المملكة الأردنية الهاشمية

مؤسسة التدريب المهني

مديرية البرامج والاختبارات ومصادر التعلم

سلسلة الوحدات التدريبية المبنية على الكفايات المهنية

تركيب السخانات الشمسية
تركيب أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية
الوحدة: تركيب أجهزة الحماية والتحكم بالنظام الشمسي

يعتبر الأردن من بين أكثر الدول التي تعاني نقصاً في موارد الطاقة، لذلك يعتبر استخدام الطاقة الشمسية الحرارية في تسخين المياه من أهم وسائل توفير الطاقة، حيث يعتبر الأردن من الدول التي تتمتع بأيام شمسية تزيد عن ثلاثمائة يوم في السنة.

ونتيجة للاستخدام المتزايد لانظمة الطاقة الشمسية وتشجيع استخدامها من قبل الحكومة وتقليل الرسوم الجمركية، فأنه لابد من تأهيل كوادر فنية متخصصة في تركيب أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية وصيانتها، لذا بادر مشروع تطوير القوى العاملة في الأردن الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية وبالتعاون مع مؤسسة التدريب المهني، وبعد استمزاج أراء المختصين والعاملين بهذا المجال من مصنعي ومستوردي هذه الأنظمة، ومركبي الأنظمة بتركيب أنظمة الطاقة الشمسية، باعداد سلسلة من الوحدات التدريبية القائمة على أساس الكفايات المهنية، وذلك لاعداد كوادر متخصصة في تركيب أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية وصيانتها ورفع كفاءة العاملين في هذا القطاع لتوفير فرص عمل جديدة لرفد سوق العمل وتطويره.

مؤسسة التدريب المهني www.vtc.gov.jo

مؤسسة التدريب المهني
Vocational Training Corporation

USAID من الشعب الأمريكي

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الأيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2016 / 8 / 3566)
يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا
المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية

المملكة الأردنية الهاشمية

سلسلة الوحدات التدريبية
المبنية على أساس الكفايات المهنية

المهنة: تركيب السخانات الشمسية

تركيب أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية

الوحدة: تركيب أجهزة الحماية والتحكم بالنظام الشمسي

إعـــداد:

م. هيثم محمود عدس

لا يجوز استنساخ أيِّ جزء من هذه النشـرة، أو تخزينهـا على نظام اسـترجاعي، أو تحويلهـا إلى أيِّ شكل أو وسيلة سواء كانت إلكترونيـة، أو تصويريـة، أو تسـجيلها، أو أيِّ أسـلوب أخرى دون الحصـول على إذن خطـي مسـبق من مؤسسـة التدريب المهنـي ومشـروع تطوير القوى العاملة في الأردن المُمول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية.

ولقد بذل الناشـرون كافة الجهـود الممكنـة للاعتـراف لأصحـاب حقـوق النشـر والإشارة إليهم، وفي حال تم إغفال أيٍّ منهم سيتم إجراء الترتيبات اللازمة لحفظ حقوق النشر لهم.

ونرحب بأيِّ معلومـات من شـأنها أنْ تمكننـا من تصحيـح أيِّ حقـوق ملكيـة غير دقيقـة أو محذوفة في طبعة لاحقة.

ويُفترضُ عدم تحمل أيِّ مسؤولية حول المعلومـات الواردة في هذه النشـرة، وتم النشـر من قِبَلِ مؤسسـة التدريب المهني وبمسـاعدة مالية وتقنيـة من مشـروع تطويـر القوى العاملة في الأردن المُمول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية.

تعتبر هذه الوحدة نسخة تجريبية قابلة للتعديل بعد مرورها على الميـدان لمدة دورة تدريبية كاملة على أن يتم تزويد مديرية البرامج والإختبارات بالتغذية الراجعة.

©مؤسسة التدريب المهني (٢٠١٦)م.

قررت مؤسسة التدريب المهني تطبيق هذه الوحدة التدريبية المبنية على أساس الكفايات المهنية في برامجها التدريبية ابتـداء من العام (٢٠١٦ / ٢٠١٧) م بمـوجب قرار لجنـة الاعتمـاد الفنيـة رقم (٢٠١٦/٣٣) م، تاريخ ١٥ / ٨ / ٢٠١٦ م.

الإشراف العام:

مديرية البرامج والاختبارات ومصادر التعلم

مشروع تطوير القوى العاملة في الأردن

الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID)

التدقيق والاشراف الفني:

د. محمود الديسي، م. هاني جبرين

لجنة الاعتماد الفنية:

المدير العام بالوكالة م.هاني خليفات (رئيساً)

م. إبراهيم أحمد الطراونة

م. أحمد مصطفى عبدالله

م. داود محمود شقبوعة

م. "محمد خير" ارشيد

م. عبدالله محمود الهور

د. محمود عبدالله الديسي (مقرراً)

التحرير اللغوي: جمال ذيب طه

التصميم: مشروع تطوير القوى العاملة في الأردن الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية (USAID)

تدقيق الطباعة ومراجعتها: جمال ذيب، م. عصام الشامي، نور زعبلاوي.

الطبعة التجريبية الأولى (٢٠١٦) م

ص.ب (925835) الرمز البريدي (111101) عمان ، الأردن تلفون: 4873031 - 4884144 فاكس: 4895619

قائمة المحتويات

الموضوعات:	رقم الصفحة:
• دليل الوحدة	
١ المقدمة	٧
٢ المتطلبات المسبقة	٧
٣ نتاجات التعلم	٧
٤ أهداف التعلم	٧
٥ الوقت المقترح	٨
٦ أدلة التقييم الذاتي	٨
هدف التعلم الأول:	
١ تركيب أنظمة الحماية الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية	٩
١-١ أجزاء أنظمة الحماية في الأنظمة الشمسية الحرارية	٩
١-٢ الأمور الواجب مراعاتها عند تركيب أنظمة التحكم والحماية في الأنظمة الشمسية	١٩
التقييم الذاتي	٢١
التمرين العملي	٢٥
هدف التعلم الثاني:	
٢ تركيب أنظمة التحكم الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية	٣٠
٢-١ الأجزاء التي تتكون منها حساسات الحرارة المستخدمة في أجهزة التحكم.	٣١
٢-٢ مبدأ التحكم القائم على فروق درجات الحرارة	٣٣
٢-٣ طرق توصيل حساسات الحرارة و مضخة النظام الشمسي بجهاز التحكم	٣٥
٢-٤ حساسات الحرارة المستخدمة في أجهزة التحكم الخاصة بالطاقة الشمسية الحرارية.	٣٦
التقييم الذاتي	٣٨
التمرين العملي	٤١
اختبار المعرفة	٤٤
اختبار الأداء	٤٩

قائمة المصطلحات ٥٢
قائمة المراجع ٥٣

سلسلة الوحدات التدريبية
المبنية على أساس الكفايات المهنية

المهنة: تركيب السخانات الشمسية

عنوان الوحدة: تركيب أجهزة الحماية والتحكم بالنظام الشمسي

١. المقدمة:

حرصاً على ربط العلم بالعمل والنظرية بالتطبيق؛ اتجهت مؤسســة التدريب المهني نحو استخدام الكفايات المهنية في التدريب؛ وذلك لإكسـاب المتدربين المهارات العملية والمعلومات النظرية، إذ يتيح اســـتخدامها مرونة التكيف مع المتغيرات المهنية التي تطرأ على ميدان العمل المهني، ويوفر للمتدرب مجال التعلم والتدريب الذاتي والتقدم فيه حســـب قدراته. وقامت مؤسســـة التدريب المهني حتى الآن بإعداد وحدات تدريبية على أساس الكفايات المهنية في مجال الصـناعة والخدمات. تتخصص هذه الوحدة بتركيب أنظمة التحكم والحماية الخاصة بالأنظمة الشمسية.

٢. المتطلبات المسبقة:

قبل الشروع في دراسة هذه الوحدة يتطلب منك اجتياز الوحدات التدريبية التالية بنجاح:

- تركيب اللواقط المسطحة للأنظمة الشمسية الحرارية.
- تركيب اللواقط ذات الأنابيب المفرغة للأنظمة الشمسية الحرارية.
- تركيب قواعد النظام.
- تركيب أجزاء الأنظمة المغلقة والمفتوحة.

٣. نتائج التعلم:

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها وخبراتها يتوقع منك أن تصبح قادراً على تركيب أنظمة التحكم والحماية الخاصة بالأنظمة الشـمسـية الحرارية وفق معايير الكفايات المهنية الأردنية لمهنة مركب أنظمة الشمسية الحرارية.

٤. أهداف التعلم:

بعد إتمام هذه الوحدة يجب أن تصبح قادراً على أن:

- تركب أنظمة الحماية الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية.
- تركب أنظمة التحكم الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية.

٥. الوقت المقترح:

الفترة الزمنية المقترحة لتنفيذ أنشطة وتمارين هذه الوحدة هي ١٨ ساعة تدريبية موزعة كما يلي:

- دروس نظرية: ٧ساعات ونصف.
- تنفيذ التمارين العملية: ٦ساعات.
- الاختبار النظري: ساعه و نصف.
- الاختبار العملي: ٣ ساعات.

٦. أدلة التقييم الذاتي:

أسئلة التقييم الذاتي للمعلومات النظرية

أجب عن أسئلة التقييم الذاتي المتوفرة في نهاية المادة النظرية المطلوبة لهذه الوحدة التدريبية المتكاملة واعرض إجاباتك على مدربك لتدقيقها؛ مما سيساعدك على مراجعة موضوعات الوحدة واستيعابها.

هدف التعلم الأول

عند الانتهاء من تنفيذك انشطة التعلـم، عليك أن تصبح قادراً على أن تركب أنظمـة الحمايـة الخاصـة بالأنظمة الشمسية الحرارية.

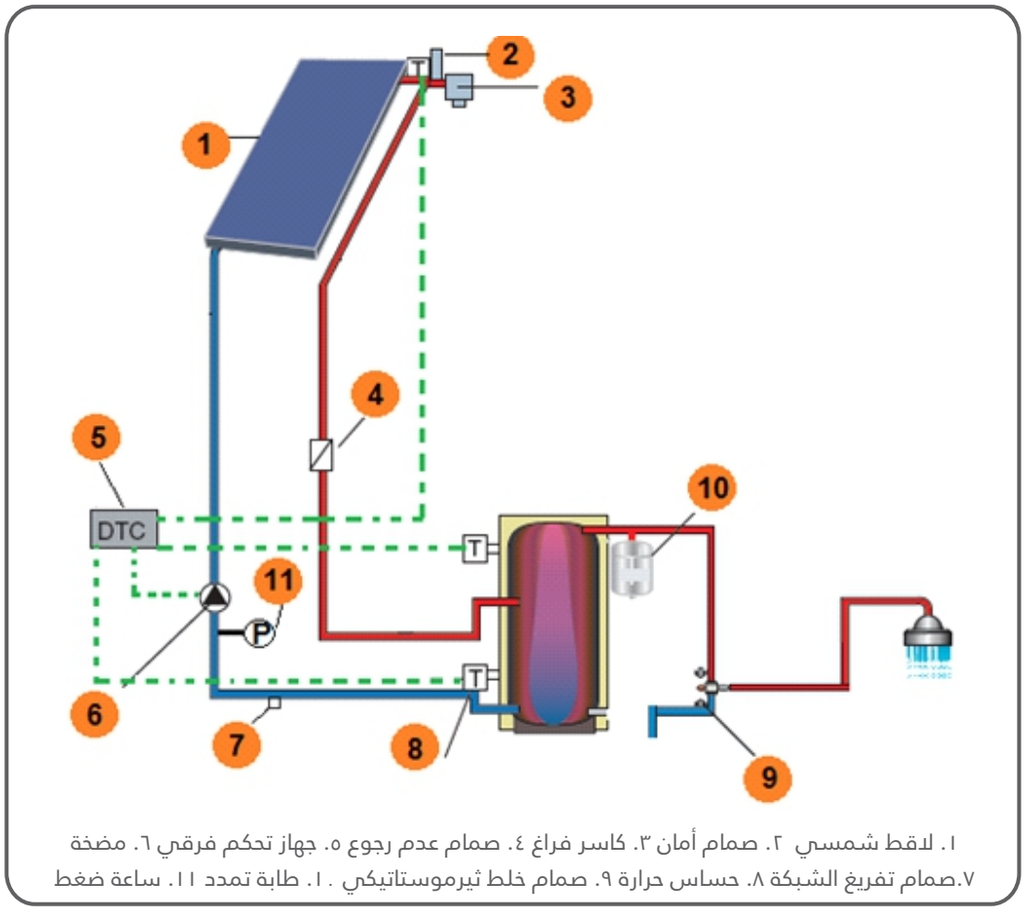
أنشطة التعلم:	استعن بما يلي:
١. قراءة المادة التعليمية.	• الوحدة التدريبية.
٢. الإجابة عن أسئلة التقييم الذاتي.	• الوحدة التدريبية.
٣. زيارة المواقع الالكترونية /تركيب أنظمة الحماية الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية.	• الشبكة العنكبوتية.
٤. التدريب الميداني في مجال تركيب أنظمة الحماية الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية.	• الورش المختصة.

