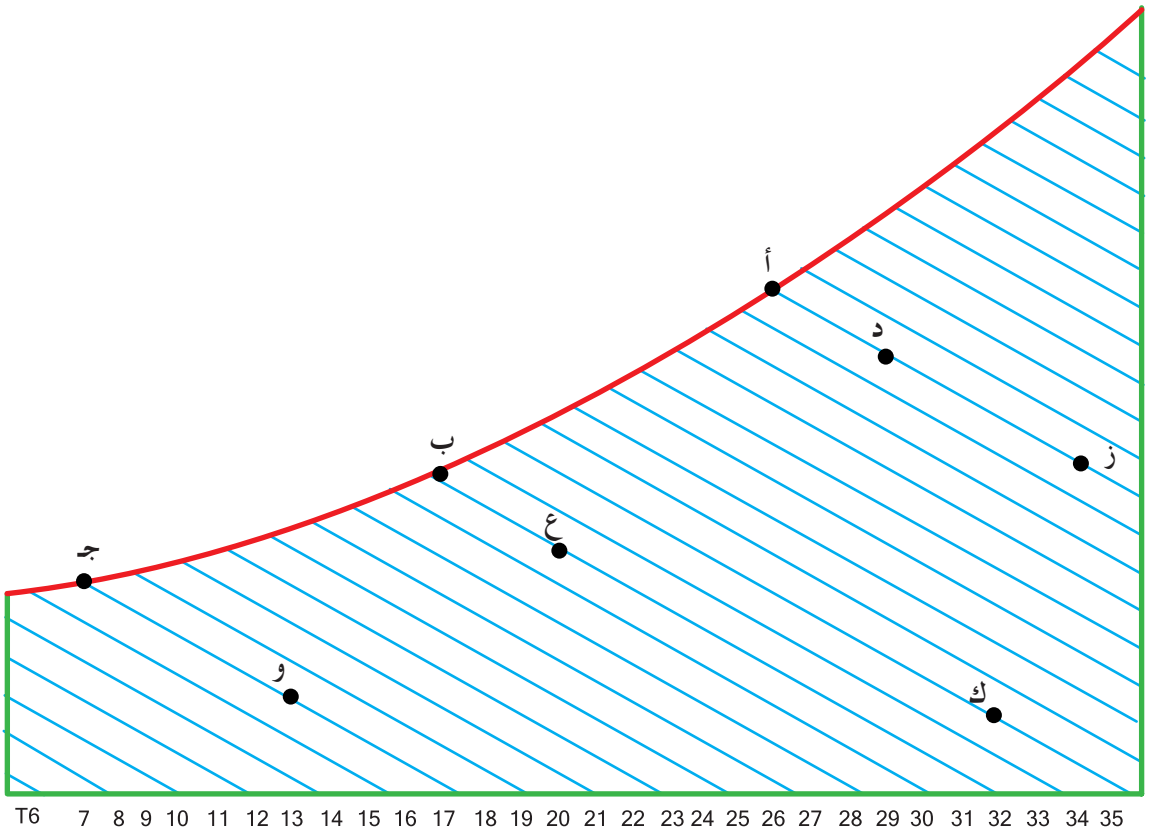
مثال (4)

بعد قراءتك المخطط في الشكل التالي، أجب الأسئلة الآتية:

1- جِدْ درجتي الحرارة الرطبة والجافة عند كل نقطة من النقاط المبينة على المخطط. ماذا تستنتج؟

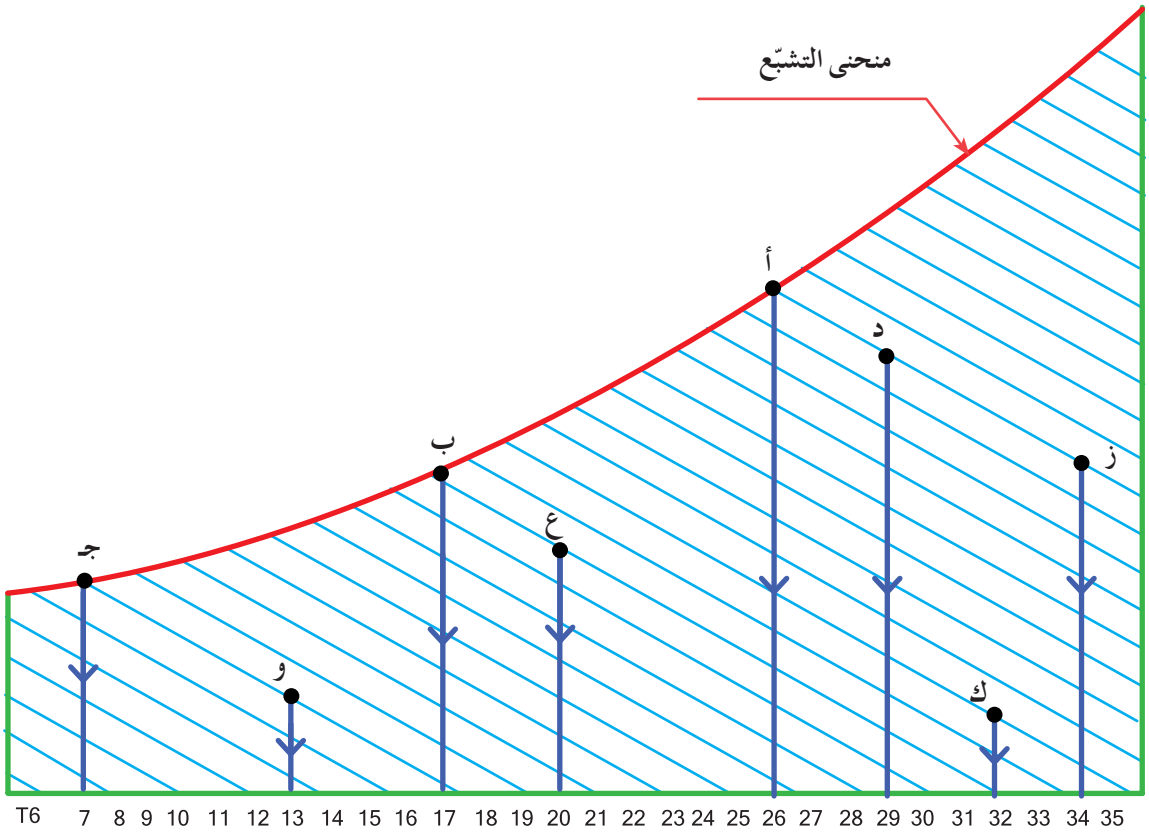
2- أي النقاط تقع على منحنى التشبّع؟

3- أي النقاط متساوية في درجة الحرارة الرطبة؟ ما قيمتها؟



الحل

1- لإيجاد درجة الحرارة الجافة لكل نقطة، فإننا ننزل خطًّا عموديًّا من كل نقطة إلى المحور الأفقي للمخطط، ثم نقرأ درجة الحرارة الجافة كما في الشكل الآتي:



- لإيجاد درجة الحرارة الرطبة لكل نقطة، فإننا نسير بتوازٍ مع خطوط درجات الحرارة الرطبة المائلة على المخطط حتى نصل إلى منحنى التشبّع، ثم ننزل عموديًّا اتجاه المحور الأفقي، ونقرأ قيمة درجة الحرارة الرطبة، فنحصل على القيم الآتية:

- عند النقطة (أ):

درجة الحرارة الجافة = 26° س، ودرجة الحرارة الرطبة = 26° س، نلاحظ أن: درجة الحرارة الجافة تساوي درجة الحرارة الرطبة تمامًا عند النقطة (أ)؛ لأن النقطة (أ) تقع على منحنى التشبّع.

- عند النقطة (ب):

درجة الحرارة الجافة = 17° س، ودرجة الحرارة الرطبة = 17° س، نلاحظ أن: درجة الحرارة الجافة تساوي درجة الحرارة الرطبة تمامًا عند النقطة (ب)؛ لأن النقطة (ب) تقع على منحنى التشبّع.

- عند النقطة (جـ):

درجة الحرارة الجافة = 7° س، ودرجة الحرارة الرطبة = 7° س، نلاحظ أن: درجة الحرارة الجافة تساوي درجة الحرارة الرطبة تمامًا عند النقطة (جـ)؛ لأن النقطة (جـ) تقع على منحنى التشبّع.

- عند النقطة (د):

درجة الحرارة الجافة = 29° س، ودرجة الحرارة الرطبة = 26° س، نلاحظ أن درجة الحرارة الرطبة أقل من درجة الحرارة الجافة عند النقطة (د) نفسها.

- عند النقطة (ع):

درجة الحرارة الجافة = 20° س، ودرجة الحرارة الرطبة = 17° س، نلاحظ أن درجة الحرارة الرطبة أقل من درجة الحرارة الجافة عند النقطة (ع) نفسها.

- عند النقطة (و):

درجة الحرارة الجافة = 13° س، ودرجة الحرارة الرطبة = 7° س، نلاحظ أن درجة الحرارة الرطبة أقل من درجة الحرارة الجافة عند النقطة (و) نفسها.

- عند النقطة (ز):

درجة الحرارة الجافة = 34° س، ودرجة الحرارة الرطبة = 26° س، نلاحظ أن درجة الحرارة الرطبة أقل من درجة الحرارة الجافة عند النقطة (ز) نفسها.

- عند النقطة (ك):

درجة الحرارة الجافة = 32° س، ودرجة الحرارة الرطبة = 19° س، نلاحظ أن درجة الحرارة الرطبة أقل من درجة الحرارة الجافة عند النقطة (ك) نفسها.

2- النقاط التي تقع على منحنى التشبّع هي: (أ، ب، جـ)

3- النقاط التي لها قيمة الحرارة الرطبة نفسها، هي النقاط التي تقع على خطوط ثبات الحرارة الرطبة، وهي كالآتي:

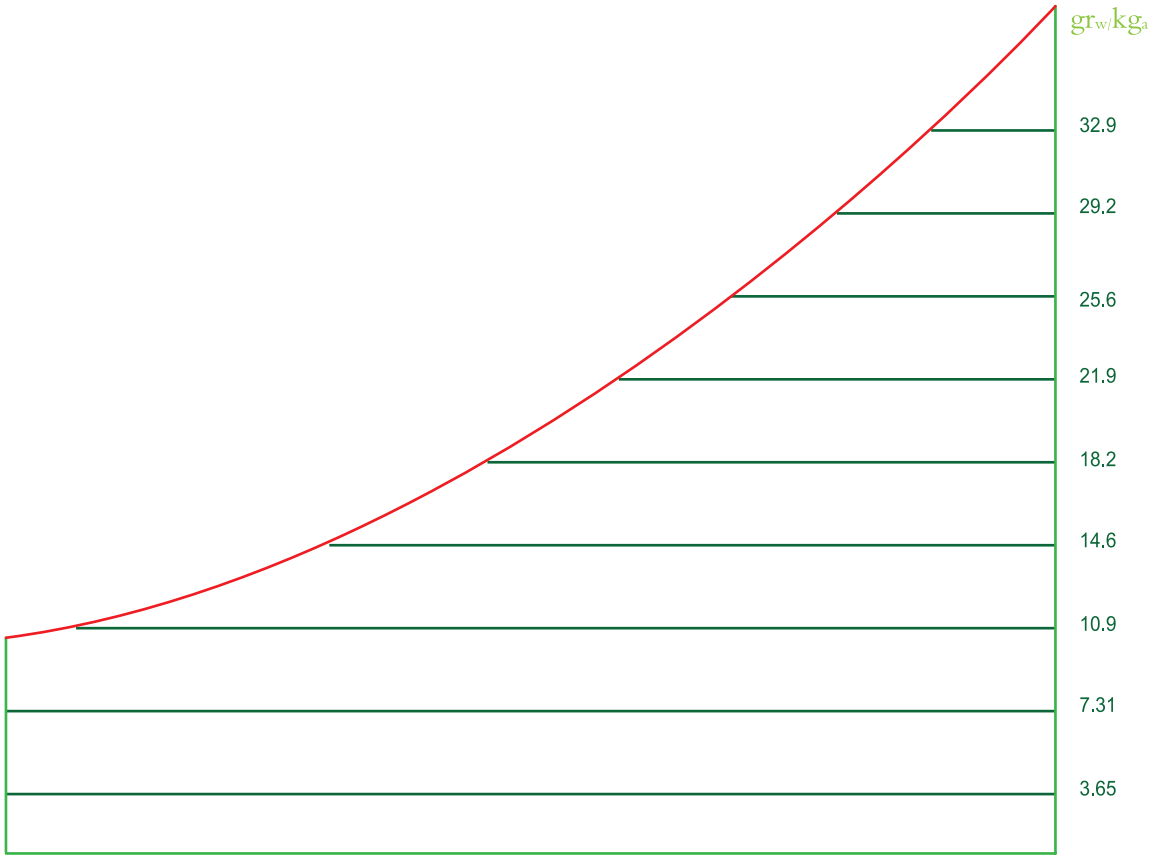
أ. درجة الحرارة الرطبة عند (ز) = درجة الحرارة الرطبة عند (د) = درجة الحرارة الرطبة عند (أ)، وقيمتها (26° س)

ب. درجة الحرارة الرطبة عند (ع) = درجة الحرارة الرطبة عند (ب)، وقيمتها (17° س)

ج. درجة الحرارة الرطبة عند (و) = درجة الحرارة الرطبة عند (جـ)، وقيمتها (7° س)

4- خطوط الرطوبة النوعية

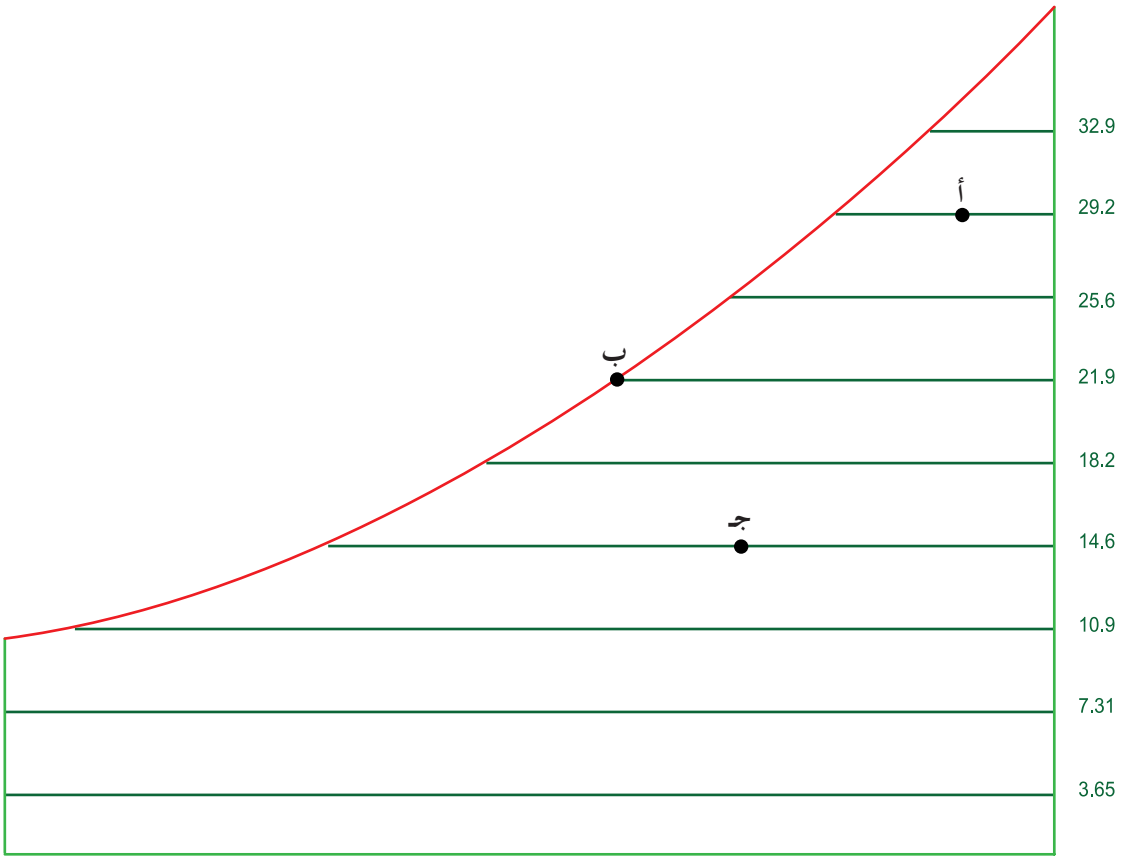
هي خطوط موازية للمحور الأفقي، ولمعرفة قيمة الرطوبة النوعية عند نقطة معينة على المنحنى السيكرومتري، فإننا نسير مع هذه الخطوط الأفقية من الشمال إلى اليمين، ثم نقرأ قيمة الرطوبة النوعية عن المحور العمودي الموجود في أقصى يمين المخطط، يُبيّن الشكل (1–6) خطوط الرطوبة النوعيّة.



الشكل (1–6): خطوط الرطوبة النوعيّة

مثال (5)

جِدْ قيمة الرطوبة النوعية للنقاط المبينة على المخطط في الشكل الآتي:



الحل

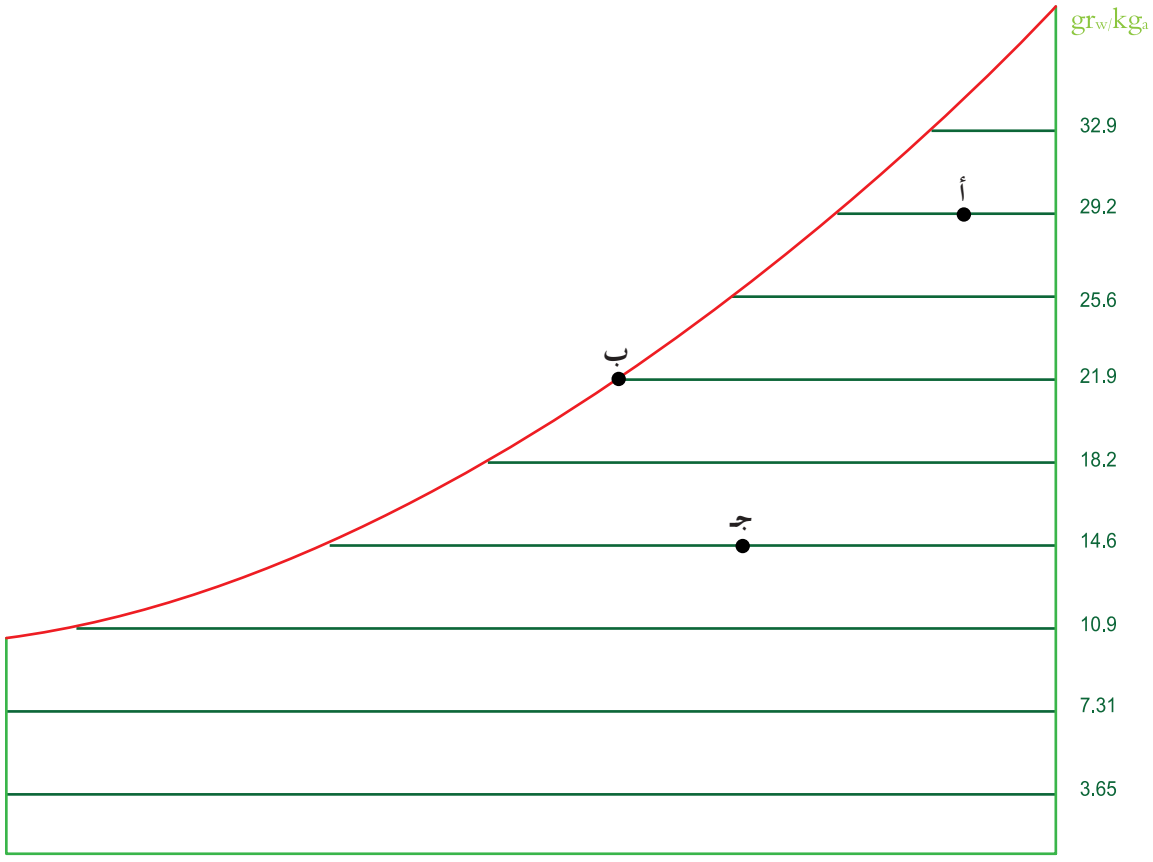
- الرطوبة النوعية عند النقطة (أ) = 29.2 غم بخار ماء/كغ هواء جاف.
- الرطوبة النوعية عند النقطة (ب) = 21.9 غم بخار ماء/كغ هواء جاف.
- الرطوبة النوعية عند النقطة (جـ) = 14.6 غم بخار ماء/كغ هواء جاف.

5- درجة الندى (نقطة الندى)

تُحدّد نقطة الندى على المخطط السيكرومتري بإنزال عمود من نقطة تقاطع خط الرطوبة النوعية مع منحنى التشبّع إلى المحور الأفقي في الأسفل، ويوضّح المثال الآتي كيفية تحديد درجة الندى:

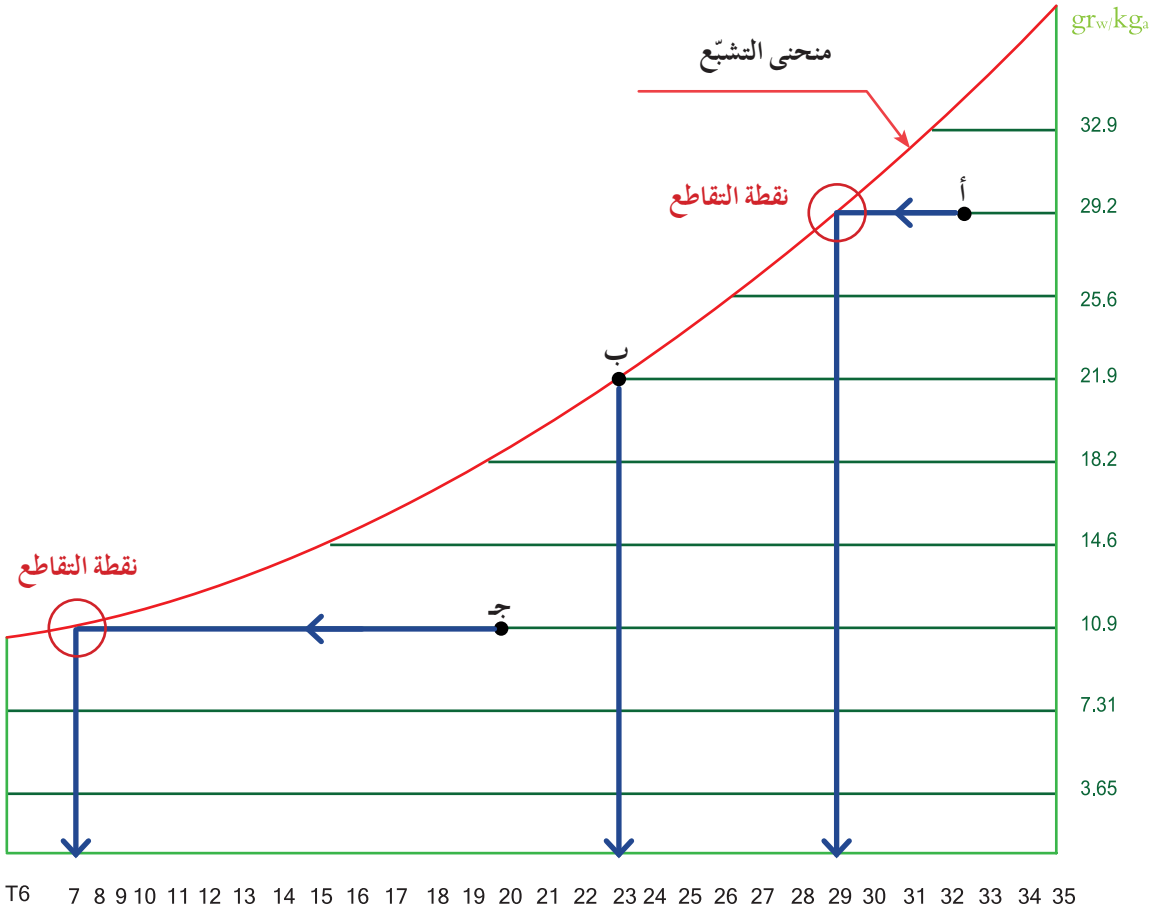
مثال (6)

حدد درجة الندى عند النقاط المحددة على المخطط في الشكل الآتي:



الحل

1- نجد نقطة تقاطع خط الرطوبة النوعية مع منحنى التشبّع.
2- ننزل عمودًا من نقطة التقاطع.
3- نسجّل قيمة درجة الندى عن المحور الأفقي، كما يُبيّن الشكل الآتي:



فنجد أن:

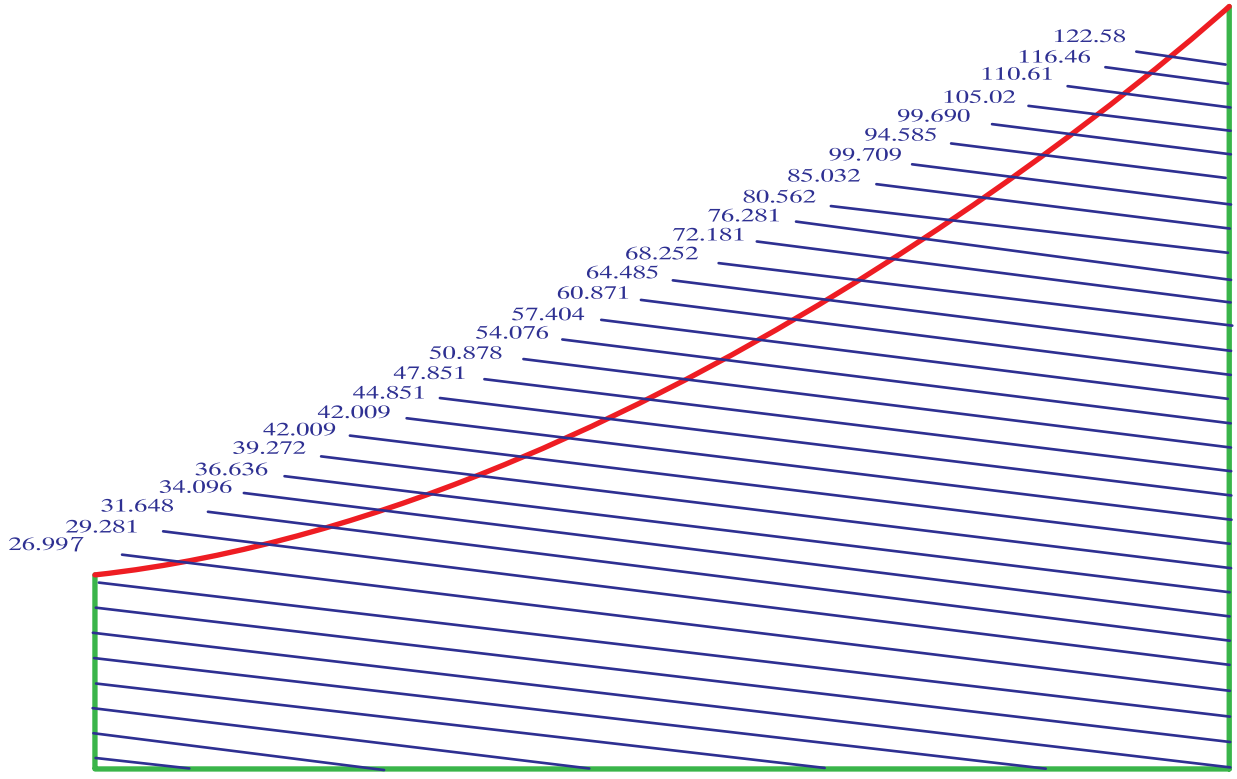
1- درجة الندى للنقطة (أ) = 29° س.

2- درجة الندى للنقطة (ب) = 23° س، لاحظ أن النقطة (ب)، تقع على منحنى التشبّع؛ لذا في هذه الحالة ننزل عمودًا من النقطة (ب) مباشرة على المحور الأفقي.

3- درجة الندى للنقطة (جـ) = 7° س.

6- خطوط محتوى الحرارة (الإنثالبي)

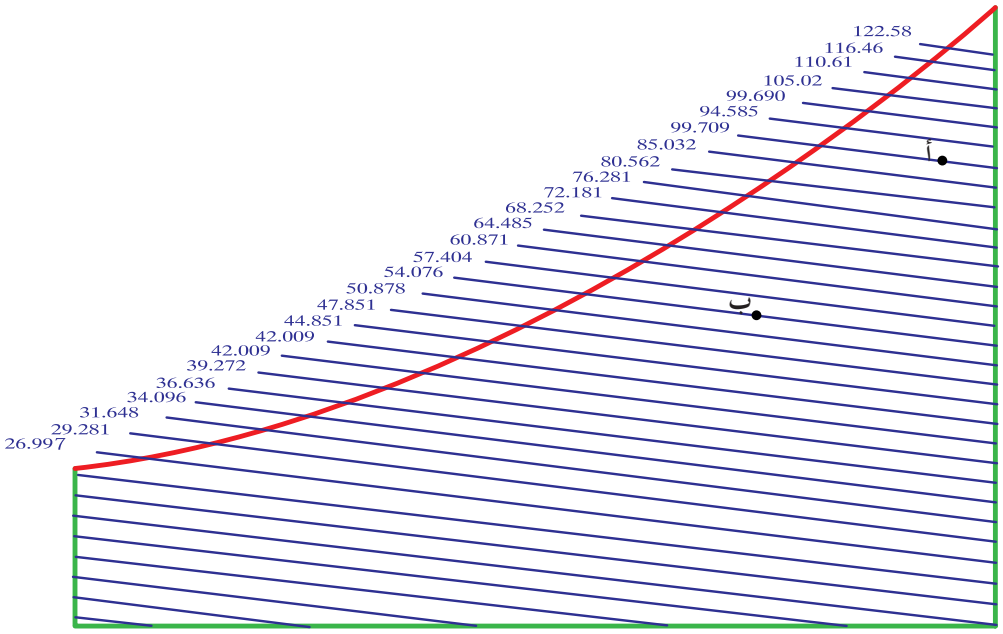
هي خطوط مائلة تتجه من اليمين إلى الشمال وتمتد خارج منحنى التشبّع، وتؤخذ قيمة الإنثالبي مباشرة عند أقصى هذه الخطوط من جهة الشمال، وغالبًا ما ينصب الاهتمام على الفَرْق في الإنثالبي بين نقطتين، ولا يكون الاهتمام بقيمة الإنثالبي عند نقطة وحدها، يُبيّن الشكل (1–7) خطوط محتوى الحرارة (الإنثالبي).



الشكل (1–7): خطوط محتوى الحرارة الإنثالبي.

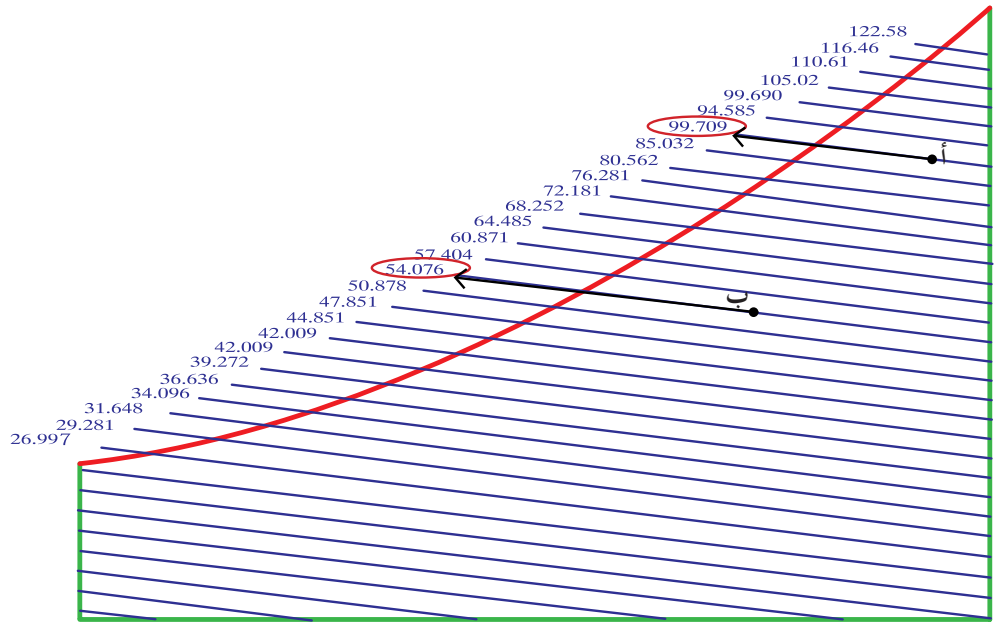
مثال (7)

جِدْ قيمة الفَرْق في الإنثالبي عندما تتغير حالة الهواء من الحالة (أ)، إلى الحالة (ب) في الشكل الآتي:



الحل

نتجه من النقاط المطلوبة فوق خطوط الإنثالبي إلى الشمال، ثم نحدد القيم كما في الشكل الآتي:



- الإنثالبي عند (ب) = (54.076) كيلوجول/كغ هواء جاف.
- الإنثالبي عند (أ) = (99.709) كيلو جول/كغ هواء جاف.

فَرْق الإنثالبي. $(H) = (54.076) - (99.709)$

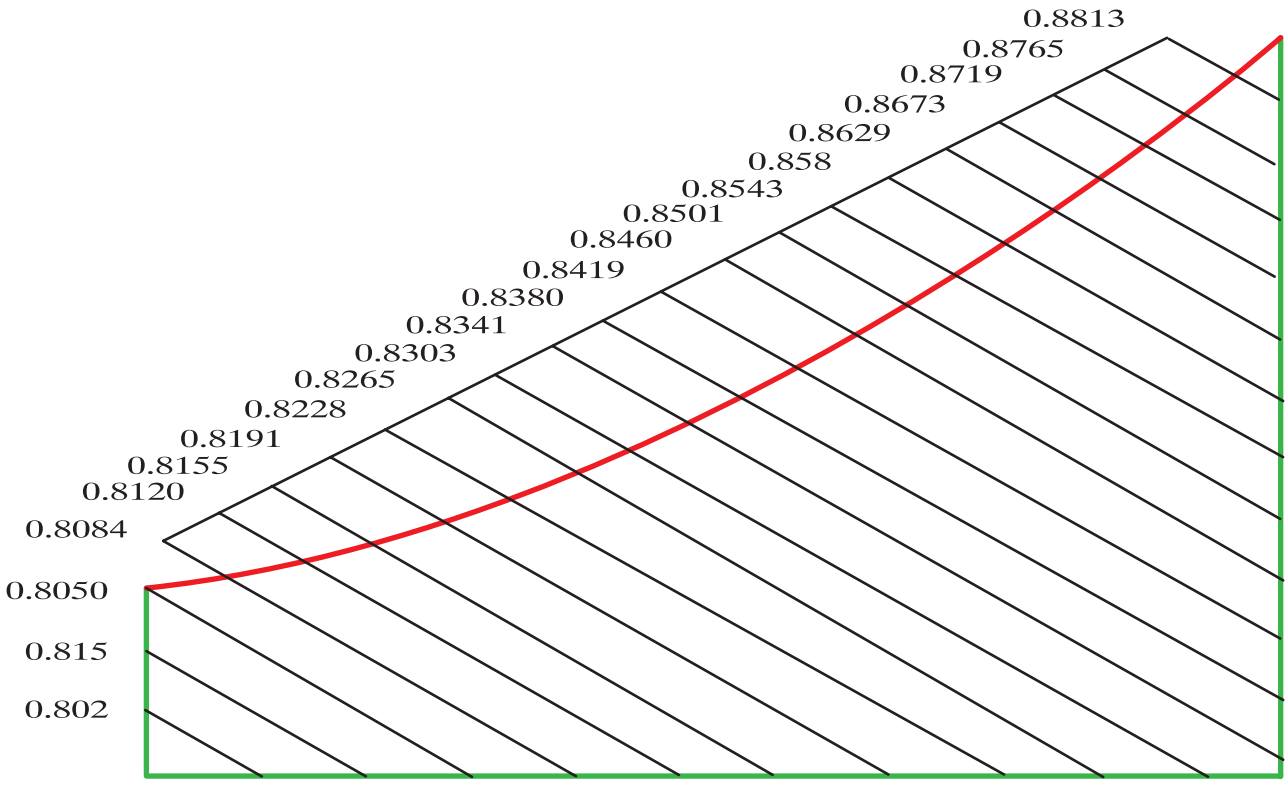
إذًا، فَرْق الإنثالبي $= -45.633 \ (Kj/Kg\ DA)$

فكر

علامَ تدل الإشارة السالبة لفَرْق الإنثالبي؟

7- خطوط الحجم النوعي

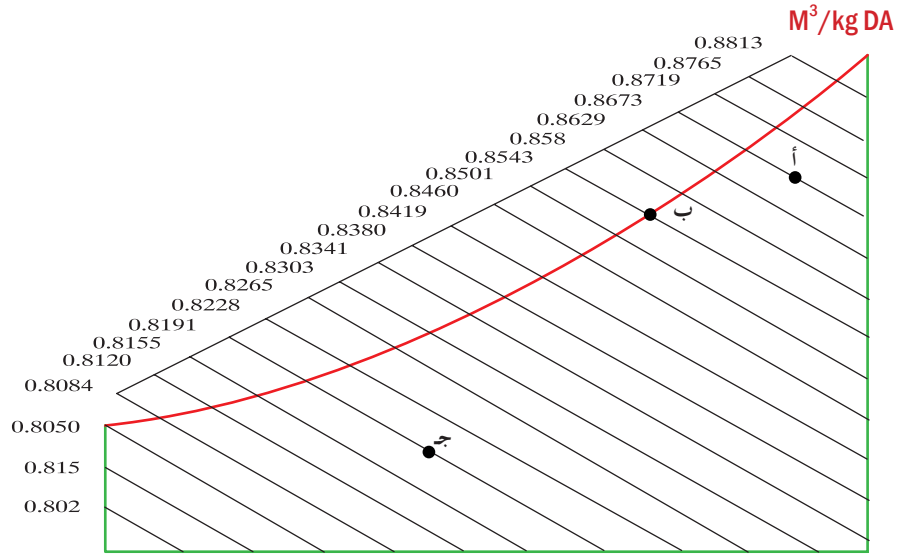
وهي خطوط مائلة للشمال بزاوية ميلان أكبر قليلاً من ميلان خطوط الإنثالبي، يُبيّن الشكل (1–8) خطوط الحجم النوعي.



