



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
الجامعة التقنية الشمالية  
المعهد التقني الموصل



# الحقبة التعليمية

القسم العلمي:

اسم المقرر: منظومات التبريد المتقدمة

المرحلة / المستوى: الثانية

الفصل الدراسي: الثاني

السنة الدراسية: 2025-2024



## معلومات عامة

منظومات التبريد المتقدمة				اسم المقرر:
تقنيات التبريد والتكييف				القسم:
المعهد التقني الموصل				الكلية:
الثانية				المرحلة / المستوى
الثاني				الفصل الدراسي:
2	عملي	2	نظري	عدد الساعات الاسبوعية:
4 وحدات				عدد الوحدات الدراسية:
PMTR246				الرمز:
✓	كلهما	عملي	نظري	نوع المادة
لا			هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	
--				اسم المقرر النظير
--				القسم
--				رمز المقرر النظير
<b>معلومات تدريسي المادة</b>				
اياد داود سليمان				اسم مدرس (مدرسي) المقرر:
مدرس مساعد				اللقب العلمي:
2023				سنة الحصول على اللقب
ماجستير هندسة تقنيات الحرارية				الشهادة :
2015				سنة الحصول على الشهادة
6				عدد سنوات الخبرة ( تدريس)

## الوصف العام للمقرر

يوضح مقرر منظومات التبريد المتقدمة للطالب انواع منظومات التبريد والتكييف والتجميد التي تعمل بطرق اخرى غير طريقة انضغاط البخار كالمنظومات الامتصاصية ومنظومات نفث البخار و التبريد الكهروحراري واجزاءها والية عمل كل نوع من هذه الانواع كما يتطرق المقرر الى التقنيات المستخدمة في حفظ الاغذية، بالاضافى الى الية تصميم المخازن المبردة والمجمدة وانواعها وتطبيقاتها. يوضح المقررة ايضاً انابيب محطات التبريد بأنواعها والمبادئ العامة لتصميمها وتركيبها.

## الاهداف العامة

- سيتعرف الطالب على انابيب المحطات المستخدمة في مجال التبريد والتكييف والتجميد.
- سيتعلم الطالب مبدأ عمل المنظومات الامتصاصية ومدى الاختلاف بينها وبين المنظومات الانضغاطية.
- تعريف الطالب على على منظومات اخرى تعمل بمبدأ نفث وحقن البخار واستخدام المبدأ الكهروحراري في التبريد والتجميد.
- سيتعرف الطالب على الاعتبارات العامة لتصميم المخازن المبردة والمجمدة وطريقة استخدامها لحفظ الاغذية.

## الأهداف الخاصة

- القدرة على التفكير في استخلاص الحلول الهندسية للمشكلات المتعلقة بمنظومات التبريد والتكييف.
- القدرة على مواكبة الحداثة العلمية والتقنية.
- إمكانية اختيار الطريقة المناسبة لحفظ الاغذية على حسب نوع المادة المحفوظة.
- القدرة على فهم المنظومات المستخدمة وتطبيقاتها ومدى التشابه والاختلاف عن المنظومات الانضغاطية.

## الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- معرفة تصميم واهمية خطوط السحب وخطوط السائل.
- الاختيار الصحيح بين المنظومات الانضغاطية والامتصاصية.
- معرفة المنظومات الامتصاصية المختلفة.
- فهم التطبيقات الاخرى للمنظومات ما عدا تطبيق تكييف الهواء لأغراض الراحة.
- الاختيار ما بين حفظ الاغذية بالتبريد او التجميد او التجفيف وغيرها.

## المتطلبات السابقة

- مراجعة عامة للمصادر المتعلقة بالفيزياء والكيمياء.
- مراجعة بعض المصادر عن طرق واليات حفظ الاغذية.

الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية		
ت	تفصيل الهدف السلوكي او مخرج التعليم	آلية التقييم
1	يتعرف الطالب على انابيب المحطات المستخدمة في مجال التبريد والتكثيف والتجميد.	- يعد اتمام العرض التقديمي وانهاء المحاضرة يتم فتح باب النقاش وطرح عدد من الاسئلة المتعلقة بالمبادئ العامة واثارة المواضيع التي توسع دائرة التفكير. - يتم طرح اسئلة فكرية وتعطى درجة للطالب الذي يجيب عليها. - الواجب البيتي
2	يعرف الطالب ان هناك منظومات اخرى غير المنظومات الانضغاطية بالامكان استخدامها للحصول على التبريد والتكثيف والتجميد	بعد تعريف الطالب بالمنظومات وطريقة عملها يكلف الطلبة بحل الواجبات البيئية وبعد نهاية الموضوع المقرر يتم اجراء امتحان اسبوعي بالموضوع المعطى.
3	يميز الطالب كيفية الاختيار بين المنظومات الانضغاطية والامتصاصية.	بعد عرض القوانين وتحليلها وبيان اصولها 1 بعد شرح المحاضرة يطالب الطلبة بحل التمارين الصفية اليومية ويتم التقييم اليومي لمدى استيعاب الطالب للمحاضرة. 2- يكلف الطلبة بحل الواجبات البيئية وتقديمها في المحاضرة القادمة. 3- بعد نهاية الموضوع المقرر يتم اجراء امتحان اسبوعي بالموضوع المعطى.
4	يعرف الطالب المنظومات الامتصاصية المختلفة وتطبيقاتها وهل يجب استخدامها لغرض التكثيف او التبريد والتجميد	واجب بيئي لعمل مقارنة بين المنظومات

بعد توضيح مبدأ عمل المنظومات كافة يتم فتح باب النقاش وطرح عدد من الاسئلة المتعلقة بالمبادئ العامة واثارة المواضيع التي توسع دائرة التفكير. -يتم طرح اسئلة فكرية وتعطى درجة للطالب الذي يجيب عليها. - الواجب البيتي - امتحان يومي	يميز الطالب بين المنظومات الاخرى عن طريق معرفة الية عمل وتطبيقات كل من منظومات نفث البخار والانبوبة الدوامة والمنظومات الكهروحرارية.	5
عرض تقديمي + واجب بيئي + امتحان يومي	يتعرف الطالب تقنيات حفظ الاغذية والطريقة الانسب لحفظ كل مادة	6
واجب بيئي	يتعلم الطالب الاعتبارات العامة لانشاء واختيار المخازن المبردة.	7
واجب بيئي + امتحان يومي	يتعرف الطالب على أنظمة التبريد لمخازن التبريد المتحركة	8

## أساليب التدريس

مبررات الاختيار	الاسلوب او الطريقة
شرح تفصيلي لكل التفاصيل الدقيقة للمواضيع	1. اعطاء المحاضرة بواسطة عرض تقديمي وشرح مفصل
المناقشة مع الطالب لزيادة الفهم وايضاح النقاط	2. المناقشة
تدريب الطالب على حل المسائل الحسابية	3. الواجب البيتي
جعل الطالب يراجع المادة باستمرار	4. الامتحان المفاجئ
يطبق المعلومات النظرية بشكل عملي بأخذ القراءات واحتساب النتائج	5. المختبر
التعليم التعاوني يعطي نوعا من النشاط والحركة	6. طريقة التعليم التعاوني
ويكسر الخمول والشروذ الذهني الذي قد يحدث في بعض الأحيان	

الفصل الاول من المحتوى العلمي

أنابيب محطات التبريد				الوقت		عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العنوان الفرعي	العملي	النظري	التوزيع الزمني
أسئلة داخل القاعة	عرض تقديمي + شرح	محاضرة	مقدمة عن أنواع منظومات التبريد والدورات المتعلقة بها.			
			المقدمة			
			التصميم العام لأنابيب السحب	2	2	الأسبوع الأول
			حساب قطر خط السحب الانبوبة الصاعدة المزدوجة	2	2	الأسبوع الثاني
			خطوط السائل			
			استخدام المبادل الحراري	2	2	الاسبوع الثالث
			استخدام التبريد الدوني			