١- تركيب أنظمة الحماية الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية

نظرا لأن الأنظمة الشـمسـية الحرارية يتم التعامل خلالها مع درجات حرارة عالية ، و ضغوط عالية فإنه من الضـــروري تزويد هذه الأنظمة الشـــمســـية بأنظمة حماية خاصة لتجنب حدوث مشـــاكل نتيجة لارتفاع درجات الحرارة و الضـــــغوط. و فيما يلي عرض أهم أنظمة الحماية التي يجب توفرها في الأنظمة الشمسية الحرارية.

١-١ أجزاء أنظمة الحماية في الأنظمة الشمسية الحرارية

يتكون نظام الحماية في الأنظمة الشـــمســـية من عدة عناصر مهمة، تقوم جميعها بتوفير الحماية اللازمة من درجات الحرارة ،و الضغوط العالية يوضح الشـكل (١) عناصر نظام الحماية التي يتم تركيبها في الأنظمة الشمسية.



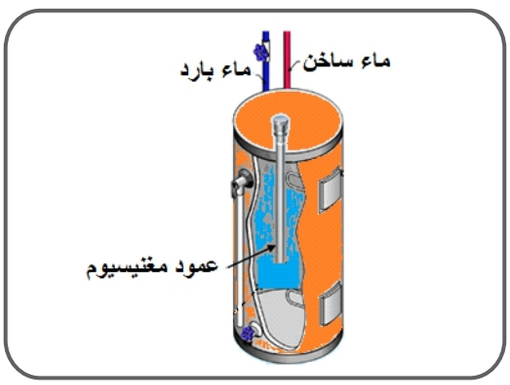
١. لاقط شمسي ٢. صمام أمان ٣. كاسر فراغ ٤. صمام عدم رجوع ٥. جهاز تحكم فرقي ٦. مضخة
٧.صمام تفريغ الشبكة ٨. حساس حرارة ٩. صمام خلط ثيرموستاتيكي . ١. طابة تمدد ١١. ساعة ضغط

الشكل (١): عناصر نظام الحماية التي يتم تركيبها في الأنظمة الشمسية.

أ. مانع التكلس:

إن الماء الذي يدخل على الخزان الحراري غالباً ما يحتوي أملاحاً عديدة مما يجعله مذيباً قوياً وسبباً رئيسـاً لتكون الكلس وتراكمه مما يؤدي إلى تآكل الأسطح المعدنية لهذه الخزانات بمرور الزمن.

وينتج التآكل بسـبب تدفق التيار الكهربائي الناجم عن فرق الجهد بين إثنين من المعادن. لذا يستخدم ما يسمى عمود المغنيسيوم (Magnesium Rod) لحماية السطح الداخلي للخزان الحراري من التآكل. وهذا العمود عبارة عن عمود من المغنيسيوم يتدلى داخل الخزان, كما هو مبين في الشكل (٢).



الشكل (٢): عمود المغنيسيوم المستخدم في الخزان الحراري.

يقوم هذا العمود بحماية جدار الخـــزان من الداخل، حيث يتفاعل مع الأملاح المذابة فـــي الماء مباشـــرة قبل أن تتفاعل مع مادة الخزان الحراري، ولذا فإن هذا العمود يتآكل خلال ســـنوات قليلة، ويجب فحصـه من حين لآخر، وذلك بإخراجه وقياس قطره الذي يجب أن يتراوح ما بين (١٢) إلى (٢٠) مم تقريباً، فإذا كان أقل من ذلك، يجب تغييره مباشرة. يوضح الشـكل (٣) عمودين من المغنيسيوم أحدهما قديم ومتآكل و الآخر جديد.

يجب الأخذ بالحســبان أنه يكون لكل خزان حراري تابع لنظام شمســي عمود الحماية الخاص به والذي يكون ذا مواصفات فنية خاصة به حيث تكون موضحة في كتيب التشـــــــغيل الخاص بالنظام الشمسي الحراري.

الشكل (٣): الفرق بين عمود المغنيسيوم الجديد و المتآكل.

ب. صمامات الأمان:

- طبقا للمواصفات الأوروبية (EN12976) فإن كل جزء يمكن غلقه من النظام الشـــمســـي يجب أن تزوده بصمام أمان (Safety Valve) واحد على الأقل.
- يجب أن يقاوم صمام الأمان الظروف الحرارية التي يتعرض لها خصـوصا درجات الحرارة العالية التي يمكن الوصول إليها في النظام الشمسي.
- يجب أن يقاوم صمام الأمان ارتفاع الضـغط والحرارة في النظام الشـمسـي الحراري، و يجب أن يتم تحديد حجمه بحيث ينفس و يطرد أعلى تدفق يمكن حدوثه من الماء السـاخن أو البخار. لذلك يجب تحديد حجم صمام الأمان بعناية. و تقســم صمامات الأمان من حيث مكان تركيبها إلى نوعين:
  - صمام أمان خاص بدارة اللواقط الشمسية:

و هذا الصمام يتم تركيبه في الدارات المغلقة للواقط الشـمسـية، حيث يقوم بطرد سائل أو بخار نقل الحرارة في حال ارتفاع الضـغط فوق القيمة المعيارية لهذا الصـمام. والشـكل (٤) يبين أحد أنواع هذه الصمامات.

الشكل (٤): صمام الأمان المستعمل في الأنظمة الشمسية الحرارية.

- صمام أمان خاص بالخزان الحراري

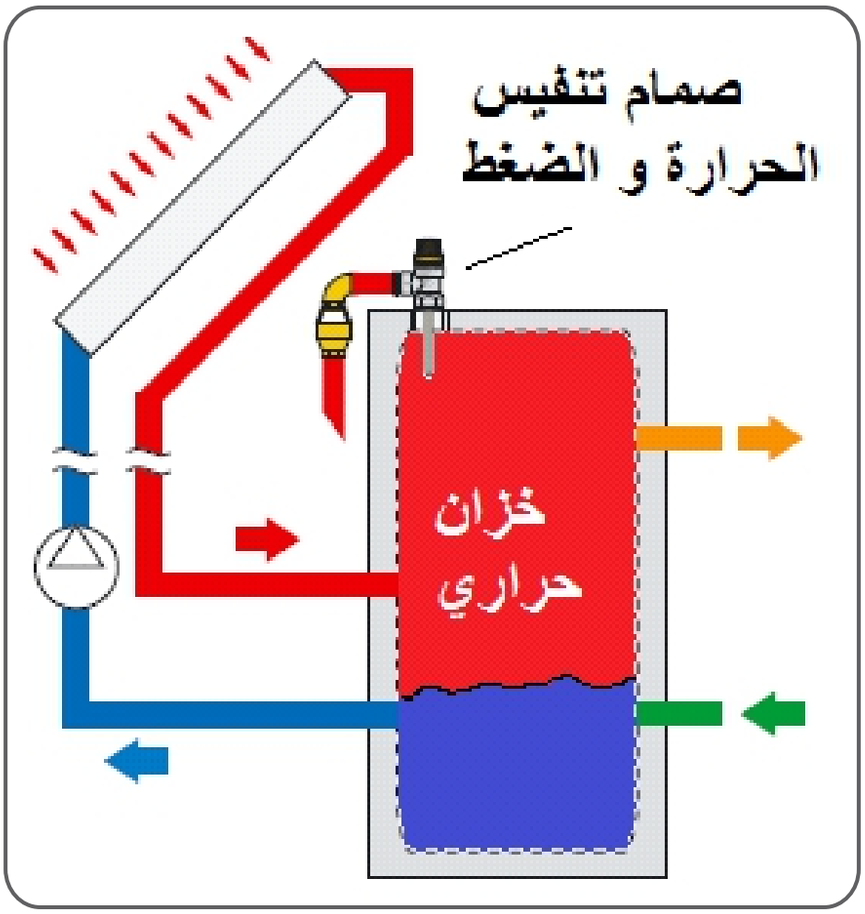
يسمى الصمام الذي يركب على الخزان الحراري بصمام تخفيف حدّة الحرارة والضغط (Temperature and Pressure Relief Valve)، و تكون مهمته حماية مكونات النظام الشمسي من الضغوط و درجات الحرارة المرتفعة، يوضع هذا الصمام دائما على أسطوانة الماء الساخن ،و كذلك في الأنظمة الثيرموسيفونية التي تكون فيها أسطوانات الماء الساخن (السلندر) موجودة على السطح حيث تزود هذه الأسطوانات بصمام تخفيف حدّة الحرارة و الضغط حيث أنها تعتبر أسطوانات تخزين.

عادة يتم تعيير هذه الصمامات من الشركة الصانعة على (١٠) بار و (١٠٠) درجة سيليسيوس، و بما أن هذه الصمامات عادة تفتح على درجات حرارة أقل من درجات الحرارة التشغيلية للواقط فإنها لا تستخدم عادة في شبكة اللواقط. الشكل (٥) يوضح شكل صمام تخفيف حدّة الحرارة و الضغط.

الشكل (٥): صمام تخفيف حدّة الحرارة والضغط.

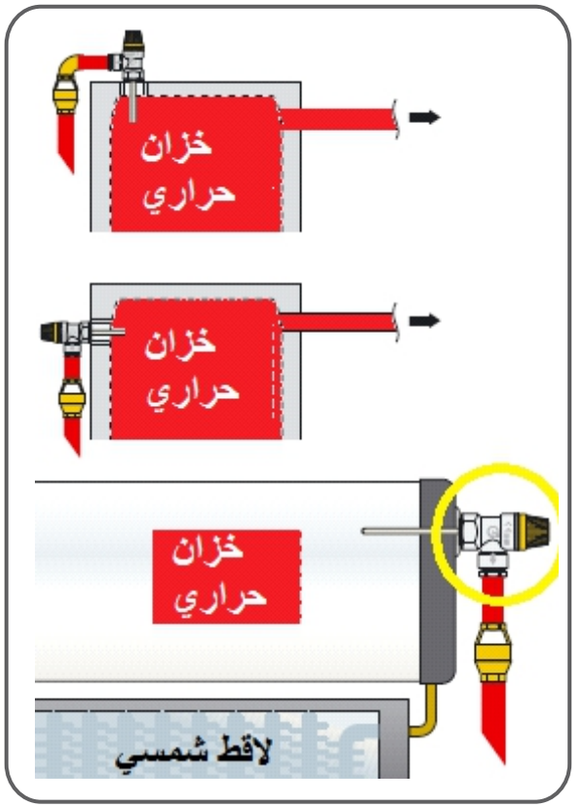
يجب أن يتم تركيب صمام تخفيف حدّة الحرارة والضـــــــغط في أعلى الخزان الحراري (سلندر الماء الساخن)، كما يجب التأكد من أن حساس الحرارة الخاص به مغمور تماماً بالماء.

الشـكل (٦) يوضح مكان تركيب صمام تخفيف حدّة الحرارة والضغط في أعلى الخزان الحراري (سلندر الماء الساخن).



الشكل (٦): مكان تركيب صمام تخفيف حدّة الحرارة والضغط.

الشـكل (٧) يوضح الطريقة الصحيحة لتركيب صمام تخفيف حدّة الحرارة والضغط. حيث يجب أن تكون فتحة تصريف هذا الصـمام متجهة للأسفل ؛و ذلك للمحافظة على سلامة الأشخاص القريبين من الخزان الحراري في حال حدوث تصريف مفاجئ للماء شديد السخونة.



الشكل (٧): التركيب الصحيح لصمام تخفيف حدّة الحرارة والضغط.

ج. وعاء التمدد:

وعاء التمدد(Membrane Expansion Vessels) هو وعاء معدني مغلق، و يوجد في منتصف هذا الوعاء غشـــاء (Membrane) مرن يفصـــل وسطين الوسط الأول يكون عادة هواء أو نيتروجين و يكون معرضا للضغط الابتدائي للشـبكة، بينما الوسط الثاني يكون سائل انتقال الحرارة المســتخدم في النظام الشــمســي حيث يدخل هذا الســائل في طابة التمدد عند ارتفاع حرارته و ضغطه.

تكون طابة التمدد متصلة بأنابيب اللواقط الشـمسـية لذلك فإن هذا الوعاء يمتص الزيادة في الحجوم الناتجة عن ارتفاع حرارة سائل انتقال الحرارة في النظام الشـمسـي. لذا يجب أن يكون حجم وعاء التمدد كافيا لتمدد سائل انتقال الحرارة الموجود في النظام الشـــمســـي.

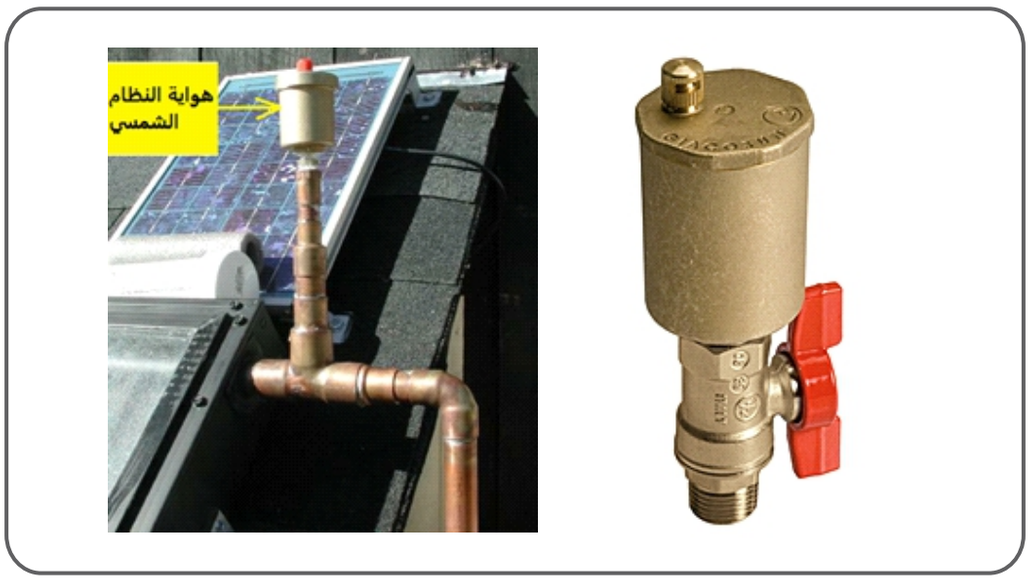
الشكل (٨) يوضح وعاء التمدد المستخدم في الأنظمة الشمسية.