الشكل (1–8): خطوط الحجم النوعي.

مثال (8)

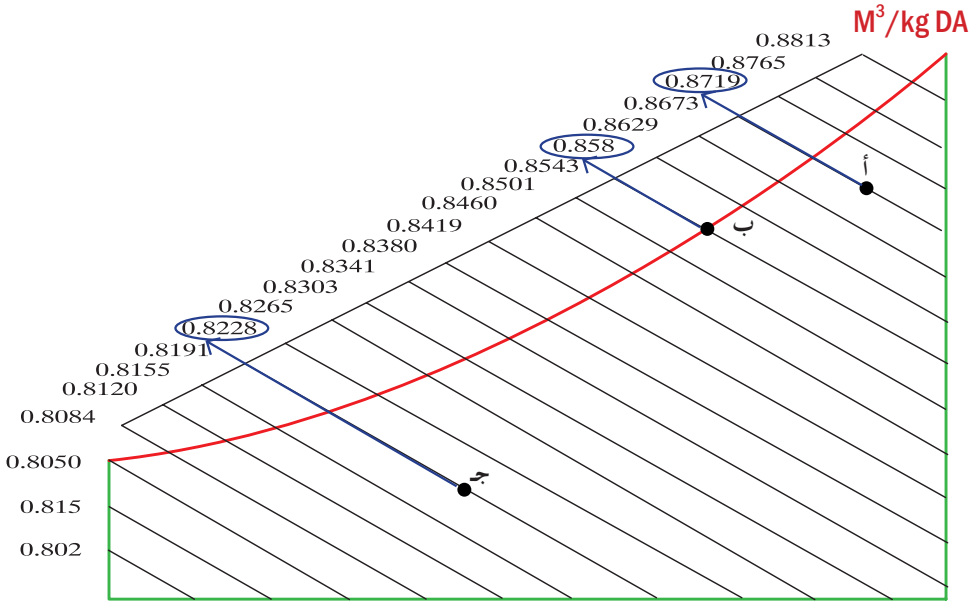
جد قيم الحجم النوعي عند النقاط: (أ)، (ب)، (جـ) على المخطط في الشكل الآتي:



الحل

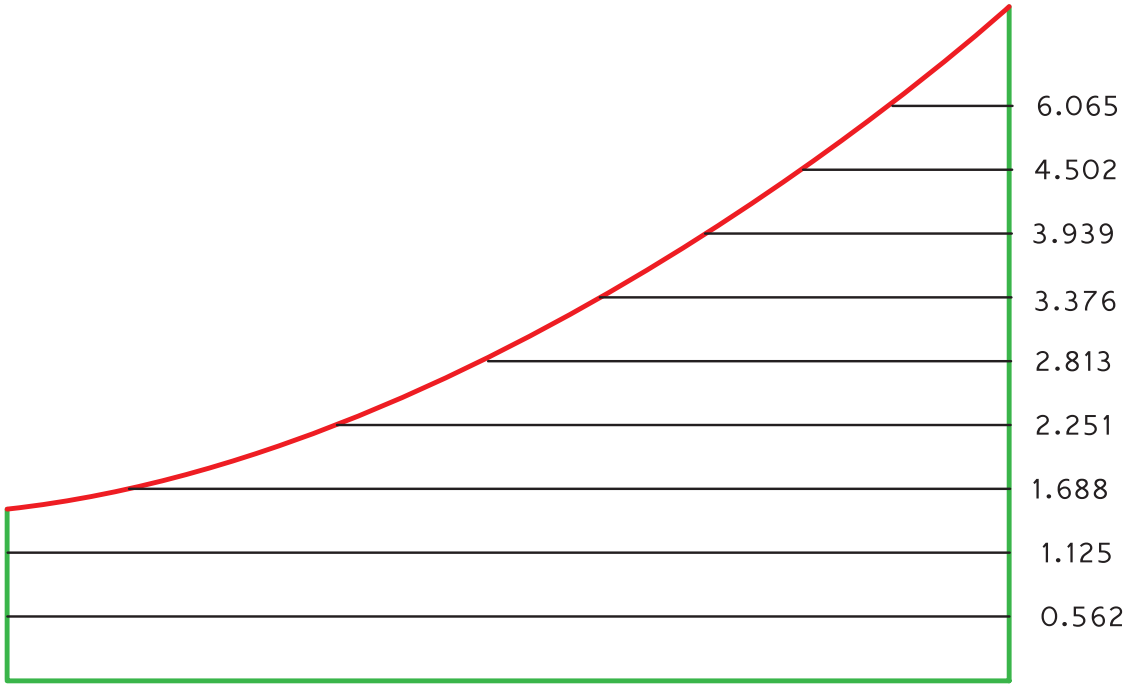
من الشكل الآتي نجد أن:

- الحجم النوعي للنقطة (أ) = 0.8719 م^3/كغ هواء جاف .
- الحجم النوعي للنقطة (ب) = 0.858 م^3/كغ هواء جاف.
- الحجم النوعي للنقطة (جـ) = 0.8228 م^3/كغ هواء جاف.



8- خطوط ضغط بخار الماء

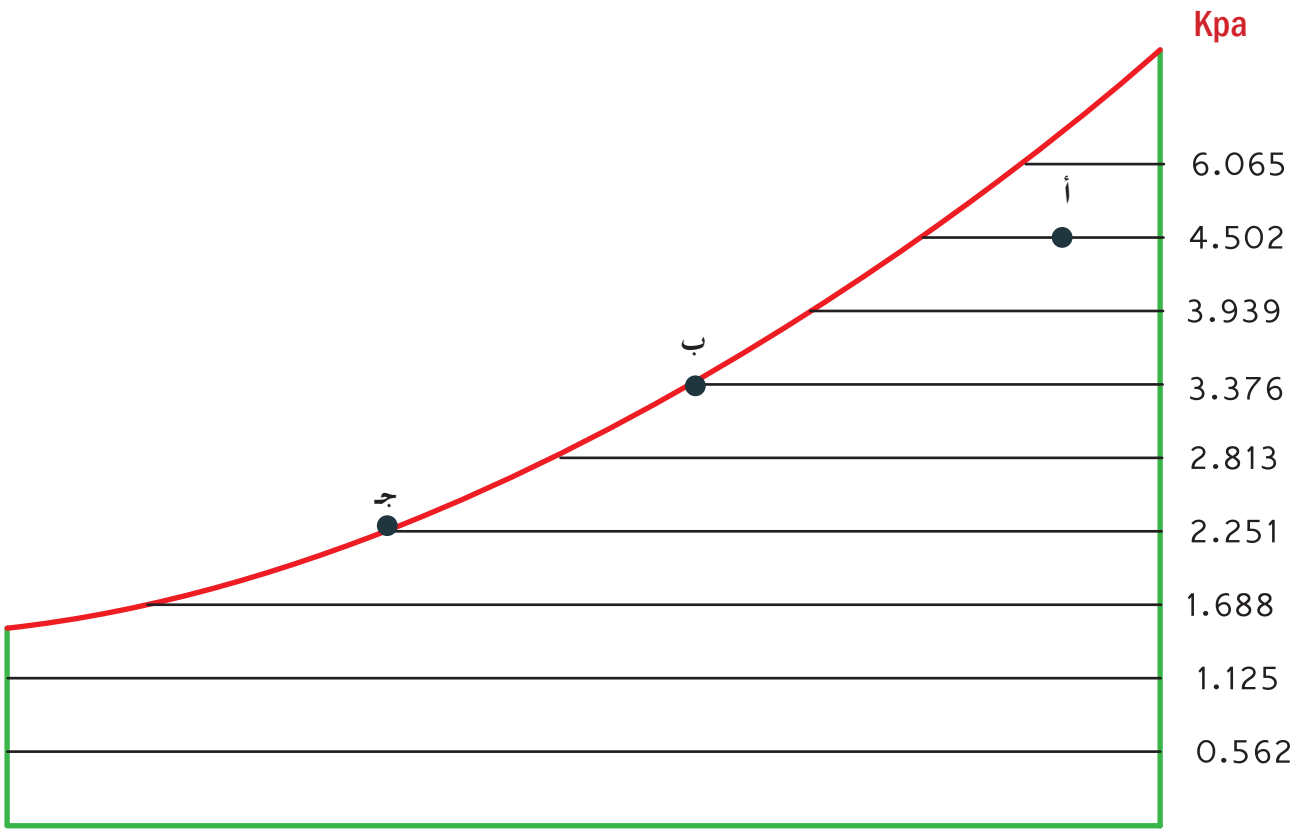
وهو ضغط بخار الماء المتوافر في الهواء الرطب، ووحدته كيلو باسكال (Kpa)، يُبيّن الشكل (1–9) خطوط ضغط بخار الماء.



الشكل (1–9): خطوط ضغط بخار الماء.

مثال (9)

جِدْ ضغط البخار عند النقاط: (أ)، (ب)، (جـ) على المخطط في الشكل الآتي:



الحل

من الشكل السابق نجد أن:

– ضغط البخار عند (أ) = 4.502 كيلوباسكال.

– ضغط البخار عند (ب) = 3.376 كيلوباسكال.

– ضغط البخار عند (جـ) = 2.251 كيلوباسكال.

مثال (10)

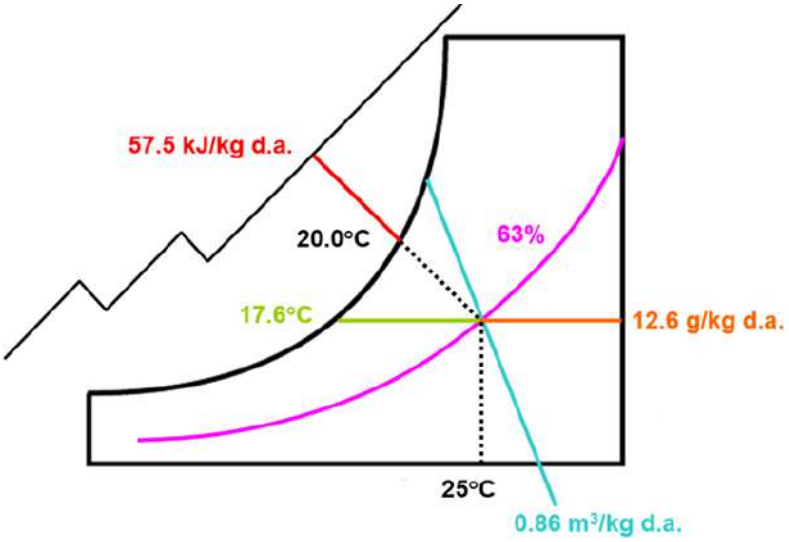
إذا كانت درجة حرارة الهواء الجافة 25° س، ودرجة حرارة الهواء الرطبة 20° س، فجِدْ قيمة ما يأتي مستعينًا بالمخطط السيكرومتري:

1- الرطوبة النسبية (RH) 2- نقطة الندى (DP) 3- الرطوبة النوعية (ϕ)

4- الحجم النوعي (v) 5- الإنثالبي (h)

الحل

بوساطة المخطط السيكرومتري المبين في الشكل الآتي نجد أن:



تحديد خصائص الهواء على المخطط السيكرومتري.

1- الرطوبة النسبية (RH) = 63%.

2- نقطة الندى (DP) = 17.6° س.

3- الرطوبة النوعية (ϕ) = 12.6غم بخار ماء/كغ هواء جاف.

4- الحجم النوعي (v) = 0.86 م^3/كغ هواء جاف.

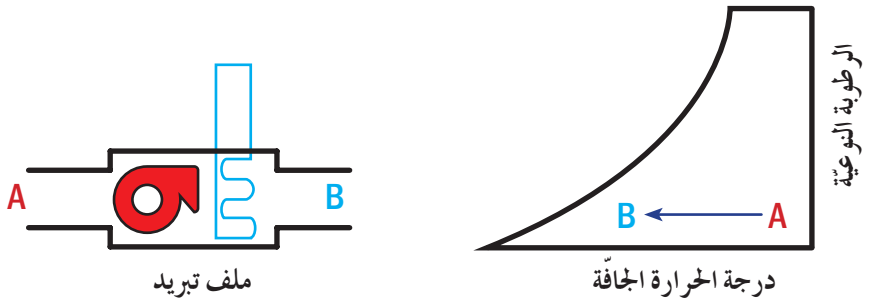
5- الإنثالبي (h) = 57.5 كيلوجول/كغ هواء جاف.

ثالثًا: العمليات السيكرومترية (Psychometric processes)

هي عمليات التسخين، والتبريد، والترطيب، والتجفيف، وخلط الهواء التي تحدث لهواء المكيف، في ما يأتي أهم هذه العمليات:

1- عملية التبريد بتخفيض الحرارة المحسوسة (Sensible Cooling)

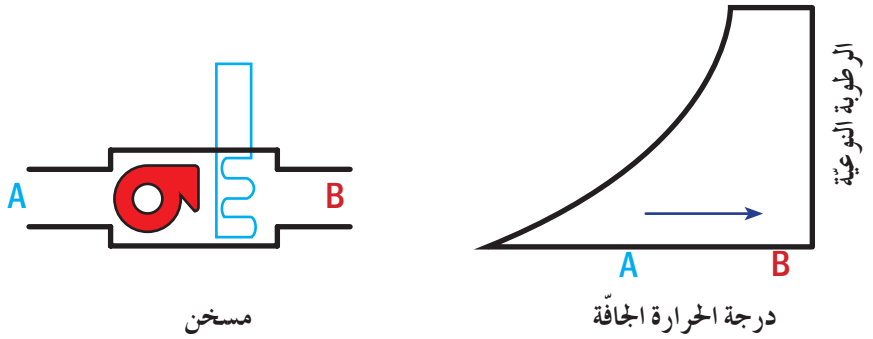
التبريد المحسوس للهواء هو العملية التي يُزال فيها جزء من الحرارة المحسوسة للهواء فقط؛ لتقليل درجة حرارته، وعَبْرَ عملية التبريد المحسوس تقل درجة حرارة الهواء الجاف (DB)، وتقل أيضًا درجة حرارة الهواء الرطب (WB)، على حين تبقى الرطوبة ثابتة، وكذلك تبقى الحرارة الكامنة للهواء ودرجة حرارة نقطة الندى (DP) في الهواء ثابتتين، ويحدث انخفاض عام في المحتوى الحراري للهواء (الإنثالبي تنخفض)، ملاحظًا أن عملية التبريد المحسوس تتم عند درجات حرارة أعلى من نقطة الندى، بحيث لا يصل التبريد إلى نقطة الندى، يُبيّن الشكل (1–10) تمثيل عملية التبريد المحسوس على المخطط السيكرومتري، وذلك برسم خط أفقي من اليمين إلى الشمال، حيث تكون النقطة (A) هي بداية عملية التبريد المحسوس، وتكون النقطة (B) هي نهاية العملية .



الشكل (1–10): تمثيل عملية التبريد المحسوس.

2- عملية التسخين بإضافة الحرارة المحسوسة (Sensible Heating)

عملية التسخين المحسوس هي عملية معاكسة تمامًا لعملية التبريد المحسوس، ففي عملية التسخين تضاف الحرارة إلى الهواء دون تغيير في الرطوبة، وعَبْرَ عملية التسخين المحسوس تزداد درجة حرارة الهواء الجاف (DB)، وتزداد أيضًا درجة حرارة الهواء الرطب (WB)، على حين تبقى الحرارة الكامنة للهواء، ودرجة حرارة نقطة الندى (DP) في الهواء ثابتتين، يُبيّن الشكل (1–11) تمثيل عملية التسخين المحسوس على المخطط السيكرومتري، وذلك برسم خط أفقي من الشمال إلى اليمين، حيث تكون النقطة (A) هي بداية عملية التسخين المحسوس، وتكون النقطة (B) هي نهاية العملية.



الشكل (1–11): تمثيل عملية التسخين المحسوس.

ويمكن حساب كميّة الحرارة المضافة إلى الهواء في أثناء التسخين، وكذلك حساب كميّة الحرارة المزالة في أثناء التبريد بوساطة المعادلة الآتية:

كميّة الحرارة (ك ح) = معدل التدفق الكتلي للهواء (ك•) × فَرْق الإنثالبي (ΔH)

حيث إن:

كح: و هي كميّة الحرارة المضافة إلى الهواء أو المزالة منه، وتقاس بوحدة (كيلوواط)، أو كيلوجول لكل ثانية.

حيث إن الكيلوواط = الكيلوجول لكل ثانية.

ك•: معدل التدفق الكتلي للهواء، وتقاس بوحدة (كغ لكل ثانية).

Δهـ أو (ΔH): فرق الإنثالبي وهو (هـ2 – هـ1) أو (h2–h1) حيث:

هـ1 (h1): هي قيمة الإنثالبي عند بداية العملية.

هـ2 (h2): هي قيمة الإنثالبي عند نهاية العملية.

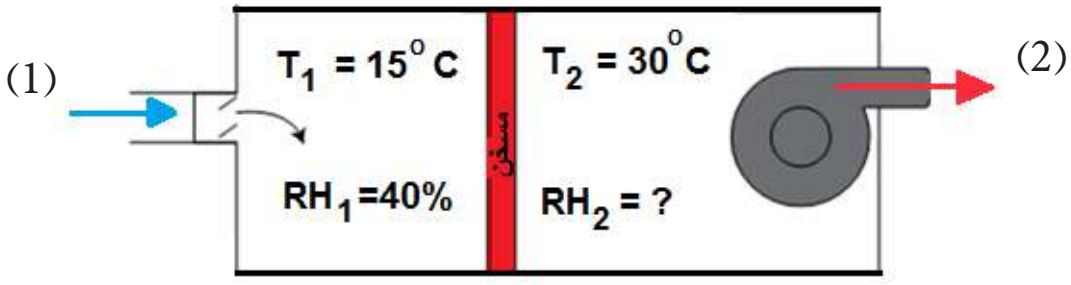
ملاحظة: إذا كان المعلوم لدينا هو التدفق الحجمي (بالمتر المكعب لكل ثانية)، فيجب تحويله إلى تدفق كتلي (بالكيلوغرام لكل ثانية)، وذلك بالقسمة على الحجم النوعي، معبّرين عنه بالقانون الآتي: $ك• = \frac{ح•}{ح ن}$

ح• : وهي معدل التدفق الحجمي وتقاس بوحدة (متر مكعب لكل ثانية)

ح ن: الحجم الذي يشغله كيلوغرام واحد من الهواء الجاف ووحدته في النظام العالمي هي (م^3/كغ هواء جاف).

مثال (11)

في الشكل الآتي يُسخَّن الهواء عَبْرَ دورة الهواء من النقطة رقم (1) إلى النقطة رقم (2) مرورًا بملفات التسخين، حيث كانت درجة حرارة الهواء الجافة عند النقطة (1) = 15°س، وكانت الرطوبة النسبية عند النقطة (1) = 40%، جِدْ قيمة كل من درجة الحرارة الرطبة والرطوبة النسبية عند النقطة (2) بعد المرور بمسخن حراري، علمًا أن درجة الحرارة الجافة عند النقطة (2) = 30° س.

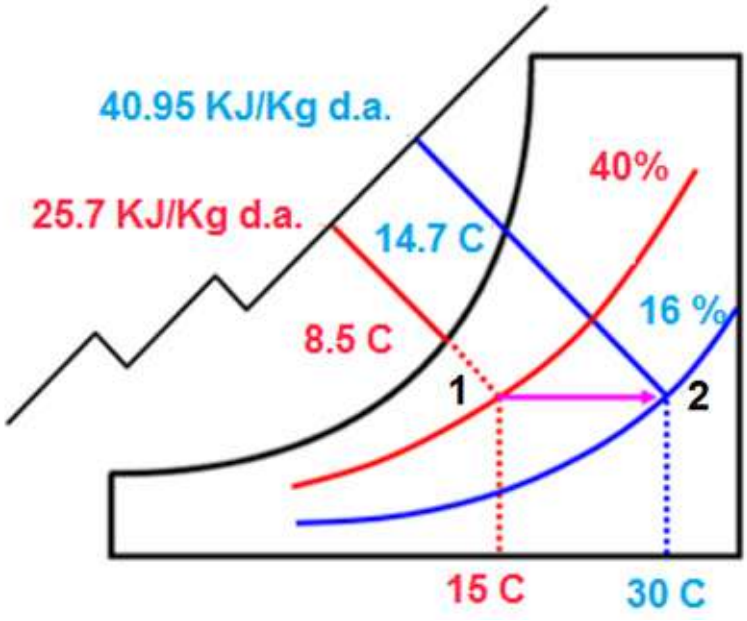


التسخين المحسوس للهواء.

الحل

1- نحدد النقطة (1) على المخطط السيكرومتري من تقاطع العمود المقام من درجة الحرارة الجافة (15° س) مع منحنى الرطوبة النسبية (40%).

2- نحدد النقطة (2) على المخطط السيكرومتري من تقاطع العمود المقام من درجة الحرارة الجافة (30° س) مع الخط الأفقي من النقطة (1)؛ لأن العملية التي حدثت هي عملية تسخين محسوس، أي أن الخط يمتد من النقطة (1) إلى الجهة اليمين أفقيًّا، حتى يتقاطع مع العمود المقام من درجة الحرارة الجافة (30° س)، كما في الشكل الآتي:



تحديد النقطتين (1)، و(2) على المخطط السيكرومتري.

3- من النقطة (2) على المخطط السيكرومتري نجد أن:

- درجة الحرارة الرطبة عند النقطة (2) = 14.7° س.
- الرطوبة النسبية عند النقطة (2) = 16%.

مثال (12)

احسب كميّة الحرارة اللازمة لتسخين (11.2 كغ/ث) من هواء خارجي درجة حرارته الجافة 30° س، ورطوبته النسبية (80%) إلى درجة حرارة جافة 32° س.

الحل

1- نحدد النقطة رقم (1) على المخطط السيكرومتري التي تمثل بداية عملية التسخين عن طريق رسم خط عمودي باتجاه الأعلى من درجة الحرارة 30 س، حتى يتقاطع مع خط الرطوبة النسبية 80% .

2- نحدد النقطة رقم (2) على المخطط السيكرومتري التي تمثل درجة الحرارة في نهاية عملية التسخين عن طريق رسم خط أفقي من النقطة رقم (1) إلى اليمين حتى يتقاطع مع العمود المقام عند درجة الحرارة 32°س.

3- نجِدْ قيمة الإنثالبي (هـ1) عند النقطة (1): هـ1 = 85.032 كيلوجول/كغ هواء جاف.

4- نجِدْ قيمة الإنثالبي (هـ2) عند النقطة (2): هـ2 = 87.3705 كيلوجول/كغ هواء جاف.

5- نحسب قيمة كميّة الحرارة المطلوبة من المعادلة الآتية:

كميّة الحرارة المضافة (ك ح) = معدل تدفق كتلة الهواء (م ك) × فَرْق الإنثالبي (ΔH)

$$\Delta H = 87.3705 - 85.032 = 2.3385$$

نجد أن كميّة الحرارة المضافة (ك ح) = 11.2 × (2.3385)

KW (26.2) =

مثال (13)

هواء رطب مشبع درجة حرارته (13° س)، يتدفق من ملف تسخين بمعدل (12 م^3/ث)، فتصبح درجة حرارته بعد الخروج من ملف التسخين (33° س)، جد الآتي:

1- نقطة بداية العملية على المخطط السيكرومتري.

2- نقطة نهاية العملية على المخطط السيكرومتري.

3- قيمة الإنثالبي عند بداية العملية.

4- قيمة الإنثالبي عند نهاية العملية.

5- فَرْق الإنثالبي بين بداية العملية ونهايتها.

6- الحجم النوعي للهواء عند بداية العملية.

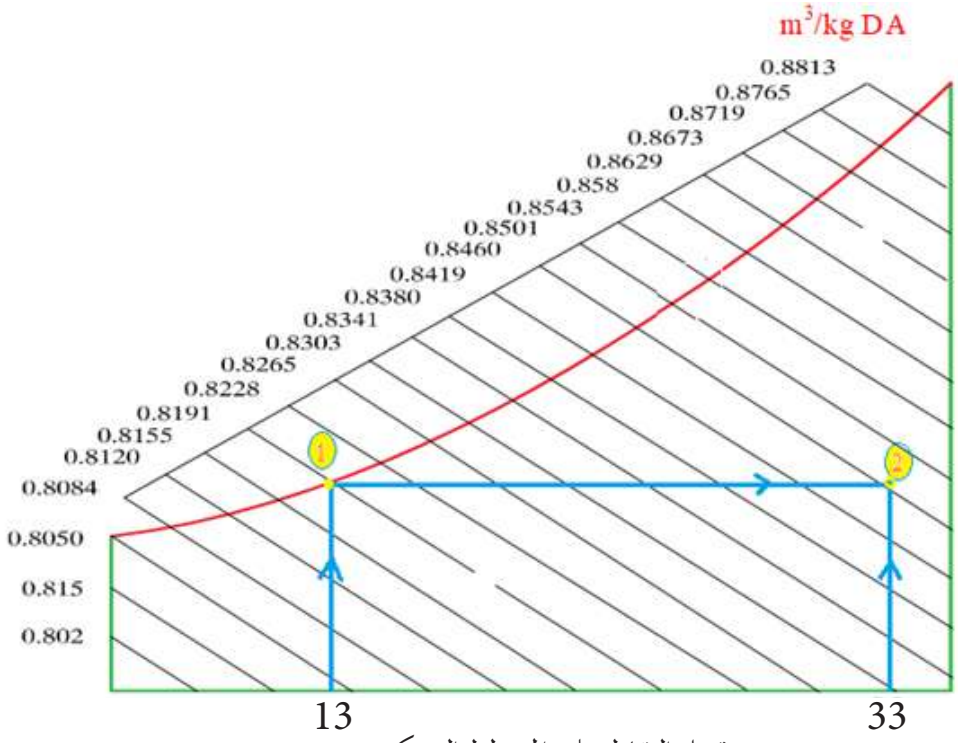
7- قيمة التدفق الكتلي للهواء بوحدة (كغ/ث).

8- كميّة الحرارة المضافة.

الحل

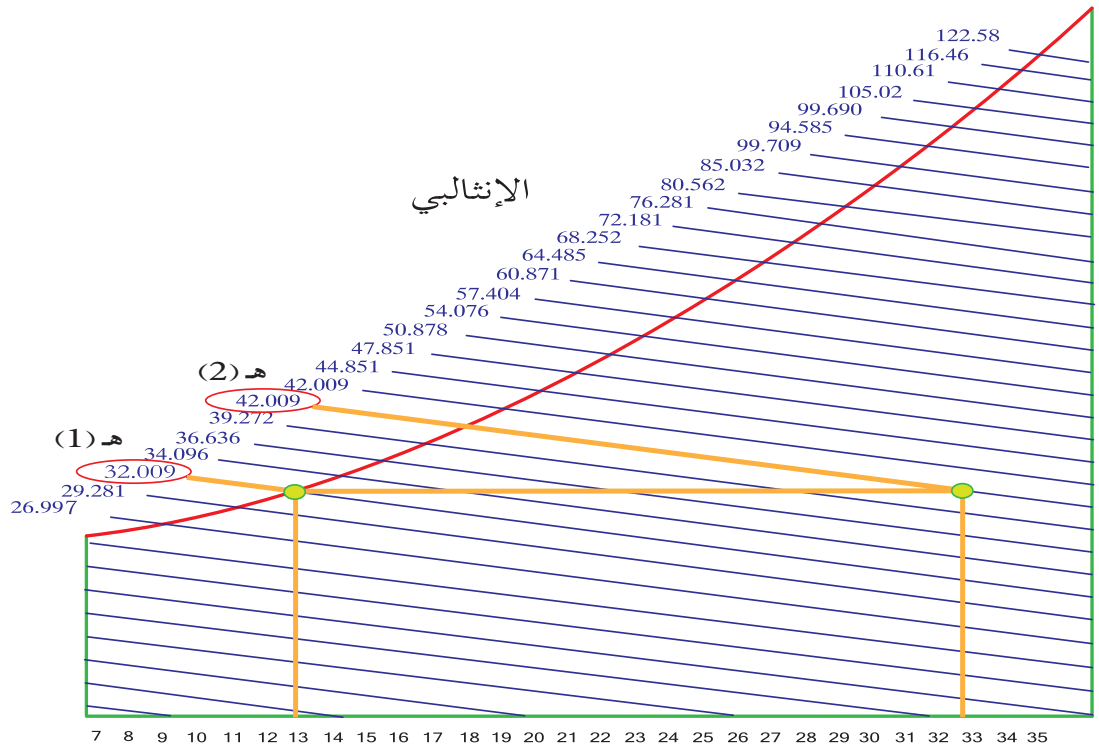
1- نحدد النقطة (1) التي تمثل حالة الهواء قبل التسخين على المخطط السيكرومتري، برسم عمود عند درجة حرارة (13° س)، حتى يتقاطع مع منحنى التشبّع، فتكون نقطة التقاطع هي النقطة رقم (1).

2- نحدد النقطة (2) التي تمثل حالة الهواء النهائية بعد الخروج من ملف التسخين، برسم خط أفقي من النقطة (1) باتجاه اليمين (لأنها عملية تسخين محسوس)، حتى يتقاطع مع العمود المقام عند درجة الحرارة (33° س)، فتكون نقطة التقاطع هي النقطة رقم(2)، كما في الشكل الآتي:



تمثيل النقاط على المخطط السيكرومتري.

يُبيّن الشكل الآتي تحديد قيم الإنثالبي عند بداية العملية ونهايتها:



تحديد قيم الإنثالبي عند بداية العملية ونهايتها.

3- قيمة الإنثالبي عند بداية العملية: (عند النقطة رقم 1): هـ1 = (32.009) كيلوجول/كغ هواء جاف.

4- قيمة الإنثالبي عند نهاية العملية: (عند النقطة رقم 2): هـ2 = (42.009) كيلوجول/كغ هواء جاف.

5- فَرْق الإنثالبي بين بداية العملية ونهايتها: (هـ2 – هـ1)

$$H\Delta = 42.009 - 32.009 = 10 \text{ kj / kg DA}$$

6- الحجم النوعي للهواء (ح ن) عند بداية العملية: نجده من المخطط السيكرومتري عن طريق رسم خط موازٍ لخطوط الحجم النوعي التي درستها سابقًا، فنجد أن قيمة الحجم النوعي عنده تساوي (0.816 م^3/كغ هواءً جافًا).

7- قيمة التدفق الكتلي للهواء (ك•)، بوحدة (كغ/ث): $ك• = \frac{ح•}{ح ن}$

$$ك• = \frac{12}{0.816}$$

ك• = (14.7) كغ/ث

8- نجد كميّة الحرارة المضافة من المعادلة الآتية:

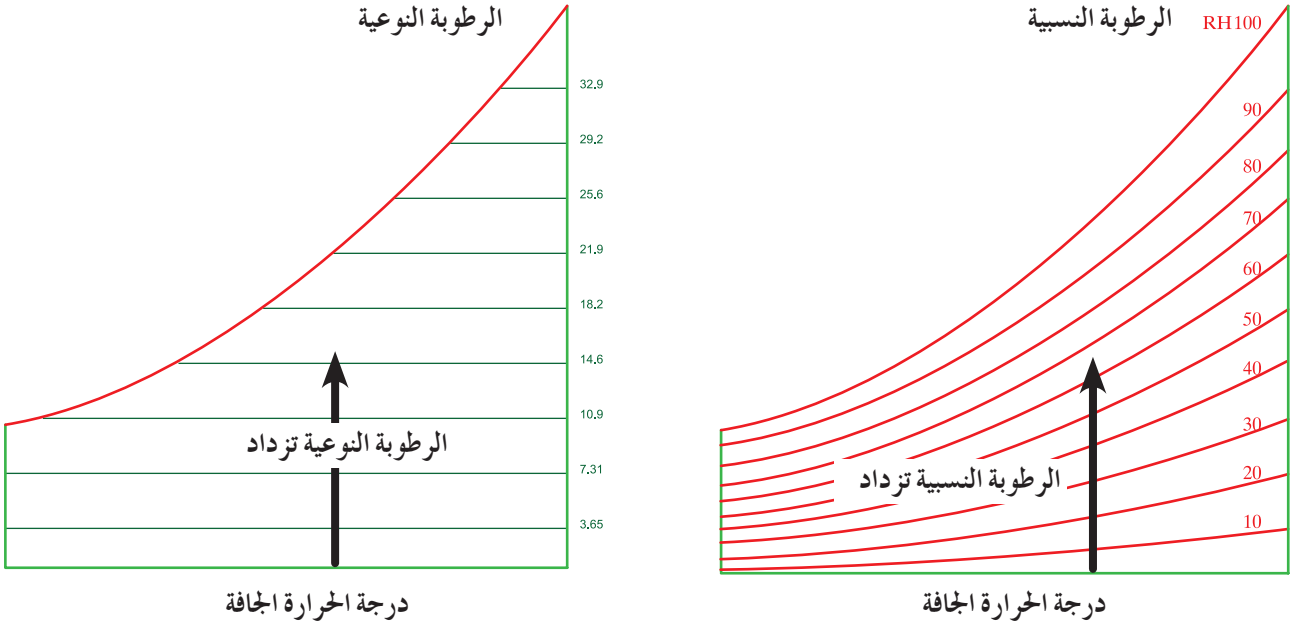
كميّة الحرارة المضافة (ك ح) = معدل تدفق كتلة الهواء (م ك) × فَرْق الإنثالبي (هـ2 – هـ1).