عدد الفقرات	الأهداف السلوكية					الأهمية النسبية	عناوين الفصول	المحتوى التعليمي
	التقييم	التحليل	التطبيق	الفهم	المعرفة			
	%	%	%	%	%			
3	%20	%20	%20	%20	%20	%20	أنابيب محطات التبريد	الفصل الاول
3	%20	%20	%20	%20	%20	%25	المنظومات الامتصاصية	الفصل الثاني
3	%20	%20	%20	%20	%20	%20	انظمة التبريد الأخرى	الفصل الثالث
3	%20	%20	%20	%20	%20	%15	تقنيات حفظ الأغذية	الفصل الرابع
3	%20	%20	%20	%20	%20	%20	أنظمة التبريد لمخازن التبريد المتحركة	الفصل الخامس
	%100	%100	%100	%100	%100	%100		المجموع

## الفصل الأول

### أنابيب محطات التبريد

رقم المحاضرة: الأولى	عنوان المحاضرة:
التصميم العام لأنابيب السحب	اياد داود سليمان
اسم المدرس:	المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف
الفئة المستهدفة:	التعريف بأنابيب السحب
الهدف العام من المحاضرة :	يعرف الاعتبارات العامة لمد شبكات الانابيب يتعلم الطالب معالجة المشاكل المتعلقة بأنابيب السحب
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	عرض تفديمي – عصف ذهني
استراتيجيات التيسير المستخدمة	استخدام الطريقة المناسبة لمعالجة مشكلة رجوع السائل الى الضاغط
المهارات المكتسبة	التغذية الراجعة
طرق القياس المعتمدة	

#### الأسئلة القبليّة:

1. هل يختلف تطبيق الانابيب باختلاف نوع المعدن؟.
2. ما هي علاقة الزيت بأنابيب السحب؟.

يعتبر اختيار انابيب التبريد الصحيحة ضروري لعمليات التبريد والتكييف حيث تقوم بنقل سائل أو غاز وسيط التبريد خلال الاجزاء المختلفة من دائرة التبريد. وأن التركيب غير الصحيح أو اختيار الحجم غير المناسب يؤدي الى خفض سعة التبريد وان عدم العناية بأستعمال ولحام الانابيب يسمح بدخول مواد التلوث المختلفة الى الدائرة.

يجب ان تصنع الانابيب من مواد لها قوة تحمل مناسبة لتحل الضغط داخلها ولها المقدرة على مقاومة التآكل الميكانيكي وان تكون رخيصة الثمن. والمواد الشائعة الاستخدام في مجالات التبريد هي النحاس ، الصلب ، الحديد المطاوع، الزنك. وانابيب النحاس الاصفر والاحمر لها مميزات متعددة على المواد الاخرى من حيث خفة الوزن ، اكثر مقاومة للتآكل الكيميائي ، وسهولة تركيبها وانابيب النحاس الاصفر متاحة حتى قطر داخلي 10 سم. واذ طلب قطر اكبر من هذا تستخدم انابيب من الصلب. وتستخدم انابيب الصلب المجلفن لسريان الماء او المحاليل الملحية اذا كانت الانابيب غير معرضة لبيئة رطبة. ويستخدم النحاس الاصفر وسبائك الالمنيوم والنحاس في حالة استخدام الماء البحر في تبريد المكثفات المائية لقدرته على مقاومة التآكل.

يلزم تركيب انابيب التبريد في مواقع لا تسبب خطراً ولا تعيق التشغيل العادي للأجهزة وصيانتها، ولا تكون عائقاً بالنسبة للأماكن المجاورة. ايضاً يلزم ان تكون انابيب التبريد معلقة في السقف او على اعلى الجدران بما لا يسبب إعاقة. يمنع تركيب الانابيب في ممرات الصالات العامة والردهات وبئر السلم وبئر المصعد، ولكن ان كان لابد من تركيبها في الممرات والصالات فلا يجب استخدام وصلات فيها ويفضل ان تغلف تغليفاً جيداً لكي لا يتم الرجوع اليها في حالة عمل صيانة. ايضاً يلزم ان تكون الانابيب مرتبة بطريقة تسهل عملية الوصول والصيانة.

يتم تعليق الانابيب بعلاقات او حمالات مناسبة في السقف او على الحائط وان تكون المسافة بين الحمالات مناسبة بما يمنع ارتخائها او ميلانها. عندما يكون من الضروري امرار الانابيب من الحوائط والارضيات او الاسقف، يلزم امرارها داخل جلبة تركيب في الفتحة (Pipe sleeve).