الشكل (٨): مقطع يبين وعاء التمدد المستعمل في الأنظمة الشمسية الحرارية.

د. الهواية:

تسمح الهواية (Air Vent) بخروج الهواء الذي دخل إلى النظام الشمسي و بالتالي فإنها تمنع حدوث تجمعات الهواء داخل النظام الشمسي لأن هذا التجمع سيعيق تدفق سائل انتقال الحرارة. يجب أن توضع الهواية بشكل عمودي و عادة توضع في أعلى نقطة في النظام الشمسي.

في الأنظمة الفعالة المباشرة (Active Direct Systems) المزودة بماء معرض للضغط يجب أن توضع الهواية في أي مكان يمكن أن يحدث به احتباس للهواء سواء في الأنابيب أو اللواقط. بينما في الأنظمة غير المباشرة التي تستخدم الجلايكول كسائل لانتقال الحرارة تستخدم الهوايات للتخلص من أي هواء متبقي في النظام الشمسي ،سواء تم ضغطه في الشبكة أم دخل مع الجلايكول (سائل انتقال الحرارة) أثناء تعبئة النظام به. في هذه الأنظمة يتم قفل الهواية يدوياً بعد طرد الهواء مباشرة.



الشكل (٩): الهواية المستعملة في الأنظمة الشمسية الحرارية و مكان تركيبها.

هـ. معيار الضغط:

يعتبر معيار الضغط (Pressure Gauges) من أنظمة الحماية في الأنظمة الشمسية و هو يستخدم في الأنظمة المباشرة و غير المباشرة لمراقبة الضغط في الشبكة الخاصة بسائل نقل الحرارة. في كلا النظامين المباشر وغير المباشر فإن معيار الضغط يظهر فيما إذا كان هناك تهريب للسائل في الشبكة. الشكل (١٠) يبين أحد معايير الضغط.

الشكل (١٠): معيار ضغط.

و. كاسر الفراغ:

يسـمح كاسر الفراغ (Vacuum Breaker) بدخول الضـغط الجوي إلى الشبكة مما يسمح بتفريغ الشـبكة بسـهولة. و يوضع هذا الصـــــمام عادة على مخرج اللاقط ،و لكن يمكن أن يوضع أيضـــا في أي مكان في الخط الراجع إلى اللاقط. كاسر الفراغ يضـمن تفريغ جيد للاقط سواء أكان هذا التفـــريغ يدويا أو آلياً. و فـــي الأنظمة الحديثة فإن بعض الصـــمامات ممكن أن تدمج وظيفتين معاً: فمثلاً من الممكن أن تؤدي هذه الصـــــمامات وظيفة كاسر الفراغ و الهواية بنفس الوقت. و يبين الشكل (١١) كاسر الفراغ.

الشكل (١١): كاسر الفراغ.

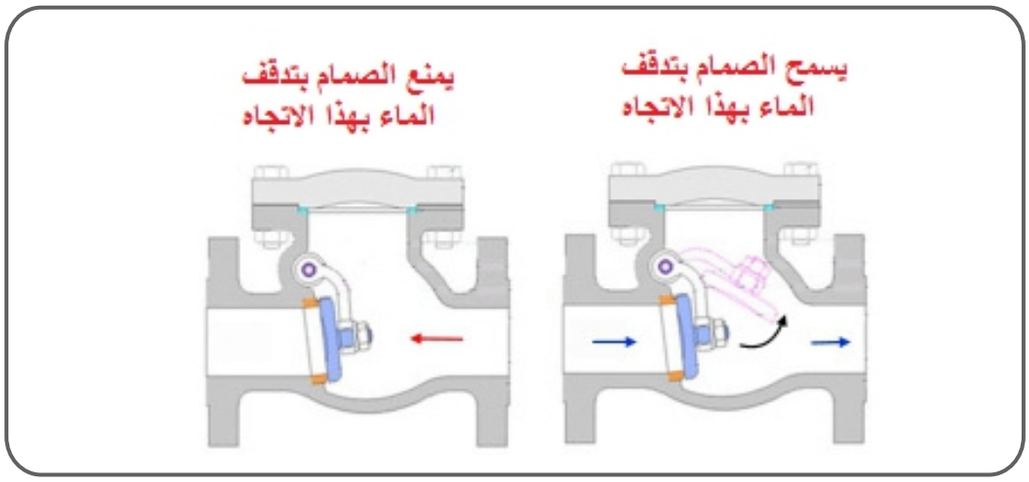
ز. محابس التصريف:

تسـتخدم محابس التصـريف (Drain Valves) في شبكة اللواقط و كذلك في أسطوانات الماء الســـاخن و في بعض الأنظمة الشمسـية تسـتخدم أيضاً في المبادلات الحـــرارية؛ و يكون الهدف من هذه المحابس التفـــريغ اليدوي للســائل الحراري في النظام الشـــمســـي عند الضرورة(أي عند حدوث مشاكل في النظام الشـمسـي أو إجراء صيانة للنظام).و يبين الشـــــكل (١٢) محبس التصريف.

الشكل (١٢): محبس التصريف.

ح. صمام عدم الرجوع:

يســـمح صمام عدم الرجوع أو الرداد (Check Valve) بمرور الســـائل باتجاه واحد فقط، و في الأنظمة الشـمسـية تقوم هذه الصـمامات بمنع حدوث التأثير الثيرموسيفوني وهو : نزول الماء الذي يبرد في اللواقط أثناء الليل بوســاطة الجاذبية إلى أســطوانة تخزين الماء و إزاحة الماء الدافئ الموجود فيها، وتســـتمر هذه العملية طوال الليل مما سيؤدي إلى تبريد كل الماء السـاخن الموجود في أسطوانة التخزين مما سيؤدي بالتالي إلى عمل نظام التسـخين المسـاند كالبويلر أو السـخان الكهربائي ، وهدر الطاقة نتيجة لذلك. ويبين الشـكل (١٣) طريقة عمل صمام عدم الرجوع.



الشكل (١٣): صمام عدم الرجوع.

ط. صمام الخلط الثيرموستاتيكي (Thermostatic Mixing Valve):

نتيجة لارتفاع درجات حرارة الماء الساخن في أسطوانات التخزين أثناء فصل الصيف و الأيام المشمسة فإنه من الضروري وضع صمام خلط الثيرموستاتيكي يقوم بتزويد الماء الساخن للمستخدمين بدرجات حرارة مقبولة؛ و ذلك لتجنب حدوث حروق عند استخدام الماء الساخن مباشرة. حيث يقوم هذا الصمام بخلط الماء البارد مع الماء الساخن ذو درجة الحرارة العالية وتكون نتيجة الخلط ماء ذوا درجة حرارة مقبولة.

وتزود هذه الصمامات بقرص لضبط درجة الحرارة المطلوب تزويدها للمستخدم.

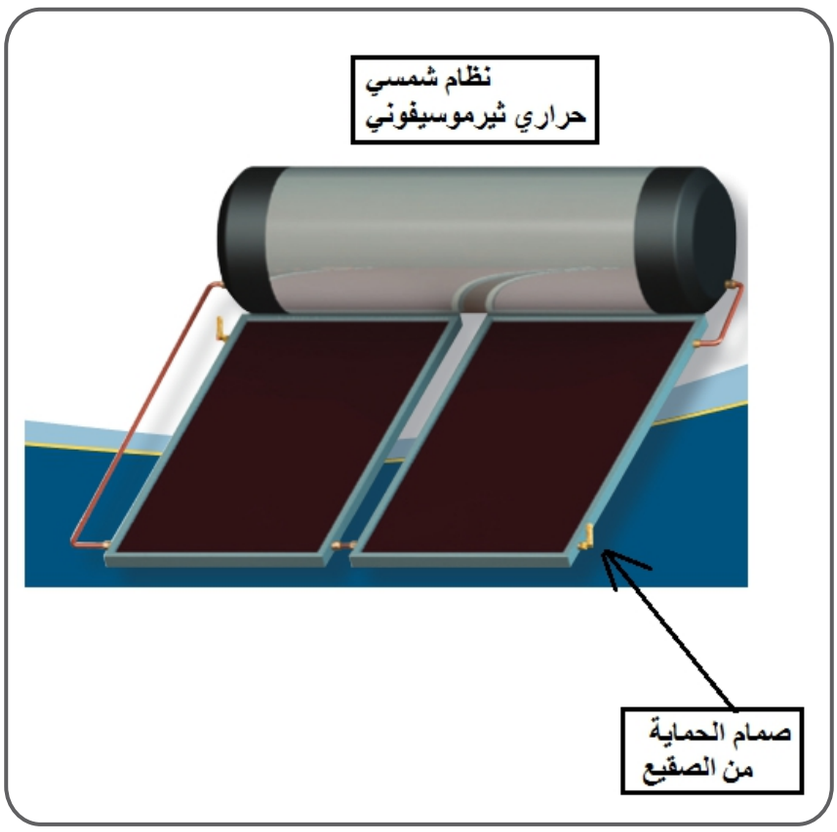
الشكل (١٤): صمام خلط (ثيرموستاتيكي).

ي. صمام الحماية من الصقيع:

يستعمل صمام الحماية من الصقيع (Frost Protection Valve) في الأنظمة الثيرموسيفونية في المناطق الجغرافية المعرضة للصقيع، أما في الأنظمة الشمسية المغلقة فلا يستعمل هذا الصمام اذ أن وجود مانع التجمد (الجلايكول) كاف لمنع التجمد في دارة النظام الشمسي الحراري. الشكل (١٥) يبين أحد أنواع هذه الصمامات.

الشكل (١٥): صمام حماية من الصقيع.

ويقوم هذا الصمام بحماية اللواقط الشمسية في النظام الثيرموسيفوني من التجمد عندما تنخفض درجة حرارة الجو، حيث يوجد داخل هذا الصمام حساس حرارة يقوم بفتح هذا الصمام عندما تنخفض درجة الحرارة مما يسمح بتدفق الماء الساخن من الخزان الحراري إلى اللواقط و من ثم يخرج الماء من خلال هذا الصمام إلى الخارج. وبسبب تدفق هذا الماء الساخن خلال اللواقط الشمسية، فإنه يصبح من الصعب حدوث التجمد داخل هذه اللواقط. ويستمر هذا الصمام بالسماح للماء بالتدفق من خلاله إلى أن ترتفع درجة حرارة الجو إلى الحد المطلوب الذي لا يحدث عنده التجمد. والشكل (١٦) يوضح مكان تركيب هذا الصمام في النظام الثيرموسيفوني.



الشكل (١٦): مكان تركيب صمام الحماية من الصقيع في النظام الثيرموسيفوني.

١-١ الأمور الواجب مراعاتها عند تركيب أنظمة الحماية في الأنظمة الشمسية

إن اجراءات السلامة و التحذيرات الخاصة بالتشغيل الآمن للنظام الشمسي يجب أن تكون موضحة في كتيب التشغيل و الصيانة الخاص بالنظام الشمسي.

يوجد الكثير من اعتبارات السلامة الخاصة بالأنظمة الشمسية المغلقة التي يجب الانتباه إليها عند التعامل مع هذه الأنظمة مثل:

- يتم التعامل مع سوائل قد تصل درجة حرارتها إلى قيم مرتفعة (اكثر من ١٠٠ درجة سيليسيوس) مما يشكل خطرا على الأشخاص القريبين من هذه الأنظمة في حال تم تفريغ جزء من هذا السائل عند ظروف تشغيلية معينة.
- تصل درجة حرارة سطح الأنابيب التي تحمل سائل نقل الحرارة إلى قيم مرتفعة مما يجعل ملامستها سببا لحدوث حروق في حال عدم وجود عازل حراري ملائم.
- قد تكون بعض أنواع سوائل نقل الحرارة سامة مثل الجلايكول مما يجعل ابتلاعها خطرا على صحة الأشخاص.
- يجب الانتباه إلى أي تسرب في سائل نقل الحرارة خصوصاً إذا كان هناك أسلاك كهربائية معراة حيث يشكل هذا خطراً كبيراً على الأشخاص القريبين من هذه الأسلاك. كما يجب التأكد إن هذا التسريب لا يسبب انزلاقاً عند المشي على الارضية القريبة منه.
- يجب أن يكون تصريف مخرج صمام الأمان بعيداً عن أي تعرض مباشر من قبل الأشخاص المحيطين بالنظام بحيث يتم تصريف سائل نقل الحرارة إلى فتحة تصريف خاصة به في حال فتح الصمام عند الضغوط المرتفعة.
- يجب التأكد من أن الكهرباء مفصولة وأن القاطع الخاص بوحدة التحكم في حال اغلاق قبل العمل في تركيب وحدة التحكم الخاصة بالنظام الشمسي.
- يجب التأكد من أن الكهرباء مفصولة وأن القاطع الخاص بمضخة النظام الشمسي في حال إغلاق إذا كانت تغذيتها من قاطع منفصل عن وحدة التحكم قبل العمل في تركيبها.
- يجب التأكد من أن مخارج تصريف هذه الصمامات بعيدة عن أي تلامس بشري عند فحص صمامات الأمان و صمامات تخفيف حدّة الضغط والحرارة أثناء عمل النظام.
- يجب تركيب صمام عدم الرجوع (Check Valve) بعد المضخة.
- يجب تركيب مضخة النظام الشمسي على الخط البارد (الخط الداخل إلى اللواقط) وذلك لإطالة عمر المضخة عن طريق تجنب تدوير ماء ذي درجة حرارة عالية فيها.
- يجب تركيب وعاء التمدد في النظام الشمسي على الخط البارد (الخط الداخل إلى اللواقط) وذلك لإطالة عمر وعاء التمدد عن طريق تجنب إدخال ماء ذي درجة حرارة عالية إلى الغشاء المرن الموجود بداخلها.