كميّة الحرارة المضافة (ك ح) = (14.7) × (10).

كميّة الحرارة المضافة (ك ح) = (147) كيلوواط.

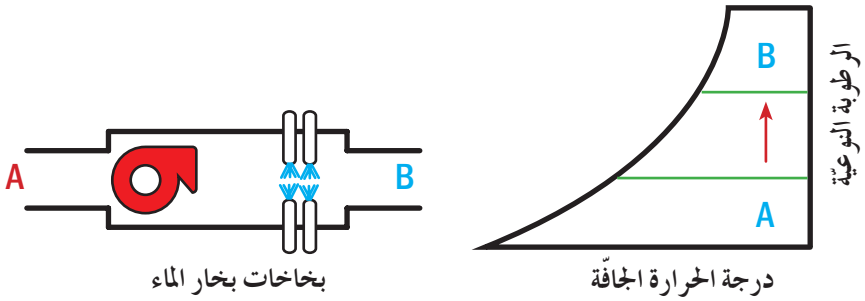
3- عملية إضافة الرطوبة (الترطيب) (Humidification)

كلما اتجهنا في المخطط السيكرومتري من الأسفل إلى الأعلى عموديًّا، ازدادت قيمة الرطوبة النوعية والرطوبة النسبية أيضًا، مع ثبات درجة الحرارة الجافة عَبْرَ هذه العملية، كما هو مبين في الشكل (1–12).



الشكل (1–12): عملية إضافة الرطوبة (الترطيب).

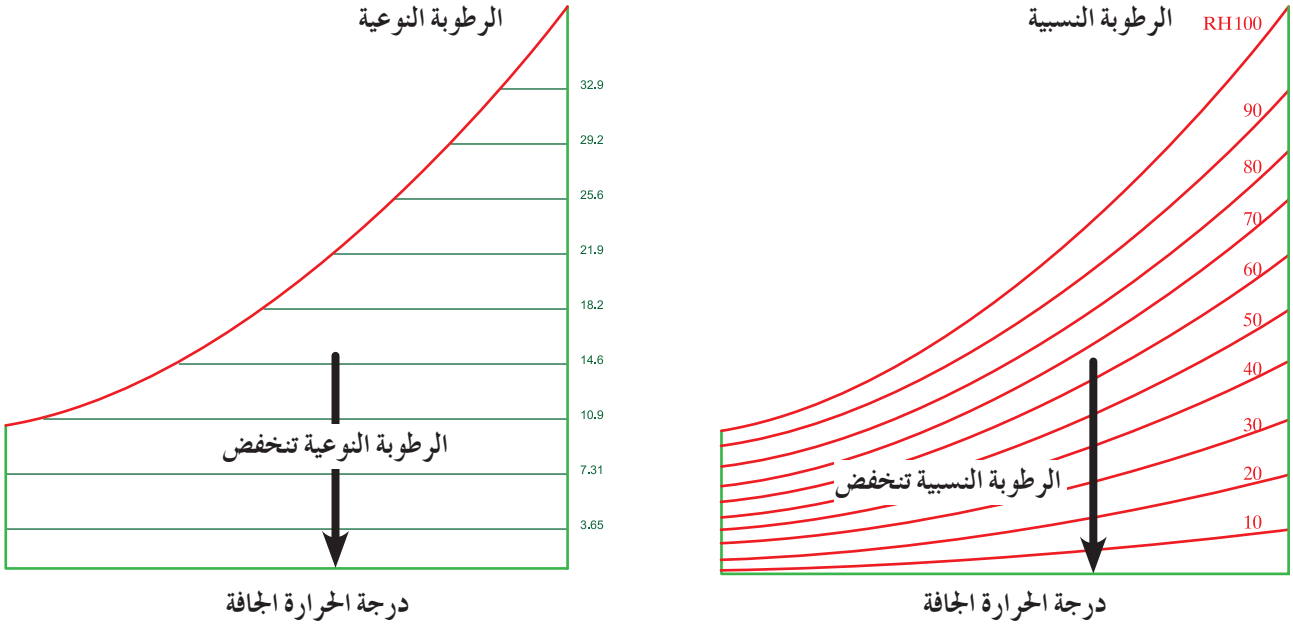
حيث تتم عملية الترطيب عبر تعريض الهواء إلى رذاذ الماء كما هو مبين في الشكل (1–13).



الشكل (1–13): تمثيل عملية إضافة الرطوبة.

4- عملية إزالة الرطوبة (التجفيف) (Dehumidification)

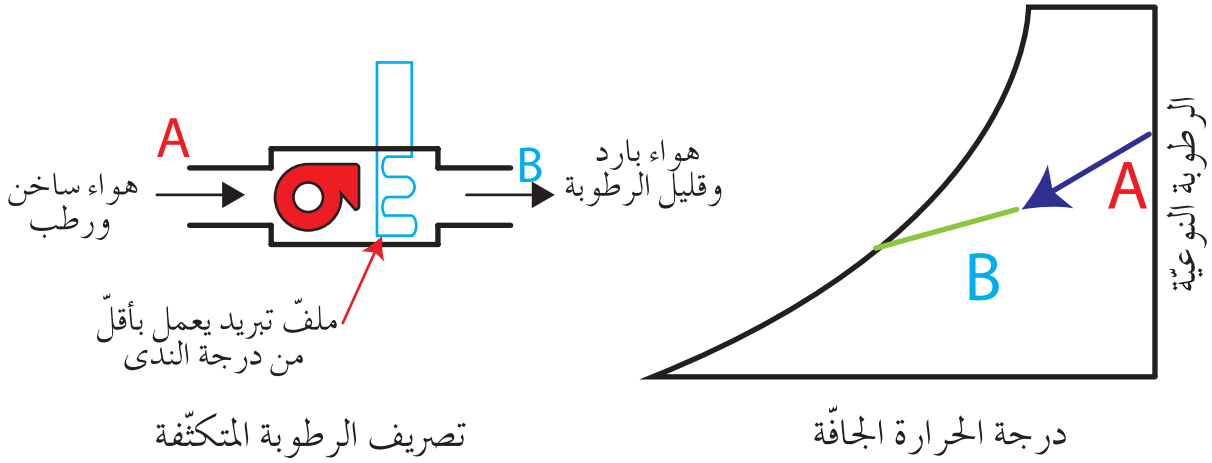
هي العملية التي يُخفَّض فيها محتوى الرطوبة للهواء وتتم عندما نتجه في المخطط السيكرومتري من الأعلى إلى الأسفل مع ثبات درجة الحرارة الجافة؛ لكي يجف الهواء، يُبيّن الشكل (1–14) عملية إزالة الرطوبة بيانيًّا.



الشكل (1–14): عملية إزالة الرطوبة (التجفيف).

5- التبريد مع تخفيض الرطوبة (Cooling & Dehumidification)

عند تبريد الهواء، تحدث عملية تخفيض الرطوبة؛ لأن بخار الماء المختلط بالهواء يتكاثف عند ملامسة ملف التبريد وينفصل عن الهواء؛ وذلك عندما يبرّد الهواء إلى درجة حرارة أقلّ من درجة حرارة الندى، ويخرج الهواء بمحتوى رطوبة أقلّ، فعندما نتجه من الأعلى إلى الأسفل على المخطط السيكرومتري تنخفض الرطوبة، وعندما نتجه من اليمين إلى الشمال على المخطط السيكرومتري، فإن الهواء يبرد؛ لذلك يدل الخط النازل من الأعلى إلى الأسفل مائلًا إلى الشمال على حدوث عمليتي التبريد وتخفيض الرطوبة معًا، يُبيّن الشكل (1–15) تمثيل العملية على المخطّط السيكرومتري.

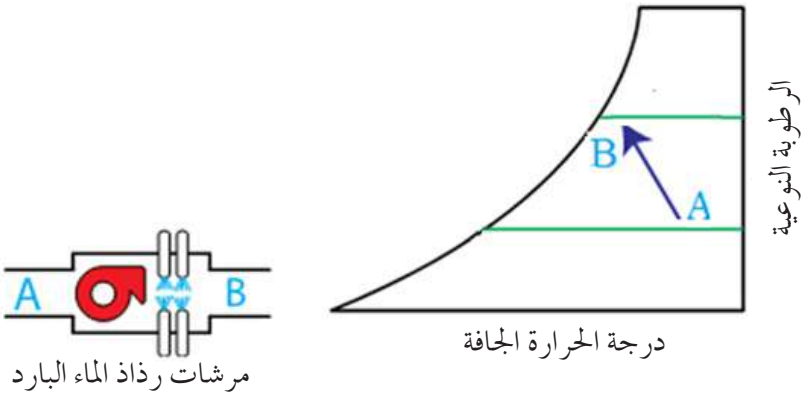


الشكل (1–15): عملية تبريد الرطوبة وتخفيضها.

6- التبريد مع زيادة الرطوبة (Cooling & humidification)

تُعَدّ عملية التبريد مع الترطيب واحدة من أكثر تطبيقات تكييف الهواء استعمالًا لأغراض التبريد، ففي هذه العملية تُضاف الرطوبة إلى الهواء بتمرير الهواء عَبْرَ مرشات الماء البارد أو تمريره على سطح؛ حيث تكون درجة حرارة رذاذ الماء أقل من درجة حرارة الهواء، وتميل جزيئات الماء إلى التبخر، فيسحب بخار الماء الحرارة من الهواء، وعليه، فإن نسبة الرطوبة في الهواء تزيد، وتنخفض درجة الحرارة الكلية للهواء، وتسمى هذه العملية التبريد التبخيري (Evaporative Cooling)،

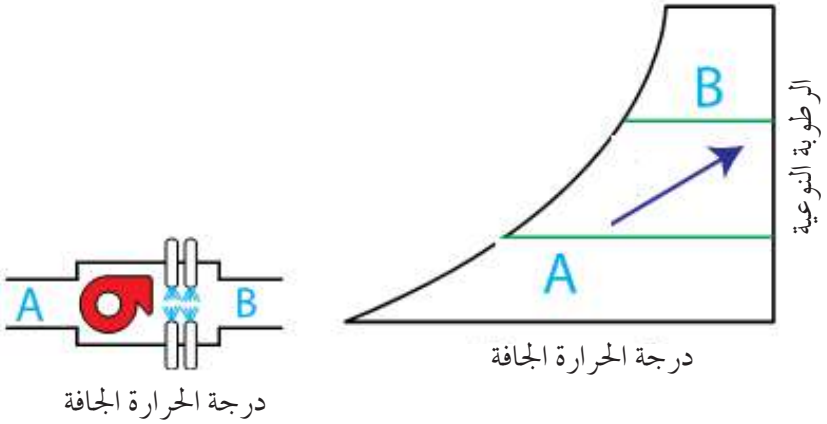
وتُمثَّل هذه العملية على المخطط السيكرومتري بخط يتجه إلى الأعلى مائلًا إلى الشمال، أو بخط موازٍ لخطوط ثبات الإنثالبي، وفي العمليات الهندسيّة يُمثل على خطوط ثبات درجة الحرارة الرطبة، كما هو مبين في الشكل (1–16).



الشكل (1–16): التبريد مع زيادة الرطوبة.

7- التسخين مع زيادة الرطوبة (Heating & humidification)

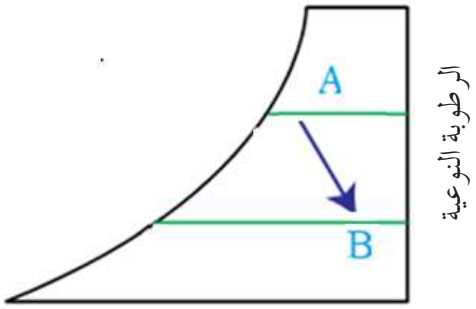
تُمثَّل هذه العملية على المخطط السيكرومتري برسم خط يتجه إلى الأعلى مائلًا إلى اليمين؛ لأن الاتجاه إلى الأعلى يدل على زيادة الرطوبة، والاتجاه إلى اليمين يدل على التسخين، ويتم ذلك عند تمرير الهواء عَبْرَ رذاذ من الماء الساخن، يُبيّن الشكل (1–17) تمثيلًا لعملية التسخين وزيادة الرطوبة.



الشكل (1–17): التسخين مع زيادة الرطوبة.

8- التسخين مع إزالة الرطوبة (Heating & Dehumidification)

تحدث هذه العملية عن طريق تمرير الهواء فوق بعض المواد الكيميائية، مثل الألومينا والمناخل الجزيئية. هذه العناصر لها خصائص متأصلة بسبب استمرارها في إطلاق الحرارة وميلها كذلك إلى سحب الرطوبة، وتسمى (مواد كيميائية استرطابية) (**hygroscopic chemicals**)، وتُمثَّل هذه العملية على المخطط السيكرومتري بخط يتجه إلى الأسفل مائلًا إلى اليمين كما هو مبين في الشكل (1–18).



الشكل (1–18): التسخين مع إزالة الرطوبة.

يُبيّن الشكل (1–19) تمثيل العمليات السيكرومترية للهواء (**Psychometric processes**) على المخطط السيكرومتري.

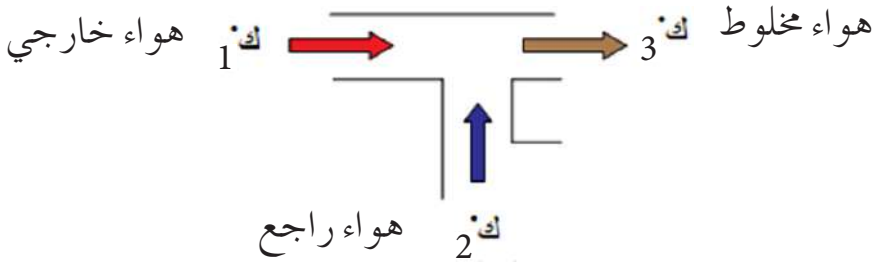
الشكل (1–19) تمثيل العمليات السيكرومترية للهواء على المخطط السيكرومتري.

9- عملية الخلط الأديباتي (Adiabatic Mixing)

يُنفَّذ هذا الإجراء لتجديد هواء الحيّز المكيف (هواء الغرفة) للتخلص من الروائح وغاز ثاني أكسيد الكربون، حيث تُخلط كميّة من الهواء الخارجي النقي بالهواء الراجع من الغرف، ويتم ذلك بإرجاع الهواء الذي بُرِّد مرة أخرى إلى ملف التبريد في وحدة مناولة الهواء؛ لتوفير الطاقة، وخلطه بنسبة معينة من الهواء الخارجي النقي، وعندما تتدفق كميّة من الهواء النقي الخارجي مقدارها (ك•1) إلى وحدة مناولة الهواء، يُخلط بكميّة من الهواء الراجع من الحيّز المكيف مقداره (ك•2)، فإن مقدار تدفق الهواء المخلوط (ك•3) تساوي مجموع القيمتين، كما هو مبين في المعادلة الآتية:

$$ك•3 = ك•1 + ك•2$$

يُبيّن الشكل (1–20) عملية خلط الهواء:



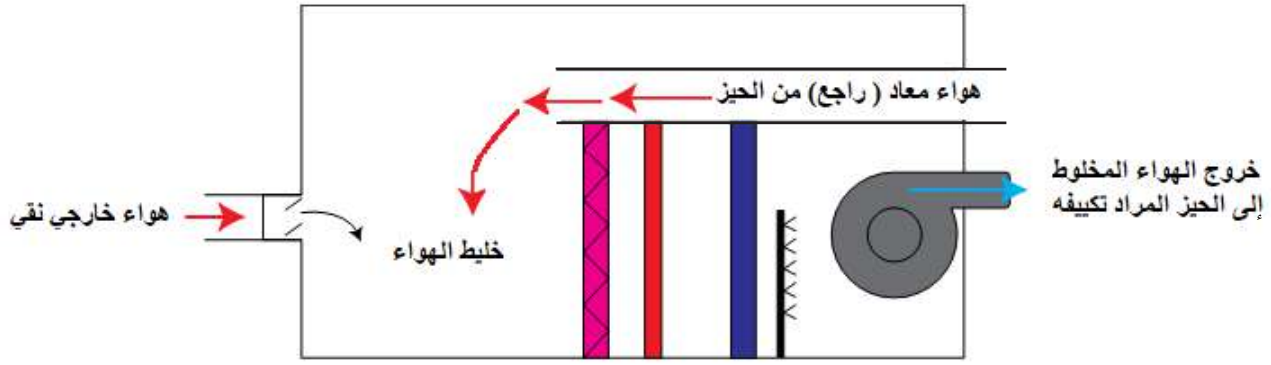
الشكل (1–20): عملية خلط الهواء.

لإيجاد المحتوى الحراري للخليط هـ3 نعوض في المعادلة الآتية:

$$(ك•1)(هـ1) + (ك•2)(هـ2) = (ك•3)(هـ3)$$

مثال (14)

يُبيّن الشكل الآتي تدفق هواء نقي خارجي مقداره (0.56) متر مكعب لكل ثانية داخل وحدة مناولة الهواء.



عملية خلط الهواء.

فإذا كانت درجة حرارته الجافة (31° س)، ودرجة حرارته الرطبة (25° س)، وكان معدل تدفق الهواء المعاد من حيز التبريد (0.37) م^3/ث، حيث يختلط الهواء المعاد من حيز التكييف بالهواء النقي خلطًا أديباتيًّا فإذا علمت أن الهواء المعاد درجة حرارته الجافة (25 س)، ورطوبته النسبية (50%)، فجِدْ ما يأتي:

1- الحجم النوعي للهواء النقي (ح ن)1.

2- الحجم النوعي للهواء المعاد (ح ن)2.

3- التدفق الكتلي للهواء النقي (ك•1).

4- التدفق الكتلي للهواء المعاد (ك•2).

5- التدفق الكتلي للخليط (ك•3).

6- المحتوى الحراري للهواء النقي المتدفق هـ1.

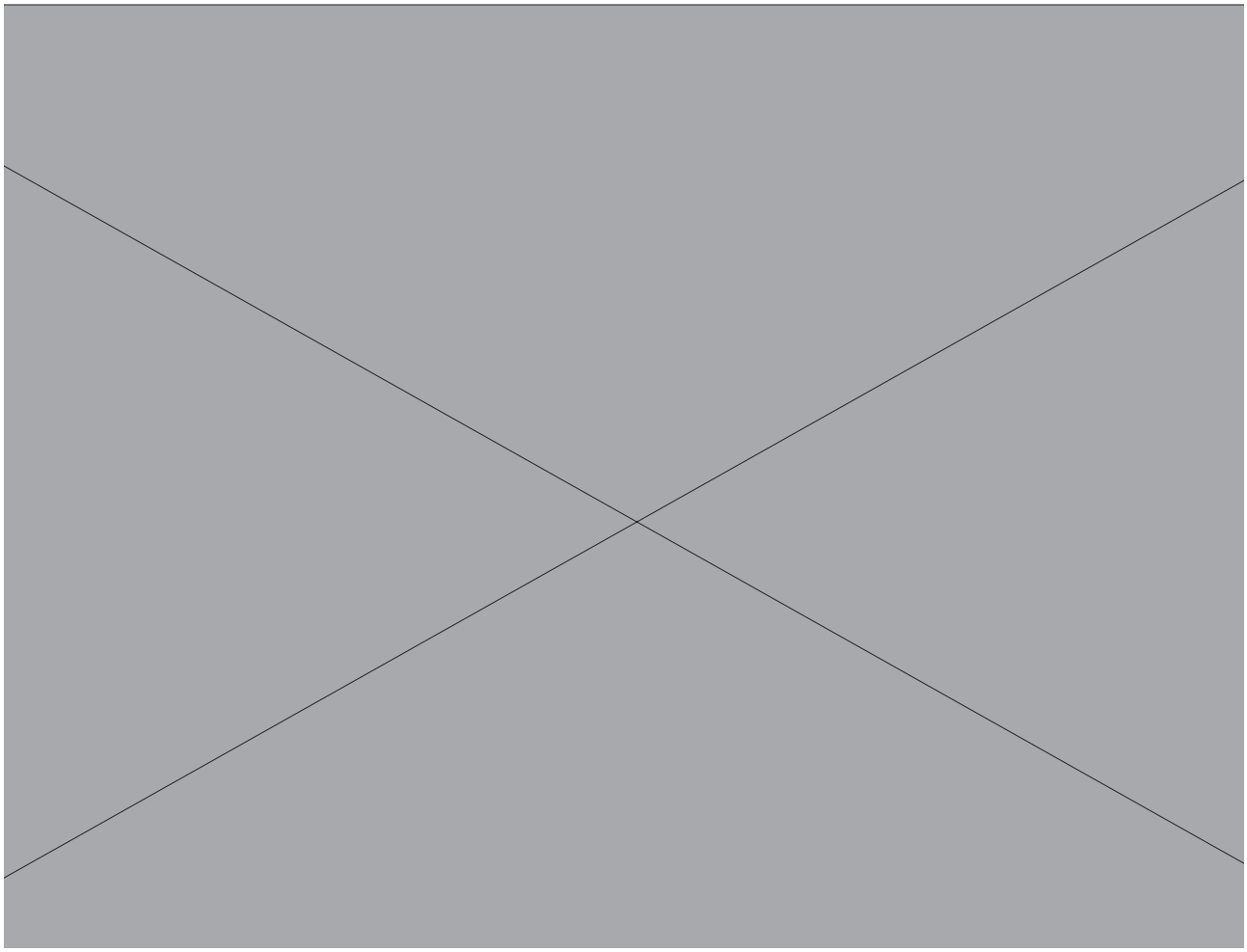
7- المحتوى الحراري للهواء المعاد هـ2.

8- المحتوى الحراري للخليط هـ3.

الحل

1- نحدد على المخطط السيكرومتري النقطة (A) من تقاطع درجة الحرارة الجافة (31° س) مع الحرارة الرطبة (25° س) للهواء النقي.

2- نحدد النقطة (B) من تقاطع درجة حرارة جافة (25° س)، ورطوبة نسبية (50%)، للهواء المعاد، كما هو مبين في الشكل الآتي:



تحديد النقطتين A،B على المخطط.

أ – الحجم النوعي للهواء النقي (ح ن)1 = (0.88) م3/كغ هواء جاف

ب– الحجم النوعي للهواء المعاد (ح ن)2 = (0.85) م3/كغ هواء

3- نجد التدفق الكتلي عند كلا النقطتين من المعادلة: $ك• = \frac{ح•}{ح ن}$

- نجد التدفق الكتلي للهواء النقي (ك•1): ح ن = (0.88) م^3/كغ هواءً جافًا (من المخطط السيكرومتري)

ح• = (0.56) م^3/ث (معطى في السؤال)

$$ك•1 = \frac{0.56}{0.88} = 0.636 \text{ كغ/ث}$$

نجد التدفق الكتلي للهواء المعاد (ك•2):

$$ك•2 = \frac{0.37}{0.85} = 0.435 \text{ كغ/ث}$$

التدفق الكتلي للخليط (ك•3) = ك•1 + ك•2

= 0.636 + 0.435 = 1.071 كغ/ث

- المحتوى الحراري للهواء النقي المتدفق هـ1 = (76.281) كيلوجول/كغ هواءً جافًا
- المحتوى الحراري للهواء المعاد هـ2 = (50.32) كيلوجول/كغ هواءً جافًا
- لإيجاد المحتوى الحراري للخليط هـ3، نعوض في المعادلة الآتية:

(ك•1) (هـ1) + (ك•2) (هـ2) = (ك•3) (هـ3)

حيث إن (ك•1) (هـ1) + (ك•2) (هـ2) هي كميّة الحرارة المضافة إلى النظام

و (ك•3) (هـ3): هي كميّة الحرارة المزالة من النظام

(0.636) (76.281) + (0.435) (50.32) = (1.071) (هـ3)

(48.515) + (21.89) = (1.071) (هـ3)

إذًا:

$$(هـ3) = \frac{70.405}{1.071} = (65.74) \text{ كيلوجول/كغ هواءً جافًا}$$

مثال (15)

إذا كانت كميّة من الهواء درجة حرارتها الجافّة (28°س)، ودرجة حرارتها الرطبة (23.2° س) بوساطة المخطّط السيكرومتري، فجد ما يأتي:

1- خصائص الهواء الآتية:

أ - الرطوبة النسبية　　ب- درجة حرارة نقطة الندى　　جـ- ضغط البخار

د- الحجم النوعي　　هـ- الإنثالبي　　و- الرطوبة النوعية

2- إذا بُرِّد الهواء إلى درجة حرارة جافّة = (26°س)، فاحسب الآتي:

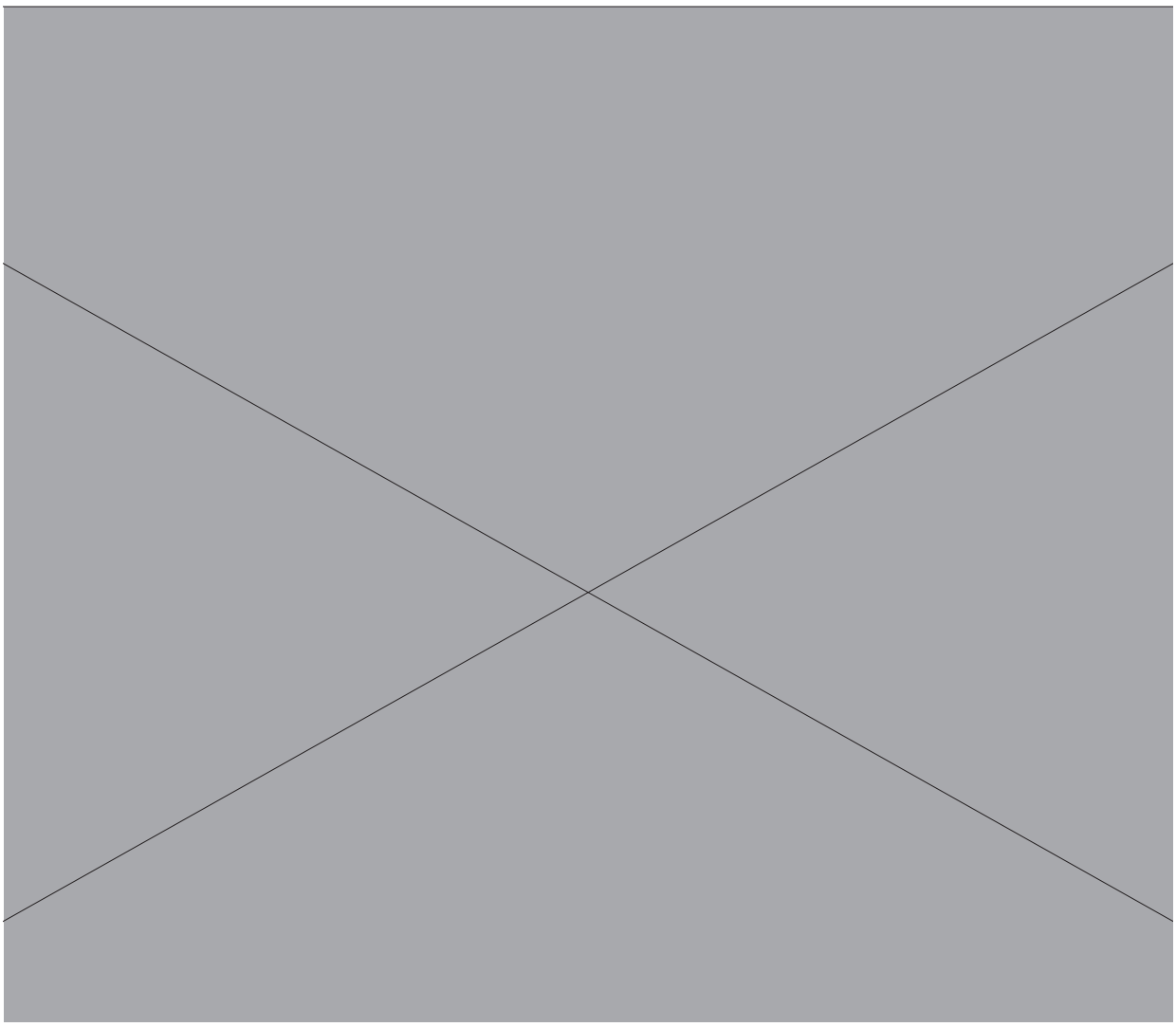
أ - درجة حرارة نقطة الندى　　ب- درجة الحرارة الرطبة

جـ- الرطوبة النسبيّة　　د- (الإنثالبي)

3- احسب كميّة الحرارة المزالة لكّل كغم هواء جاف عند عملية التبريد.

الحل

1- بوساطة الخاصيّتين المعلومتين للهواء بوصفهما إحداثيين، يمكن تحديد حالة الهواء بنقطة على المخطّط السيكرومتري، كما في الشكل الآتي:



تمثيل الحلّ على المخطّط السيكرومتري.

ومن هذه النقطة، نجد أن:

أ – الرطوبة النسبيّة: ٪67.

ب– درجة حرارة نقطة الندى: °21.3 س.

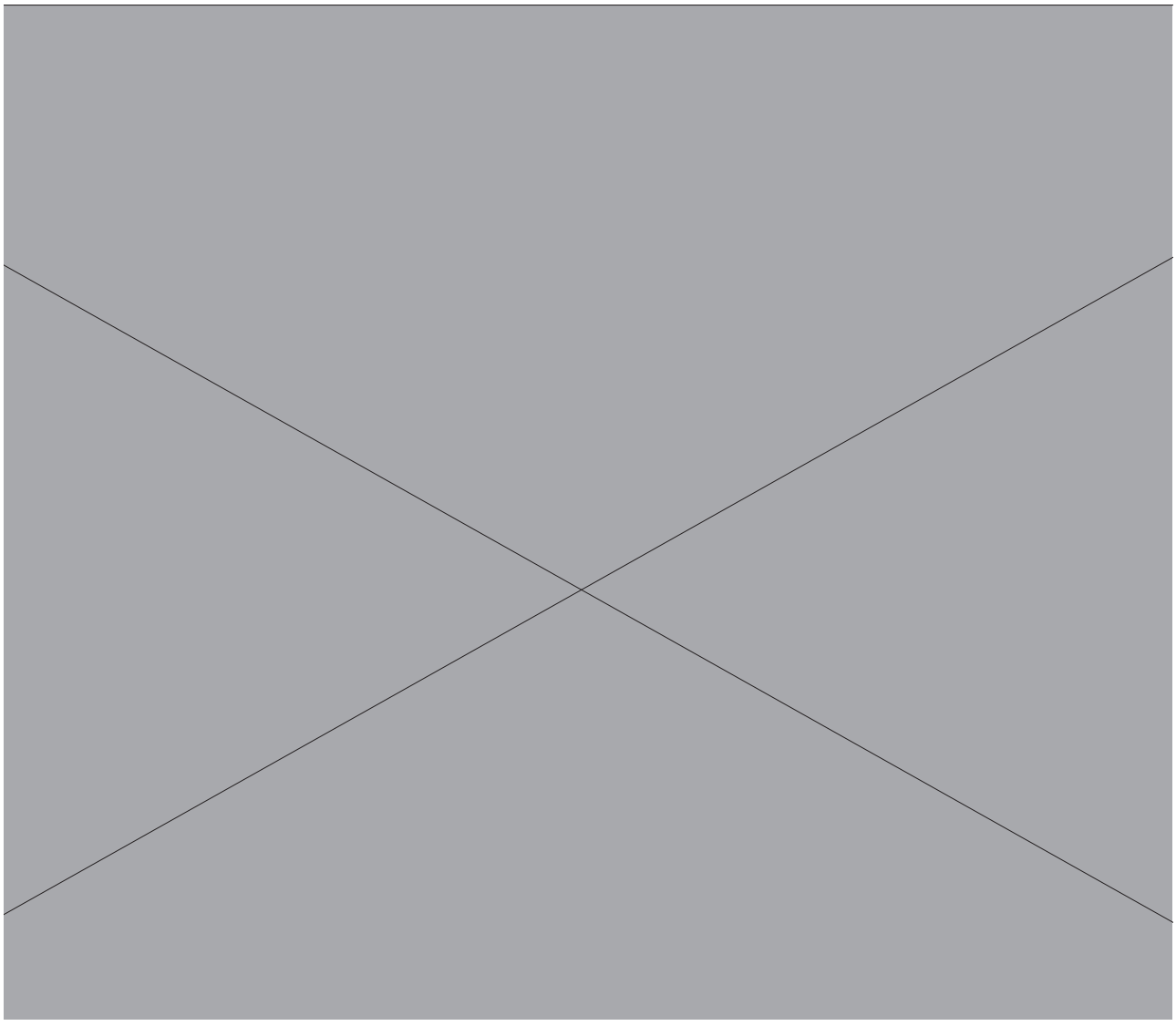
جـ– ضغط البخار: 2.5 كيلوباسكال.

د– الحجم النوعي: 0.870 م^3/كغم هواءً جافًّا.

هـ– (الإنثابلي): 68.8 كيلوجول/كغم هواءً جافًّا.

و– الرطوبة النوعيّة: 16غم/كغم هواءً جافًّا.

2- عند تبريد الهواء إلى درجة الحرارة الجافّة 26° س، فإنّه لا يُبرّد أقلّ من درجة حرارة نقطة الندى الابتدائيّة، وفي هذه الحالة، لم تُزَل أية كميّة من الرطوبة من الهواء؛ أي أنّ الرطوبة النوعيّة ودرجة حرارة نقطة الندى تبقى ثابتة، ولما كانت الدرجة (26° س) أكبر من درجة حرارة نقطة الندى (21.3° س)، فإن الرطوبة النوعيّة تبقى ثابتة؛ أي لا يوجد تكثيف للرطوبة، وعليه، تُرصد درجة حرارة نقطة الندى ودرجة الحرارة الجافّة الجديدة بوصفهما إحداثيين؛ لتحديد خصائص الهواء، كما في الشكل الآتي:



تمثيل الحلّ على المخطّط السيكرومتري.

من هذه النقطة، نجد الخصائص الحراريّة الآتية:

أ – درجة حرارة نقطة الندى (21.3° س).

ب – درجة حرارة الرطبة (22.6° س).

جـ – الرطوبة النسبيّة: 75٪.

د – (الإنثالبي) = (66.8) كيلوجول/كغم هواءً جافًّا

لاحظ الانتقال من الحالة الأولى إلى الحالة الثانية ممثّلة بالسهم الأحمر.

هـ – كميّة الحرارة المزالة بإجراء عملية التبريد = الإنثالبي عند نهاية العملية (هـ2) – الإنثالبي عند بداية العملية (هـ1)

$$\Delta \text{ هـ} = (\text{هـ2} - \text{هـ1})$$

$$\Delta H = 66.8 - 68.8$$

$$= -2 \text{ kj /kg DA}$$

ملاحظة: تدل الإشارة السالبة على أن الحرارة مفقودة

- تعلمت في الصف الحادي عشر في الوحدة الأولى مفاهيم الحرارة المحسوسة، والحرارة الكامنة، ودرجة حرارة التشبّع، ارجع إلى كتاب الصف الحادي عشر واكتب تقريرًا عن هذه المفاهيم، وناقش فيه زملاءك.
- ابحث في الإنترنت عن إجابة السؤال الآتي:

عند أيّ حالة تتساوى درجة الحرارة الجافّة مع درجة الحرارة الرطبة ونقطة الندى؟ اكتب تقريرًا عن ذلك وشارك زملاءك فيه ثم ناقش المعلم فيه.

القياس والتقويم

– أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة

الرقم	الهدف	درجة تحقيق الهدف		
		ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أميز بين مفاهيم الحرارة الجافة، والحرارة الرطبة، والرطوبة النسبية، والرطوبة النوعية، والحجم النوعي.			
2	أستطيع قياس درجة الحرارة الجافة ودرجة الحرارة الرطبة.			
3	أستطيع تمييز خطوط المخطط السيكرومتري.			
4	أستطيع تعيين نقطة على المخطط السيكرومتري بدلالة الحرارة الجافة وأية خصيصة أخرى للهواء .			
5	أستنتج بقية خصائص الهواء من المخطط السيكرومتري.			