#### الاعتبارات العامة لتصميم الانابيب

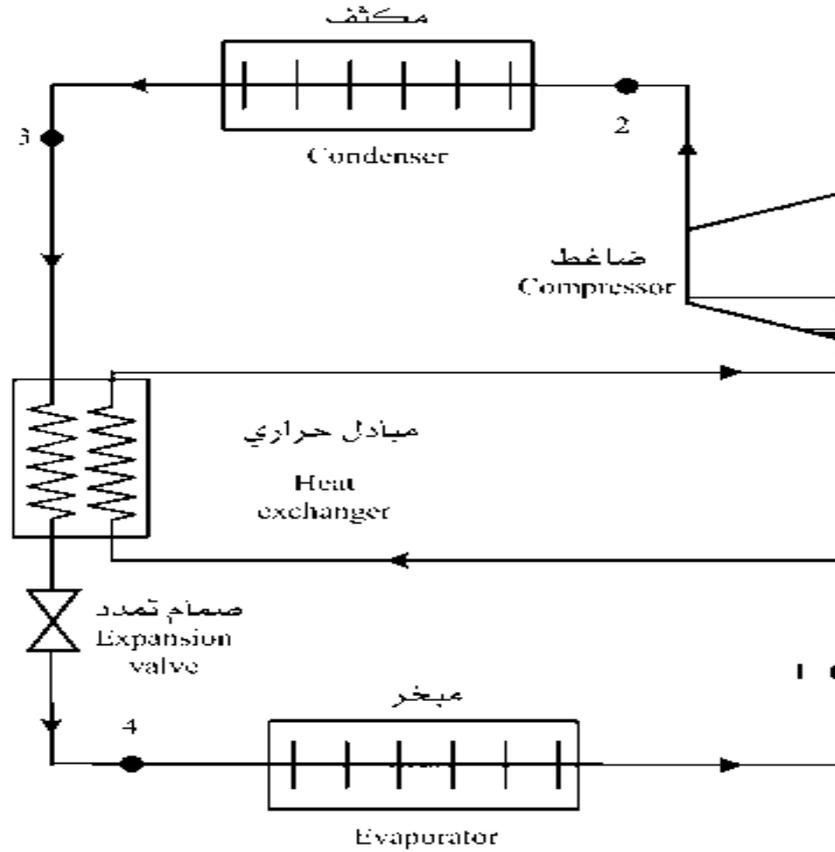
1. التأكد من تغذية كل المبخرات بالكمية الكافية من وسيط التبريد.
2. التأكد من ايجابية واستمرار رجوع الزيت الى صندوق مرفق الضاغط.
3. تحاشي الفقد الأكثر من اللازم في ضغط وسيط التبريد والذي ينتج عنه تقليل سعة وكفاءة مجموعة التبريد.
4. عمل ما يلزم لمنع دخول وسيط التبريد الى الضاغط خلال دورة التشغيل او دورة الوقف او في اثناء بدء تشغيل الضاغط.
5. تحاشي ان يحصل اصطياح للزيت في المبخر او في خط السحب والذي ربما يرجع فيما بعد الى الضاغط ويكون مقداراً كبيراً من الاوساخ مع احتمال الاضرار بالضاغط.

## التصميم العام لانايبب السحب

يلزم دائما عمل انايبب السحب بالطريقة التي تمنع احتمال دخول سائل وسيط التبريد او اوساخ الزيت الى الضاغط اثناء التشغيل او الوقف. حيث ان الحمل القليل على المبخر او خلل او تسريب في صمام التمدد او الشحنة الزائدة قد تسبب دخول السائل الى الضاغط ولكي نتجنب ذلك نستخدم ثلاثة طرق:

1. استخدام مبادل حراري بين خط السائل وخط السحب.