- يجب أن يمتلك صـمام الخلط الثيرموسـتاتيكي (Thermostatic Mixing Valve) امكانية تغيير درجة الحرارة بشـكل واضح للمسـتخدم و ذلك لتجنب ضبطه على درجة حرارة عالية قد تؤدي إلى الحروق عند استخدام الماء المار من خلاله.
- عند تجربة النظام الشـــمســـي يتم إفراغ شبكة الماء الســـاخن عن طريق هواية يدوية، هذه الهواية يتم إغلاقها بشكل دائم بعد التأكد من عمل النظام بشكل جيد.

التقييم الذاتي

أ. أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.

ب. إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم. ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضرورياً.

الأسئلة:

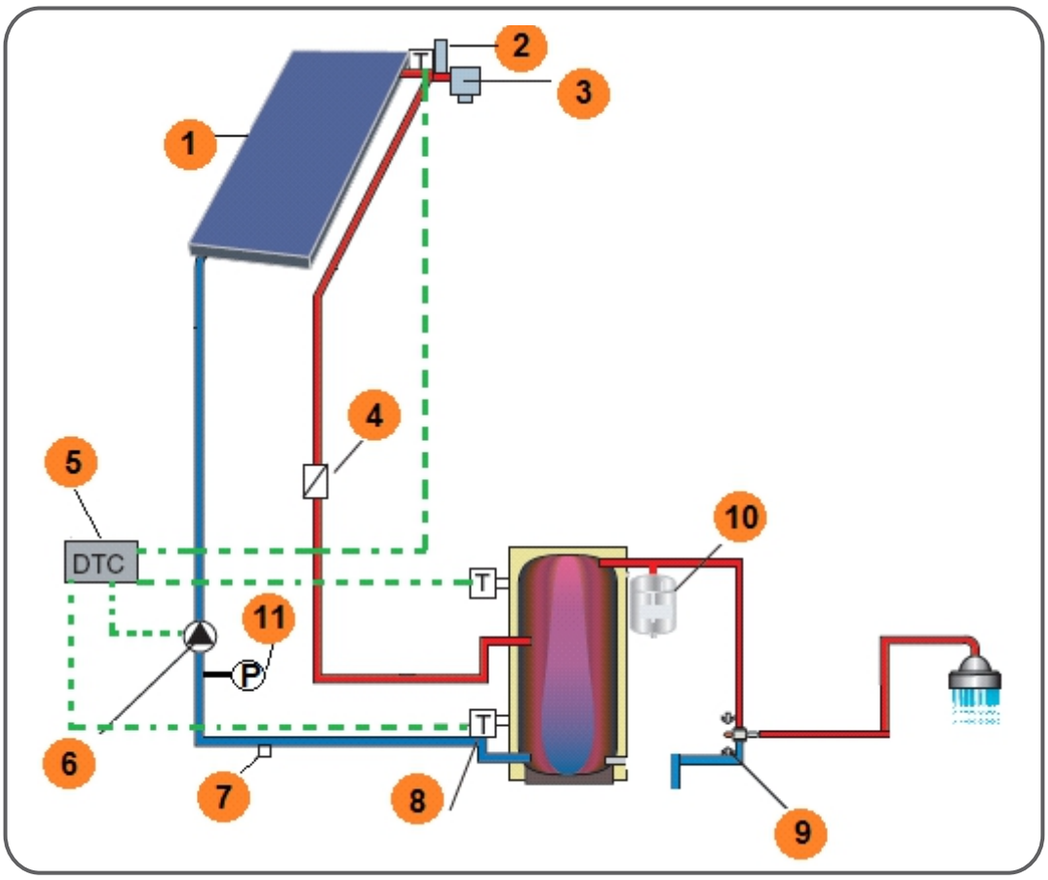
السؤال الأول:

ضع علامة صح (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة خطأ (✗) أمام العبارة الخاطئة فيما يأتي:

رقم السؤال	السـؤال:	خطأ:	صواب:
١	كل جزء يمكن غلقه من النظام الشمسي يجب تزويده بصمام أمان واحد على الأقل.		
٢	إن الماء الذي يدخل إلى الخزان الحراري غالباً ما يحتوي أملاحاً عديدة مما يجعله سبباً رئيساً لتكون الكلس و تراكمه.		
٣	عند تركيب عمود مغنيسيوم يجب أن تكون مواصفاته مطابقة لما توصي به الشركة الصانعة للنظام الشمسي.		
٤	تمتص طابة التمدد الزيادة في الحجوم الناتجة عن ارتفاع حرارة سائل انتقال الحرارة في النظام الشمسي.		
٥	لتجنب حدوث حروق عند استخدام الماء الساخن مباشرةنقوم بوضع صمام تخفيف حدّة الضغط والحرارة على أسطوانة الماء الساخن.		
٦	يوضع مانع التكلس في الجزء العلوي من اللاقط الشمسي		
٧	يسمح صمام الأمان بدخول الضغط الجوي إلى الشبكة مما يسمح بتفريغ الشبكة بسهولة.		
٨	نستطيع التعرف على الحاجة إلى تبديل عمود المغنيسيوم عن طريق قياس طوله.		
٩	صمام عدم الرجوع يمنع نزول الماء الذي يبرد في اللواقط أثناء الليل بوساطة الجاذبية إلى أسطوانة تخزين الماء وبالتالي يحافظ على سخونة الماء الموجود في الأسطوانة.		

السؤال الثاني:

يبين الشكل أدناه أجزاء نظام الحماية في شبكة النظام الشمسي، اذكر ما تمثله الأرقام في الشكل.



التسلسل	الاسم	الوظيفة
١		
٢		
٣		
٤		
٥		
٦		
٧		
٨		
٩		
١٠		
١١		

السؤال الثالث:

وضح وظيفة مانع التكلس عند استخدامه في الخزانات الحرارية الخاصة بالأنظمة الشمسية.

السؤال الرابع:

يبين الجدول أدناه بعض الأجهزة والقطع المستخدمة في نظام الحماية للأنظمة الشمسية.

- اكتب اسم كل جزء من هذه الأجزاء و وظيفته.

الجزء	الاسم	الوظيفة

التمرين العملي

رقم التمرين (١):	الزمن المخصص:
اسم التمرين: تركيب مانع التكلس.	نصف ساعة

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه الوحدة

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك، واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- التقيد بلباس التدريب داخل الورشة.
- ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة لطبيعة العمل.
- المحافظة على نظافة وترتيب الورشة ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- المحافظة على البيئة والاقتصاد في استخدام المواد والطاقة.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.
- تطبيق قواعد السلامة عند العمل فوق أسطح المباني.
- تطبيق قواعد السلامة عند رفع الأشياء الثقيلة مثل خزانات المياه وحوامل السخانات الشمسية.

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين، أن تصبح قادراً على أن تركب مانع التكلس الخاص بالخزان الحراري في الأنظمة الشمسية الحرارية.

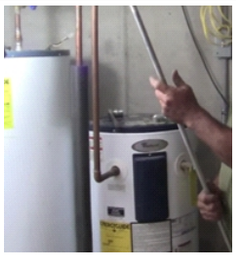
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	عمود مغنيسيوم	٣	خزان حراري
٢	تفلون	٤	مفتاح شد (طقطيقة)

- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء.

١. نسخة من الوحدة التدريبية.
٢. نسخة من كتيب التشغيل الخاص بالنظام الشمسي الحراري.
٣. تعليمات تركيب عمود المغنيسيوم.

- خطوات العمل:

الرقم	الخطوات والنقاط الحاكمة	الرسومات
١	تأكد من مطابقة مواصفات عمود المغنيسيوم مع المواصفات الواردة في كتيب التشغيل الخاص بالخزان الحراري، كما في الشكل (١).	 الشكل (١)
٢	لف التفلون بعناية حول الجزء المسنن من عمودالمغنيسيوم، كما في الشكل (٢) بحيث يكون اتجاه اللف مع عقارب الساعة.	الشكل (٢)
٣	ادخل عمود المغنيسيوم بشكل عمودي تماماً في الفتحة المخصصة له في الجزء العلوي من الخزان الحراري، كما في الشكل (٣).	الشكل (٣)
٤	شد عمود المغنيسيوم يدوياً برفق والتأكد من دخول الجزء المسنن في مكانه الصحيح داخل الفتحة، كما في الشكل (٤).	الشكل (٤)
٥	شد عمود المغنيسيوم باستخدام مفتاح الشد (الطقطيقة)، كما في الشكل (٥). حيث يكون اتجاه الشد مع عقارب الساعة.	الشكل (٥)
٦	اجمع و نظف العدة.	

رقم التمرين (٢):	الزمن المخصص:
عنوان التمرين: تركيب أجهزة الحماية الخاصة بالنظام الشمسي الحراري	ثلاث ساعات

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه الوحدة

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك، واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- التقيد بلباس التدريب داخل الورشة.
- ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة لطبيعة العمل.
- المحافظة على نظافة وترتيب الورشة ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- المحافظة على البيئة والاقتصاد في استخدام المواد والطاقة.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.
- تطبيق قواعد السلامة عند العمل فوق أسطح المباني.
- تطبيق قواعد السلامة عند رفع الأشياء الثقيلة مثل خزانات المياه وحوامل السخانات الشمسية.

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادراً على أن تركب أجهزة الحماية الخاصة بالنظام الشمسي الحراري.

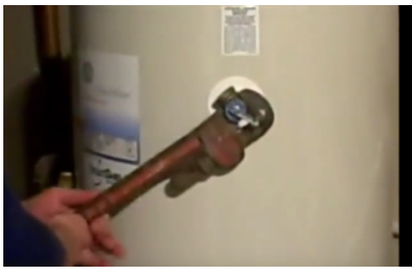
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	طابة تمدد	٨	خزان حراري
٢	صمام أمان	٩	أنابيب حديدية مجلفنة
٣	صمام عدم رجوع	١٠	مفاتيح أنابيب
٤	هواية اوتوماتيكية	١١	شريط قياس (متر)
٥	صمام خلط ثيرموستاتيكي	١٢	كتكت أو شريط تفلون
٦	ساعة ضغط	١٣	آلة قص وتسنين
٧	لاقط شمسي	١٤	

- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء:

٤. نسخة من الوحدة التدريبية

- خطوات العمل:

الرقم	خطوات العمل والنقاط المركزية:	الرسوم التوضيحية:
١	ثبت صمام الأمان في المكان المخصص له باستخدام مفتاح قابل للضبط (انجليزي)، كما في الشكل (١).	الشكل (١)
٢	ثبت وعاء التمدد على الخط الفرعي الخارج من المضخة، كما في الشكل (٢) باستخدام مفتاح الشق المناسب، وذلك عن طريق أنبوب مسنن من الجهتين يصل ما بين طابة التمدد و وصلة الـ (T) الواقعة على خط المضخة، كما في الشكل (٢).	الشكل (٢)
٣	لف التفلون على الجزء المسنن من صمام تخفيف حدّة الضغط والحرارة باتجاه حركة عقارب الساعة، كما في الشكل (٣).	الشكل (٣)
٤	ثبت صمام تخفيف حدّة الضغط والحرارة باستخدام مفتاح الشق المناسب، كما في الشكل (٤).	 الشكل (٤)
٥	ثبت ماسورة على مخرج صمام تخفيف حدّة الحرارة والضغط والتي تكون مهمتها تصريف البخار الساخن لحماية الأشخاص المحيطين بالخزان الحراري في حال أن الصمام فتح بشكل مفاجئ بسبب ارتفاع الضغط أو الحرارة داخل الخزان، كما في الشكل (٥).	الشكل (٥)

٦	ثبت الهواية باستخدام مفتاح الشق المناسب، كما في الشكل (٦).	 الشكل (٦)
٧	ثبت ساعة الضغط باستخدام مفتاح الشق المناسب، كما في الشكل (٧).	 الشكل (٧)
٨	ثبت محبس التصريف باستخدام مفتاح الشق المناسب، كما في الشكل (٨).	 الشكل (٨)
٩	ثبت صمام عدم الرجوع باستخدام مفتاح الشق المناسب، كما في الشكل (٩).	 الشكل (٩)
١٠	ثبت صمام الخلط الثيرموستاتيكي باستخدام مفتاح الشق المناسب، كما في الشكل (١٠).	 الشكل (١٠)
١١	اجمع العدة بعد تنظيفها وخزنها حسب التعليمات.	

هدف التعلم الثاني

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم، عليك أن تكون قادراً على أن تركب أنظمة التحكم الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية.