الأسئلة

1- عرف كلًّا مما يأتي:

أ – درجة الحرارة الجافة

ب– نقطة الندى

جـ– الرطوبة النوعية

د – الرطوبة النسبية

هـ – الحجم النوعي

و – الإنثالبي

ز – درجة حرارة التشبع

ح – منحنى التشبع

2- إذا كانت درجة حرارة الهواء الجافة (17° س) ، والرطوبة النسبية (75%)، فجد قيمة ما يأتي:

أ – درجة الحرارة الرطبة

ب– نقطة الندى

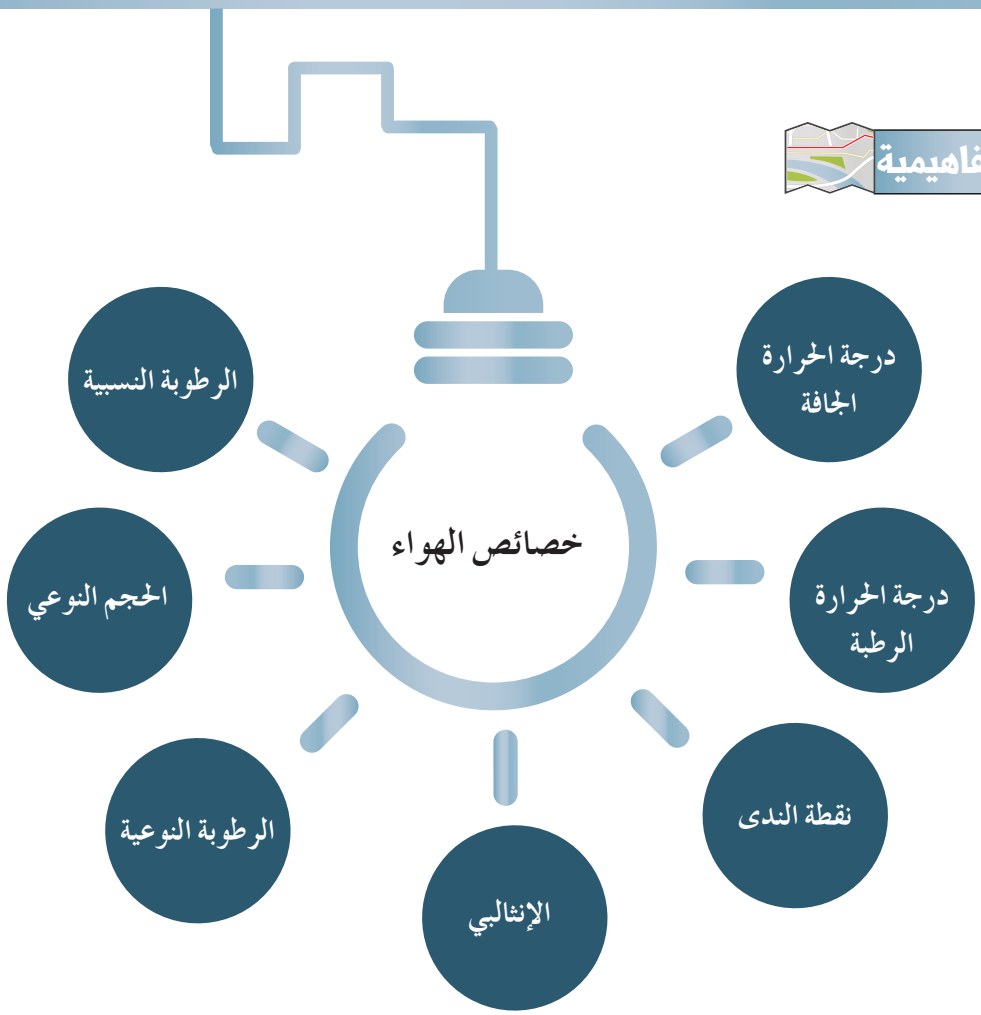
جـ– الحجم النوعي

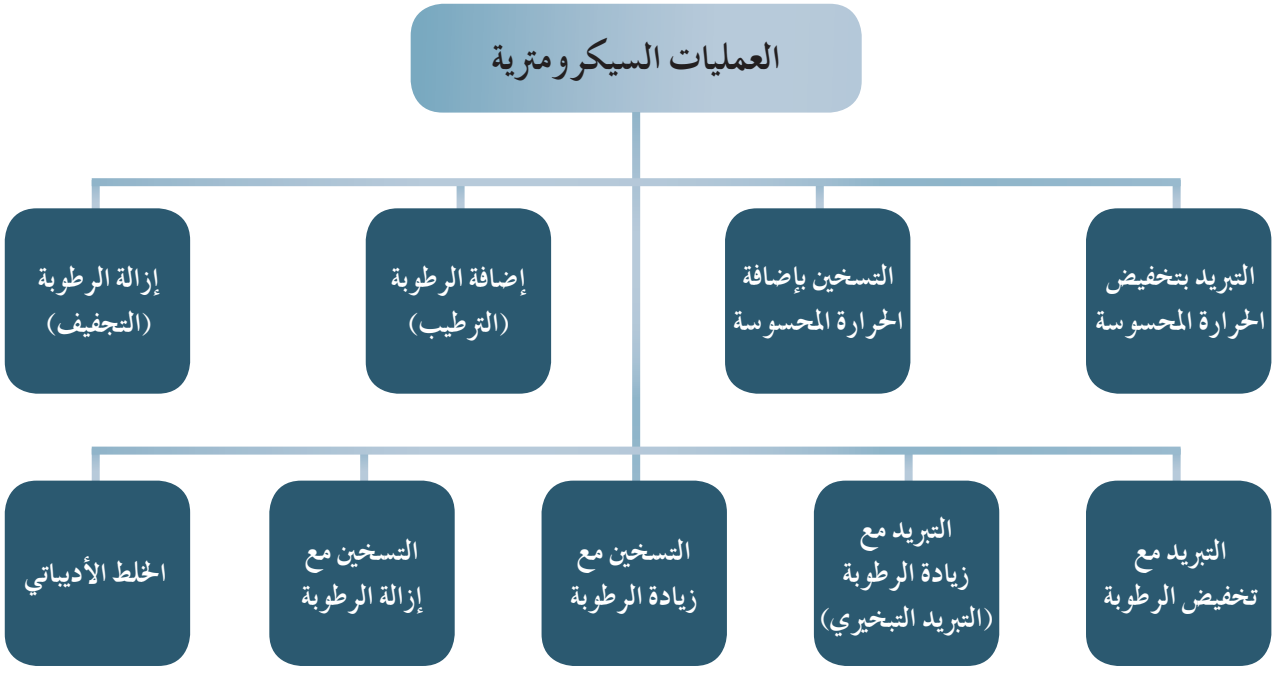
د – الإنثالبي

3- احسب كمية الحرارة اللازمة لتسخين (20) كغم/ث من هواء خارجي درجة حرارته الجافة (18° س)، ورطوبته النسبية (60%) إلى درجة حرارة جافة (30° س).

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الخرائط المفاهيمية





التمارين العملية

التمرين (1)

قياس خصيصتين للهواء وتحديد باقي الخواص على المخطط السيكرومتري.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تحدد خصائص الهواء على المخطط السيكرومتري بمعرفة خصيصتين للهواء .

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– مقياس درجة الحرارة الرطبة. – مقياس درجة الحرارة الجافة. – قلم. – دفتر التدريب العملي. – مسطرة.	– مخطط سيكرومتري.

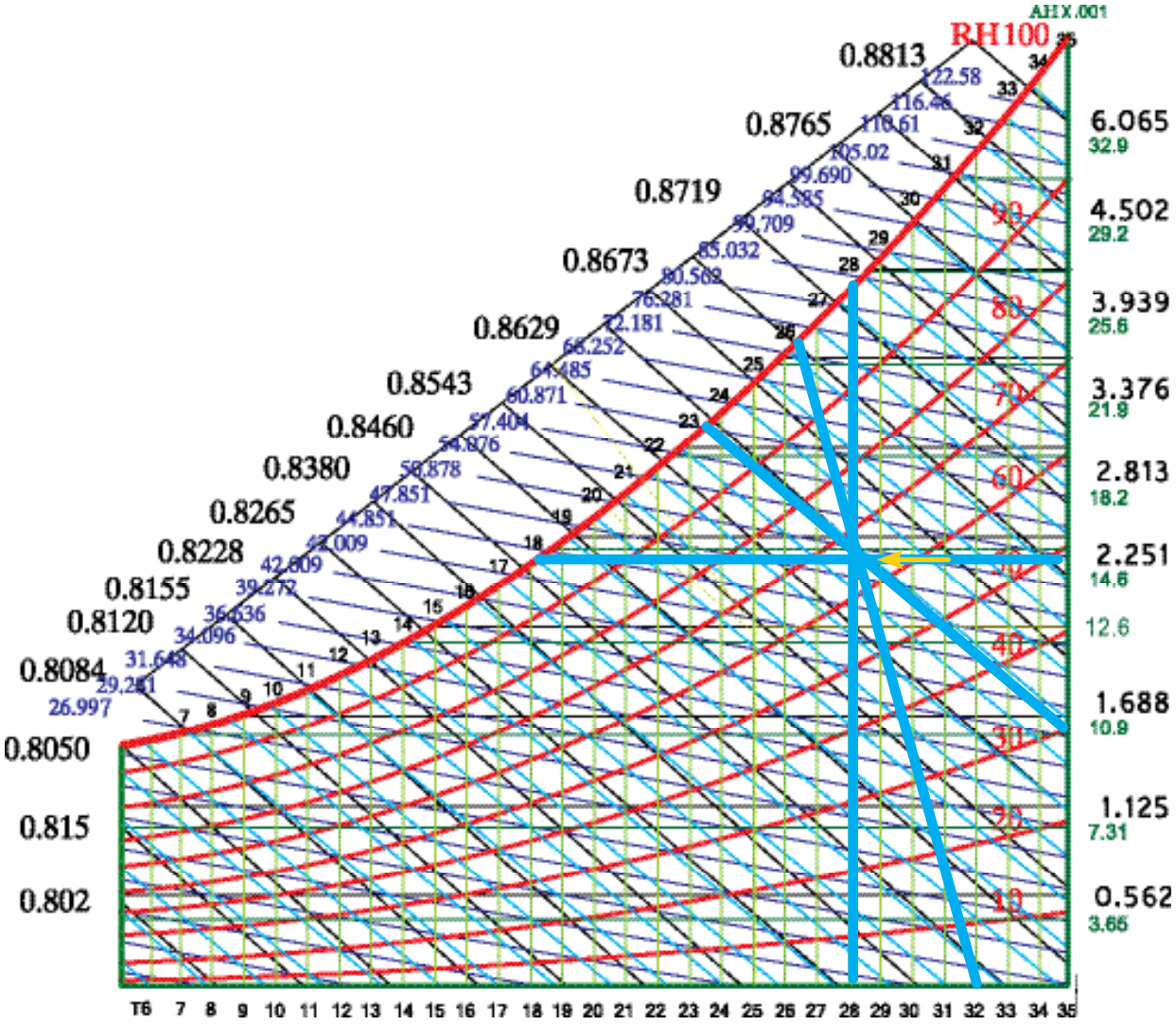
خطوات الأداء

1– قِس درجة الحرارة الجافة في مكان التدريب الموجود فيه، وحددها على المخطط السيكرومتري المبين في الشكل.

2– قِس درجة الحرارة الرطبة في مكان التدريب الموجود فيه، وحددها على المخطط السيكرومتري.

3– استخرج خصائص الهواء لنقطة التقاطع، ثم أنشئ جدولًا يوضحها.

الرسم التوضيحي



الرطوبة النسبية	الرطوبة النوعية	الحجم النوعي	الإنثالبي	درجة حرارة نقطة الندى

التمارين العملية

التمرين (2)

تحديد خصائص الهواء على المخطط السيكرومتري مستعينًا بجهاز خصائص الهواء.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تقيس خصيصتين من خصائص الهواء مستعينًا بجهاز قياس خصائص الهواء.
- تحدّد بقية خصائص الهواء باستخدام المخطط السيكرومتري.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– جهاز قياس خصائص الهواء	– مخطط سيكرومتري – قلم رصاص – قلم حبر – ممحاة – مسطرة

خطوات الأداء

1– أعدَّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، ومراعاة شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما.

ملاحظة: عند وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المعلم.

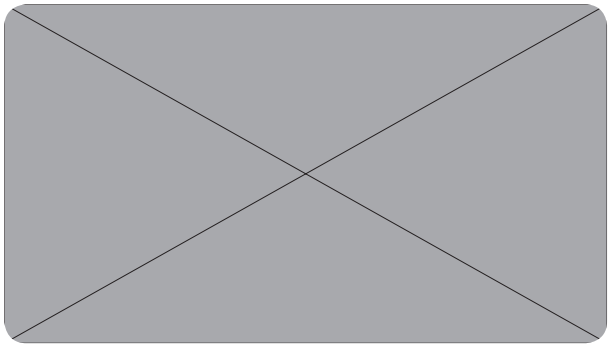
2– أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

3– اقرأ تعليمات الشركة الصانعة الخاصة بالجهاز؛ حيث يحتوي الجهاز مسخنًا كهربائيًّا، ونظام تبريد، ومرطبًا، وأجهزة قياس درجة الحرارة الجافة والرطبة، حيث يمكن تشغيل أجهزة التسخين أو التبريد أو الترطيب أو فصلها حسب الوضع المطلوب.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

4- شغل جهاز قياس خصائص الهواء المبين في الشكل المجاور بمفتاح التشغيل الرئيس على الوضعية (ON)، كما في الشكل (1).



الشكل (1)

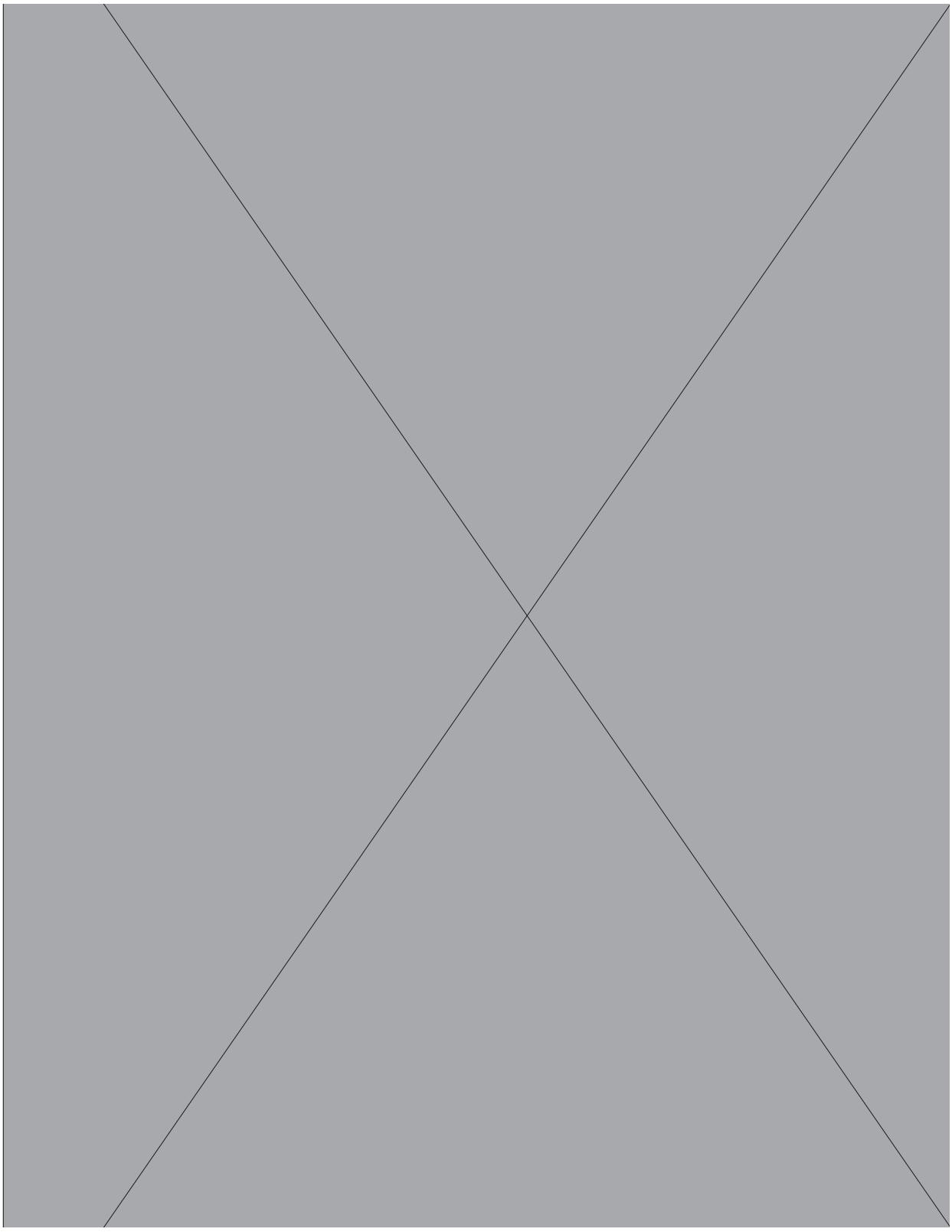
5- انقل درجة الحرارة الجافة والرطبة من الساعات الإلكترونية الموجود في بداية الجهاز التي تقيس درجة حرارة الهواء الخارجي على مدخل الجهاز، ثم دوّن القيم في الجدول المبين في الشكل (2) في دفترك.

	درجة الحرارة الرطبة	درجة الحرارة الجافة
الهواء الخارجي		

الشكل (2)

6- حدد على المخطط السيكرومتري نقطة التقاء خط الحرارة الجافة وخط الحرارة الرطبة، ثم جد بقية خصائص الهواء، ثم دوّن القيم في الجدول في دفترك.

- قس خصيصتين من خصائص الهواء مستعينًا بجهاز قياس خصائص الهواء.



الخريطة السيكرومترية

خطوات الأداء

7- شغل جهاز قياس خصائص الهواء، ثم شغل جهاز التبريد، ثم انتظر قليلًا حتى يبرد الهواء.

8- انقل درجة الحرارة الجافة والرطبة من ساعات قياس الحرارة الإلكترونية الموجودة بعد ملف التبريد الى المخطط السيكرومتري، ثم جد خصائص الهواء ودوّن القيم على جدول المبين في الشكل (3) في دفترك.

- تحديد بقية خصائص الهواء باستخدام المخطط السيكرومتري بنسب خلط متنوعة للهواء.

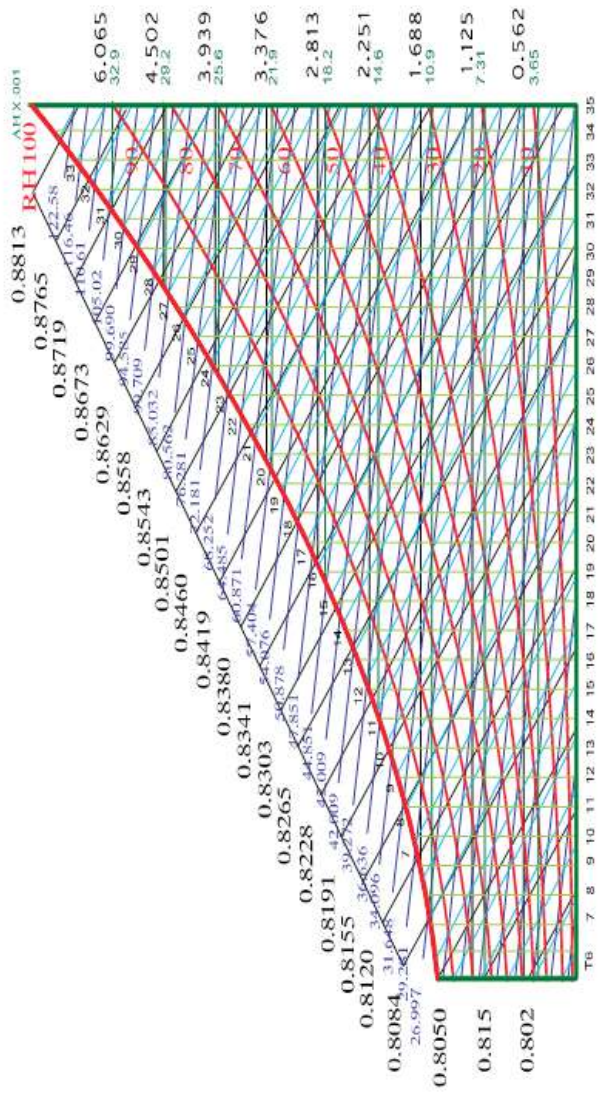
9- حدد على المخطط السيكرومتري المبين في الشكل (4) نقطة التقاء خط الحرارة الجافة وخط الحرارة الرطبة، ثم جد بقية خصائص الهواء بعد أن يُبرِّد، ثم دوّن القيم في الجدول في دفترك.

10- شغل جهاز قياس خصائص الهواء على وضع التسخين، وانتظر حتى ترتفع حرارة المسخن.

الرسم التوضيحي

	درجة الحرارة الرطبة	درجة الحرارة الجافة
الهواء بعد ملف التبريد		

الشكل (3)



الشكل (4)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

11- انقل درجة الحرارة الجافة والرطبة من ساعات الحرارة الإلكترونية الموجودة بعد المسخن إلى المخطط السيكرومتري، ثم جد بقية خصائص الهواء عبر المخطط، ودوّن القيم في الجدول المبين في الشكل (5) في دفترك.

	درجة الحرارة الرطبة	درجة الحرارة الجافة
الهواء بعد ملف التسخين		

الشكل (5)

12- شغل جهاز قياس خصائص الهواء على وضع الترطيب.

13- انقل درجة الحرارة الجافة والرطبة من الساعات الإلكترونية الموجودة بعد المرطب إلى المخطط السيكرومتري، ثم جد بقية خصائص الهواء في المخطط، ثم دوّن القيم في الجدول المبين في الشكل (6).

	درجة الحرارة الرطبة	درجة الحرارة الجافة
الهواء بعد المرطب		

الشكل (6)

قارن بين حالات الهواء مستعينًا بالقيم التي رصدتها في الجدول الآتي:

	درجة الحرارة الجافة	درجة الحرارة الرطبة	الرطوبة النسبية	الرطوبة النوعية	الحجم النوعي	الإنثالبي	درجة حرارة نقطة الندى
حالة الهواء الخارجي							
حالة الهواء بعد عملية التبريد							
حالة الهواء بعد عملية التسخين							
حالة الهواء بعد عملية الترطيب							

14- نظّف موقع العمل، ثم أطفئ الجهاز عبر ضغط المفتاح (OFF)

التمارين العملية

التمرين (3)

تحديد خصائص الهواء على المخطط السيكرومتري مستعينًا بجهاز خصائص الهواء بعد تعديل نسب خلط الهواء.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تحدد خصائص الهواء على المخطط السيكرومتري، مستعينًا بجهاز خصائص الهواء بعد تعديل نسب خلط الهواء.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– جهاز قياس خصائص الهواء	– مخطط سيكرومتري – قلم رصاص – قلم حبر – ممحاة – مسطرة

خطوات الأداء

1– أعدَّ خطة عمل بسيطة لتنفيذ التمرين، تتضمن تحضير المواد والأجهزة اللازمة لتنفيذ التمرين، ومراعاة شروط السلامة والصحة المهنية وقوانينهما.

ملاحظة: عند وجود أي استفسار أو نقص في المعلومات، عليك مراجعة المعلم.

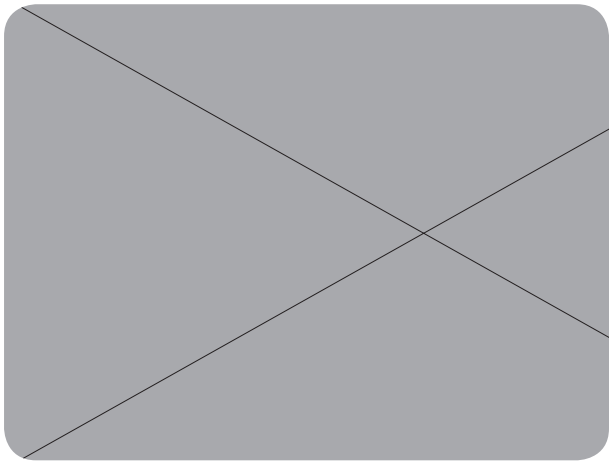
2– أمّن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

3– اقرأ تعليمات الشركة الصانعة الخاصة بالجهاز، حيث يحتوي الجهاز مسخنًا كهربائيًّا، ونظام تبريد، ومرطبًا، وأجهزة قياس درجة الحرارة الجافة والرطبة، حيث يمكن تشغيل أجهزة التسخين أو التبريد أو الترطيب أو فصلها حسب الوضع المطلوبة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

4- شغل جهاز قياس خصائص الهواء المبين في الشكل المجاور عبر مفتاح التشغيل الرئيس على الوضع (ON)، وشغل نظام التبريد، واضبط مفتاح تدفق بوابات الهواء (دامبر) الهواء (الخارجي والمعاد وبعد الخلط) في وضع فتح كامل، كما في الشكل (1).



الشكل (1)

5- انقل درجة الحرارة الجافة والرطبة من الساعات الإلكترونية الموجودة بعد ملف التبريد، ثم دوّن القيم في الجدول المبين في الشكل (2) في دفترك.

في وضع الفتح الكامل لبوابات الهواء	درجة الحرارة الرطبة	درجة الحرارة الجافة
الهواء الخارجي		
الهواء المعاد		
الهواء بعد ملف التبريد		

الشكل (2)

6- حدد على المخطط السيكرومتري نقطة التقاء خط الحرارة الجافة وخط الحرارة الرطبة للهواء للنقاط الثلاث (للهواء الخارجي وللهواء المعاد وللهواء بعد عملية التبريد)، ثم جد بقية خصائص الهواء للنقاط الثلاث، ثم دوّن القيم في الجدول الآتي في دفترك.

	درجة الحرارة الجافة	درجة الحرارة الرطبة	الرطوبة النسبية	الرطوبة النوعية	الحجم النوعي	الإنثالبي	درجة حرارة نقطة الندى
حالة الهواء الخارجي							
حالة الهواء المعاد							
حالة الهواء بعد عملية التبريد							

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

7- اضبط مفتاح بوابة تدفق الهواء (دامبر) الهواء (الخارجي والمعاد والمطرود) على 50% من نسبة الفتح.

8- انقل درجة الحرارة الجافة والرطبة من الساعات الإلكترونية الموجودة في قراء ساعات الحرارة للهواء الخارجي وللهواء الراجع وللهواء بعد ملف التبريد، ثم دوّن القيم على جدول المبين في الشكل (3) في دفترك.

في وضع ٥٠٪ فتح لبوابات الهواء	درجة الحرارة الرطبة	درجة الحرارة الجافة
الهواء الخارجي		
الهواء الراجع		
الهواء بعد ملف التبريد		

الشكل (3)

9- انقل درجة الحرارة الجافة والرطبة من الساعات الإلكترونية الموجودة بعد ملف التبريد إلى المخطط السيكرومتري، ثم جد بقية خصائص الهواء، ثم دوّن القيم في الجدول الآتي:

حالة الهواء بعد ملف التبريد	درجة الحرارة الجافة	درجة الحرارة الرطبة	الرطوبة النسبية	الرطوبة النوعية	الحجم النوعي	الإنثالبي	درجة حرارة نقطة الندى
فتح كامل							
50% فتح بوابات							

10- كرر الخطوات السابقة على وضعية التسخين، وعلى وضعية الترطيب، وكذلك على فتح البوابات بنسب مختلفة.

11- نظّف موقع العمل، ثم أطفئ الجهاز بضغط المفتاح (OFF).

منهاجي
متعة التعليم الهادف

2 الوحدة الثانية

أجهزة التكييف المنزلية

المحاور الفرعية:

أولًا: مكيف النافذة.

ثانيًا: مكيفات الهواء المجزأة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

أولًا:
مكيف النافذة

الوحدة الثانية 2

انظر.. وتساءل

استكشف

اقرأ.. وتعلم

الإثراء.. والتوسع

القياس والتقويم

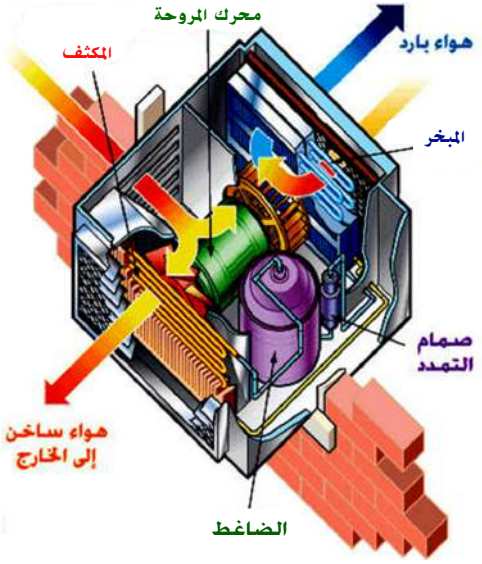
الخرائط المفاهيمية

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرّف مكونات مكيف النافذة ومبدأ عمله.

منهاجي
منصة التعليم الهادف



- انظر إلى الصورة متسائلًا: ما الذي يميز مكيف هواء النافذة من غيره، وما مبدأ عمله؟

لابد أنك لاحظت أن مكيف النافذة يتميز بوجود عناصر دورة التبريد جميعها معًا في صندوق واحد، ولا يحتاج إلى تمديد أنابيب بين وحدة التكثيف ووحدة المبخر.

استكشف

- لو كان لديك مكيف نافذة وأردت أن تختار له موضعًا لتركيبه بحيث يؤدي مهمة تكييف الهواء بنجاح، فما مواصفات هذا الموضع ؟

ماذا تتوقع أن يحصل لو كان موضع تركيب مكيف النافذة بلا تهوية؟

اقرأ.. وتعلم

يتميز مكيف النافذة بوجود مكونات دورة التبريد الميكانيكية وملحقاتها مجتمعة في صندوق واحد، تُثبَّت وحدة واحدة في جدار المكان المراد تكييف الهواء فيه؛ بما يناسب حاجة الإنسان مثل بقية أنواع المكيفات، بالرغم أن استعمال مكيف النافذة أصبح محدودًا في الأردن، لأسباب تتعلق بالديكور، والنواحي الجمالية، والشكل المعماري للمباني، إلا أن استعماله منتشر في دول كثيرة، ولا تزال المصانع تنتج منه تصاميم حديثة تواكب العصر الحديث من النواحي الجمالية والتشغيلية جميعها، وأنظمة توفير الطاقة بالقدرة المتغيرة (Inverter)، وتتوافر مكيفات النافذة بثلاثة أنواع، هي:

1- **مكيفات القدرة الثابتة ذات دورة التبريد فقط**: دورة التبريد الميكانيكية التي تعمل بها هذه المكيفات هي دورة التبريد الانضغاطية العادية، حيث تُستعمل هذه المكيفات للتبريد فقط، وقد يُضاف مسخن كهربائي (Heater) للحصول على تدفئة مع إيقاف دورة التبريد تمامًا عَبْرَ عمل المسخّن الكهربائي.

2- **مكيفات القدرة الثابتة ذات التبريد والتدفئة (حامي/بارد)**: تتميز هذه المكيفات بوجود صمّام عاكس يعكس دورة وسيط التبريد، بحيث يُستفاد من الحرارة المطرودة من الدورة إلى الحيّز (المكان) المراد تدفئته، وتسمى هذه العملية المضخة الحرارية (Heat Pump) فالمكيف في هذه الحالة يضخ الحرارة من المحيط الخارجي بالرغم من برودته (في فصل الشتاء) إلى حيز التبريد، وسيُشرَح مبدأ عمل الصمّام العاكس والمضخة الحرارية لاحقًا.

3- **مكيفات القدرة المتغيرة (Inverter)**: وهي من المكيفات الحديثة الموفرة للطاقة الكهربائية عن طريق التحكم بسرعة دوران المحرّك الكهربائي للضاغط، ما يؤدي إلى التحكم في قدرة الضاغط وَفْقًا لظروف التشغيل، وقد تكون مزودة بفلتر مضاد للبكتيريا لتنقية الهواء منها. وسيُشرَح مبدأ عمل المكيفات ذات القدرة المتغيرة في البنود الآتية .

1- مكونات مكيف النافذة، و مبدأ عمله

يتكوّن مكيف النافذة ذو القدرة الثابتة من دورة ميكانيكية، عناصرها عناصر دورة التبريد الانضغاطية نفسها، وهي: الضاغط، والمكثف، والأنبوب الشَّعري، والمبخر، إضافة إلى العناصر المساعدة، ودارة كهربائية تتكوّن من: محرّك الضاغط، وحماية من زيادة الحِمْل للضاغط (Overload)، ومكثف كهربائي، ومنظم درجات الحرارة، ومحرك المروحة، ومفتاح سرعات المروحة، ومفتاح تشغيل، ومرحّل كهربائي، إضافة إلى لوحة تحكم إلكترونية، وجهاز التحكم عن بُعْد (Remot Control)، حيث تشغل الدارة الكهربائية مكونات الدارة الميكانيكية وتتحكم فيها لتتم عملية التبريد كما تعلمت سابقًا في دورات التبريد الانضغاطية، ويرافق عمل مكيف النافذة تدوير إجباري للهواء المراد تبريده حول المبخّر يمر عَبْر فلتر تنقية الهواء، وكذلك تدوير إجباري للهواء الخارجي حول المكثف، مع المحافظة على حرية حركة الهواء في الجانبين دون وجود تسريب من هذا الجانب على الآخر؛ ليعمل مكيف النافذة بصورة جيدة، وفي ما يأتي أهم هذه المكونات ومواصفاتها:

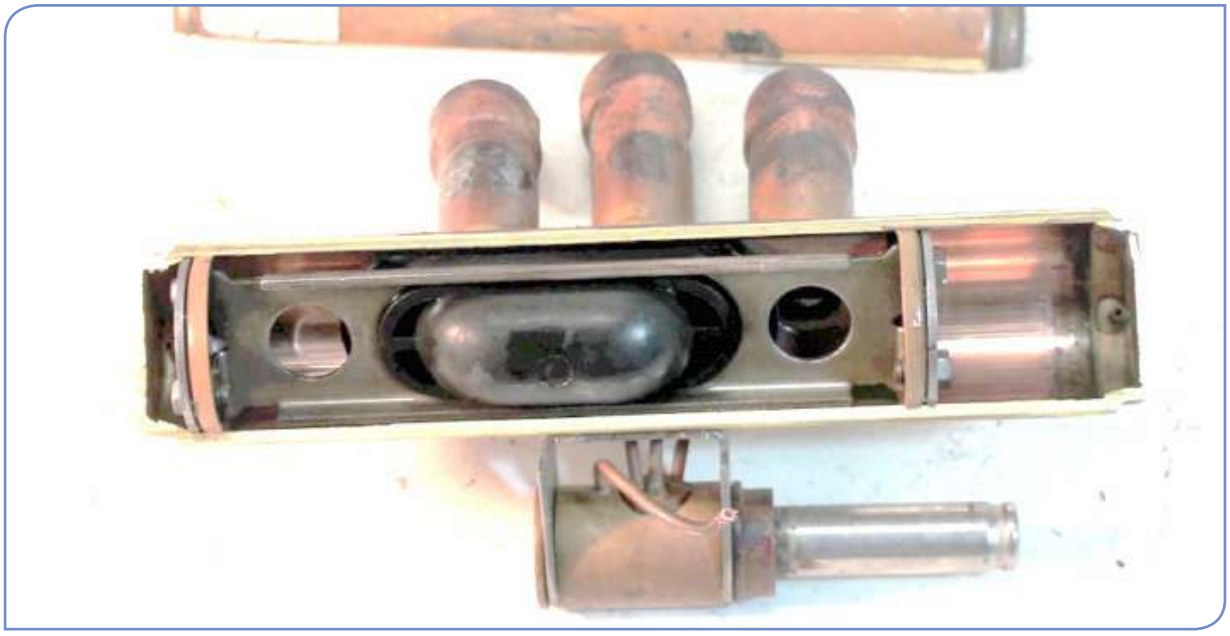
أ - **الضاغط**: يُستخدم في مكيف النافذة النوع الترددي المغلق، أو الدوراني، أو اللولبي .