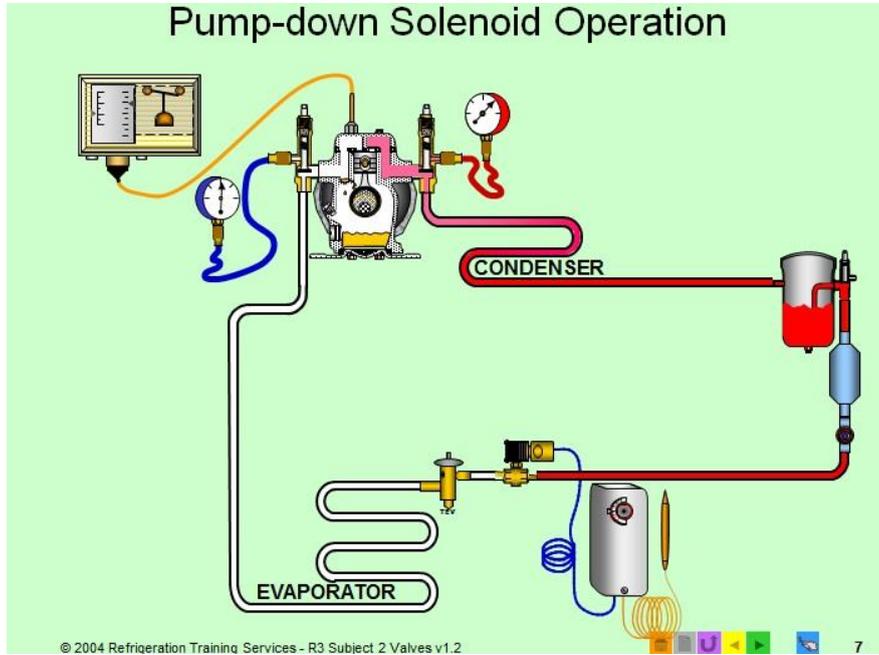
السبب في استخدام المبادل الحراري هو ان صمامات التمدد الثرموستاتي لا تقفل غالباً باحكام عند توقف الضاغط وبالتالي تسمح بتسرب سائل وسيط التبريد من خط السائل الى المبخر خلال دورة الوقف. وعند عمل الضاغط غالبا ما ينحدر السائل الى الضاغط فيتم استخدام المبادل لتبخير هذا السائل قبل الدخول الى الضاغط. كذلك يقوم المبادل لتبخير السائل الناتج من التغذية الزائدة للمبخر من قبل صمام التمدد اثناء فترة التشغيل او التغييرات المفاجئة في حمل المبخر.



2. تشغيل المجموعة على دورة التفريغ

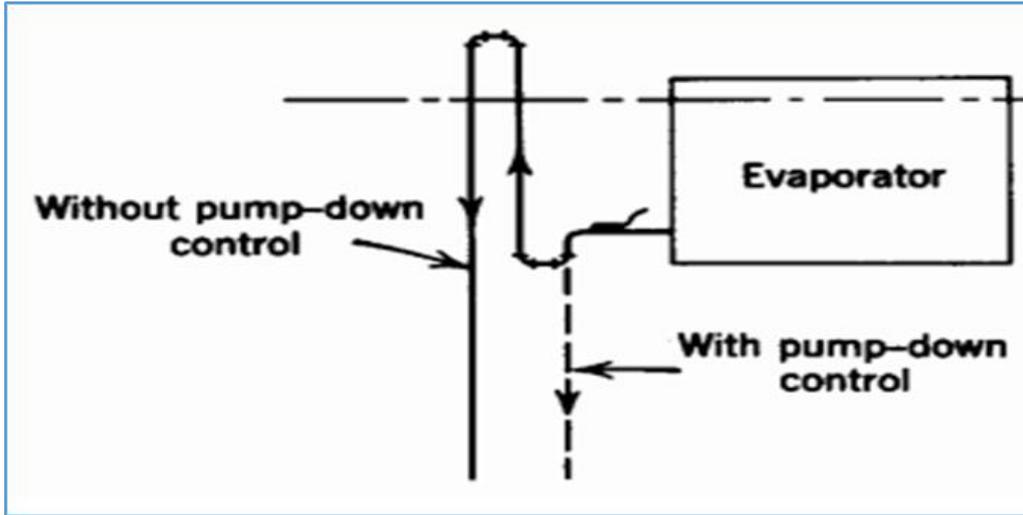
يمكن الاستغناء عن المبادل الحراري بتشغيل المنظومة على دورة التفريغ. ففي هذه الحالة يضخ سائل وسيط التبريد خارج المبخر قبل دورة وقف الضاغط ويعمل الصمام ذو الملف اللولبي

المركب على خط السائل قبل صمام التحكم في وسيط التبريد على منع أي كمية من سائل وسيط التبريد من الدخول الى المبخر حتى لو لم يتم احكام قفل صمام التمديد نفسه.