أنشطة التعلم:	استعن بما يلي:
١. قراءة المادة التعليمية.	• الوحدة التدريبية.
٢. الإجابة عن أسئلة التقييم الذاتي.	• الوحدة التدريبية.
٣. زيارة المواقع الإلكترونية / تركيب أنظمة التحكم الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية.	• الشبكة العنكبوتية.
٤. التدريب الميداني في مجال تركيب السخانات الشمسية ذات الأنابيب المفرغة.	• الورش المختصة.

٢. تركيب أنظمة التحكم الخاصة بالأنظمة الشمسية الحرارية

إن جهاز التحكم الشمسي هو جهاز إلكتروني يتحكم بمضخة التوزيع في نظام الماء الشمسي لحصاد أكبر قدر ممكن من الحرارة من اللواقط الشمسية ،وحماية النظام من التسخين الزائد. إن الوظيفة الأساسية لجهاز التحكم هو تشغيل مضخة التوزيع عند توفر الحرارة في اللواقط أو تحريك السائل في اللاقط إلى المبادل الحراري في المخزن الحراري. تكون الحرارة متوفرة عندما تكون درجة حرارة اللاقط أعلى من درجة الحرارة للماء الموجود في المبادل الحراري. ويتم الحماية من الحرارة الزائدة عن طريق إطفاء المضخة عندما تصل درجة حرارة الخزان إلى القصوى وفي بعض الأحيان تبريد الخزان بتشغيل المضخة عندما تكون درجة حرارة الخزان أعلى من اللواقط.

معظم أجهزة التحكم التجارية تعرض درجة حرارة الماء في الخزان وتعطي معلومات عن الحال العامة للنظام شاملا الإنتاج الكلي للطاقة.

أبسط دوائر التحكم الشمسية تستخدم عداداً بمدخلين لدرجة الحرارة وأحدهما عند اللاقط الشمسي والآخر عند المبادل الحراري للخزان الشمسي ،ومخرج للتحكم بالمضخة. تستخدم أجهزة التحكم التجارية معالجاً دقيقاً مع شاشة عرض ووصلة بسيطة للاستعمال بعدة كبسات. يزود جهاز التحكم والمضخة من مأخذ مزود الكهرباء أو من وحدة كهروضوئية.

إن وظيفة جهاز التحكم الرئيسة أن تفتح مضخة التوزيع أو تغلقها. تعمل المضخة عادة عندما يكون اللاقط الشمسي أسخن من الماء الموجود في المبادل الحراري للخزان تنطفئ عندما يكون اللاقط أبرد. عند تشغيل المضخة فإنها تنقل الحرارة من اللاقط إلى المخزن. وتنطفئ عندما يبرد

اللاقط لمنع عكس العملية وفقدان الحـــرارة من المخـــزن. إن جهاز التحكم يقيس ويقارن درجات الحرارة في اللاقط والمبادل الحراري كل عدة ثوانٍ.

وظيفة جهاز التحكم (Controller) الذي يتم تركيبه في النظام الشـــمســـي هي التحكم بعمل المضخات الناقلة للسائل الحراري بحيث يتم الحصول على القدر الأكبر من الطاقة الشمسية و هذا يتضـــمن قياس بعض درجات الحرارة في اللواقط الشـــمســـية والخزانات الحرارية الموجودة في النظام الشـــمســـي وتعد أجهزة التحكم الحديثة ذات كفاءة عالية حيث تســـتطيع التحكم في عمل النظام الشـمسـي بالكامل، ويبين الشـكل (١٧) مثالين على بعض أجهزة التحكم المسـتخدمة في الأنظمة الشمسية.

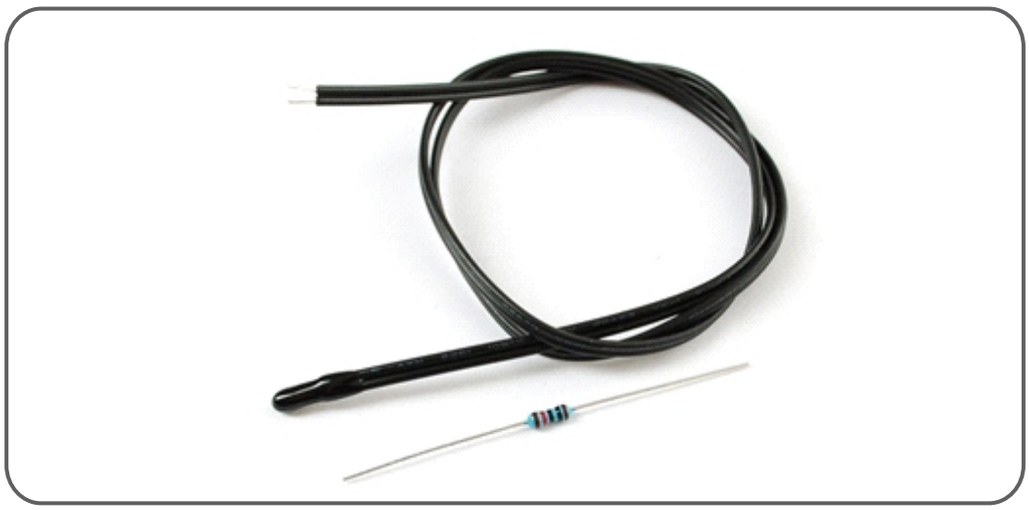
الشكل (١٧): بعض أجهزة التحكم بالأنظمة الشمسية.

٢-١ الأجزاء التي تتكون منها حساسات الحرارة المستخدمة في أجهزة التحكم

إن جميع حســاسات الحرارة المســتخدمة في أجهزة التحكم بالطاقة الشـــمســـية مكونة من عناصر تحتوي على مقاومة كهربائية تتغير بتغير درجة الحرارة، وهناك ثلاثة أنواع رئيســـة من الحســـاسات تستخدم في أجهزة التحكم بالطاقة الشمسية وهي:

أ. المقاوم الحراري

يمكن استخدام المقاوم الحراري (Thermistor) لدرجات حرارة تصـــــــــل إلى (١٥٠) درجة سيليسـيوس وتكون دقته في الاستخدامات الاعتيادية (+/- 1.5) درجة سيليسـيوس وعندما يستخدم في الأنظمة الشمسية يتم شبكه بجهاز التحكم بوساطة سلكين. وعندما يستخدم لقياس درجة حرارة اللواقط فإنه يكون عرضة للتلف و ذلك بســـبب احتمالية وصول اللاقط إلى درجات حرارة مرتفعة جداً وهو لا يناسب اللواقط ذات الأنابيب المفرغة إطلاقا وذلك بســـبب ارتفاع درجات الحرارة بشكل كبير فيه. ويوضح الشكل (١٨) المقاوم الحراري (Thermistor).



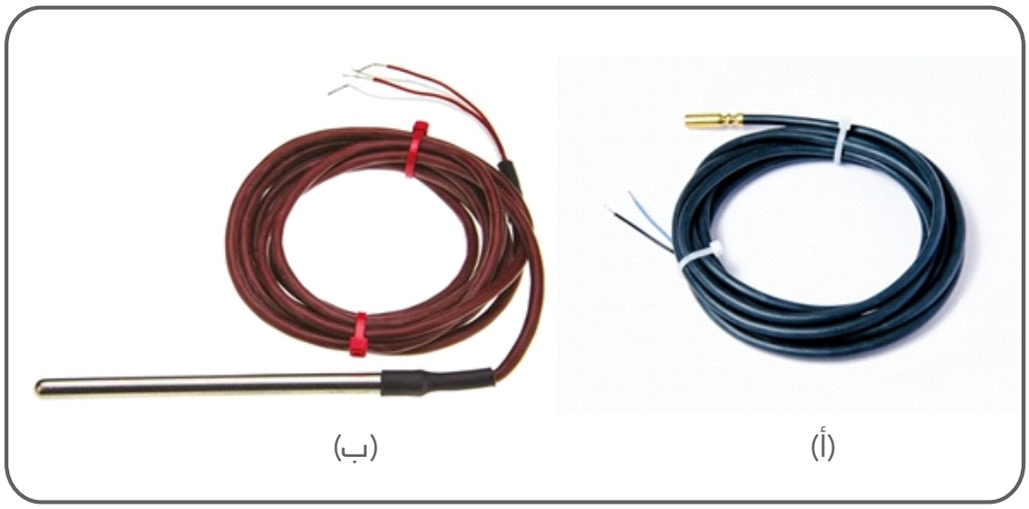
الشكل (١٨): المقاوم الحراري.

ب. حساسات الحرارة PT1000 و PT100.

يصنع هذان الحساسان من أسلاك من البلاتين و هما مناسبان لدرجات حرارة من ٢٠٠ إلى ٨٥٠ درجة سيليسيوس

الحساس PT1000 فإنه غالباً ما يستخدم في الدارات الكهربائية ذات السلكين كما هو موضح في الشكل (١٩-أ).

أما الحساس PT100 فيستخدم غالباً في الدارات الكهربائية ذات الأربع أسلاك كما هو موضح في الشكل (١٩-ب).



الشكل (١٩) :حساس الحرارة PT1000 وحساس الحرارة PT100.

إن حوافظ الحساسات (Sensors Housing) تحمي عنصر الحساس من التلف و عوامل الطقس الأخرى ؛لذا يجب أن تكون مقاومة لدرجات الحرارة و التآكل ؛و لذلك تصنع في الغالب من النحاس أو الفولاذ غير القابل للصدأ. و لإحكام إغلاق الحافظ على الحساس و إبعاده عن الرطوبة تستخدم عادة أغطية بحيث يتم دخول الحساس بإحكام دون أي فراغ في هذه الحافظة. يوضح الشكل (٢٠) مثالاً على حوافظ الحساسات.

الشكل (٢٠): حافظ حساس حرارة.

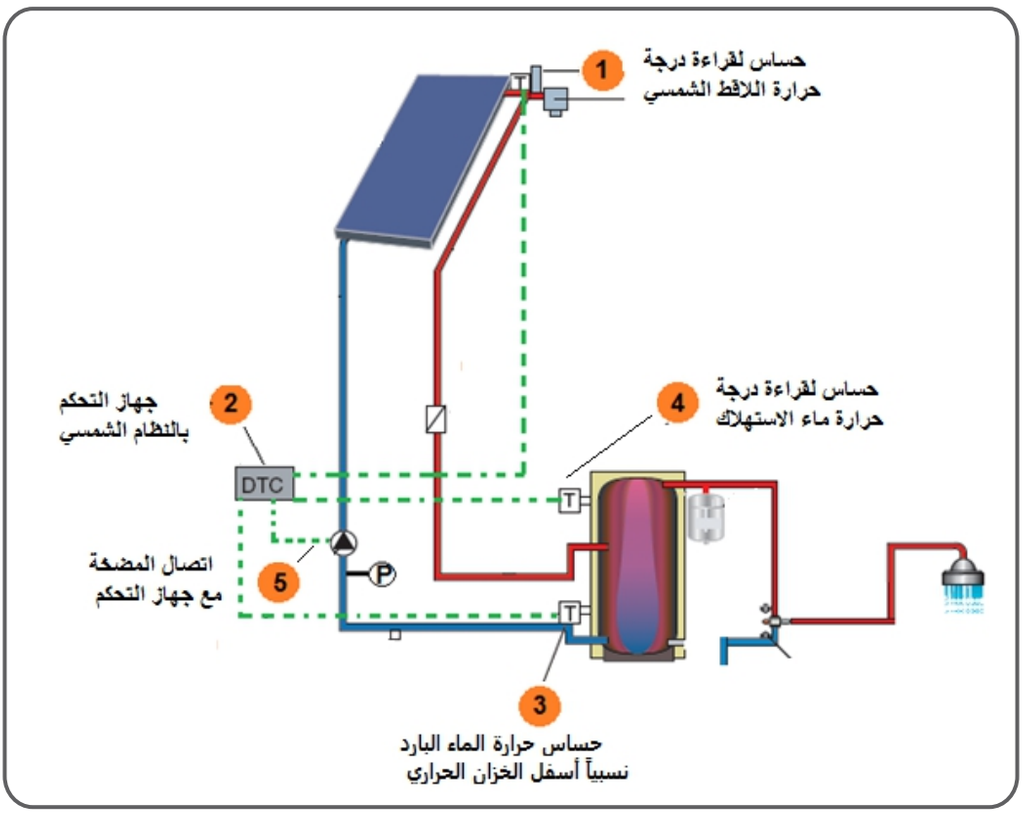
ولحماية الأسلاك المستخدمة لربط حساسات الحرارة مع أجهزة التحكم ، تستخدم أنابيب توضع هذه الأسلاك بداخلها، وتكون هذه الأنابيب مصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ أو أنابيب بلاستيكية مقواة.

٢-٢ مبدأ التحكم القائم على فروق درجات الحرارة

يقوم جهاز التحكم بالنظام الشمسي بمراقبة فيما إذا كان هنالك إشعاع شمسي كاف لتسخين الماء الموجود في الخزان الحراري و للقيام بذلك يقوم جهاز التحكم بمقارنة درجة حرارة اللاقط الشمسي باستخدام حساس الحرارة الموجود عليه و مقارنة درجة الحرارة في الخزان الحراري عن طريق الحساس الموجود أسفلها. فإذا كان هنالك إشعاع شمسي كافٍ فإن جهاز التحكم يأمر مضخة النظام الشمسي بالعمل، ويتم تسخين الخزان الحراري.