ب - **المكثف**: يُستخدم في مكيف النافذة النوع المزعنف المبرّد بالهواء القصري، حيث تدفع مروحة من النوع المحوري الهواء حول المكثف .

جـ - **الأنبوب الشَّعري**: تُستخدم في أغلب أنواع مكيفات النافذة؛ نظرًا إلى انخفاض الكلفة، وسهولة التركيب، وسماحها بموازنة ضغط دورة التبريد بعد توقف الضاغط عن العمل؛ ليسهل بدء تشغيل الوحدة بعد ذلك.

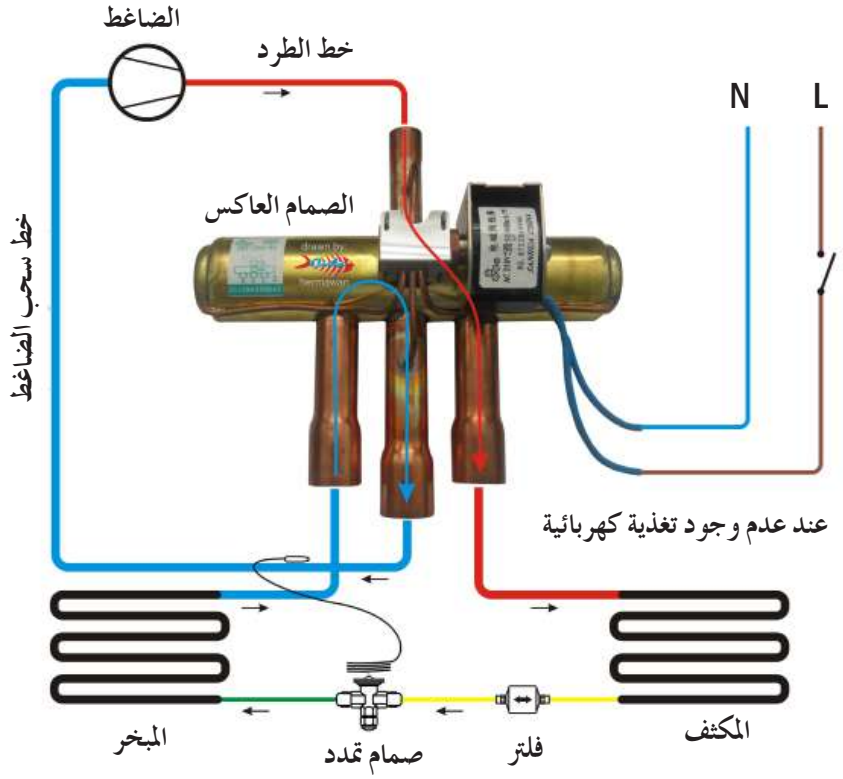
د - **المبخّر**: غالبًا ما يكون المبخّر المستخدم في مكيف النافذة من النوع المزعنف ذي الهواء القصري، حيث تُستعمل لهذه الغاية مروحة من النوع الطاردة عن المركز؛ لقدرتها على دفع الهواء بقوة وتوزيعه على مساحات كبيرة من الحيّز المبرّد.

هـ – **الصمّام العاكس**: صمّام كهرومغناطيسي مزود بأربعة مسارات، اثنان منهما يتصلان بخطي السحب والطرد للضاغط، أمّا الاثنان الآخران، فيوصلان بالمكثف والمبخر، يعكس اتجاه دورة وسيط التبريد، بحيث يصبح المكثف مبخرًا والمبخر مكثفًا، فيخرج هواء ساخن من الجزء الداخلي لتدفئة المكان (في فصل الشتاء في أثناء الجو البارد)، ويزوّد الصمّام العاكس بملف كهربائي؛ لكي يولّد مجالًا مغناطيسيًّا للتحكم بالصمّام ميكانيكيًّا من الداخل، فيحوّل مسار وسيط التبريد ويغيره حَسب الحاجة، يُبيّن الشكل (2–1) مقطعًا عرضيًّا داخل الصمّام العاكس:



الشكل (2–1): مقطع عرضي داخلي للصمّام العاكس.

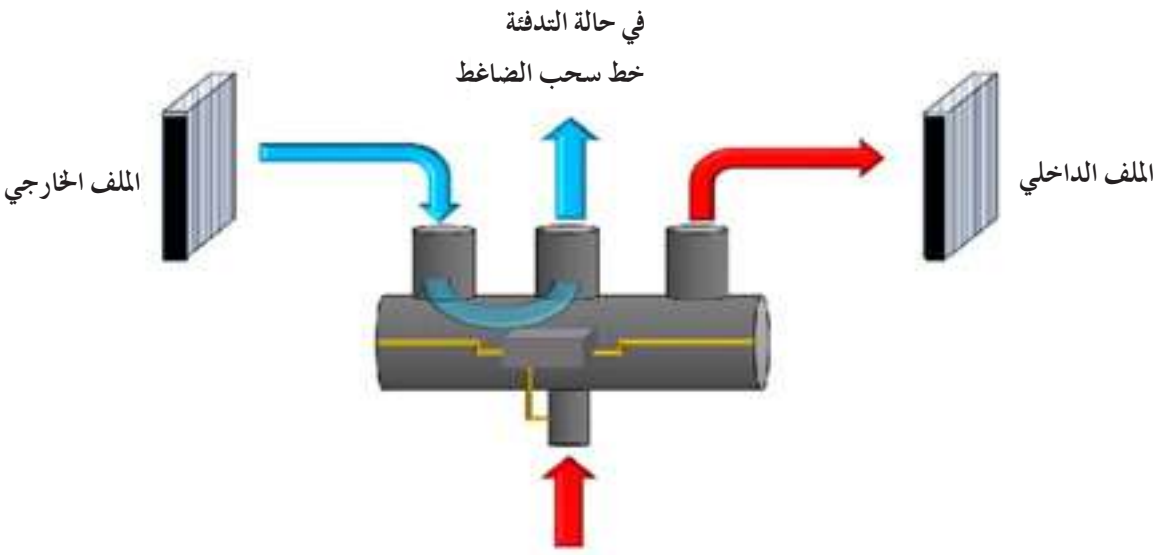
2- مبدأ عمل الصمّام العاكس



الشكل (2–2): مخطط توصيل الصمّام العاكس.

أ – في الوضع الطبيعي، يكون ملف الصمام غير موصول بمصدر الفولتية، عندئذٍ يُبرّد المكيف هواء الغرفة بوساطة دورة التبريد الطبيعية (أي أن خط سحب الضاغط متصل بالمبخر، وخط الطرد متصل بالمكثف).

ب– عند تغذية ملف الصمام العاكس بالفولتية، يتولد مجال مغناطيسي يجذب الصمّام الداخلي، ما يؤدي إلى توصيل خط سحب الضاغط بالمكثف، وتوصيل خط طرد الضاغط بالمبخر، فتنعكس الدورة فينتج من ذلك التدفئة بدلًا من التبريد، يُبيّن الشكل (2–2) مخطط توصيل الصمّام العاكس، ويُبيّن الشكل (2–3) وضعية الصمّام العاكس.



الشكل (2–3): وضعية الصمّام العاكس في حالة التدفئة.

3- دورتا الهواء لمكيف النافذة، ومكوناتهما

أ – **دورة هواء الغرفة حول المبخر**: يدور هواء الغرفة المراد تبريده حول المبخّر مرورًا بمرشح الهواء لتنقيته من الغبار والأتربة ثم تبريده، حيث يتم تدويره إجباريًّا بمروحة الطرد المركزي.

ب – **دورة الهواء الخارجي حول المكثف**: يدور الهواء الخارجي حول المكثف إجباريًّا عبر المروحة المحورية.

وتتكون دورة الهواء لمكيف النافذة من المكونات الآتية:

أ – **موجّهات الهواء**: وهي مجموعة من الريش الثابتة والمتحركة المركبة على مخرج الهواء المكيف، توزع الهواء الخارج من المكيف وتوجهه.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ب – **مرشحات الهواء (أو منقيات الهواء أو فلاتر الهواء)**: غالبًا يُستخدم مرشح الهواء الشبكي الجاف في مكيف النافذة؛ لتنقية الهواء من الأتربة والغبار، والمواد العالقة بالهواء، يجب تنظيف مرشح الهواء (الفلتر) دوريًّا، يُبيّن الشكل (2–4) أحد أشكال مرشحات الهواء لمكيف النافذة.

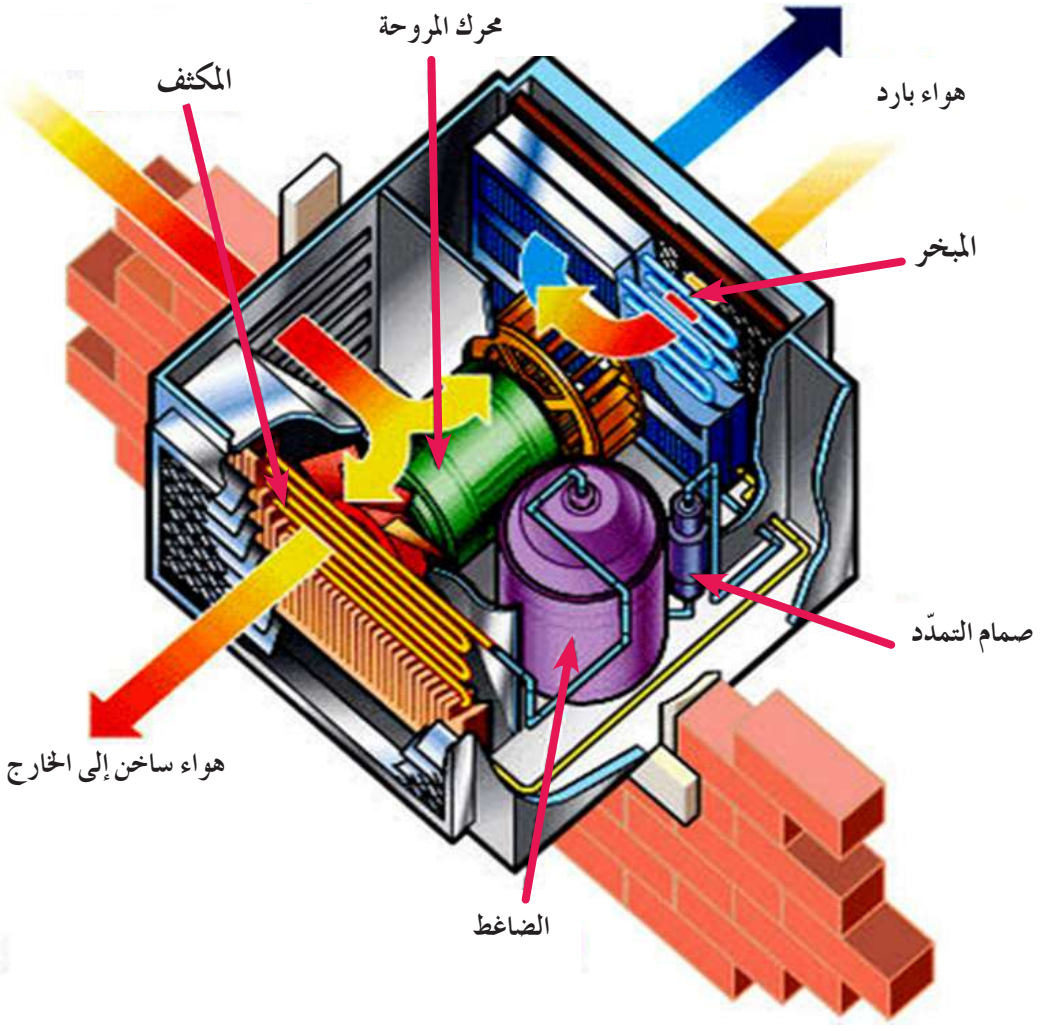
الشكل (2–4): أحد أشكال مرشحات الهواء لمكيف النافذة.

جـ – **محرّك مروحتي الهواء**: يدير محرك المراوح مروحة الهواء الداخلي ومروحة الهواء الخارجي معًا ، حيث تتصل كلتا المروحتين بوساطة عمود دوران، يُبيّن الشكل (2–5) محرّك مروحتي الهواء لمكيف النافذة.

الشكل (2–5) محرّك مروحتي الهواء لمكيف النافذة.

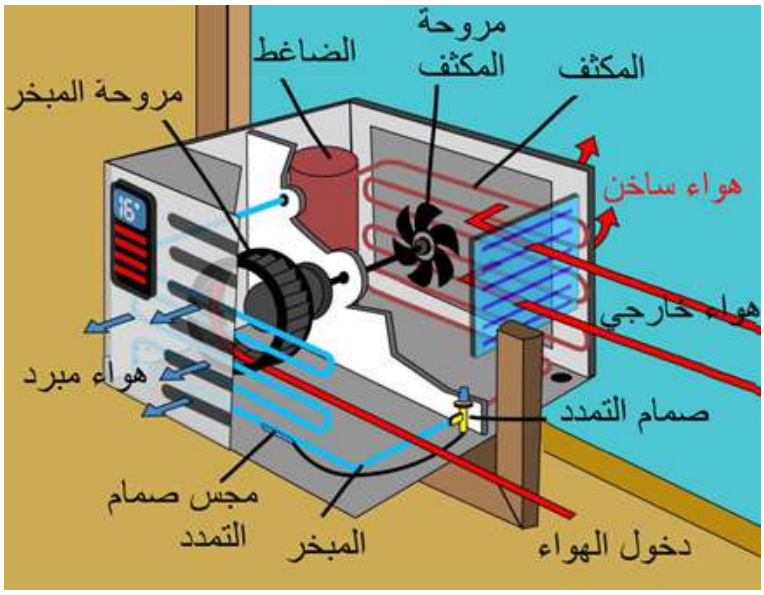
د – **بوابة تجديد الهواء (Fresh Air Damper)**: تسمح هذه البوابة لكميّة من الهواء النقي الخارجي بالدخول إلى الغرفة والاختلاط بالهواء المراد تكييفه؛ لتحسين نوعية الهواء في الغرفة.

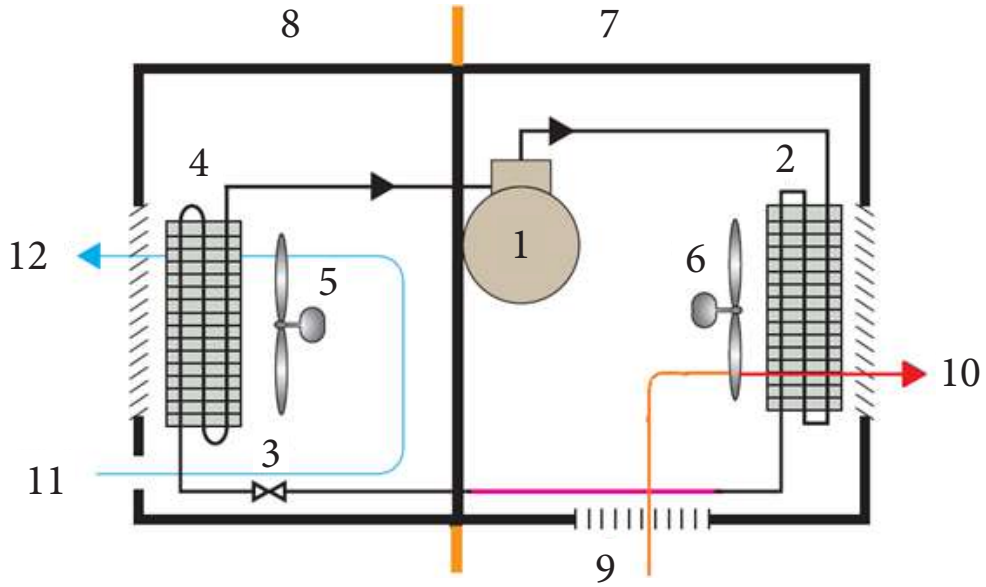
هـ – **بوابة إخراج الهواء الفاسد (Exhaust Air Damper)**: تسمح هذه البوابة لكميّة من هواء الغرفة بالخروج إلى الخارج؛ لتقليل نسبة الهواء الفاسد. يُبيّن الشكل (2–6) دوران الهواء في مكيف النافذة.



الشكل (2–6): دوران الهواء في مكيف النافذة.

كما يبين الشكل (2–7) المخطط الميكانيكي، وحركة الهواء لمكيف النافذة.





1	الضاغط	2	المكثف	3	صمام التمدد
4	المبخر	5	مروحة المبخر	6	مروحة المكثف
7	الحيز الخارجي	8	الحيز الداخلي	9	هواء خارجي
10	هواء مطرود	11	هواء راجع من الحيز المُكيف	12	هواء مُكيف

الشكل (2–7): المخطط الميكانيكي، وحركة الهواء لمكيف النافذة.

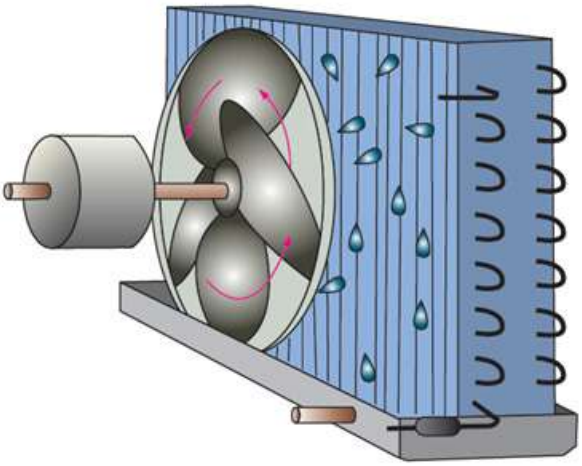
4- تشغيل مكيف النافذة ومبدأ عمله

أ – أدر مفتاح التشغيل على الوضع المطلوب (تبريدًا أو تدفئة)، ثم اختر السرعة المطلوبة لمحرّك المروحة.

ب – اضبط منظّم الحرارة على درجة الحرارة المطلوبة للحيّز المكيّف.

جـ – عند تشغيل الجهاز على وضعيّة التبريد، سيعمل الضاغط ومحرّك المراوح.

د – تسحب مروحة المكثّف الهواء من المحيط الخارجي وتمرّره عبر ملفّات المكثّف لتبريد غاز وسيط التبريد، ولبعض التصاميم ترشّ المروحة الماء المتجمّع في حوض الرطوبة المتكاثفة على سطح المكثّف؛ لزيادة كفاءة التكثيف، بوساطة إطار حلقي حول شفراتها كما في الشكل (2–8).



الشكل (2–8): زيادة كفاءة المكثف باستخدام الرطوبة المتكاثفة.

د – تسحب مروحة المبخّر (النفّاخ) الهواء من الحيّز المكيّف وتمرّره عبر المنقّي؛ لتخليصه من الأتربة والمواد العالقة، ثمّ يُطرد جزء من هذا الهواء عبر فتحة الهواء العادم ويخلط الهواء المتبقّي بهواء خارجي، حيث يتم التحكّم في كميّة الهواء الخارجي عبر بوّابة فتحة الهواء الخارجي ومن ثمّ، ترسل الهواء المخلوط إلى ملفّات المبخّر، حيث يفقد الهواء جزءًا من حرارته بفعل التبادل الحراري مع سائل وسيط التبريد، ويتكاثف بخار الماء المتوافر في الهواء على ملفّات المبخّر وينساب إلى فتحة التصريف خارجًا، وبعد تبريد الهواء، يرسله النفّاخ إلى الحيّز المكيّف عبر موجّهات الهواء.

و – تستمرّ عملية نقل الحرارة من داخل الغرفة إلى خارجها حتى تصل درجة حرارة الحيّز إلى الدرجة المضبوط عليها منظّم درجة الحرارة، الذي يعمل عندها على إيقاف الضاغط عن العمل، مع استمرار المروحة في عملها، ولا يعود الضاغط للعمل مرّة أخرى إلا عند ارتفاع درجة حرارة الحيّز المكيّف.

ز – عند اختيار وضع التدفئة باستخدام مفتاح التشغيل، يعكس الصمّام العاكس اتجاه الدورة، فيصبح الملفّ الداخلي هو المكثّف ليقوم بعملية التدفئة، والملفّ الخارجي هو المبخّر، مع استمرار عمل الدورة.

5- أعمال الصيانة الوقائية لمكيف النافذة

يعدّ مكيّف النافذة من الأجهزة المعمّرة التي لا تحتاج إلى كثير من أعمال الصيانة، ومن أعمال الصيانة الدورية الوقائيّة لهذه الأجهزة:

أ – تنظيف منقّيات الهواء دوريًّا.

ب – تنظيف ملفّات المكثّف والمبخّر وزعانفهما بالهواء المضغوط وتمشيطها إذا لزم الأمر.

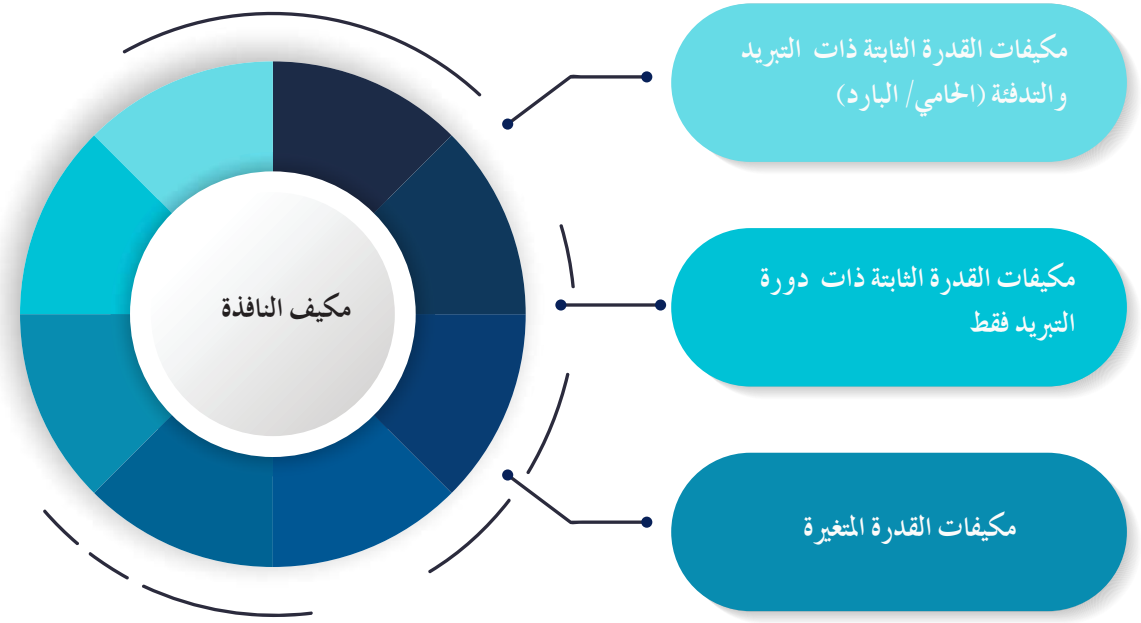
جـ – التأكّد من سلامة التوصيلات الكهربائيّة ومتانتها.

د – التأكّد من عمل فتحات تحديد الهواء من حيث الفتح والقفل.

هـ – تزييت كراسي تحميل عمود المراوح.

– ابحث في الإنترنت عن أشكال حديثة من مكيف النافذة، واكتب تقريرًا عنها موضّحًا بالصور، ثم اعرضه على زملائك.

الخرائط المفاهيمية



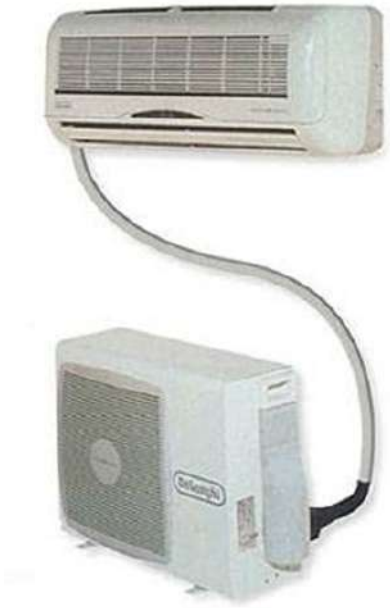
ثانيًا:
مكيفات الهواء المجزأة

القياس والتقويم

النتاجات

يتوقع منك بعد دراستك هذا الدرس أن:

- تتعرّف مكونات مكيفات الهواء المجزأة ومبدأ عملها.
- تتعرّف مبدأ عمل مكيفات الهواء المجزأة.
- تذكر مكونات الوحدات الداخلية والخارجية لمكيفات الهواء المجزأة وعمل كل منها.
- تتعرّف الدارة الكهربائية لمكيفات الهواء المجزأة وعناصرها.
- تحلل أعطال مكيفات الهواء المجزأة وأسبابها وطرائق تصليحها.
- تتعرف مكونات المكيف ذي القدرة المتغيرة ومبدأ عمله.

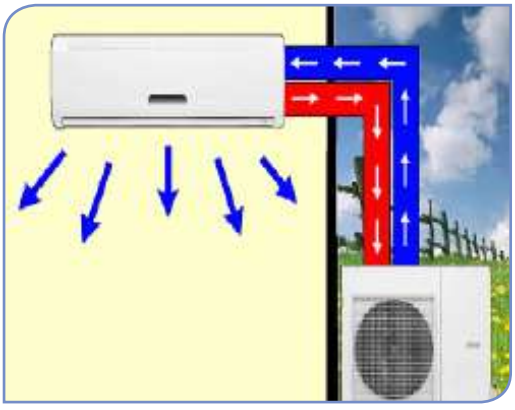


- انظر إلى الصورة المجاورة متسائلًا: ما الذي يميز مكيف الهواء المجزأ من مكيف النافذة ؟ وما مبدأ عمله؟

لابد أنك لاحظت أن مكيف الهواء المجزأ يتكوّن من قسمين رئيسين، بينهما توصيلات من الأنابيب وتوصيلات كهربائية.

استكشف

- لو كان لديك مكيف هواء مجزأ وأردت أن تختار له موضعًا لتركيبه لتكييف الهواء بنجاح، فما مواصفات هذا الموضع ؟



لعلك لاحظت أن موضع تثبيت مكيف الهواء المجزأ مهم لأداء عمله، حيث يُختار موضع جيد التهوية للوحدة الخارجية، بحيث يدور الهواء حول المكثف عَبْرَ الفتحات المخصصة لها، وموضع مناسب للوحدة الداخلية، ومناسبة لتوزيع الهواء المبرّد بصورة جيدة.

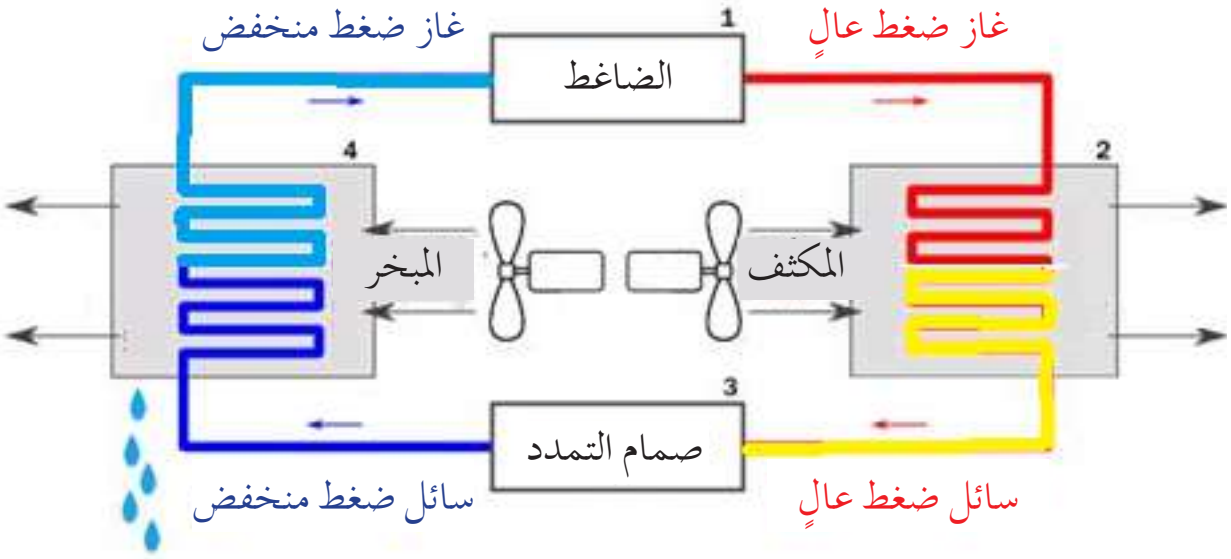
ماذا تتوقع أن يحصل لو كان موضع تثبيت الوحدة الخارجية دون التهوية؟

اقرأ.. وتعلم

1- مكيفات الهواء المجزأة (Split Unit)

مفهوم مكيف الهواء المجزأ

تتكوّن من جزأين (وحدتين)، إحداهما داخلية والأخرى خارجية، وتحتوي الوحدة الداخلية عنصرًا رئيسًا من عناصر دورة التبريد، وهو المبخر، أما صمام التمدد أو الأنبوبة الشَّعرية، فتكون غالبًا في الوحدة الخارجية، في حين تحتوي الوحدة الخارجية العنصرين الآخرين، وهما: الضاغط، والمكثف، وتتصل الوحدة الداخلية بالخارجية عبر أنابيب سريان وسيط التبريد، إضافة إلى كبل الكهرباء.



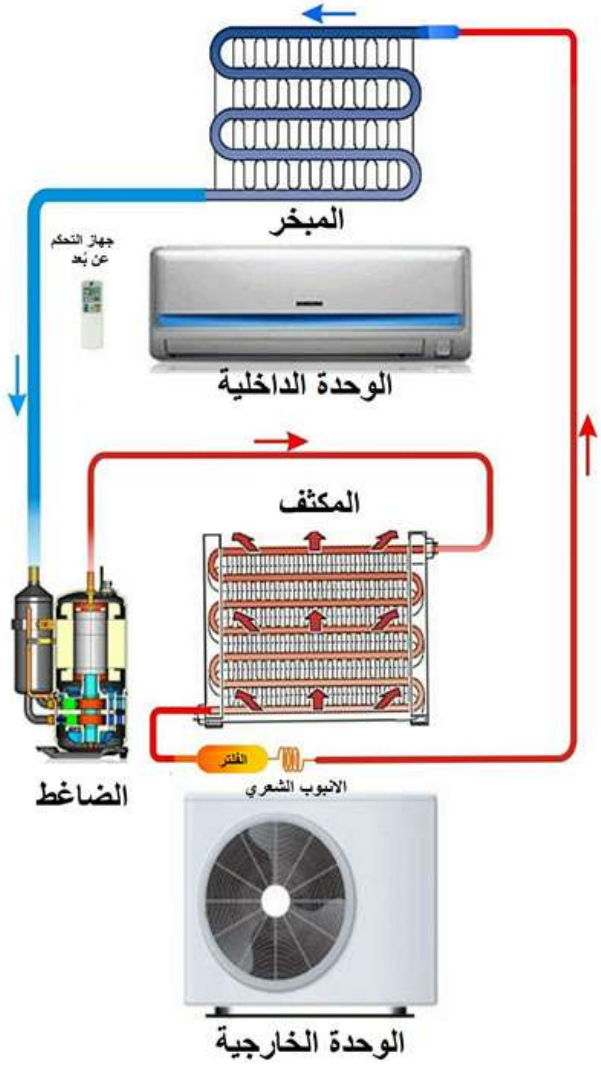
الشكل (2–9) حالة وسيط التبريد في دورة مكيف الهواء المجزأ.

تتكوّن دارة التبريد من منطقتين (حَسب ضغط وسيط التبريد)، هما: منطقة جانب الضغط المرتفع (العالي)، ومنطقة الضغط المنخفض، يُبيّن الشكل أعلاه حالة وسيط التبريد وضغطه مميزة بالألوان: حيث يشير اللون الأحمر إلى جانب الضغط العالي، وتكون حالة وسيط التبريد (الحالة الغازية)، واللون الأصفر يشير إلى جانب الضغط العالي وحالة وسيط التبريد هي الحالة

السائلة (سائل)، واللون الأزرق الغامق يشير إلى جانب الضغط المنخفض، وحالة وسيط التبريد (سائل)، واللون الأزرق الفاتح يشير إلى جانب الضغط المنخفض، وحالة وسيط التبريد (غاز)، يُبيّن الشكل (2–9) حالة وسيط التبريد في دورة مكيف الهواء المجزأ، ويتميز هذا النوع من المكيفات بانخفاض مستوى الضوضاء في المكان المراد تبريده بسبب بُعد الوحدة الخارجية عنه.

2- مبدأ عمل المكيفات المجزأة

لا يختلف مبدأ عمل الدورة الانضغاطية لوسيط التبريد في المكيف المجزأ عن مكيف النافذة من حيث المراحل التي يمر بها وسيط التبريد من الانضغاط إلى التكثيف، ثم التمدد، ثم التبخير، مع تباعد بين الوحدة الداخلية التي تشمل المبخّر عن الوحدة الخارجية التي تشمل المكثف، بحيث تكون الوحدة الداخلية مثبتة داخل الحيّز المراد تكييفه، والوحدة الخارجية توضع خارج الحيّز المراد تكييفه، وتتصل الوحدة الداخلية بالوحدة الخارجية بأنبوبين، أحدهما خط السحب والآخر خط السائل، وتتصلان بأكبال الكهرباء لتكتمل الدارة الكهربائية للمكيف. يُبيّن الشكل (2–10) دورة التكييف البسيطة.



الشكل (2–10): دورة التبريد الميكانيكية للمكيف المجزأ.

معلومة

عند ازدياد قدرة جهاز التبريد (طن تبريد) يتم الاستعاضة عن الأنبوب الشعرية بصمام التمدد حتى يتناسب مع الحمل الحراري

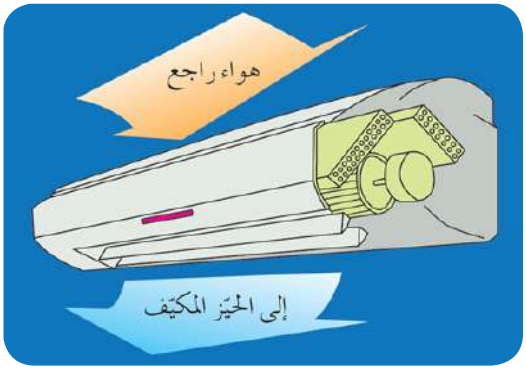
3- الوحدات الداخلية للمكيفات المجزأة

وتصنف الوحدات الداخلية للمكيفات المجزأة حسب شكلها ومكان تثبيتها إلى أربعة أنواع:

أ - **الوحدات الجدارية**: تُثبت على الجدران، كما في الشكل (2–11) وتعدّ الأكثر شيوعًا؛ نظرًا لانخفاض كلفتها، وجمال شكلها، وسهولة تركيبها.

الشكل (2–11): وحدة تكييف جدارية.

يبين الشكل (2–12) حركة الهواء للوحدات الجداريّة.