بعد فترة طويلة من الإشعاع الشمسي أو استهلاك قليل للماء الساخن فإن درجة الحرارة ترتفع في الخزان الحراري. في هذه الحال يقوم جهاز التحكم بإصدار أمر لمضخة النظام الشمسي بالتوقف إذا وصلت درجة حرارة الخزان الحراري إلى درجة الحرارة القصوى، وعادة يمكن أن تبرمج درجة حرارة الخزان الحراري.

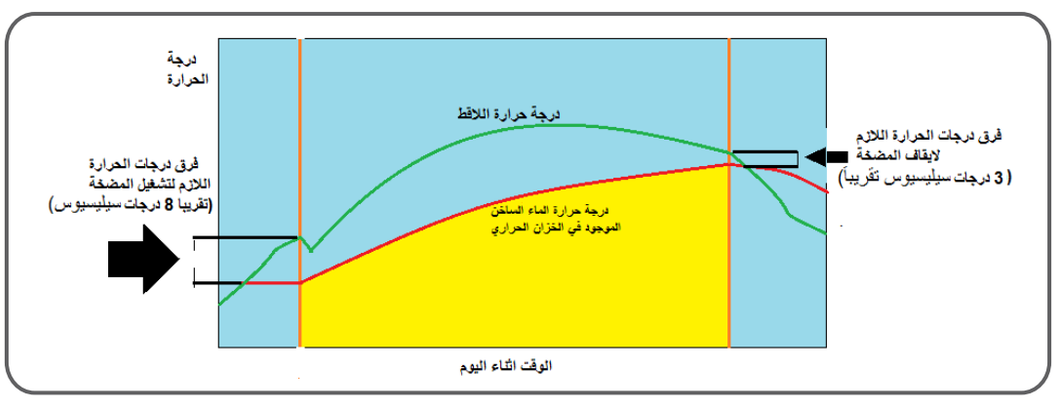
يتطلب التحكم القائم على فروق درجات الحرارة وجود حساسين للحرارة لمعرفة الفرق بين درجتي الحرارة حيث يقيس الحساس الأول درجة الحرارة في أسخن جزء من الدارة الشمسية، في حين يقيس الحساس الآخر درجة حرارة الماء الساخن الموجود في الأسطوانة، ثم يقوم جهاز التحكم بمقارنة الإشارتين القادمتين من هذين الحساسين وبناء على ذلك يتم تشغيل مضخة النظام الشمسي أو إيقافها، ويوضح الشكل (٢١) أماكن الحساسات المستخدمة في جهاز التحكم.



الشكل (٢١): أماكن الحساسات المستخدمة في جهاز التحكم.

يسمى الفرق المراد به تشغيل المضخة فرق درجة الحرارة التشغيلي وفي العادة يكون من (٨-٥) درجات سيليسيوس و عادة كلما كانت أطوال الأنابيب من اللواقط إلى الخزان الحراري أكبر كان الفرق في درجات الحرارة التشغيلية أعلى .

أما الفرق في درجات الحرارة لإطفاء المضخة فيكون عادة (٣) درجات سيليسيوس، وقد يوضع أيضاً حساس حرارة على مخرج الماء الساخن من الخزان بحيث يسمح بقراءة درجة الحرارة في الماء المراد استهلاكه. كما يقوم جهاز التحكم بالإضافة لوظيفة تشغيل المضخة بإطفاء النظام عند وصول درجة حرارة الماء الموجود في الخزان الحراري إلى أقصى قيمة لها ،وتعتبر هذه وسيلة حماية من زيادة درجة الحرارة، ويوضح الشكل (٢٢) فروق درجات الحرارة المستخدمة في تشغيل المضخة الخاصة بالنظام الشمسي وإطفائها.

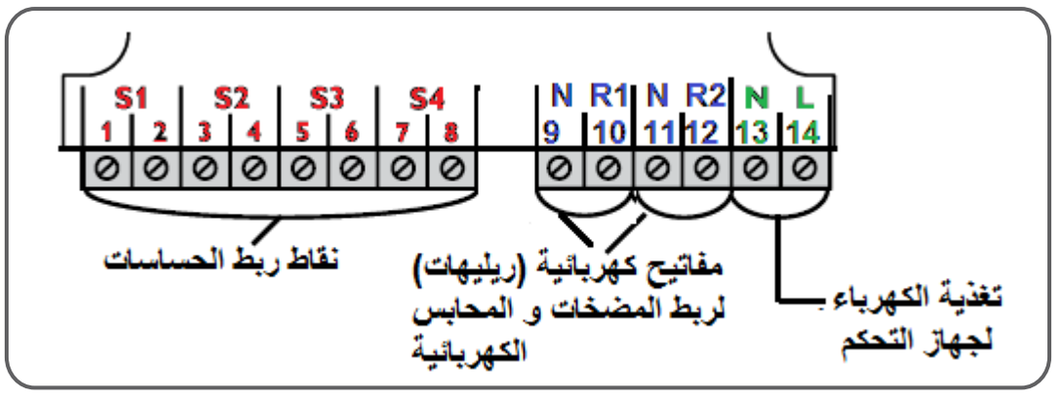


الشكل (٢٢): فروق درجات الحرارة المستخدمة في تشغيل المضخة الخاصة بالنظام الشمسي وإيقافها.

٣-٢ طرق توصيل حساسات الحرارة و المضخة في أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية بجهاز التحكم

تقسم لوحة التحكم الداخلية إلى جزئين؛ جزء مخصص لتوصيل أسلاك حساسات الحرارة به، يتم من خلاله استقبال الإشارات القادمة من حساسات الحرارة ، وجزء مخصص لتوصيل أسلاك مضخة النظام الشمسي أو المحابس الكهربائية، يتم إعطاء الأوامر من خلال هذا الجزء للمضخات والمحابس الكهربائية بالفتح والإغلاق من خلال مفاتيح كهربائية (الريليهات) (Relays).

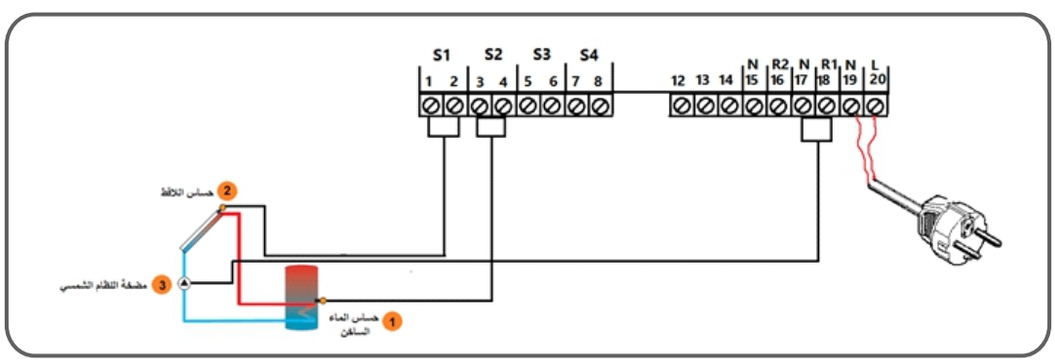
يوضح الشكل (٢٣) أماكن ربط أسلاك حساسات الحرارة وأماكن ربط أسلاك المضخات والمحابس الكهربائية.



الشكل (٢٣): لوحة توصيل أسلاك حساسات الحرارة و أجزاء النظام الشمسي الأخرى.

في العادة يعتمد جهاز التحكم في نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية على الفرق في درجات الحرارة من خلال حساس حرارة يوضع في أعلى اللاقط و حساس حرارة آخر يوضع في الثلث السفلي من أسطوانة الماء الساخن. ويمكن أن يكون هناك حساس حرارة اختياري يوضع على الماء الساخن الخارج من أسطوانة التسخين كي يتم استهلاكه.

يوضح الشكل (٢٤) أبسط طرق التوصيل ، حيث يتم مقارنة قراءة الحساس (٢) مع الحساس (١) فاذا كانت قراءة الحساس (٢) أعلى من قراءة الحساس (١) بمقدار (٨) درجات سيليسيوس أو أكثر يصدر جهاز التحكم أمراً للمضخة (٣) بالعمل، و اذا أصبحت قراءة الحساس (٢) أعلى من الحساس (١) بمقدار (٣) درجات سيليسيوس أو أقل فإن جهاز التحكم يصدر أمراً للمضخة (٣) بالتوقف.



الشكل (٢٤): لوحة توصيل أسلاك حساسات الحرارة و أجزاء النظام الشمسي الأخرى.

مثال: إذا كانت قراءة الحســاس (٢) (٦٠) درجة سيليســيوس وكانت قراءة الحســاس (١) (٥٠) درجة سيليســـيوس فإن جهاز التحكم سيعطي أمراً للمضـــخة (٣) بالعمل لأن فرق درجات الحرارة هنا يساوي (٥٠ - ٦٠) ويساوي (١٠) درجات سيليسيوس، و بما أن (١٠) درجات سيليسيوس أكبر من ٨ درجات سيليســـيوس فإن المضـــخة ستعمل. و إذا أصبحت قراءة الحســـاس (٢) (٦٠) درجة سيليسيوس و أصبحت قراءة الحساس (١) (٥٨) درجة سيليسيوس فإن جهاز التحكم سيعطي أمراً بالتوقف للمضخة (٣).

٢-٤ حساسات الحرارة المستخدمة في أجهزة التحكم الخاصة بالطاقة الشمسية الحرارية

تعتمد كفاءة عمل جهاز التحكم إلى حد بعيد على التركيب الصـــحيح و عمل الحســـاسات، لذا يجب مراعاة الأمور التالية عند تركيب حساسات الحرارة:

- يجب تركيب حساسات اللواقط على مخرج الماء الساخن من اللاقط الشمسي.
- تركيب الحساس في الثلث السفلي من ارتفاع الخزان الحراري. حيث يمكن تركيبه على السطح الخارجي للخزان الحراري قبل عزله، أو تركيبه كحساس مغمور داخل جيب متصل بالماء الساخن مباشرة . الشكل (٢٥) يبين هذا الجيب.

الشكل(٢٥) :الجيب الذي يوضع فيه حساس الحرارة في الخزان الحراري.

الشكل (٢٦): موضع حساس الحرارة في الثلث السفلي من الخزان الحراري.

- في معظم الحالات لا يمكن استبدال الحساسات الخاصة بجهاز تحكم ما بحساسات من شركة صانعة أخرى؛ و ذلك لأن حساسات الحرارة و أجهزة التحكم بالأنظمة الشمسية يتم تطابقها بشكل كامل مع بعضها بعضاً؛ و ذلك لأن طول الحساس و قطره يجب أن يطابق مواصفات

الخزان الحراري الذي تزوده الشركة الصانعة، كما أن مواصفات الحساس الفنية يجب أن تتطابق مع مواصفات جهاز التحكم من حيث نسبة الخطأ و دقة القياس، حيث يكون الحساس في العادة ذا دقة تتناسب مع المدى المطلوب للتحكم في درجات الحرارة.

- يجب أن تكون حساسات الحرارة قادرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة.
- إن استخدام الحساسات غير المناسبة يمكن أن يؤدي إلى أخطاء و حتى أعطال كبيرة في الأنظمة الشمسية ؛ لذا يجب اختيار نوع الحساسات والأسلاك التي تربطها مع جهاز التحكم بعناية فائقة، وحسب ما تحدده الشركة الصانعة للنظام الشمسي.

التقييم الذاتي

أ. أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.

ب. إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم. ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذك ضرورياً.

الأسئلة:

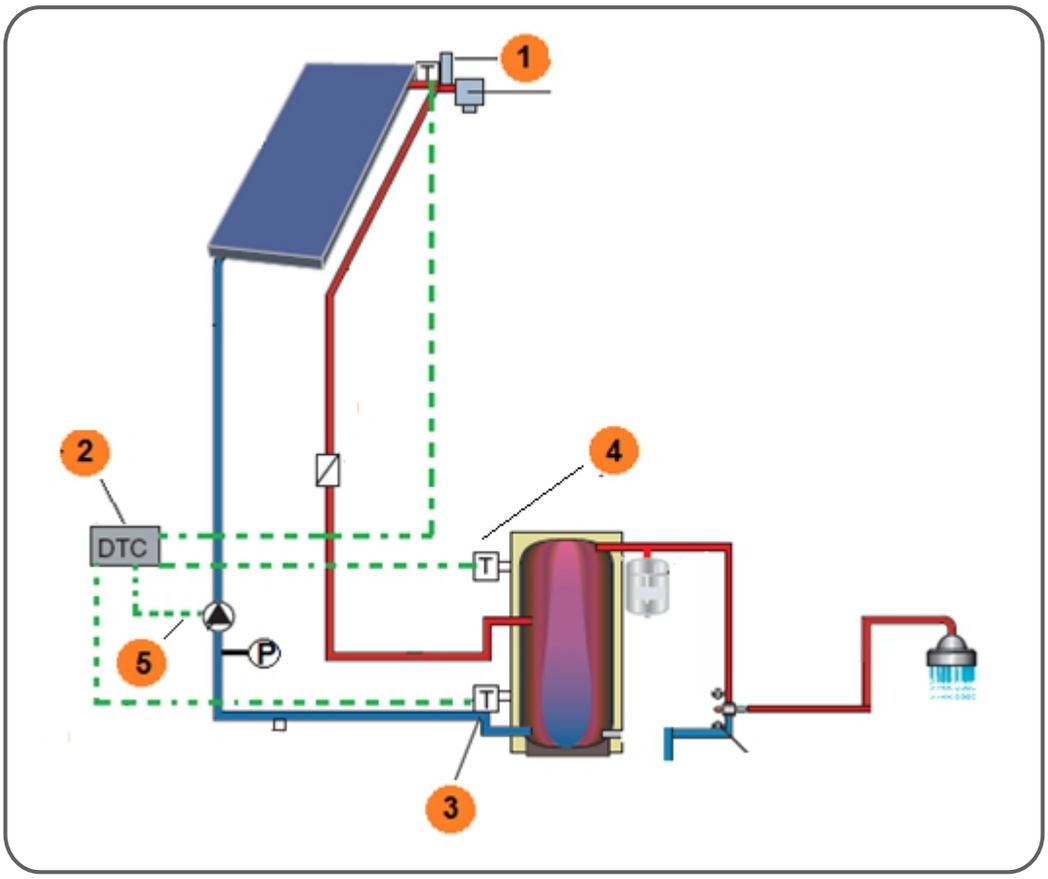
السؤال الأول:

ضع علامة صح (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة خطأ (✗) أمام العبارة الخاطئة فيما يأتي:

رقم السؤال	السـؤال:	خطأ:	صواب:
١	فرق درجة الحرارة التشغيلي في العادة يكون من ١٠-١٥ درجة سيليسيوس.		
٢	جميع حساسات الحرارة المستخدمة في أجهزة التحكم بالطاقة الشمسية مكونة من عناصر تحتوي على مقاومة كهربائية تتغير بتغير درجة الحرارة.		
٣	الحساس PT1000 يوجد غالباً في الدارات الكهربائية ذات الأربع أسلاك.		
٤	تستخدم في الغالب مواد من النحاس أو الفولاذ غير القابل للصدأ لصناعة حوافظ حساسات الحرارة.		
٥	يركب حساس الحرارة الخاص بالخزان الحراري في الثلث العلوي من الخزان.		

السؤال الثاني:

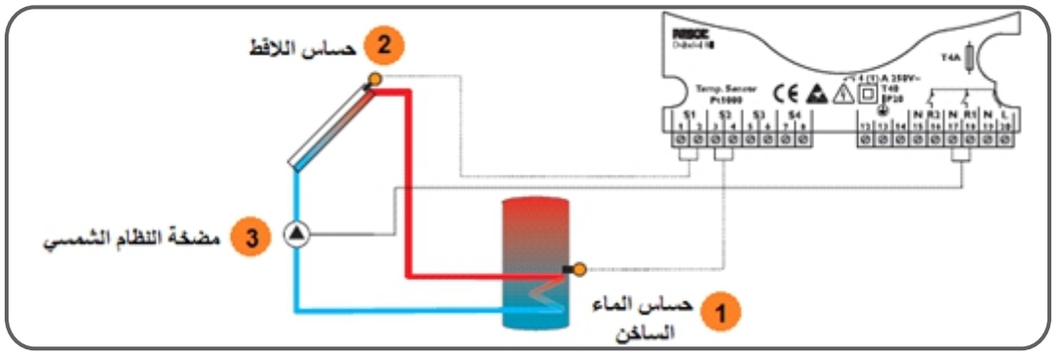
يبين الشكل أدناه أجزاء نظام التحكم في شبكة النظام الشمسي، والمطلوب منك هو إكمال الجدول لتالي بذكر أسماء الأجزاء ووظيفة كل منها.



التسلسل	الاسم	الوظيفة
١		
٢		
٣		
٤		
٥		

السؤال الثالث:

يبين الشكل أدناه نظام تحكم في شبكة نظام الشمسي. إذا كانت قراءة الحساس رقم (٢) تساوي (٧٠) درجة سيلس يوس، وكانت قراءة الحساس رقم (١) تساوي (٦٨) درجة سيلسيوس. بالاعتمـــاد على هذه القيم، بين فيما إذا كانت مضخة النظام الشمسي تعمل أم لا موضحاً السبب.


2 حساس اللاقط
3 مضخة النظام الشمسي
1 حساس الماء الساخن

التمرين العملي

رقم التمرين (٣):	الزمن المخصص:
اسم التمرين: تركيب أجهزة التحكم الخاصة بالنظام الشمسي الحراري	٣,٥ ساعة

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه الوحدة.

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك، واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- التقيد بلباس التدريب داخل الورشة.
- ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة لطبيعة العمل.
- المحافظة على نظافة وترتيب الورشة ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- المحافظة على البيئة والاقتصاد في استخدام المواد والطاقة.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.
- تطبيق قواعد السلامة عند العمل فوق أسطح المباني.
- تطبيق قواعد السلامة عند رفع الأشياء الثقيلة مثل خزانات المياه وحوامل السخانات الشمسية.

- **الهدف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن تركب أجهزة التحكم الخاصة بالنظام الشمسي الحراري.

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
١	حساس حرارة للالقط الشمسي	٦	خزان حراري
٢	حساس حرارة للخزان الحراري	٧	مفك فاحص للكهرباء (Tester)
٣	أسلاك كهربائية خاصة بالتحكم	٨	مجموعة من المفكات للتركيب
٤	جهاز تحكم خاص بالأنظمة الشمسية	٩	شريط لاصق (تب)
٥	لاقط شمسي	١٠	أنابيب حديدية مجلفنة

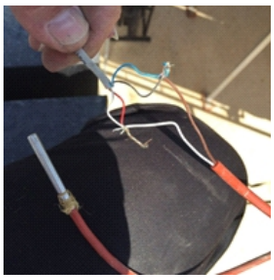
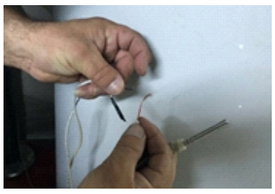
١١	مفاتيح أنابيب	١٤	آلة قص وتسنين
١٢	شريط قياس (متر)	١٥	مثقاب كهربائي (درل)
١٣	كتكت أو شريط تفلون	١٦	

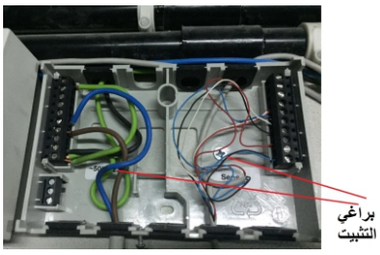
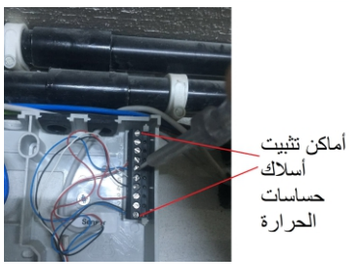
- الأنظمة والتعليمات والمراجع اللازمة لتنفيذ الأداء:

١. نسخة من الوحدة التدريبية.

٢. الدليل الخاص بجهاز التحكم.

- خطوات العمل:

الرقم	خطوات العمل والنقاط المركزية:	الرسوم التوضيحية:
١	ثبت حساس اللاقط الشمسي في المكان المخصصه في أعلى اللاقط الشمسي، كما في الشكل (١).	الشكل (١)
٢	اربط أسلاك حساس اللاقط الشمسي مع الحساس، ثم قم بإيصالها إلى جهاز التحكم الخاص بالنظام الشمسي، كما في الشكل (٢).	 الشكل (٢)
٣	ثبت حساس الخزان الحراري في المكان المخصص له في الثلث الأسفل من الخزان الحراري، كما في الشكل (٣).	الشكل (٣)
٤	اربط أسلاك حساس الخزان الحراري مع الحساس، كما في الشكل (٤)، ثم قم بإيصالها إلى جهاز التحكم الخاص بالنظام الشمسي.	 الشكل (٤)

٥	حدد موقع تركيب جهاز التحكم على الحائط باستخدام قلم علام ومسطرة بعد قياس أبعاد جهاز التحكم ثم باستخدام مثقاب كهربائي (درل) قم بعمل ثقوب لإدخال براغي التثبيت بها، كما في الشكل (٥).	الشكل (٥)
٦	ثبت الغطاء الخلفي لجهاز التحكم بوساطة البراغي في الأماكن التي تم تحديدها مسبقاً، كما في الشكل (٦).	 الشكل (٦)
٧	صل أسلاك حساسات الحرارة، كما هو مبين في دليل التركيب الشكل (٧).	 الشكل (٧)
٨	صل أسلاك مضخة النظام الشمسي مع جهاز التحكم في نقاط التوصيل المخصصة لذلك (الريليهات)، كما في الشكل (٨) .	الشكل (٨)
٩	ركب الخارجي لجهاز التحكم، كما في الشكل (٩).	الشكل (٩)
١٠	اجمع العدة بعد تنظيفها وخزنها حسب التعليمات.	

اختبار المعرفة

عنوان الوحدة التدريبية: تركيب السخانات الشمسية.
المهنة: مركب سخانات شمسية.
اسم المتدرب:.....
اسم المدرب:.....
علامة المتدرب:.....

تعليمات الاختبار:
١. أجب عن الأسئلة الآتية جميعها وعددها (٥ أسئلة).
٢. مدة الاختبار: (ساعة ونصف).

السؤال الأول: (٢٥ علامة)

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

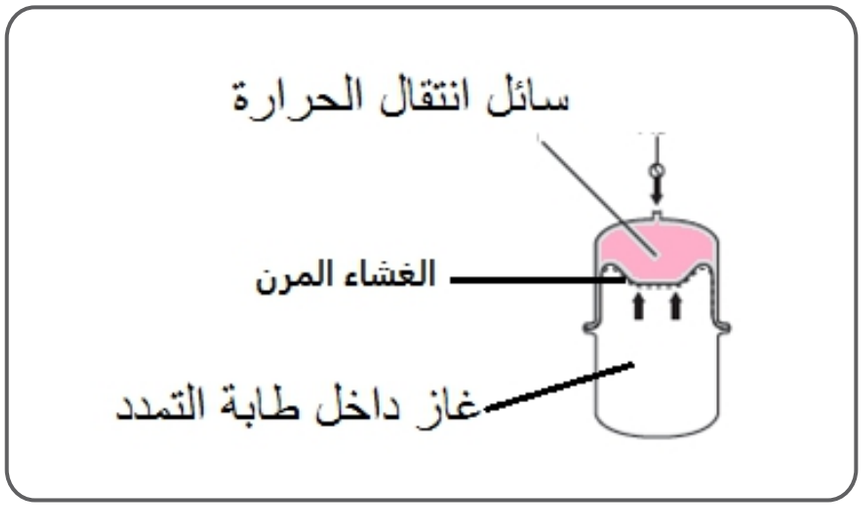
١- أحد الأجزاء التالية لا تعتبر من أجزاء نظام الحماية في النظام الشمسي:
أ. صمام الأمان. ب. طابة التمدد. ج. صمام تخفيف حدّة الضغط. د. المضخة.

٢- في جهاز التحكم الخاص بالنظام الشمسي تتوقف المضخة عندما تصبح درجة حرارة اللاقط:
أ. أعلى من درجة حرارة الخزان الحراري بمقدار (١٠) درجات سيليسيوس أو أكثر.
ب. أقل من درجة حرارة الخزان الحراري بمقدار (١٠) درجات سيليسيوس أو أقل.
ج. أعلى من درجة حرارة الخزان الحراري بمقدار (٣) درجات سيليسيوس أو أكثر.
د. أقل من درجة حرارة الخزان الحراري بمقدار (٣) درجات سيليسيوس أو أقل.

٣- في العادة يعتمد جهاز التحكم في النظام الشمسي على الفرق في درجات الحرارة باستخدام:
أ. حساس حرارة يركب في الثلث السفلي من أسطوانة الماء الساخن و حساس حرارة آخر يركب في الثلث العلوي من أسطوانة الماء الساخن.
ب. حساس حرارة يركب في أعلى اللاقط وحساس حرارة آخر يركب في الثلث العلوي من أسطوانة الماء الساخن.
ج. حساس حرارة يركب في أعلى اللاقط وحساس حرارة آخر يركب في الثلث السفلي من أسطوانة الماء الساخن.
د. حساس حرارة يركب في أسفل اللاقط وحساس حرارة آخر يركب في الثلث السفلي من أسطوانة الماء الساخن.

٤- الشكل التالي يظهر طابة التمدد، يوجد في منتصف الطابة غشاء مرن يفصل بين سائل انتقال الحرارة و :

أ. ثاني اكسيد الكربون. ب. أكسجين. ج. هيدروجين. د. نيتروجين.



٥- تكون دقة المقاوم الحراري في الظروف الاعتيادية:

أ. +/- ١,٠ درجة سيليسيوس ب. +/- ١,٥ درجة سيليسوس.

ج. +/- ٢ درجة سيليسيوس. د. +/- ٢,٥ درجة سيليسيوس.