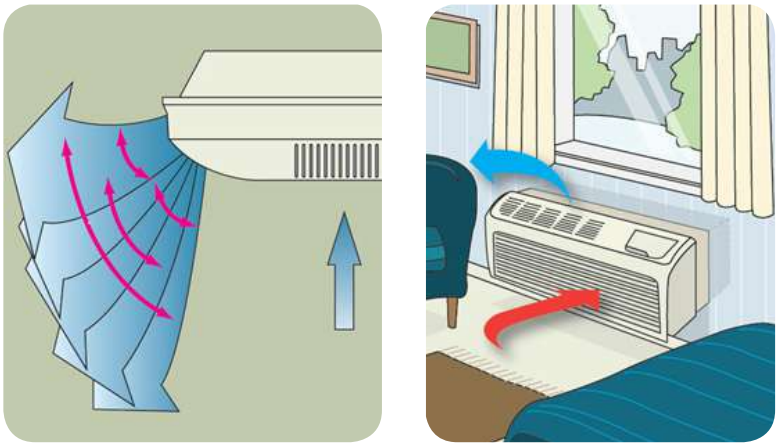


الشكل(2–12) :حركة الهواء للوحدات الجداريّة.

ب - **الوحدة السقفية/ الأرضية (Floor/Celling Unit)**: تُثبت بالسقف، أو قريبًا من الأرض، كما يظهر في الشكل (2–13).

الشكل (2–13): الوحدة السقفية/ الأرضية .

تمتاز هذه الوحدات عند تثبيتها بالسقوف بأنّها لا تشغل مساحة جدارية داخل الحيّز المكيّف، لذلك تستخدم غالبًا في المحلات التجارية، حيث تمتلئ الجدران بالمعروضات، الشكل (2–14) يبين حركة الهواء لهذه الوحدات.

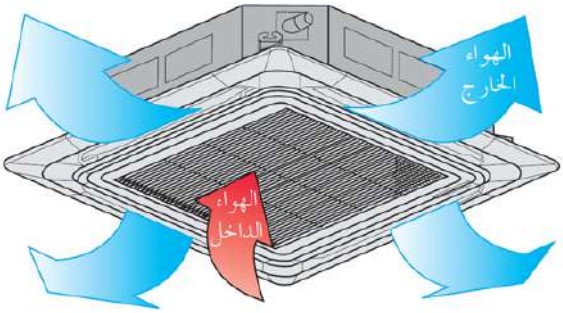


الشكل (2–14) :حركة الهواء للوحدات السقفية/ الأرضية.

جـ – الوحدات السقفية (Cassette Unit): تُثبت هذه الوحدات بالسقوف المعلّقة، حيث لا يظهر منها سوى واجهتها، كما في الشكل (2–15).

الشكل (2–15): وحدة شبه مخفية مثبتة بالسقف.

تمتاز هذه الوحدة بجمال منظرها، وسهولة التخلّص من الرطوبة المتكاثفة؛ نظرًا لوجود مضخّة خاصة بذلك، وأنّها لا تشغل مساحة جداريّة، كما تمتاز بكفاءة توزيع الهواء؛ لاحتوائها فتحات خروج متعدّدة للهواء، الشكل (2–16) يبين حركة الهواء للوحدات السقفية.



الشكل (2–16): حركة الهواء لوحدة سقفية.

د – **الوحدات العمودية (Free stand)**: تمتاز هذه الوحدات كما في الشكل (2–17) بقوّة دفع الهواء، وتُثبت غالبًا في الأماكن والصالات الكبيرة، كما أنّها تناسب السقوف المرتفعة.

الشكل (2–17): وحدة داخلية عمودية.

تتكوّن الوحدة الداخلية للمكيفات المجزأة من العناصر الآتية:

أ – **المبخر**: ملف من الأنابيب والزعانف، يدور الهواء حولها لرفع حرارة وسيط التبريد، الذي يجري داخل الأنابيب لتبخيره، ما يؤدي إلى خفض درجة حرارة الهواء، وقد أنتجت حديثًا مبخرات مدمجة صغيرة الحجم عالية الكفاءة في التبادل الحراري، يُبيّن الشكل (2–18) أحد هذه المبخرات:

الشكل (2–18): أحد المبخّرات المدمجة.

ب – **مروحة المبخر**: تعمل مروحة المبخر على تدوير الهواء بزعانف المبخر وملفاته داخل حيز التبريد، عَبْر فلتر الهواء الذي يحمي المبخر من تراكم الأوساخ عليه، وغالبًا تكون المروحة بمحرك كهربائي يُضبط على عدة سرعات (غالبًا 3 سرعات)؛ للتحكم في كميّة تدفق الهواء المبرّد إلى الغرفة حَسب الحاجة، يُبيّن الشكل (2–19) مروحة المبخّر للمكيف المجزأ، وتدوير الهواء.

تدوير الهواء بزعانف المبخر وملفاته

شكل مروحة المبخر

الشكل (2–19): مروحة المبخّر للمكيف المجزأ، وتدوير الهواء.

جـ – **منقيات الهواء (الفلاتر)**: وظيفتها تنقية الهواء الداخل إلى الوحدة الداخلية من الأتربة والغبار، وإزالة الروائح إذا تمت صيانتها وتنظيفها باستمرار، يُبيّن الشكل (2–20) فلتر هواء المكيف المجزأ.

الشكل (2–20): فلتر هواء المكيف المجزأ.

وتتوافر أنواع كثيرة من منقيات الهواء تزود بها مكيفات الهواء للحصول على هواء صحي نقي خالٍ من الأتربة والغبار والميكروبات، ومن أشهر هذه المنقيات ما يأتي:

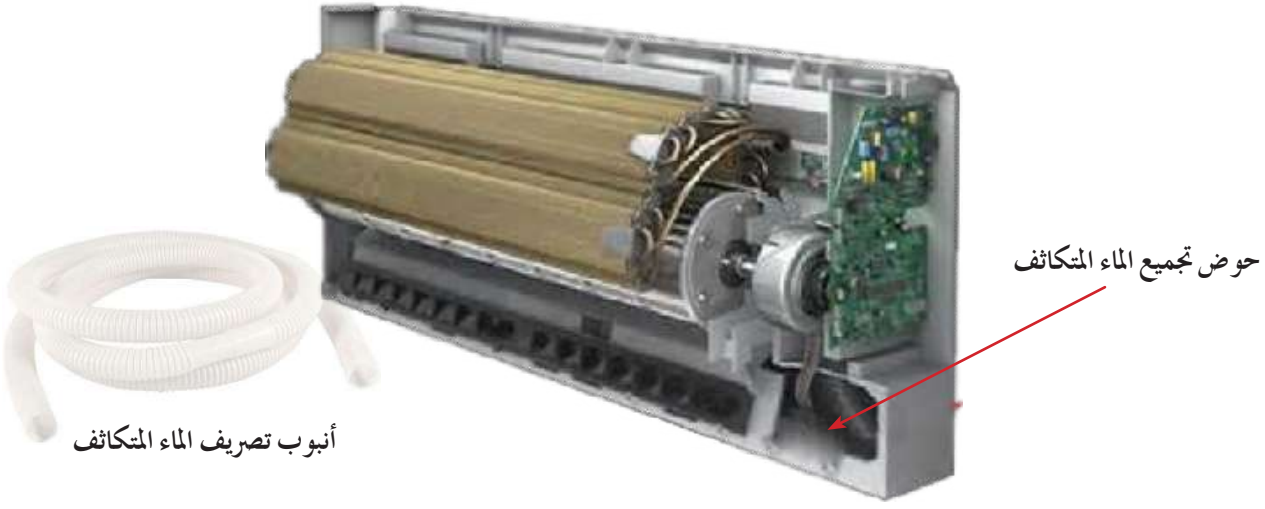
1. المنقي الشبكي الجاف: يشبه المنقي الخاص بمكيف النافذة، وهو شبكة ذات مسامات دقيقة لالتقاط الغبار والأتربة.
2. المنقي الكربوني: يحتوي عنصر الكربون، ويعتمد على قدرة عنصر الكربون على سحب الرطوبة والروائح الكريهة، كما في الشكل (2–21).
3. المنقي الأيوني: يقضي على الميكروبات، والجراثيم، والفيروسات الهوائية، ويسهم في تحسين نِسَب الأوكسجين في الغرفة.
4. منقي البلازما: يشحن الملوثات بشحنة كهربائية موجبة، ثم تنجذب هذه الملوثات نحو لوح تجميع الملوثات المشحون بشحنة سالبة.
5. منقي الهواء الذي يعمل بالأشعة فوق البنفسجية: يقضي على البكتيريا الهوائية عن طريق الأشعة فوق البنفسجية.

الشكل (2–21): المنقي الكربوني.

د – **موجهات الهواء وموزعاته**: توزع الهواء وتوجهه داخل الغرفة، ويمكن ضبطها والتحكم فيها لتكون ثابتة باتجاه واحد، أو توزع الهواء على اتجاهات متعدّدة عَبْر التحكم الإلكتروني في عملها بجهاز التحكم عن بُعْد، يُبيّن الشكل (2–22) موجهات الهواء للمكيف المجزأ.

الشكل (2–22): موجهات الهواء للمكيف المجزأ.

هـ–حوض تجميع الماء المتكاثف وتصريفه: عندما يمر الهواء عبر زعانف المبخر وملفاته، تبدأ درجة حرارته بالانخفاض تدريجيًّا، يؤدي هذا إلى تكثيف بخار الماء المصاحب للهواء فتتجمع قطرات الماء المتكاثفة في حوض أسفل المبخر، ويُصرف هذا الماء إلى الخارج عبر أنبوب خاص بفعل الجاذبية الأرضية، دون وجود مضخة لتؤدي الغرض المطلوب، يُبيّن الشكل (2–23) حوض التجميع وأنبوب التصريف للماء المتكاثف.

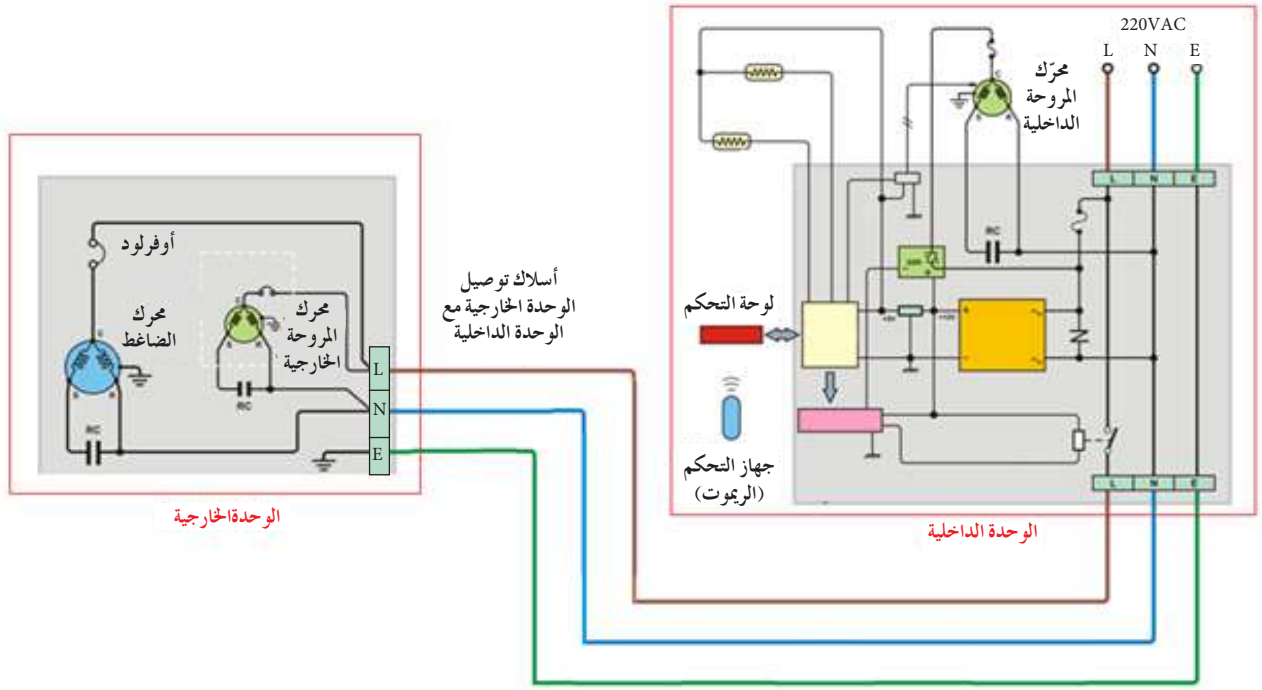


الشكل (2–23): حوض التجميع وأنبوب التصريف للماء المتكاثف.

4- الدارة الكهربائية في المكيفات المجزأة

تتكوّن الدارة الكهربائية في المكيف المجزأ من العناصر الكهربائية جميعها، مثل: محرّك الضاغط، ومحرّك المروحة الداخلية، ومحرّك المروحة الخارجية، ولوحة التحكم الإلكترونية (البورد الإلكتروني)، وملف الصمّام العاكس وغيرها، حيث تتصل العناصر الكهربائية ببعضها مشكّلة دارة كهربائية واحدة تُشغل أنظمة التبريد والتدفئة والتهوية للمكيف المجزأ حَسب الرغبة؛ لذا تُجهز الشركة الصانعة التوصيلات الكهربائية كلها للوحدة الداخلية، وتُجهز التوصيلات كلها للوحدة الخارجية، وتترك عملية توصيل الوحدتين معًا عند مرحلة تركيب المكيف المجزأ، حيث يُوصل فني التكييف الأكبال الكهربائية (الأسلاك الكهربائية)

بين الوحدة الداخلية والوحدة الخارجية للمكيف حَسب مخطط الدارة الخاص بالشركة الصانعة، يُبيّن الشكل (2–24) مخطط دارة كهربائية مبسطة لأحد أنواع المكيفات المجزأة.



الشكل (2–24): مخطط دارة كهربائية مبسطة لأحد أنواع المكيفات المجزأة.

ملاحظة (1): يوصل فني التكييف الأسلاك الكهربائية بين الوحدة الداخلية والخارجية وَفْقًا للأحرف المبينة في المخطط، ففي المخطط السابق يصل السلك البني بالحرف (L) بين الوحدتين، ويصل السلك الأزرق بالحرف (N) بين الوحدتين، ويصل السلك الأخضر بالحرف (E) بين الوحدتين، ثم يلتزم الألوان نفسها مع الرموز نفسها عند توصيل الدارة بمصدر الكهرباء.

ملاحظة (2): بعض أنواع المكيفات يلزم توصيل عدد أكبر من الخطوط (أسلاك التوصيل الكهربائية) بين الوحدتين، وما يحدد ذلك هو مخطط الشركة الصانعة.

أ– نظام التحكم الإلكتروني بمكيفات الهواء

استبدل بأجهزة التحكّم التقليدية لوحة تحكّم إلكترونيّة وجهاز تحكّم عن بعد للتحكّم بمكوّنات الجهاز جميعها، الشكل (2–25) يظهر لوحة تحكّم إلكترونيّة، وجهاز تحكّم عن بعد.

الشكل (2–25): لوحة تحكّم إلكترونيّة وجهاز تحكم عن بعد.

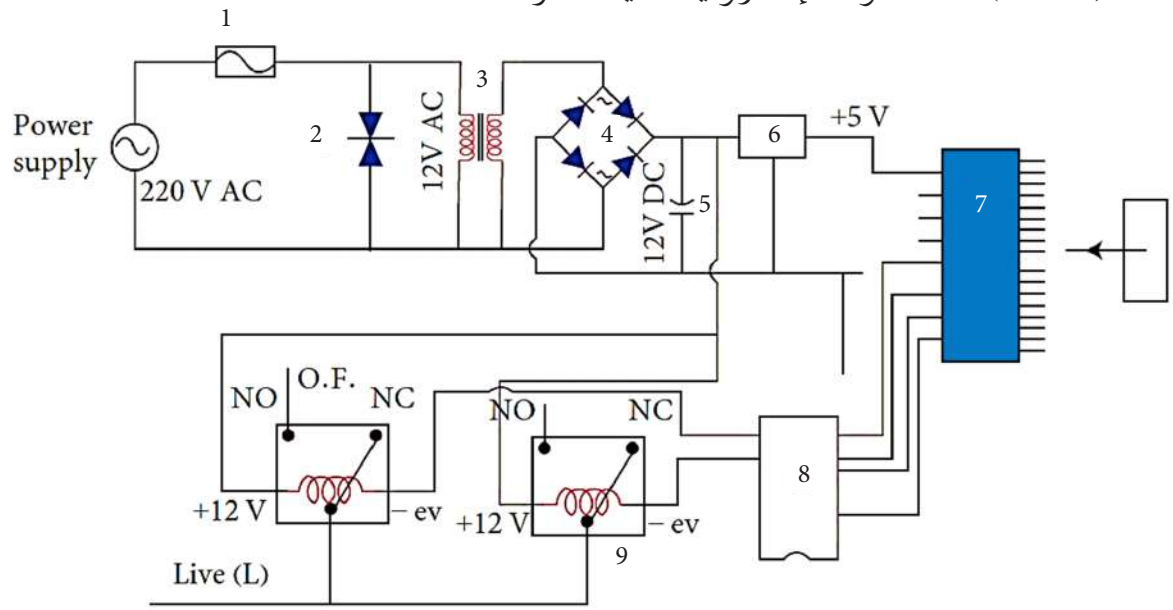
– اللوحة الإلكترونية ومكوناتها

المكونات الرئيسة للوحة الإلكترونية:

1. مصهر: يحمي الدارة من ارتفاع التيّار الكهربائي.
2. مقاومة متغيّرة بتأثير فرق الجهد (**Variable Resistor**): تحمي الدارة من ارتفاع فرق الجهد عن طريق انخفاض مقاومتها، الذي يؤدي إلى ارتفاع شدة التيّار الكهربائي وانصهار مصهر الحماية، عندئذٍ تتلف المقاومة ويجب استبدالها.
3. محوّل كهربائي خافض للجهد.
4. دارة التقويم: تحوّل التيّار المتناوب إلى تيار مباشر نبضي.
5. مواسع تنعيم للحصول على تيّار مستمرّ 100٪.
6. منظّم فولتية (**Regulator**): يوفر فولتية منتظمة لتغذية وحدة المعالجة.
7. وحدة المعالجة: تحتوي برنامج التحكّم في الجهاز، حيث تستقبل المعلومات القادمة من جهاز التحكّم عن بعد عبر المستقبل ومن المجسات، والتصرّف على أساسها تبعًا للبرنامج المخزّن.

8. وحدة التحكّم: تستقبل الإشارات من وحدة المعالجة وتوصل التيّار الكهربائي إلى ملفّ المرحّل.

9. المرحّل: ويتكوّن من ملفّ كهربائي يتحكّم في فصل قِطَع تماس كهربائيّة ووصلها وتتحكّم في تشغيل أحد مكوّنات وحدة التكييف، مثل محرّك الضاغط ، أو مروحة الوحدة الخارجيّة ، أو مروحة الوحدة الداخليّة ، أو الصمّـام العاكـس. يبين الشكل (2–26) مخطط لوحة إلكترونية لمكيف مجزأ.



1	مصهر	2	مقاومة متغيرة	3	محول كهربائي
4	دارة توحيد	5	مواسع	6	منظم جهد
7	وحدة معالجة	8	وحدة تحكم	9	مرحل

الشكل(2–26) :مخطط لوحة الكترونية لمكيف مجزأ.

ب– المجسات

مقاومات متغيّرة القيمة بتغيّر درجات الحرارة، وتستخدم في نقل درجات الحرارة التي تظهرها إلى وحدة المعالجة؛ لكي تستطيع التحكّم في الجهاز. ويوجد نوعان من هذه المجسات (**Thermistors**)؛ في أحدهما العلاقة بين درجة الحرارة والمقاومة طرديّة (كلّما ارتفعت درجة الحرارة، زادت المقاومة وبالعكس)، وهذا يستخدم في أجهزة التكييف، وفي الآخر العلاقة عكسيّة (كلّما ارتفعت درجة الحرارة، قلت المقاومة).

يظهر الشكل (2–27) المجسات التي تستخدم غالبًا في التحكّم في المكيّف المجزّأ، وهي:

1. مجس الغرفة (**Room Sensor**): يثبّت باتجاه سير الهواء الراجع إلى جهاز التكييف، ويثبّت في حامل من البلاستيك على المبخّر؛ بحيث يكون معزولًا عن أنابيب المبخّر وزعانفه، ويعمل عمل منظّم درجة الحرارة في الأجهزة التقليديّة، حيث يتحسس درجة الحرارة، ويرسل الإشارة إلى وحدة المعالجة التي تعمل وفقًا لذلك ووفقًا لدرجة الحرارة المطلوبة عبر جهاز التحكّم عن بعد في تشغيل الضاغط أو إيقافه عن العمل.
2. مجس الوحدة الداخليّة (**Indoor Sensor**): يثبّت في بداية ملفّ الوحدة الداخليّة ملامسًا إياه، حيث يعمل على تحسّس حرارة الملفّ وإرسال الإشارات إلى وحدة المعالجة تبعًا لذلك، ومهماته كما يأتي:

أ. في وضع التبريد إذا عمل الجهاز مدة محدّدة (تختلف حسب التصميم من جهاز إلى آخر) و لم تنخفض درجة حرارة المبخّر عن 24 درجة مئوية، فإنه يوقف النظام ويشير إلى خطأ على شاشة النظام، أو يظهر صوتًا متقطّعًا عند عدم وجود شاشة في النظام.

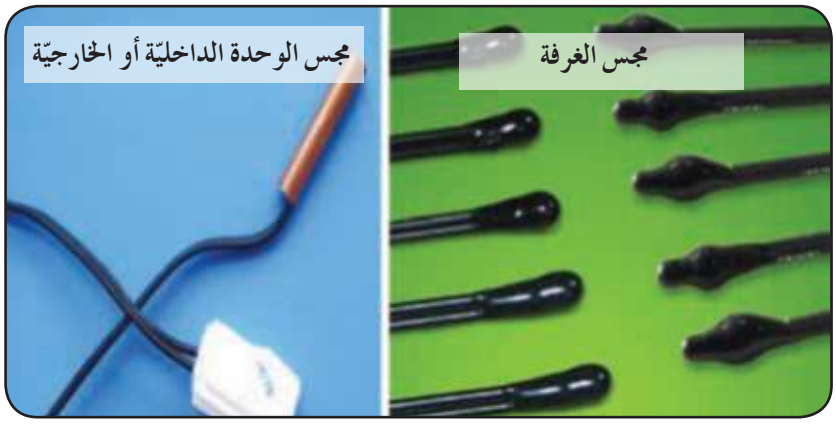
ب. في وضع التبريد إذا سجّل المجس صفرًا مئويًّا أو أقلّ لأي سبب كان (نقص الشحنة، أو تعطّل مروحة المبخّر، أو تعطّل حساس الغرفة) فإنه يفصل النظام، ويسجّل إشارة خطأ.

جـ. في وضع التدفئة، لا يسمح لمروحة المبخّر بالعمل إلا إذا سجّل المجس درجة حرارة (30) درجة مئويّة تقريبًا، لكيلا تدفع هواء باردًا في بدء التشغيل، وللتأكّد من عمل النظام وكفاية شحنة وسيط التبريد. وإذا استمرّ النظام في العمل مدة طويلة من غير وصول درجة حرارة الملفّ الداخلي إلى (20) درجة مئوية يوقَف النظام، وتُسجَّل إشارة خطأ.

د. في وضع التدفئة، إذا سجّل المجس درجة حرارة (68) درجة مئوية لأي سبب كان (تعطّل مروحة الوحدة الداخليّة، أو تعطّل حسّاس الغرفة، أو انسداد المنقّي)، فيفصل النظام، ويسجّل إشارة خطأ.

هـ. في وضع التبريد أو التدفئة وفي حال اختيار وضع التحكّم الآلي لمروحة المبخّر، يغيّر المجس سرعة المروحة تبعًا لتغيّر درجة حرارة الهواء المكيّف.

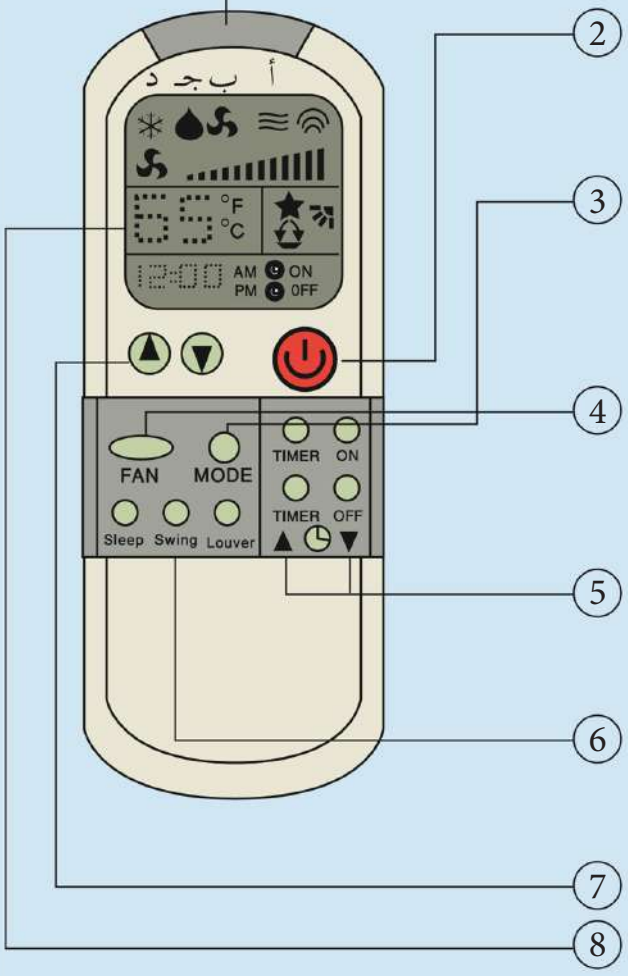
3. مجس الوحدة الخارجيّة (**Outdoor Sensor**): يثبَّت في بداية الثلث الأخير من الملّفّ الخارجي، ويتحكم في سرعة مروحة الوحدة الخارجيّة، وتشغيلها وإيقافها، كما يعمل عمل منظّم إذابة الجليد؛ بإعادة الدورة عند تكوّن الجليد على الملّفّ الخارجي، وعكس الدورة للتدفئة بعد إذابة الجليد.



الشكل (2–27): مجسات مكيّف مجزّأ.

جـ– جهاز التحكّم عن بعد (Remote Control): جهاز إلكتروني يحوّل أوامر المستخدم إلى إشارات لاسلكيّة يرسلها إلى وحدة الاستقبال في اللوحة الإلكترونيّة، وهذه الإشارات اللاسلكيّة عبارة عن نبضات من الأشعّة تحت الحمراء التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجرّدة؛ نظرًا لوقوعها ضمن مجال الطيف غير المرئي، ولكن، يمكن رؤيتها بعدسة آلة التصوير. هذا ويجب أن تكون قريبًا من الجهاز المراد تشغيله عند استخدام جهاز التحكّم، حيث إنّ هذه الأشعّة لا تخترق الجدران أو الحواجز، لكيلا يحصل تداخل في الإشارات الخاصة بالأجهزة المتعدّدة، يستخدم المصنّعون ترددات تختلف من جهاز إلى آخر؛ منعًا للتداخل في عمل الأجهزة. وتوجد في الأسواق أجهزة تحكّم عن بعد قادرة على إرسال باقة متنوّعة من التردّدات المختلفة والمتنوّعة للتحكّم بأكثر من جهاز. وتختلف أشكال أجهزة التحكّم عن بعد الخاّصة بأجهزة تكييف الهواء وأوامرها من جهاز إلى

آخر حسب التصميم، إلا أنّها تتشابه في الأوامر الرئيسة، والشكل (2–28) يظهر أحد أجهزة التحكّم عن بعد، والأوامر المتاحة فيه.



1	منطقة إرسال الإشارات اللاسلكية إلى المستقبل في اللوحة الإلكترونية
2	زر التشغيل والإيقاف
3	زر اختيار الأوضاع المختلفة (أ – التدفئة ب– مروحة فقط جـ – التجفيف د – التبريد)
4	زر اختيار سرعة المروحة (منخفضة/ متوسطة/ عالية/ آلي)
5	أزرار ضبط التوقيت، وتتحكم في ضبط توقيت ساعة النظام
6	أزرار التحكم في موجهات الهواء
7	أزرار التحكم في درجة الحرارة المطلوبة للحيز المكيف
8	شاشة عرض الأوامر

الشكل(2–28) : أحد أنواع أجهزة التحكم عن بعد.

5- الوحدة الخارجية للمكيفات المجزأة

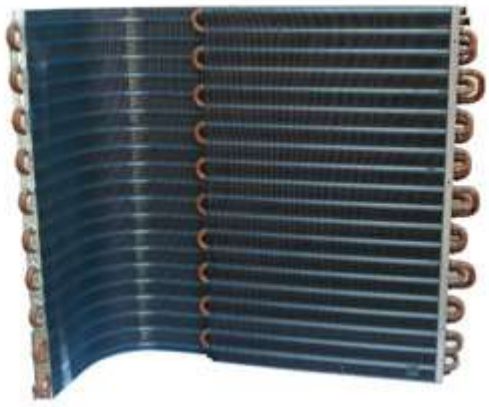
تتكوّن الوحدة الخارجية للمكيفات المجزأة من عنصرين أساسيين، هما: الضاغط، والمكثف، يُبيّن الشكل (2–29) الوحدة الخارجية للمكيف المجزأ.

الشكل (2–29): الوحدة الخارجية للمكيف المجزأ.

أ – **الضاغط**: تستخدم في مكيفات الهواء المجزأة ضواغط تشبه الضواغط في مكيف النافذة، مثل: الترددي المغلق، أو الدوراني، أو اللولبي، ولأن الضاغط أحد أهم العناصر الأساسية لدورة التبريد في المكيفات المجزأة، وفي جميعها دورات التبريد الانضغاطية، فهو كالقلب في أنظمة التبريد الانضغاطية جميعها؛ لأنه يسحب وسيط التبريد من المبخر ويضغطه ويدفعه إلى المكثف، فتتحول حالة وسيط التبريد من بخار جافٍّ مشبع في المبخر، إلى غاز ساخن (محمص) ذي ضغط مرتفع وحرارة مرتفعة، هذه العملية تنتج منطقتين متباينتين من حيث قيمة ضغط وسيط التبريد، فتصبح الدورة بعد الضاغط ذات ضغط مرتفع تسمى جانب الضغط المرتفع، والدورة قبل الضاغط ذات ضغط منخفض تسمى جانب الضغط المنخفض، يُبيّن الشكل (2–30) أحد أنواع ضواغط المكيفات المجزأة.

الشكل (2–30): أحد أنواع ضواغط المكيفات المجزأة.

ب– المكثف: يستخدم في مكيفات الهواء المجزأة المزعنف المبرّد بالهواء القصري الذي يستخدم في مكيف النافذة بتصاميم مختلفة، حيث تدفع مروحة من النوع المحوري الهواء حول المكثف؛ لزيادة سطح التبادل الحراري، و يُسمى انتقال الحرارة في هذه الحالة الحَمْل الإجباري (القصري)، حيث يتكوّن المكثف من ملف من الأنابيب النحاسية المزودة بزعانف، يُكثّف وسيط التبريد القادم من الضاغط ويُحوّل حالة وسيط التبريد من غاز ساخن (محمص) إلى سائل عند الضغط نفسه، وتتم عملية التكثيف عن طريق التبادل الحراري مع الوسط المحيط حيث تنتقل الحرارة من وسيط التبريد الساخن إلى الوسط المحيط، يُبيّن الشكل (2–31) أحد أنواع المكثفات في المكيفات المجزأة.



الشكل (2–31): أحد أنواع مكثفات المكيفات المجزأة.

جـ- **الأنبوب الشَّعري**: إن الأنبوب الشَّعري يمدّد وسيط التبريد ويحوّله من سائل ذي ضغط عالٍ (القادم من المكثف) إلى سائل ذي ضغط منخفض، ما يجعله جاهزًا للتبخر، ويجري وسيط التبريد داخله، وعند خروج وسيط التبريد منه إلى الأنابيب كبيرة الأقطار، تبدأ عملية تبخر وسيط التبريد، فيُحْدث فَرْقًا في الضغط بين المكثف والمبخر، ويُنظّم أيضًا مرور وسيط التبريد إلى المبخر، وعند تغيير صمّام التمدد، يجب مراعاة نوع الغاز الذي يعمل به هذا الصمّام، وفي الأجهزة القديمة كانت توضع ضمن الوحدة الداخلية، لكن المصنّعين وضعوها حديثًا في الوحدة الخارجية؛ لخفض الضجيج والأصوات الناتجة من عملية البخ، يُبيّن الشكل (2–32) الأنبوب الشَّعري.

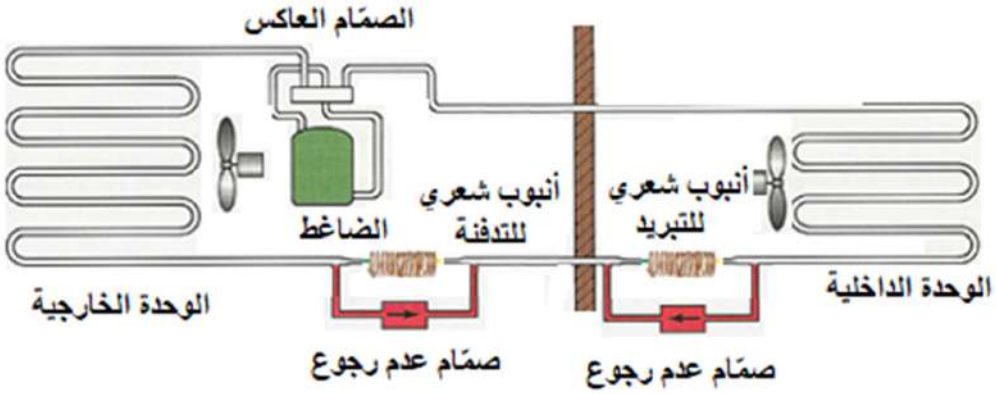
الشكل (2–32): الأنبوب الشَّعري.

د- **صمّام عدم الرجوع (Check Valve)**: صمّام يسمح بمرور وسيط التبريد باتجاه واحد فقط، ويمنعه من الرجوع بالاتجاه المعاكس؛ ويستعمِل حالة المضخة الحرارية، حيث يوصل على التوازي بأنبوب شعري إضافي خاص بالدورة المعكوسة (للتدفئة فقط)؛ ليمنع رجوع وسيط التبريد من الأنبوب الشَّعري الرئيس الخاص بدورة التبريد، فيتجه وسيط التبريد ليمر عبر الأنبوب الشَّعري الإضافي، وغالبًا يوضع سهم محفور على جسم الصمّام من الخارج؛ ليدل على الاتجاه الصحيح للتركيب، يبين الشكل (2–33) هذا الصمّام.

ملاحظة: المضخة الحرارية مصطلح مجازي لعملية عكس دورة التبريد لتصبح للتدفئة بدلًا من التبريد، وسميت المضخة الحرارية؛ لأن عملها يشبه عملية ضخ الحرارة من المحيط الخارجي إلى الغرفة بالرغم من أن المحيط الخارجي أكثر برودة من هواء الغرفة الداخلي.

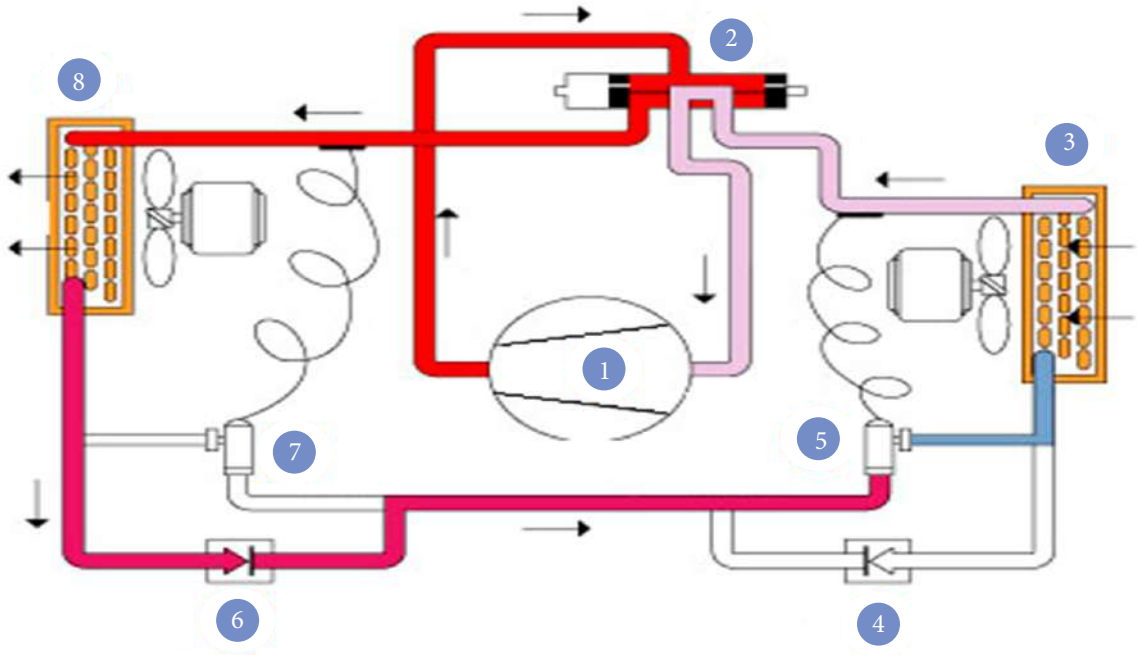
الشكل (2–33): صمّام عدم الرجوع (Check Valve).

يُبيّن المخطط الآتي في الشكل (2–34) موضع تركيب صمّام عدم الرجوع في دورة تبريد ميكانيكية لمضخة حرارية .



الشكل (2–34): موضع تركيب صمّام عدم الرجوع في دورة تبريد ميكانيكية لمضخة حرارية.

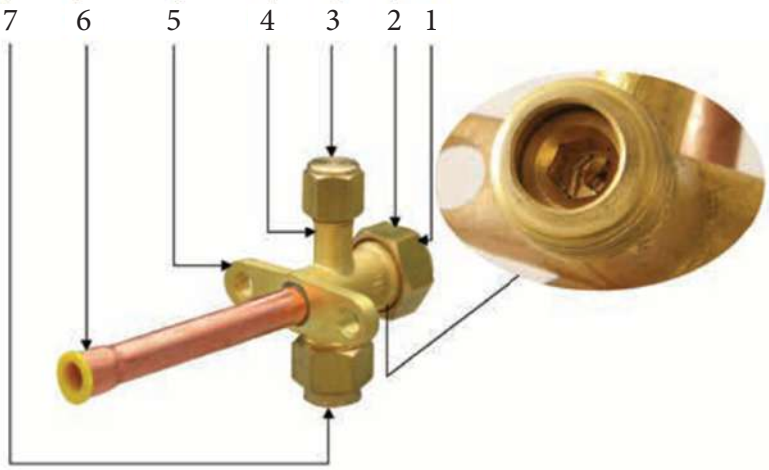
يُبيّن الشكل (2–35) موضع تركيب صمّام عدم الرجوع في دورة المضخة الحرارية المزودة بصمّام تمدد بدلًا من الأنبوب الشَّعري.



1	الضاغط	5	صمّام التمدد لدورة التبريد
2	الصمّام العاكس (صمّام رباعي الاتجاهات)	6	صمّام عدم رجوع
3	ملف الوحدة الداخلية	7	صمّام التمدد لدورة المضخة الحرارية
4	صمّام عدم رجوع	8	ملف الوحدة الخارجية

الشكل (2–35): موضع تركيب صمّام عدم الرجوع في دورة المضخة الحرارية والمزودة بصمّام تمدد بدلًا من الأنبوب الشَّعري.

هـ- صمّامات الخدمة (Service Valves): يبيّن الشكل (2–36) أحد صمّامات الخدمة التي تثبَّت على مدخل وحدة التكثيف ومخرجها؛ لوصلها بوحدة التبخير، ولتسهيل عمليات التفريغ والشحن والصيانة للمكيّف المجزّأ.



(1) يد الصمّام، وتُحرَّك بمفتاح سداسي.
(2) غطاء يد الصمّام.
(3) غطاء صمّام الخدمة.
(4) صمّام الخدمة.
(5) جسم الصمّام.
(6) خط وحدة التكثيف.
(7) خط وحدة التبخير.

الشكل(2–36): صمّام خدمة المكيف المجزأ.

ويستخدم صمّاما الخدمة في المكيّف المجزّأ، وهما:

1. صمّام خط السائل: يشبه صمّام خدمة الضاغط الذي درسته سابقًا، حيث يحتوي هذا الصمّام غالبًا ثلاثة خطوط: خط وحدة التبخير ويتّصل ببداية ملفّ الوحدة الداخليّة، وخط صمّام الخدمة وقياس الضغوط، وهذان الخطان متصلان دائمًا، أمّا الخط الثالث، فهو خط وحدة التكثيف، ويتّصل بالأنبوبة الشعريّة في الوحدة الخارجيّة، ويتّصل بالخطين السابقين عند تحريك يد الصمّام عكس عقارب الساعة بمفتاح سداسي الشكل، وينفصل عنهما عند إغلاق يد الصمّام باتجاه عقارب الساعة.
2. صمّام خط الغاز: يشبه من حيث التركيب والفتح والإغلاق صمّام خط السائل، إلا أنّه أكبر حجمًا، ويتصل الخط الأول بمخرج المبخّر، والخط الثاني صمّام الخدمة وقياس الضغوط، ويتّصل الخط الثالث بخط السحب للضاغط.

يبيّن الشكل (2–37) الأجزاء الداخليّة لصمّام الخدمة.

الشكل (2–37): الأجزاء الداخليّة لصمّام الخدمة.

6- تركيب المكيف المجزأ

عند اختيار جهاز التكييف وتركيبه، يجب مراعاة الأمور الآتية:

أ – تناسب قدرة الجهاز وأقصى حمل حراري للحيّز المكيّف.

ب– وجود مصدر كهربائي يتناسب وقدرة الجهاز.

جـ– سلامة مكوّنات الجهاز وعدم تعرّضها للكسر عند تثبيت الجهاز.

يراعى عند اختيار الوحدة الداخليّة وتركيبها ما يأتي:

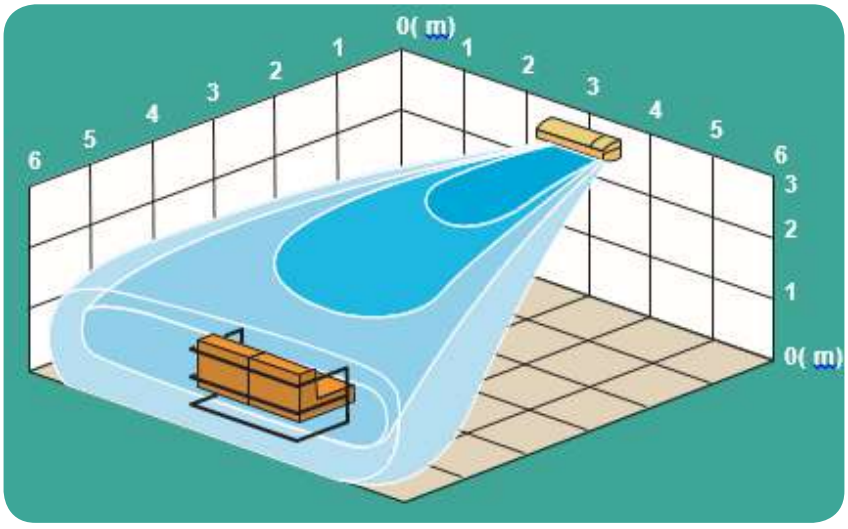
أ – اختيار شكل الوحدة ولونها الأكثر تناسبًا والحيّز؛ تجنبًا لتشويه الشكل الجمالي للحيّز، وعدم إشغال الوحدة حيزًا كبيرًا.

ب– اختيار المكان المناسب لوضع الوحدة، بحيث تستطيع سحب الهواء وتوزيعه بصورة متكافئة إلى أركان الحيّز جميعها، كما في الشكل (2–38).

جـ– تثبيت الوحدة تثبيتًا جيّدًا ومتوازنًا؛ منعًا لحدوث أصوات مزعجة، ولتصريف الرطوبة المتكاثفة تصريفًا صحيحًا.

د– اختيار مكان قريب من مصدر الطاقة الكهربائيّة.

هـ– اختيار مكان يسهل تصريف الماء المتكاثف عبره.



الشكل (2–38): توزيع هواء الحيز توزيعًا متكافئًا.

يراعى عند تثبيت الوحدة الخارجيّة ما يأتي:

أ – اختيار المكان المناسب لوضع الوحدة، بحيث تستطيع سحب الهواء ودفعه بحريّة دون معوقات، بعيدة عن أشعّة الشمس المباشرة.

ب– اختيار مكان مناسب للتثبيت، تسهل الصيانة عبره.

جـ– تثبيت الوحدة تثبيتًا جيدًا ومتوازنًا .

د– تثبيتها بعيدًا عن الحيّز وغرف النوم ما أمكن؛ تجنّبًا للإزعاج والضجيج.

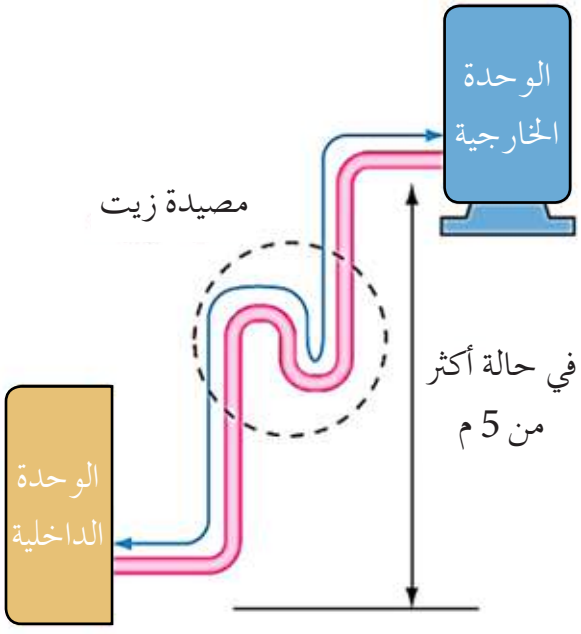
يراعى عند تركيب خطوط الوصل ما يأتي:

أ – تقليل المسافة بين الوحدتين، والتزام تعليمات الشركة الصانعة بخصوص الأطوال المسموحة، بحيث لا تزيد المسافة العمودية بين الوحدتين على (7) أمتار، ومجموع المسافة العموديّة والأفقيّة على(15) مترًا لمعظم أنواع المكيّفات المنزليّة.

ب– إنشاء مصيدة للزيت، كما في الشكل (2–39)، لضمان عودة زيت التزييت إلى الضاغط إذا كانت المسافة العمودية بين الوحدتين أكثر من (5) أمتار.

أبحث

أبحث عن وظائف مصيدة الزيت في المكيف، واكتب تقريرًا بذلك واعرضه على معلمك وزملائك.



الشكل(2–39): مصيدة زيت.

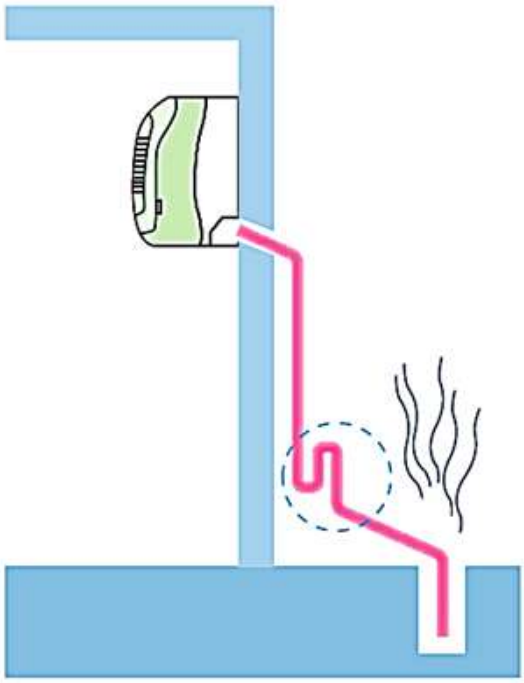
جـ– تقليل عدد الوصلات والأكواع.

د – ترتيب الخطوط ترتيبًا جيّدًا؛ لتسهيل أعمال الصيانة.

هـ– عزل خطوط الوصل عزلًا جيّدًا، خصوصًا الخطوط المتوافرة داخل الحيّز المكيّف، منعًا لتكاثف الماء وتقطيره داخل الحيّز المكيّف.

و– تثبيت الوصلات الكهربائيّة تثبيتًا جيّدًا ومحكمًا.

ز– إنشاء سيفون لخط التصريف؛ منعًا لدخول الروائح الكريهة الحيّز المكيّف، كما في الشكل (2–40).



الشكل (2–40): سيفون خط التصريف.

اختبارات التشغيل :

بعد تركيب جهاز التكييف تنفذ اختبارات التشغيل للتأكد مما يأتي:

أ – التأكّد من سلامة التركيب، وعزل الأنابيب، وتثبيتها جيّدًا.

ب– التأكّد من عدم وجود تسرّب في وسيط التبريد.

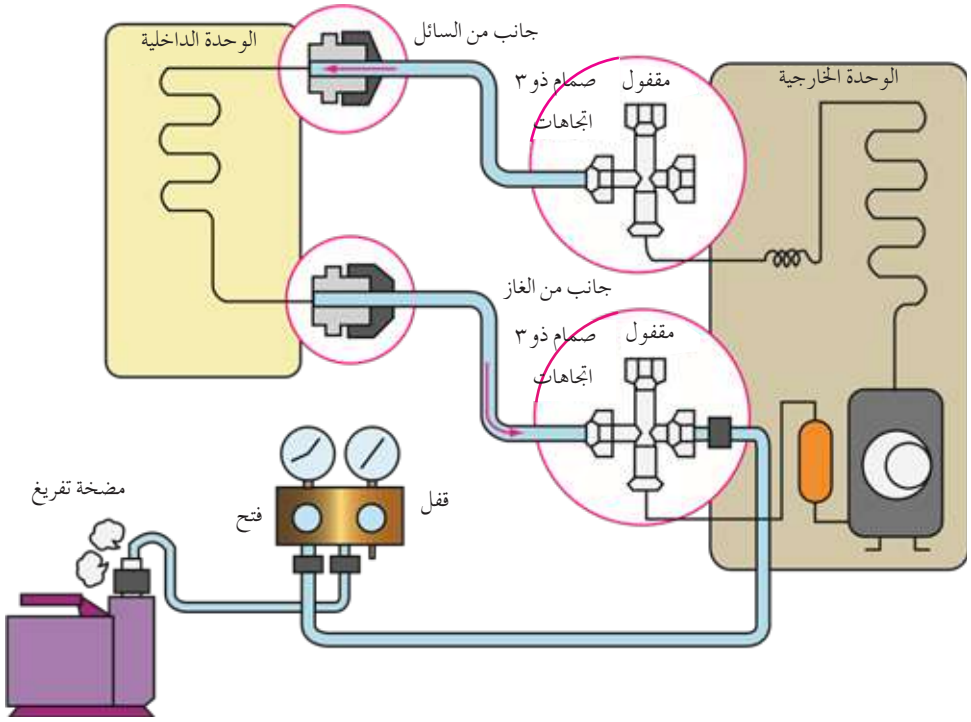
جـ– تشغيل الجهاز، وقياس ضغوط التشغيل والتيّار الكهربائي المسحوب.

د– التأكّد من سلامة جهاز التحكّم عن بعد، واختبار وظائفه جميعها.

7- عمليات التفريغ والشحن للمكيف المجزأ

تملأ الشركات المصنّعة لأجهزة تكييف الهواء الوحدة الخارجيّة بالكميّة اللازمة من وسيط التبريد، وعند توصيل الوحدة الداخليّة بالخارجيّة، يجب التخلّص من الهواء والرطوبة الموجودة في الوحدة الداخليّة وأنابيب التوصيل، ولعمل ذلك، تستخدم إحدى الطرائق الآتية:

أ- مضخّة تفريغ، توصل بصمّام الخدمة، مع إبقاء صمّامي السائل والغاز مغلقين لحين الانتهاء من عملية التفريغ، ثم يُفتَح الصمّامان، كما في الشكل (2-41).

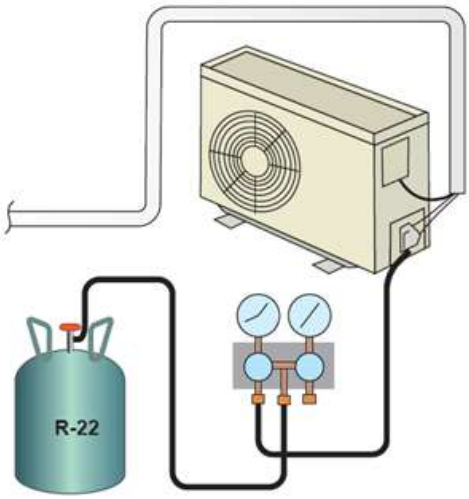


الشكل (2-41): تفريغ أنابيب الوحدة الداخليّة وأنبوبي الوصل للمكيّف المجزّأ.

ب- عملية طرد الهواء (Air purge)، تتمّ بطريقتين:

1. باستخدام أسطوانة وسيط تبريد توصل بصمّام الخدمة لصمّام الغاز، مع ترك الصمولة الموصولة بصمّام السائل مرتخية قليلًا، وبذلك يطرد وسيط التبريد الهواء الموجود داخل أنابيب التوصيل والمبخّر، ومن ثَمَّ، تربط صمّولة خط السائل ربطًا محكمًا وتُفتَح محابس الصمّامين.
2. باستخدام وسيط التبريد المخزّن داخل الوحدة الخارجيّة؛ حيث تترك الصمولة الموصولة

لصمّام السائل مرتخية قليلًا، ويُفتح محبس خط السحب قليلًا، فيندفع وسيط التبريد طاردًا الهواء الموجود داخل الوحدة الداخليّة وأنابيب التوصيل، ومن ثَمَّ، تربط صمولة خط السائل ربطًا محكمًا وتُفتح محابس الصمّامين. عندما يكون مكيّف الهواء المجزّأ فارغًا تمامًا من شحنة وسيط التبريد، يجب تفريغ الجهاز كلّه (الوحدة الداخليّة والخارجيّة، وأنابيب الوصل) بإحكام شدّ الوصلات بين الوحدتين، وفتح صمّامي السائل والغاز، ووصل مضخّة التفريغ بخط الخدمة. أمّا شحن المكيّف المجزأ، فإنّ طرائق شحنه تشبه طرائق شحن مكيّف النافذة التي درستها سابقًا. والشكل(2–42) يبيّن طريقة توصيل أسطوانة وسيط التبريد بالمكيّف المجزّأ لغاية الشحن.



الشكل (2–42): شحن المكيف المجزأ.

8- المواصفات الفنية لمكيف الهواء المجزأ

المواصفات الفنية للمكيف هي المواصفات المحددة كلها من قبل الشركة الصانعة، وهي التي تحدد الأمور الآتية: نوع الجهاز، السعة التبريدية، سعة التدفئة، فولتية الجهاز، التردد الكهربائي، وزن الجهاز، نوع وسيط التبريد، كميّة وسيط التبريد، وشدّة التيّار الكهربائي الذي يسحبه الجهاز، يُبيّن الجدول (2–1) مثالًا على المواصفات الفنية لأحد أنواع المكيفات المجزأة.

الجدول (2–1)

1	MODEL	GMCP12RT
2	MODE	COOLING AND HEATING
3	CAPACITY COOLING	12000 Btu/h
4	CAPACITY HEATING	10000 Btu/h
5	CURRENT COOLING	5.4A
6	CURRENT HEATING	5.0A
7	INPUT POWER	1200W
8	AIRFLOW VOLUME	330m³/h
9	RATED VOLT	220-240V
10	RATED FREQUENCY	50hz
11	NOISE	54dB(A)
12	WEIGHT	30KG
13	REFRIGERANT/CHARGE	R410A/0.62kg
14	LOW PRESSURE	2.1MPa
15	HIGH PRESSURE	4.2MPa

المواصفات الفنية لمكيف هواء مجزأ.

يشير الجدول السابق إلى الآتي:

1 – الموديل (**MODEL**) هو (**GMCP12RT**)، (وهي رموز خاصة بالشركة الصانعة).

2 – **MODE** المود (طريقة العمل) هي (**COOLING AND HEATING**)، وتعني (تبريد/تدفئة).

3 – سعة التبريد (**COOLING CAPACITY**) تساوي (**12000BTU**)، (وتعني 12000 وحدة حرارية بريطانية.

4 – سعة التدفئة (**HEATING CAPACITY**) تساوي (**1000BTU**)، (وتعني 1000 وحدة حرارة بريطانية).

5 – التّيار الكهربائي حالة التبريد (**COOLING CURRENT**) يساوي (5.4) أمبير.

6 – التّيار الكهربائي عند التدفئة (**HEATING CURRENT**) يساوي (5) أمبير.

7 – القدرة (**INPUT POWER**) تساوي (200) واط.

8 – التدفق الحجمي للهواء (**AIRFLOW VOLUME**) يساوي (**330m³/h**)، وتعني أن التدفق الحجمي لهذا المكيف يساوي (330) مترًا مكعبًا من الهواء كل ساعة.

9 – مدى الجهد الكهربائي (الفولتية) (**RATED VOLT**) من (220) فولت إلى (240) فولت.

10– مدى التردد (**RATED FREQUENCY**) هو (**50hz**)، ويعني أن التردد الكهربائي لهذا المكيف يساوي (50) هيرتز.

11– مستوى الضجيج (**NOISE**) يساوي (**54dB(A**، أي أن مستوى الضجيج لهذا المكيف يساوي (54) ديسيبيل، حيث الديسيبل هي وحدة قياس الضجيج.

12– الوزن (**WEIGHT**) يساوي (**30Kg**)، أي أن وزن هذا المكيف (30 كغ).

13– نوع وسيط التبريد وكميته (**REFRIGERANT/CHARGE**) هو (**R410A/0.62kg**)، وهذا يعني أن نوع وسيط التبريد لهذا المكيف هو فريون (**R410A**)، وأن كميته هي (0.62كغ) التي تعادل (620) غرامًا.

14– قيمة الضغط المنخفض (**LOW PRESSURE**) تساوي (2.1) ميجا باسكال.

15– قيمة الضغط العالي (**HIGH PRESSURE**) تساوي (4.2) ميجا باسكال.

9– الصيانة الدورية (الوقائية) لمكيفات الهواء وتحليل الأعطال

تهدف الصيانة الوقائية إلى تفقد أجزاء المكيف ومكوناته، والتأكد من سلامة عمل المكيف؛ وذلك منعًا لحدوث الأعطال أو الحد منها ما أمكن، دوريًّا أو شهريًّا أو موسميًّا، غالبًا ما تشمل الصيانة الدورية عملية تنظيف منقيات الهواء (الفلاتر) أو تغييرها، وفحص شدة التيار الكهربائي المستهلك ومقارنته بالقيمة المحددة من قبل الشركة الصانعة، وتنظيف خط

تصريف المياه المتكاثفة وحوض التكثيف، والتأكد من نظافة المكثف والمبخّر من الأتربة والغبار، وتنظيفهما عند الحاجة، والتأكد من التهوية الجيدة للمكثف، يُبيّن الجدول (2–2) أهم أعطال مكيفات الهواء، وأسبابها، وطرائق تصليحها وصيانتها.

الجدول(2–2): أهم أعطال مكيفات الهواء، وأسبابها، وطرائق تصليحها وصيانتها.

العطل	الأسباب المحتملة	طريق التصليح والصيانة
المكيف لا يعمل	عدم وصول تيار كهربائي للمكيف	افحص مصدر الكهرباء
		افحص فيوز اللوحة الإلكترونية
		تأكد من صلاحية جهاز التحكم عن بُعْد وبطارياته
		افحص اللوحة الإلكترونية وغيّرها إن كانت معطلة
المكيف يعمل (هواء فقط) ولا يوجد تبريد أو تدفئة	الدارة الكهربائية للضاغط مقطوعة أو معطلة، ولا يسري تيار في ملفات الضاغط	افحص توصيلات الدارة الكهربائية للضاغط وصلحها وغير القطع التالفة منها مثل: الأوفرلود، والمكثف، والريليه
	الضاغط معطّل	استبدل الضاغط
	نقص شحنة وسيط التبريد	عالج التسرّب، وزوّد المكيف بالكميّة المناسبة من وسيط التبريد
	الصمّام العاكس معطل	غيّر الصمّام العاكس
الضاغط يعمل مُددًا قصيرة ثم يتوقف عن العمل	وجود تسّرب كهربائي أو قصر جزئي بمواسع الدوران	غيّر مواسع الدوران
	شحنة زائدة من وسيط التبريد	عاير شحنة وسيط التبريد
	انسداد في دورة وسيط التبريد	افتح الانسداد ونظف الدورة
	قصر جزئي في ملفات الضاغط	غيّر الضاغط

الضاغط يعمل مُددًا قصيرة ثم يتوقف عن العمل	وجود شصي في ملفات الضاغط (تماس مع جسم الضاغط)	غيّر الضاغط
	عطل في الأوفرلود	غيّر الأوفرلود
	تهوية المكثف غير كافية، إما بسبب اتساخ المكثف، وإما بسبب تعطل مروحة لمكثف، وإما بسبب وجود ما يعوّق التهوية الجيدة للمكثف	نظّف المكثف جيدًا، وأزل ما يعوّق التهوية، وغيّر المروحة المعطلة
تساقط المياه من المكيف	وجود انسداد في خط التصريف	نظّف حوض التصريف
	انفلات خط التصريف من الحوض	ثبّت خط التصريف بالحوض
	الوحدة الداخلية مائلة	وازن الوحدة الداخلية وثبتها أفقيًّا
تراكم الصقيع على الوحدة الداخلية	فلتر الهواء متسخ وعلية أتربه	نظّف الفلتر دوريًّا
	تراكم أتربة على زعانف المبخر	نظّف زعانف المبخر بفرشاة ناعمة
	مقدار شحنة مركب التبريد ناقص	اضبط شحنة وسيط التبريد وعايره
	المروحة تدور أقل من سرعتها العادية أو تدور عكس الاتجاه	عالج دوران المروحة واتجاه الدوران
	الثرموستات تالفة أو درجة تبريدها عالية جدًّا	افحص الثرموستات وراجع وضع التبريد
	وجود انسداد جزئي في دورة التبريد	افحص دورة التبريد وحدد مكان الانسداد، وافتحه
انخفاض كفاءة التبريد	تعرض الوحدة الخارجية لأشعة الشمس المباشرة، أو وجود ما يعوّق التهوية حولها	ضع مظلة لحماية الوحدة من أشعة الشمس المباشرة، وأزل ما يعوّق التهوية
	فلتر الهواء متسخ	نظّف فلتر الهواء
	خطأ في ضبط درجة الحرارة المطلوبة	اضبط درجة الحرارة
	وجود مصادر حرارية زائدة على حمل التبريد في المكان المكيف	أزل مصادر الحرارة الزائدة
	موضع جذر حساس الحرارة غير صحيح	ثبت مجس الحرارة في المكان الصحيح
	تهوية المكان أكثر من اللازم	أغلق الأبواب والنوافذ

المكيف ذو القدرة المتغيرة (Inverter Conditioner)

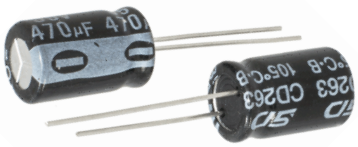
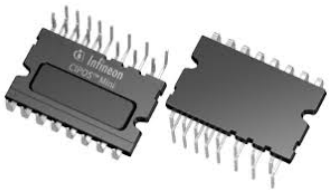
غالبًا يُحسب أقصى حمْل حراري للمكان المراد تكييفه، ثم تُختار أجهزة تكييف ذات قدرة تبريدية وتثبَّت، تستطيع تغطية الحمْل الحراري الأقصى المطلوب، وتزيد على ذلك بقليل وهو ما يُسمى (معامل الأمان)، لكن هذه الطريقة تسبب هدرًا في الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المكيف؛ لذلك طُوّرت أجهزة التكييف عبر محرّكات كهربائية خاصة قابلة لتعديل قدرتها بما يتناسب والحمْل الحالي، هذه المحرّكات تشغّل ضاغط المكيف وكذلك مروحة المبخّر ومروحة المكثّف؛ ما يساعد على ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية وتقليل الهدر، وهذه المحرّكات الكهربائية تعمل بنظام العاكس الكهربائي (**Inverter**)، فأصبح يستخدم في أجهزة تكييف الهواء الحديثة، كما هو مبين في الشكل (2–43).

الشكل (2–43): المكيف ذو القدرة المتغيرة.

1– مبدأ عمل المكيف ذي القدرة المتغيرة (Inverter)

يتكوّن نظام التحكم الإلكتروني في أجهزة تكييف الهواء الإنفيرتر من العناصر الآتية: المقوّم، والمحوّل، والمكثف، ووحدة إدارة الطاقة الذكية، حيث يُحوّل التيار الكهربائي المتناوب إلى مستمر بعد المرور بالمقوّم، وبعد مرور التيار بالمكثف يصبح أكثر استقرارًا، ثم يُحوّل هذا التيار المستمر إلى موجة جيبية (180°) من التيار المتناوب، مع تردد قابل للتعديل بعد المرور بوحدة إدارة الطاقة الذكية، وهذا يسهل التحكم بأداء الضاغط، يُبيّن الجدول (2–3) هذه العناصر.

الجدول(2–3):عناصر التحكم الإلكتروني في أجهزة التكييف.

المحوّل	
المكثف الكهربائي (Capacitor)	
المقوّم (Rectifire)	
وحدة إدارة الطاقة الذكية (IPM)	

2– مزايا المكيف ذي القدرة المتغيرة

أ – انخفاض الكلفة التشغيلية.

ب – ثبات درجة حرارة المكان المكيف.

جـ – طول عمر التشغيل الافتراضي.

د – خفيف على القواطع الكهربائية.

3- عيوب المكيف ذي القدرة المتغيرة

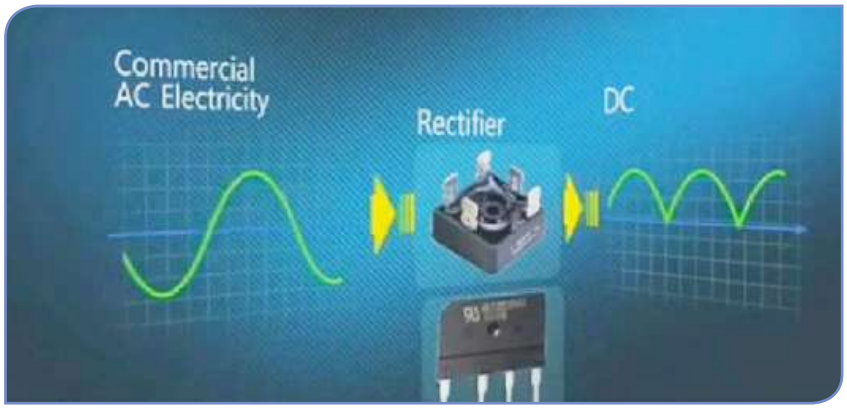
أ – صعوبة صيانة الجهاز على فنيي التكييف بسبب وجود دارات إلكترونية عدة؛ لذا يجب تدريب فنيي تكييف الهواء على أساسيات علم الإلكترونيات، خصوصًا نظام الإنفيرتر.

ب – ارتفاع ثمن الجهاز حاليًّا.

4- الدارات الإلكترونية في المكيف ذي القدرة المتغيرة:

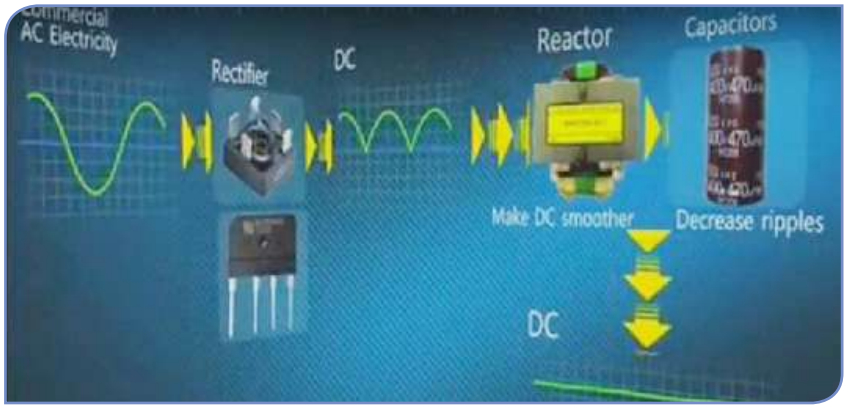
تعمل الدارات الإلكترونية على ما يأتي:

أ – يُحوّل التيار المتناوب (**AC**) إلى مستمر (**DC**) بعد المرور بالمقوّم، كما هو مبين في الشكل (2–44).



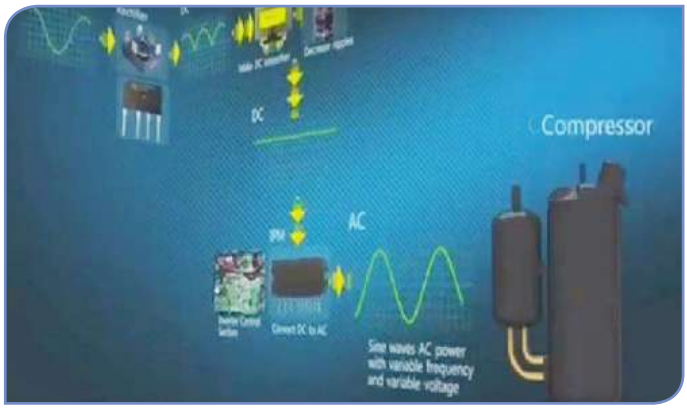
الشكل (2–44): تحويل التيار المتناوب (AC) إلى مستمر (DC) بعد المرور بالمقوّم.

ب – بعد مرور التيار المستمر بالمحوّل ثم بالمكثف، يصبح أكثر استقرارًا، كما في الشكل (2–45).



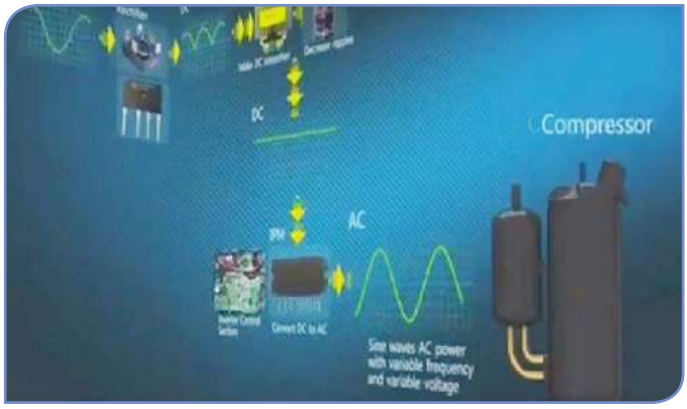
الشكل (2–45): التيار المستمر يصبح أكثر استقرارًا بعد مروره بالمحوّل ثم المكثف.

جـ– يُحوِّل التيار المستمر المستقر إلى موجة جيبية (180) درجة من التيار المتناوب، كما في الشكل (2–46).



الشكل (2–46): تحويل التيار المستمر المستقر إلى موجة جيبية (180) درجة من التيار المتناوب.

د – وبعد المرور بوحدة إدارة الطاقة الذكية يصبح التردد قابلًا للتعديل، وهذا ما يسهل عملية التحكم في أداء الضاغط، كما في الشكل (2–47).