السؤال الثاني: (١٦ علامة)

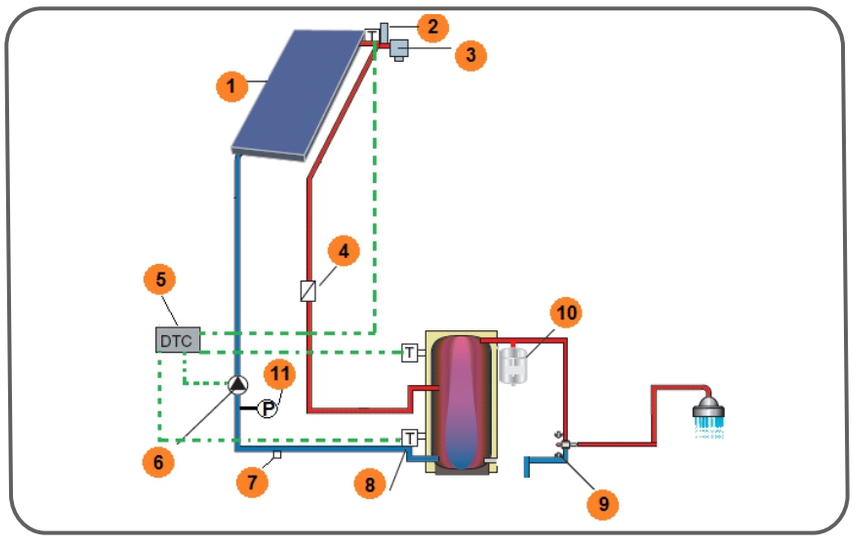
ضع علامة صح (✓) أمام العبارة الصحيحة، وعلامة خطأ (✗) أمام العبارة الخاطئة فيما يأتي:

رقم السؤال	السؤال:	خطأ:	صواب:
١	كل جزء يمكن غلقه من النظام الشمسي يجب تزويده بصمام أمان واحد على الأقل.		
٢	يسمح صمام الأمان بدخول الضغط الجوي إلى الشبكة مما يسمح بتفريغ الشبكة بسهولة.		
٣	يمنع صمام عدم الرجوع تدفق الماء البارد في اللواقط أثناء الليل.		
٤	تمتص طابة التمدد الزيادة في حجم سائل انتقال الحرارة في النظام الشمسي الناتج عن ارتفاع حرارته.		
٥	لتجنب حدوث حروق عند استخدام الماء الساخن مباشرةنقوم بوضع صمام تخفيف حدّة الضغط والحرارة على أسطوانة الماء الساخن.		
٦	يسمى الفرق المراد به تشغيل المضخة فرق درجة الحرارة التشغيلي وفي العادة يكون من (١٠-١٥) درجة سيليسيوس.		

٧	جميع حساسات الحرارة المستخدمة في أجهزة التحكم بالطاقة الشمسية مكونة من عناصر تحتوي على مقاومة كهربائية تتغير بتغير درجة الحرارة.		
٨	الحساس PT1000 غالباً ما يوجد في الدارات الكهربائية ذات الأربعة أسلاك.		

السؤال الثالث: (٢٢ علامة)

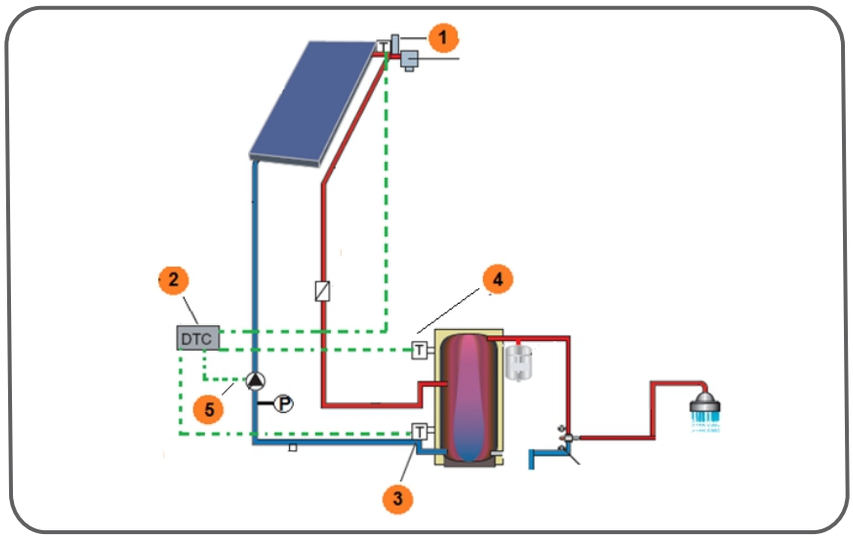
يبين الشكل أدناه أجزاء نظام الحماية في شبكة النظام الشمسي، والمطلوب هو إكمال الجدول التالي بذكر أسماء الأجزاء ووظيفة كل منها.



التسلسل	الاسم	الوظيفة
١		
٢		
٣		
٤		
٥		
٦		
٧		
٨		
٩		
١٠		
١١		

السؤال الرابع: (١٠ علامة)

يبين الشكل أدناه أجزاء نظام التحكم في شبكة النظام الشمسي، والمطلوب هو إكمال الجدول التالي بذكر أسماء الأجزاء ووظيفة كل منها.



التسلسل	الاسم	الوظيفة
١		
٢		
٣		
٤		
٥		

السؤال الخامس: (٢٧ علامة)

يبين الجدول أدناه بعض الأجهزة والقطع المستخدمة في نظام الحماية للأنظمة الشمسية. اكتب اسم كل جزء من هذه الأجزاء ووظيفته.

الجزء	الاسم	الوظيفة

أختبار الأداء

يهدف هذا الاختبار إلى تقييم مدى إتقانك لعناصر الكفاية المتعلقة بتركيب جهاز التحكـــم الخـــاص بالنظـام الشمسي

استمارة مراقبة وتدرج الاختبار العملي

اسم التمرين: تركيب جهاز التحكم الخاص بالنظام الشمسي.

محتوى الاختبار:		الخطوات الرئيسة والنقاط الحاكمة:	معيار الأداء:	العلامة:		التسهيلات اللازمة:
عناصر الأداء	عناصر المناقشة			المخصصة	الممنوحة	
التحضير لتنفيذ العمل		يرتدي ملابس العمل ويأمن منطقة العمل.		٢		- جهاز تحكم خاص بالنظام الشمسي مع دليل الاستخدام الخاص به. أغطية مخصصة للواقط الشمسية. - حساسات حرارة خاصة للأنظمة الشمسية عدد (٢). - أسلاك تحكم لتوصيل حساسات الحرارة بجهاز التحكم أسلاك كهربائية لتوصيل المضخة بجهاز التحكم مواسير بلاستيكية لتمرير الأسلاك خلالها. شريط قياس. شريط لاصق يمكن الكتابة عليه قلم علام. مقص أنابيب بلاستيكية. ميزان ماء.
		يجهز العدد والأدوات ويتأكد من صلاحيتها.		٣		
		يغطي اللواقط الشمسية بالكامل باستخدام الأغطية المخصصة لها.		٣		
		يتحقق من وجود كافة مكونات جهاز التحكم وملحقاته من أسلاك و براغي تثبيت.		٣		
		يدرس خطوات التركيب كما ورد في دليل تركيب جهاز التحكم.		٣		
		يرتدي القفازات الواقية من الصعقة الكهربائية.		٢		
		يقوم بفصل الكهرباء الواصلة إلى جهاز التحكم عن طريق فصل القاطع.		٢		
	لماذا يجب فصل الكهرباء عن قاطع جهاز التحكم قبل بدء العمل			٢		
تركيب الغطاء الخلفي لجهاز التحكم.		يحدد المكان المراد تثبيت جهاز التحكم عليه على الحائط باستخدام قلم العلام .		٢		
		يحدد أماكن التثقيب الخاصة ببراغي التثبيت باستخدام قلم العلام.		٢		
		يثقب الحائط في الأماكن التي تم تحديدها.		٣		
		يثبت الأسافين الخاصة بالبراغي في الأماكن التي يتم تثقيبها.		٢		
		يضع الغطاء الخلفي لجهاز التحكم و تثبيته باستخدام البراغي .		٣		
		يتأكد أن مستوى الغطاء أفقي بشكل تام باستخدام ميزان ماء.		٣		

توصيل الأسلاك بين الحساسات و جهاز التحكم		يقوم بقياس المسافة ما بين أعلى اللاقط الشمسي (مكان حساس الحرارة) و جهاز التحكم.		٢		- مفك فاحص كهربائي (تستر). - زرادية. - قطاعة. - عراية أسلاك كهربائية. - مجموعة من البراغي والأسافين لتثبيت جهاز التحكم. - مقدح كهربائي (درل). - مرابط للمواسير البلاستيكية.
		يقوم بقص السلك الذي سيتم توصيله بالحساس بناء على القياس الذي تم أخذه في النقطة السابقة.		٢		
		يقوم بتمديد المواسير التي سبتم تمرير اسلاك الحساسات بداخلها بناء على القياس الذي تم أخذه.		٢		
		يقوم بتثبيت المواسير بين جهاز التحكم و الحساسات بالحائط باستخدام البراغي و الأسافين.		٢		
		يقوم بتمديد الأسلاك داخل المواسير ما بين الحساسات و جهاز التحكم.		٣		
		يقوم بتوصيل الحساس مع السلك الطويل الذي تم قصه و الواصل إلى جهاز التحكم.		٢		
توصيل الأسلاك بين جهاز التحكم والمضخة		يقوم بقياس المسافة ما بين أعلى اللاقط الشمسي (مكان حساس الحرارة) و المضخة.		٣		
		يقوم بقص السلك الذي سيتم توصيله بالمضخة بناء على القياس الذي تم أخذه في النقطة السابقة.		٢		
		يقوم بتمديد المواسير التي سبتم تمرير اسلاك المضخة بداخلها بناء على القياس الذي تم أخذه.		٣		
		يقوم بتثبيت المواسير بين جهاز التحكم و المضخة بالحائط باستخدام البراغي و الأسافين مراعي ميلان الماسورة عن الوضع العامودي.	+/- ٥ درجات	٢		
		يقوم بتمديد الأسلاك داخل المواسير ما بين المضخة و جهاز التحكم.		٢		
		يقوم بتوصيل المضخة مع السلك الطويل المراد ايصاله إلى جهاز التحكم.		٢		
تركيب الأسلاك الخاصة بالمضخة في أماكنها المخصصة لذلك في جهاز التحكم		بالاعتماد على مخطط التركيب الموجود في دليل التركيب الخاص بجهاز التحكم يقوم بتحديد أماكن تثبيت أسلاك مضخة النظام الشمسي.		٢		
		يقوم بتثبيت الأسلاك عن طريق شد البراغي بعد ادخال الأسلاك في الأماكن المخصصة لها.		٣		
		باستخدام شريط لاصق قابل للكتابة عليه يقوم بكتابة اسم كل حساس على السلك الخاص به ونلصق الاسم على سلك الحساس .		٣		
تركيب الغطاء الأمامي لجهاز التحكم وتشغيله		يصل أسلاك جهاز التحكم بالكهرباء بوساطة المداخل المخصصة لذلك.		٣		
		يقوم بتثبيت الغطاء الأمامي لجهاز التحكم حسب الطريقة الواردة في دليل التركيب.		٢		
		يقوم بتوصيل الكهرباء إلى جهاز التحكم عن طريق رفع القاطع الخاص بجهاز التحكم.		٢		

		يتأكد من أن شاشة جهاز التحكم تعمل بشكل جيد عن طريق قراءة درجات الحرارة للحساسات الموصولة بها .		٢		
	أي حساس سيقرأ درجة حرارة أعلى على شاشة جهاز التحكم، حساس اللاقط أم حساس الخزان الحراري			٢		
سرعة الإنجاز		أقل من (٢،٣٠)		١٠		
		من (٢,٣٠-٢,٤٥)		٥		
		من (٢,٤٦-٣,٠٠)		صفر		
العلامة الكلية:				١٠٠		

اسم المدرب/الفاحص:..... التاريخ:..... التوقيع:.....

الرقم:	المصطلح باللغة العربية:	المصطلح باللغة الانجليزية:
١.	الأنظمة الفعالة المباشرة	Active Direct Systems
٢.	الهواية	Air Vent
٣.	صمام عدم الرجوع	Check Valve
٤.	جهاز التحكم	Controller
٥.	محابس التصريف	Drain Valves
٦.	صمام الحماية من الصقيع	Frost Protection Valve
٧.	عمود المغنيسيوم	Magnesium Rod
٨.	وعاء التمدد	Membrane Expansion Vessel
٩.	ساعات الضغط	Pressure Gauges
١٠.	صمام تخفيف حدّة الضغط	Pressure Relief Valve
١١.	صمامات الأمان	Safety Valves
١٢.	حوافظ الحساسات	Sensors Housing
١٣.	صمام تخفيف حدّة الحرارة و الضغط	Temperature & Pressure Relief Valve
١٤.	المقاوم الحراري	Thermistor
١٥.	صمام الخلط الثيرموستاتيكي	Thermostatic Mixing Valve
١٦.	حساسات الحرارة	Temperature Sensors
١٧.	كاسر الفراغ	Vacuum Breaker

- كودات البناء الوطني - كودة الطاقة الشمسية (٢٠١٣)
- تركيب سخانات المياه الشمسية وصيانتها

- Training manual for Solar Water Heater Consultants Greentech Knowledge Solutions Pvt LtdNew Delhi 2012.
- Users Handbook on solar water heaters, the International Copper PromotionCouncil in Partnership with the Ministry of New & Renewable Energy, Government of India and the Global, (2010).
- NABCEP Solar Heating Installer Resource Guide 2013.
- Technical Guide "Solar Thermal Systems", VIESMANN company,2009.
- Design and Installation of Solar Water Heater Applications in Pakistan Training Manual, REAP Renewable & Alternative Energies Association Pakistan In cooperation with AEDB Alternative Energy Development Board Pakistan, 2010
- Manual of Pressurized Solar Water Heater, SunMaxx Solar, 56 Broome Corporate Parkway, Conklin, NY 13748 USA, www.sunmaxxsolar.com (2012).
- Installation Manual-Gravity Solar Water Heater-Evacuated Tube Integrated (Direct) System, unpressurized-FreeFuelForever.com
- http://www.energydepot.com
- http://www.energy-withoutcarbon.com
- http://www.solarsense.co.za/solar-water-heating-explained.php-