الشكل (2–47): التردد يصبح قابلًا للتعديل.

5– التحكم في قدرة المكيف ذي القدرة المتغيرة

يتم التحكّم في قدرة المكيف عن طريق التحكم في سرعة دوران المحرّكات الكهربائية للضاغط وفي مروحتي المكثف والمبخّر، ما يؤدي إلى التحكم في قدرة الضاغط ومروحتي المكثف والمبخّر وَفْقًا لظروف التشغيل.

ومن وظائف دارات التحكم الإلكترونية في المكيف ذي القدرة المتغيرة ما يأتي:

أ- تحويل دارة إلكترونيّة التيّار المتردّد ذي الطور الواحد إلى تيار مستمرّ؛ لتسهيل عملية التحكّم، حيث إنّ التحكّم في دارات التيّار المستمرّ أسهل من التحكّم في دارات التيّار المتردّد.

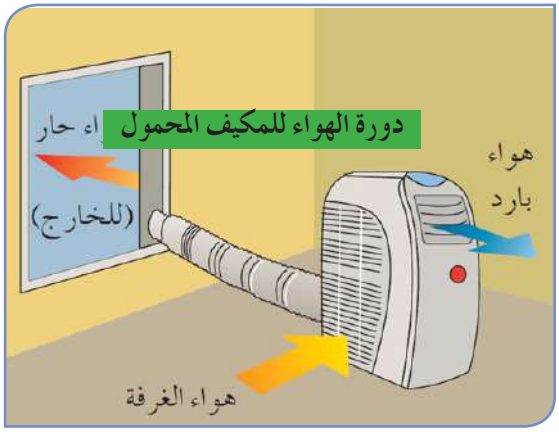
ب- تحويل دارة إلكترونيّة التيّار المستمرّ إلى تيار ذي تردّد متغيّر ثلاثي الطور.

جـ- إرسال مجسات الحرارة المتوافرة في الوحدة الداخليّة عبر لوحة التحكّم الإلكترونيّة للوحدة الداخليّة الإشارات الكهربائيّة وفقًا لتغيّر درجات الحرارة داخل الحيّز المكيّف، ووفقًا لدرجة الحرارة المضبوط عليها الجهاز إلى دارة الذبذبة الإلكترونيّة التي تتحكّم في تشغيل كلّ من محرّك الضاغط ومروحة المكثّف.

د- تغيير دارة الذبذبة الإلكترونيّة تردّد التيّار المغذّي للمحرّك الضاغط ومروحة المكثّف حسب الإشارات الإلكترونيّة المرسلة من اللوحة الإلكترونيّة إلى الوحدة الداخليّة، وعليه تغير سرعتي محرك الضاغط ومروحة المكثف.

مكيّف الهواء المتنقل (Portable)

مكيف الهواء المحمول: هو وحدة تكييف مجمعة، وحجمه صغير وله قدرة تبريدية قليلة، ومزود بعجلات؛ لتسهيل نقلها من مكان إلى آخر، ويوصل المكيف المحمول بخرطوم مرن يتصل بالمحيط الخارجي؛ لطرد حرارة المكثف إلى الخارج، يُبيّن الشكل (2-48) أحد أشكال المكيف المحمول:



الشكل (2-48): المكيف المحمول.

- ابحث في الإنترنت عن أنواع وأشكال حديثة من مكيفات الهواء المجزأة، واكتب تقريرًا عنها موضحًا بالصور، ثم ناقش فيه زملاءك.

القياس والتقويم

1- اذكر أهم ما يميز مكيف النافذة من المكيفات الأخرى.

2- اذكر أنواع مكيف النافذة.

3- عرف ما يأتي:

أ - الصمام العاكس.

ب - المكيف المجزأ.

جـ - دورة الهواء لمكيف النافذة.

د - صمام عدم الرجوع.

هـ - مكيف الهواء المحمول.

4- اذكر أنواع الوحدات الداخلية للمكيف المجزأ.

5- اذكر أربعة من أنواع منقيات الهواء للمكيفات المنزلية.

6- اذكر أربعة من عناصر الوحدة الإلكترونية ووظيفة كل منها.

7- بين كيفية التحكم في قدرة المكيف ذي القدرة المتغيرة.

التمارين العملية

التمرين (1)

تنظيف فلتر مكيف النافذة

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تجري صيانة لمكيف النافذة.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
1- طقم مفكات. 2- منفاخ هواء (بلور).	- مكيف نافذة.

خطوات الأداء

1- أعدّ 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- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

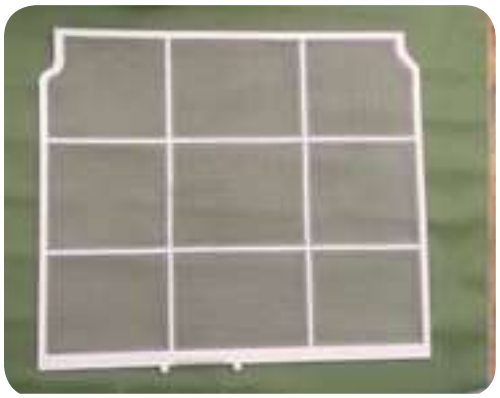
3- افصل مصدر الكهرباء عن جهاز التكييف، ثم أخرجه من مكانه إن أمكن، ثم ضعه على طاولة عمل مناسبة لإجراء الصيانة، كما في الشكل (1).

الشكل (1)

4- فُكّ الواجهة الأمامية للمكيف، كما في الشكل (2).

الشكل (2)

5- انزع فلتر الهواء ونظفه من الغبار والأتربة جيدًا، ثم جففه تحت أشعة الشمس، ويفضل تعقيمه بمادة مطهرة، أو تعريضه للأشعة فوق البنفسجية لتعقيمه من البكتيريا والميكروبات، كما في الشكل (3).



الشكل (3)

التمارين العملية

التمرين (2)

تركيب مكيف الهواء المجزأ.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تركّب مكيفات الهواء المجزأة.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– صندوق عُدّة التبريد. – جهاز قياس التيار الكهربائي ذو الفَكّ المتحرّك. – مقص الأنابيب النحاسية. – مقدح كهربائي. – مطرقة صغيرة (2/1) كغ. – زرادية. – آلة تفليج الأنابيب النحاسية. – فتّاحة جدران قياس (65مم). – شريط قياس. – ساعة تعبئة وتفريغ.	– مكيف مجزأ. – أسطوانة وسيط التبريد. – أسطوانة نيتروجين.

خطوات الأداء

1– أعدّ 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– أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

3- حضر العُدَد والأدوات والمواد في موقع العمل، كما في الشكل (1).

الشكل (1)

4- حدد موضع تركيب الوحدة الداخلية، متأكدًا من عدم وجود أي معوق أمام مجرى الهواء، مراعيًا القياسات المناسبة للوحدة الداخلية، بحيث تترك مسافة (15) سم فوق المكيف لمرور الهواء بحرية، كما في الشكل (2).

الشكل (2)

5- أخرج حمالة الوحدة الداخلية لأخذ القياسات عليها، كما في الشكل (3).

6- ضع الحمّالة أفقيًّا في موضع التركيب المحدد في الخطوة السابقة، لوضع علام بالقلم لموضع برغي المنتصف فقط (نقطة علام واحدة في منتصف الحمّالة)، كما في الشكل (4).

الشكل (3)

7- اثقب موضع العلام بقطر وطول مناسبين للإسفين وبرغي التثبيت، ثم أدخل الإسفين في الثقب، كما في الشكل (5).

8- ثبت الحمالة ببرغي المنتصف مرتخيًا؛

الشكل (4)

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

لموازنة الحمّالة أفقيًّا نحو الأعلى والأسفل.

9- وازن الحمّالة بميزان الماء أفقيًّا، ثم حدد مواضع براغي التثبيت جيدًا، ثم فُكّ برغي المنتصف، ثم اثقب المواضع التي عُلِّمت على الجدار، ثم أدخل الأسافين في الثقوب، كما في الشكل (6).

10- ضع الحمّالة بحيث تتطابق فتحاتها والأسافين، ثم شُدّ براغي التثبيت جميعها بإحكام.

11- أحدثْ في الجدار فتحة قطرها (65مم) (2.5 إنش تقريبًا) بجانب الحمّالة من جهة مناسبة لموضع أنابيب الغاز المخصصة في الوحدة الداخلية، كما في الشكل (7).

12- ضع أنبوبًا بلاستيكيًّا بقطر مناسب لقطر الفتحة في الجدار (64مم)، بحيث يشكل مجرًى نظيفًا (هذه القطعة البلاستيكية تكون مرفقة بالوحدة الداخلية الجديدة غالبًا)، كما في الشكل (8).

13- صل أنبوب تصريف الماء المتكاثف في الوحدة الداخلية بأنبوب التصريف الخارجي، كما في الشكل (9).

الشكل (5)

الشكل (6)

الشكل (7)

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

14- صل الأنابيب النحاسية للوحدة الداخلية بالأنابيب الرئيسة التي ستُمدّد باتجاه الوحدة الخارجية مرورًا بالفتحة الجدارية، ثم شُدّ الوَصلات بمفتاحين متعاكسين.

الشكل (8)

15- صل كبل الكهرباء للوحدة الداخلية بالوَصْلة المخصصة للربط بالوحدة الخارجية.

الشكل (9)

16- أدخل أنبوب التصريف، وكبل الكهرباء وأنابيب الغاز من داخل الفتحة الجدارية إلى الخارج، ثم علّق الوحدة الداخلية على الحمّالة، كما في الشكل (10).

الشكل (10)

17- ضع الوحدة الخارجية فوق قاعدة مناسبة ومثبتة جيدًا، وفي موضع مناسب وقريب ما أمكن من الوحدة الداخلية، وفي مكان جيد التهوية، على أن يكون اتجاه صمّامات الغاز من جهة الأنابيب القادمة من الوحدة الداخلية بحيث يسهل مطابقتها معًا، كما في الشكل (11).

الشكل (11)

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

18- صل الأنابيب القادمة من الوحدة الداخلية بما يتطابق وصمّامات الوحدة الخارجية، ثم شُدّ الوَصلات جيدًا بمفتاحي ربط متعاكسين، مُرخيًا خط السحب قليلًا لإخراج الهواء المتبقي في الأنابيب، تسمى هذه العملية (فلاش)، كما في الشكل (12).

الشكل (12)

19- افتح غطائي صمامي وسيط التبريد، ثم افتح الصمّام الأول (صمّام خط السائل) فتحًا كاملًا، لطرد الهواء من الخط الآخر، ثم شدّ صمولات الصمّام الآخر بإحكام، ثم افتح الصمّام الآخر (صمّام خط السحب) فتحًا كاملًا، بحيث يصبح كلا الصمّامين مفتوحًا فتحًا كاملًا، أي أن وسيط التبريد ملأ وحدتي التبريد الداخلية والخارجية والأنابيب بينهما بالكامل، كما في الشكل (13).

الشكل (13)

الشكل (14)

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية
ملاحظة: في هذه الحالة وسيط التبريد موجود بكامل كميته مخزنًا من الشركة الصانعة في خزان خاص بالوحدة الخارجية، وعند فتح الصمامات، يتوزع وسيط التبريد ويملأ الأنابيب والوحدتين الداخلية والخارجية، إذا كانت الوحدة الخارجية مفرغة من وسيط التبريد، فإن هناك خطوات أخرى يجب تعلمها وإتقانها لإتمام العمل بصورة جيدة، وهذا ما سيوضحه التمرين الذي يلي هذا التمرين وفيه توضيح خطوات فحص التسريب والشحن والتفريغ.	 الشكل (15)

20- افتح غطاء علبة الكهرباء في الوحدة الخارجية، ثم صل الأسلاك الكهربائية الثلاثة: الحامي، والبارد، والأرضي بالوَصْلة المخصصة لذلك في الوحدة الخارجية (أو حَسب نوع التوصيل للمكيف، بناءً على المخطط الكهربائي المرفق بالمكيف)، كما في الشكل (14).

21- أغلق غطاء علبة الكهرباء، وأغلق أغطية صمّامات وسيط التبريد، كما في الشكل (15).

22- افحص نقاط التوصيل برغوة الصابون، وتأكد من عدم وجود تسريب، وعالج مشكلة التسريب إن وجد.

23- صل الوحدة الداخلية بمصدر الكهرباء، ثم شغل المكيف، وتأكد من جودة التبريد.

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

التمارين العملية

التمرين (3)

تنفيذ التوصيلات الكهربائية للوحدتين الداخلية والخارجية للمكيف المجزأ.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تنفذ التوصيلات الكهربائية للوحدة الداخلية والخارجية للمكيف المجزأ.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– طقم مفكات (أو مفَكّ شحن كهربائي). – مفَكّ فحص كهربائي. – مكيف مجزأ. – جهاز فحص متعدد القياسات (ملتيميتر) عند الحاجة.	– كاميرا (أو هاتف ذكي)؛ لتصوير الأسلاك الكهربائية ورموزها.

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

● تنفيذ التوصيلات الكهربائية للوحدة الداخلية

1- فُكّ غطاء الوحدة الداخلية، كما في التمارين السابقة.

2- أدخل كبل الأسلاك الكهربائية بين الوحدتين الداخلية والخارجية، ثم عرِّ نهايات الأسلاك، كما في الشكل (1).

3- ثبّت الأسلاك ببراغي التثبيت، ثم صل أسلاك مصدر الكهرباء الرئيس، ملتزمًا الألوان والرموز حَسب مخطط الشركة الصانعة كما في الشكل (2).

الشكل (1)

الشكل (2)

● تنفيذ التوصيلات الكهربائية للوحدة الخارجية

1- فُكّ غطاء علبة الكهرباء للوحدة الخارجية، كما في الشكل (3).

2- أدخل الكبل المتصل بالوحدة الداخلية في علبة الكهرباء للوحدة الخارجية، كما في الشكل (4).

3- صل كل سلك كهربائي حَسب اللون والرمز المحدد له في مخطط الشركة الصانعة، وثبته ببراغي التثبيت، كما في الشكل (5).

الشكل (3)

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

1- فُكّ غطاء علبة الكهرباء للوحدة الخارجية، كما في الشكل (3).

2- أدخل الكبل المتصل بالوحدة الداخلية في علبة الكهرباء للوحدة الخارجية، كما في الشكل (4).

3- صل كل سلك كهربائي حَسب اللون والرمز المحدد له في مخطط الشركة الصانعة، وثبته ببراغي التثبيت، كما في الشكل (5).

4- أغلق غطاء علبة الكهرباء للوحدة الخارجية وثبته جيدًا ببرغي التثبيت، كما في الشكل (6).

6- نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (4)

الشكل (5)

الشكل (6)

التمارين العملية

التمرين (4)

تحديد أطراف المحرّك متعدد السرعات.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تحدد أطراف محرّك متعدد السرعات.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– أوم ميتر. – ورقة وقلم.	– محرّك له عدة سرعات

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

1– اقرأ المخطط الكهربائي الخاص بالمحرّك، كما في الشكل (1).

2– اضبط جهاز الفحص (على صفر)، كما في الشكل (2).

3– افحص قيمة المقاومة بين الخطين الأسود والأصفر، ثم دوِّن القيمة في دفتر الملاحظات (القيمة في هذا التمرين تساوي (429 أوم)، كما في الشكل (3).

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

4- افحص قيمة المقاومة بين الخطين الأسود والبني، ثم دوّن القيمة في دفتر الملاحظات، وقيمته في هذا المثال (546 أوم)، كما في الشكل (4).

5- افحص قيمة المقاومة بين الخطين الأسود والبرتقالي، ثم دوِّن القيمة في دفتر الملاحظات القيمة هنا (736 أوم)، كما في الشكل (5).

ملاحظة (1): الملف ذو المقاومة العليا يدل على السرعة الدنيا، والملف ذو المقاومة الدنيا يدل على السرعة العليا، أي أن:

أ - الخط الأسود: رئيس (كما هو مبين في المخطط الكهربائي).

ب - الخط البرتقالي: سرعة منخفضة (L).

جـ - الخط البني: سرعة متوسطة (M).

د - الخط الأصفر: السرعة العالية (H).

ملاحظة (2): يشير المخطط إلى أن الخطين الأزرق والأحمر هما طرفا المكثف الكهربائي.

6- نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

الشكل (4)

الشكل (5)

التمارين العملية

التمرين (5)

فَكّ لوحة التحكم الإلكترونية للمكيف المجزأ وإعادة تركيبها.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تفك لوحة التحكم الإلكترونية للمكيف المجزأ وتُعيد تركيبها.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– طقم مفكات (أو مفك شحن كهربائي). – مفَكّ فحص كهربائي.	– مكيف مجزأ. – كاميرا (أو هاتف ذكي)؛ لتصوير الأسلاك الكهربائية للوحة الإلكترونية قبل الفك.

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

1– افصل مصدر الكهرباء عن جهاز التكييف.

2– فُكّ الواجهة الأمامية للمكيف، كما في الشكل (1).

3– فُكّ غطاء اللوحة الإلكترونية، ثم صوّر معلومات توصيل الأسلاك الكهربائية للوحة بالكاميرا أو الهاتف، كما في الشكل (2).

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

4- انزع لاقط تثبيت اللوحة الإلكترونية، ثم أخرج اللوحة الإلكترونية، كما في الشكل (3).

5- صوّر المعلومات مرة أخرى (بعد إظهار اللوحة كاملة)، ثم انزع المشابك (الكلبسات)، كما في الشكل (4).

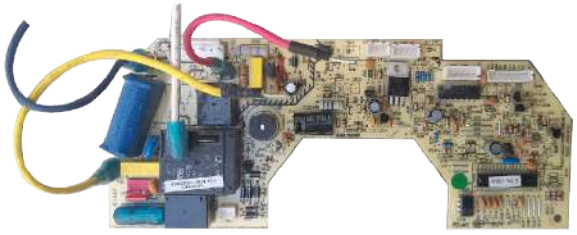
6- استبدل اللوحة الجديدة بالقديمة إذا لم تصلح، ثم ثبّت اللوحة الجديدة أو القديمة التي أُصلحت عكس خطوات الفَكّ السابقة، لتكون آخر قطعة فُكّت، هي أول قطعة ستُركب.

7- نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)



الشكل (4)

التمارين العملية

التمرين (6)

فَكّ مجسات المكيف المجزأ وفحصها وإعادة تركيبها.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تفك مجسات المكيف المجزأ وتفحصها وتعيد تركيبها.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– طقم مفكات (أو مفك شحن كهربائي). – مفَكّ فحص كهربائي. – جهاز فحص متعدد القياسات (ملتيميتر).	– مكيف مجزأ. – كاميرا (أو هاتف ذكي)؛ لتصوير الأسلاك الكهربائية للوحة الإلكترونية قبل الفك.

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

1– افصل مصدر الكهرباء عن جهاز التكييف.

2– فُكّ غطاء الوحدة الداخلية، مُكرِّرًا خطوات التمرين السابق: تمرين فَكّ اللوحة الإلكترونية، الخطوات: (1، 2، 3، 4).

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

3- انزع الحساسات من مواضعها كما في الأشكال (1-2-3).

4- افحص المجسات كما تعلمت في الدروس السابقة، مُعرِّضًا الجذر الحسّاس للبرودة وقراءة قيمة المقاومة بالأوميتر، ومقارنة القيم المقيسة بالقيمة المرجعية في دليل الشركة.

5- استبدل المجس التالف بعد الفحص، ثم ثبّت المجس الجديد متبعًا خطوات فَكّ المجس القديم .

6- نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

التمارين العملية

التمرين (7)

فَكّ مروحة المبخّر ومحرّكها.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تفك مروحة المبخّر ومحرّكها.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– طقم مفكات (أو مفَكّ شحن كهربائي). – مفَكّ فحص كهربائي. – جهاز فحص متعدد القياسات (ملتيميتر).	– مكيف مجزأ. – كاميرا (أو هاتف ذكي)؛ لتصوير الأسلاك الكهربائية للوحة الإلكترونية قبل الفك.

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

1– افصل مصدر الكهرباء عن جهاز التكييف.

2– فُكّ غطاء الوحدة الداخلية، ثم فُكّ اللوحة الإلكترونية كما في التمرين السابق.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

3- فُكّ مشابك الكهرباء الخاصة بمحرّك المروحة عن اللوحة الإلكترونية، كما في الشكل (1).

4- فُكّ برغي تثبيت عمود دوران المحرك المتصل بالمروحة، ثم أخرج المحرك، كما في الشكل (2).

5- أخرج المروحة من مكانها، كما في الشكل (3).

6- نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

التمارين العملية

التمرين (8)

فَكّ حوض التصريف الخاص بالوحدة الداخلية وتنظيفه.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تفك حوض التصريف الخاص بالوحدة الداخلية وتنظّفه.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– طقم مفكات (أو مفك شحن كهربائي). – مفَكّ فحص كهربائي. – جهاز فحص متعدد القياسات (ملتيميتر).	– مكيف مجزأ. – كاميرا (أو هاتف ذكي)؛ لتصوير الأسلاك الكهربائية للوحة الإلكترونية قبل فكها.

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

1- افصل مصدر الكهرباء عن جهاز التكييف.

2- فُكّ غطاء الوحدة الداخلية، كما في التمارين السابقة.

3- فُكّ براغي حوض التصريف ومشابكه، ثم أخرجه من مكانه، كما في الشكلين (1) و (2).

4- نظّف حوض التصريف ومجاريه جيدًا، ثم أعد تثبيته.

5- نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (1)

الشكل (2)

التمارين العملية

التمرين (9)

استبدال مروحة المكثف الخاص في الوحدة الخارجية

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تستبدل مروحة المكثف في الوحدة الخارجية.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– طقم مفكات (أو مفَكّ شحن كهربائي). – مفَكّ فحص كهربائي. – جهاز فحص متعدد القياسات (ملتيميتر).	– مكيف مجزأ. – كاميرا (أو هاتف ذكي)؛ لتصوير الأسلاك الكهربائية للوحة الإلكترونية قبل فكها.

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

1– افصل مصدر الكهرباء عن جهاز التكييف.

2– فُكّ غطاء الوحدة الخارجية.

3– فُكّ الواجهة الأمامية للوحدة الخارجية، ثم صوّر مجمع الأسلاك الكهربائية، ثم فُكّ الأسلاك الخاصة بمحرّك المروحة.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

4- فُكّ صمولة الفراشة، وانزعها من المحرّك، كما في الشكل (1).

5- فُكّ براغي محرّك المروحة.

6- ثبّت المحرّك الجديد مكان القديم، ثم شُدّ براغي التثبيت، ثم وصل الأسلاك الكهربائية جيدًا، كما في الشكل (2).

7- ثبّت الفراشة الجديدة، أو القديمة بعد تنظيفها إذا كانت صالحة.

8- شُدّ صمولة الفراشة.

9- أعد تجميع الوحدة الخارجية مرتبة عكس خطوات الفَكّ السابقة، كما في الشكل (3).

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

الشكل (1)

الشكل (2)

الشكل (3)

التمارين العملية

التمرين (10)

فحص الصمّام العاكس ميكانيكيًّا وكهربائيًّا وتغييره.

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تفحص الصمّام العاكس ميكانيكيًّا وكهربائيًّا وتستبدله.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– طقم مفكات (أو مفَكّ شحن كهربائي). – مفَكّ فحص كهربائي. – جهاز فحص متعدد القياسات (ملتيميتر). – وحدة أكسي أسيتلين. – وحدة خارجية لمكيف مجزأ.	– أسلاك لحام فضة. – قطعة قماش مبللة . – صمّام عاكس جديد مطابق للقديم. – كاميرا (أو هاتف ذكي)؛ لتصوير الأسلاك الكهربائية للوحة الإلكترونية قبل فكها.

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

1- افصل مصدر الكهرباء عن جهاز التكييف.

2- فُكّ غطاء الوحدة الخارجية العلوي، كما في الشكل (1).

الشكل (1)

3- فُكّ غطاء الوحدة الخارجية الجانبي، كما في الشكل (2).

الشكل (2)

4- صوّر التوصيلات الكهربائية قبل فكها، كما في الشكل (3).

5- حدد طرفي ملف الصمّام العاكس، ثم افصلهما، كما في الشكل (4).

6- افحص صلاحية الملف الكهربائي للصمّام العاكس بوساطة الملتيميتر، إذا كانت القراءة ما لا نهاية، فيدل ذلك على أن الملف مفصول، أي أنه تالف، وإذا كانت القراءة صفرًا فيدل ذلك على وجود قصر في ملف الصمّام، أي أنه تالف.

ملاحظة: يكون ملف الصمّام سليمًا عندما تشير قراءة جهاز الفحص إلى قيمة منطقية للمقاومة، كما في الشكل (5).

الشكل (3)

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

7- تأكد من صلاحيته كهربائيًّا وميكانيكيًّا، بتزويد طرفي ملف الصمّام بمصدر فولتية خارجي (220 فولتًا)، فإذا كان صالحًا، فيجب التأكد من صوت تكة.

الشكل (4)

8- غيّر الصمام العاكس.

9- فُكّ برغي تثبيت الملف، ثم انزع الملف، وأبعده عن الصمّام، كما في الشكل (6).

الشكل (5)

10- فُكّ لحامات الصمّام العاكس بلهب الأوكسي أسيتلين.

11- أخرج الصمّام من مكانه.

ملاحظة: لا تلمس الأجزاء الساخنة بيدك، وارتدِ القفافيز عند اللحام بالأوكسي أسيتلين، كما في الشكل (8).

الشكل (6)

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

12- ثبّت الصمّام العاكس الجديد عكس خطوات الفَكّ السابقة، بلحام الأوكسي أسيتلين، كما في الشكل (9).

ملاحظة (1): لا تنس استخدام قطعة قماش مبللة في أثناء التثبيت أيضًا.

ملاحظة (2): بعد تثبيت الصمّام العاكس الجديد باللحام، اتركه يبرد تمامًا، ثم ثبّت الملف الكهربائي الخاص به وثبته جيدًا ببرغي التثبيت.

13- نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

الشكل (7)

الشكل (8)

الشكل (9)

التمارين العملية

التمرين (11)

تثبيت مكيف مجزأ ذي قدرة متغيرة (الإنفيرتر)، وتشغيله، ومراقبة تغير قدرته عن طريق قياس التيّار الكهربائي المسحوب

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تثبّت مكيفًا مجزأً ذا قدرة متغيرة (الإنفيرتر)، وتشغله، وتراقب تغير قدرته عن طريق قياس التيّار الكهربائي المسحوب.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– طقم مفكات (أو مفَكّ شحن كهربائي). – مفَكّ فحص كهربائي. – مكيف مجزأ متغير القدرة (إنفيرتر). – جهاز فحص كهرباء متعدد القياسات ذو الفَكّ المتحرّك (كلامب –ميتر). – مؤقت زمني (الموجود في الهاتف الذكي)؛ لمعرفة المدة الزمنية اللازمة لتغيير قدرة المكيف.	

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أية خطورة مهنية.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

1- ثبّت الوحدتين الداخلية والخارجية، ثم مدّد الأنابيب والأسلاك الكهربائية بينهما، مع التوصيل بالمصدر، كما تعلمت في التمارين السابقة للمكيف المجزأ.

الشكل (1)

ملاحظة: طريقة تثبيت المكيف المجزأ ذي القدرة المتغيرة وتشغيله هي الطريقة نفسها في المكيف المجزأ ذي القدرة الثابتة، التي تدربت عليها في التمارين السابقة.

2- ثبت جهاز الفحص الكهربائي على أحد سلكي المصدر للمكيف، كما في الشكل (1).

الشكل (2)

3- شغّل المكيف، وراقب قراءة الأمبير على جهاز الفحص، كما في الشكل (2).

4- اضبط درجة الحرارة المطلوبة بجهاز التحكم عن بُعْد (الريموت)، كما في الشكل (3).

الشكل (3)

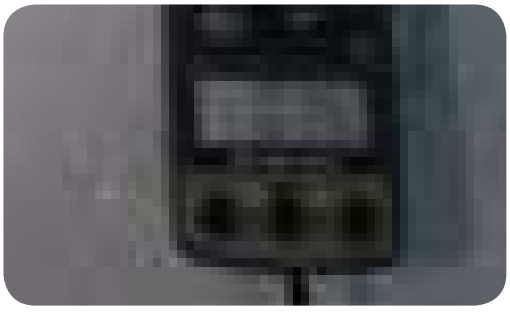
5- راقب تغير قيمة الأمبير المسحوب في أحد

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

سلكي المصدر الكهربائي (الطور أو النتر)، بجهاز الفحص الكهربائي، والمؤقت الزمني في الهاتف، مُدوِّنًا في دفتر ملاحظاتك الخاص قيمة التيار المسحوب بداية التشغيل، ثم قيمته بعد (20) دقيقة، ثم بعد (40) دقيقة، كما في الشكل (4).

بداية التشغيل

بعد 20 دقيقة



بعد 40 دقيقة

الشكل (4)

6- نظّف موقع العمل، ثم اجمع العُدَد والأدوات بعد تنظيفها واحفظها في مكانها المخصص.

التمارين العملية

التمرين (12)

تثبيت مكيف محمول ذي خرطوم الهواء وتشغيله .

يتوقع منك بعد تنفيذ من هذا التمرين أن:

- تثبّت مكيفًا محمولًا ذا خرطوم الهواء وتشغله.

متطلبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– طقم مفكات (أو مفَكّ شحن كهربائي). – مفَكّ فحص كهربائي. – مكيف محمول (متنقل). – زرادية. – قطّاعة أسلاك.	

خطوات الأداء

- أعدّ 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.
- أمن منطقة العمل جيدًا، وأزل المعوّقات من منطقة العمل، وتفقد سلامة التوصيلات الكهربائية، وتأكد من خلو منطقة العمل من أي خطورة مهنية.

خطوات الأداء	الرسوم والصور التوضيحية

1- أخرج المكيف المحمول وملحقاته من صندوق التغليف.

2- تفقد ملحقات توصيل المكيف وقطعه، كما في الشكل (1).

الشكل (1)

3- حدد موضعًا مناسبًا لإخراج خرطوم المكيف، ثم ثبّت عليه الصفيحة المخصصة للخرطوم، كما في الشكل (2).

الشكل (2)

4- ثبّت الخرطوم بالفتحة المخصصة له في جسم المكيف، كما في الشكل (3).

5- ثبّت الطرف الآخر للخرطوم المرن بالفتحة المخصصة على الصفيحة، كما في الشكل (4).

الشكل (2)

6- صل قابس المكيف بمصدر الكهرباء.

7- شغّل المكيف المحمول، ثم عايره.

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

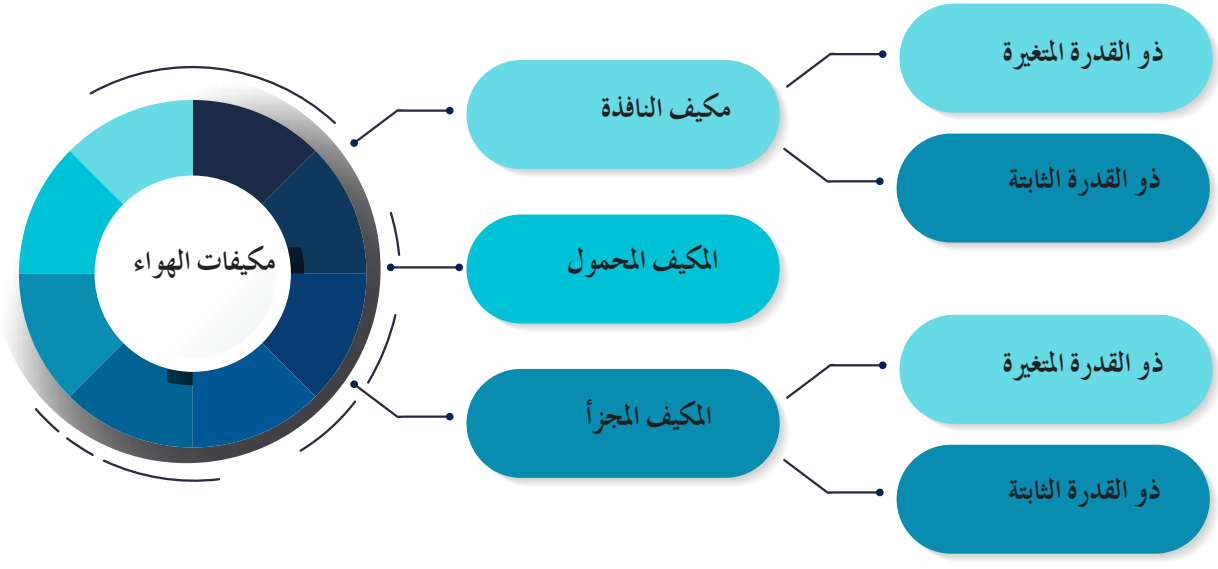
الشكل (4)

التقويم الذاتي :

– أضع إشارة (√) في خانة الدرجة المناسبة

الرقم	الهدف	درجة تحقيق الهدف		
		ممتاز	جيد	في حاجة إلى تحسين
1	أُميز أجهزة التكييف العادية من أجهزة التكييف ذوات الدورة المعكوسة.			
2	أدرك طريقة عمل مكيف النافذة.			
3	أميز مكونات مكيف الهواء المجزأ.			
4	أعرف أشكال الوحدات الداخلية للمكيف المجزأ.			
5	أعرف المواصفات الفنية للمكيف المجزأ.			
6	أعرف مبدأ عمل المكيف ذي القدرة المتغيرة.			

الخرائط المفاهيمية



مسرد المصطلحات	
Air Purge	طرد الهواء
Capacitor	مكثف كهربائي
Check Valve	صمّام عدم الرجوع (ردّاد)
COOLING CAPACITY	السعة التبريدية
Dew point DP:	نقطة الندى
Dry-Bulb Temperature (DB)	درجة الحرارة الجافّة
Enthalpy	الإنثالبي (المحتوى الحراري)
Exhaust Air Damper	بوابة إخراج الهواء الفاسد
Fresh Air Damper	بوابة الهواء النقي
Heat Pump	المضخة الحرارية
HEATING CAPACITY	سعة التدفئة
HIGH PRESSURE	ضغط مرتفع
HVAC (heating, ventilating, and air conditioning)	التدفئة، والتهوية، وتكييف الهواء
Indoor Sensor	المجس الداخلي
LOW PRESSURE	ضغط منخفض
MODEL	الموديل
Moisture Relative	الرطوبة النسبيّة
Moisture Specific	الرطوبة النوعيّة
NOISE	ضجيج
Outdoor Sensor	المجس الخارجي

Overload	حِمْل زائد
Programmable logic controller (PLC)	جهاز تحكم منطقي قابل للبرمجة
Psychometric Chart	المخطط السيكرومتري (مخطط خصائص الهواء)
Psychometric processes	العمليات السيكرومترية
RATED VOLT	مدى الجهد الكهربائي
Reactor	المحوّل
Rectifire	مقوّم
REFRIGERANT/CHARGE	شحن وسيط التبريد
(RH) Relative Humidity	الرطوبة النسبيّة
Room Sensor	مجس الغرفة
(ϕ) Specific Humidity	الرطوبة النوعيّة
Specific Volume	الحجم النوعي
Split air conditioners	مكيفات الهواء المجزأة
WEIGHT	وزن
Wet-Bulb Temperature (WB)	درجة الحرارة الرطبة
Window conditioner	مكيف النافذة

قائمة المراجع:

المراجع العربية

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

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

3- **كتاب العلوم الصناعية الخاصة تخصص التكييف والتبريد، للصف الثاني الثانوي**، وزارة التربية والتعليم 2013م.

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

5- ميسون شفيق الريماوي، وزارة العمل، مديرية التفتيش، قسم السلامة والصحة المهنية، **السلامة في مواقع العمل دليلك إلى سلامتك**، ط2.

المراجع الأجنبية:

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

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

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

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

تم بحمد اللّه