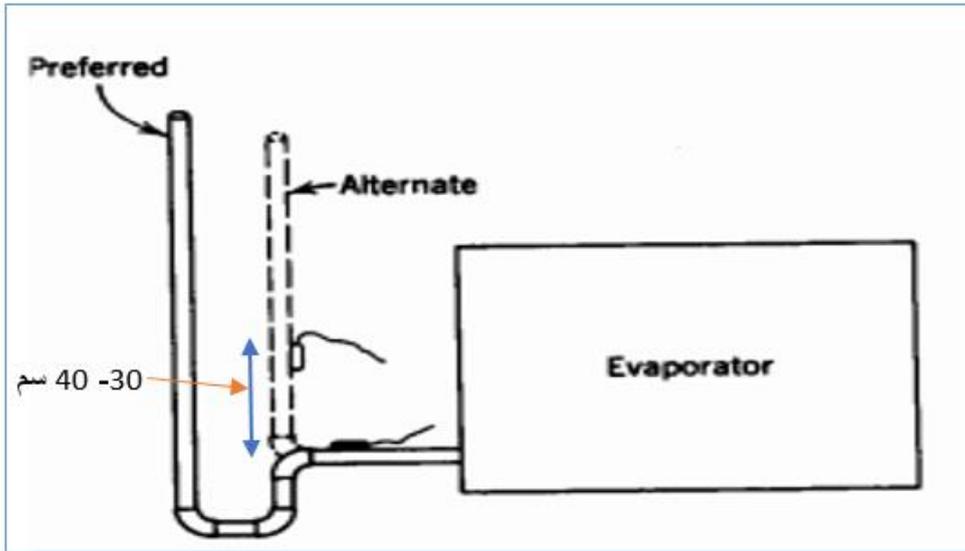


3. عمل مصيدة على خط الراجع.

(a) اذا كان المبخر فوق الضاغط والمجموعة لا تعمل على على دورة التفريغ يلزم عمل مصيدة على خط السحب بعد بصيلة صلم التمديد مباشرة بحيث لا يصفى سائل وسيط التبريد بفعل الجاذبية الأرضية من المبخر الى الضاغط خلال دورة الوقف، ولكن عند تشغيل المجموعة على دورة التفريغ يمكن الاستغناء عن المصيدة وترتيب الانابيب للتصفية الحرة نظراً لانه قد تم ضخ السائل كله من المبخر قبل دورة وقف الضاغط لاحظ الشكل ادناه.



(b) إذا كان موقع المبخر تحت الضاغط وركبت الانبوبة الصاعدة بجوار المبخر مباشرة فإنه يلزم عمل مصيدة للانبوبة الصاعدة لمنع تراكم سائل وسيط التبريد عند موقع البصيلة. من الممكن الاستغناء عن المصيدة ولكن يلزم تركيب البصيلة في موقع اعلى يبعد 30-40 سم كما مبين في الشكل ادناه.



الاسئلة البعدية:

1. ما هي الاعتبارات العامة لتصميم الانابيب؟.
2. ما هي الطرق المتبعة لتجنب دخول السائل الى الضاغط؟.

رقم المحاضرة: الثانية	
عنوان المحاضرة:	حساب قطر خط السحب والانبوبة الصاعدة المزدوجة
اسم المدرس:	اياد داود سليمان
الفئة المستهدفة:	المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف
الهدف العام من المحاضرة:	التعريف بأنابيب السحب
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	يعرف الاعتبارات العامة لمد شبكات الانابيب يتعلم الطالب معالجة المشاكل المتعلقة بأنابيب السحب يتعلم محددات خطوط السحب
استراتيجيات التيسير المستخدمة	عرض تقديمي – محاضرة
المهارات المكتسبة	استخدام الطريقة المناسبة لمعالجة مشكلة رجوع السائل الى الضاغط
طرق القياس المعتمدة	التغذية الراجعة

### الاسئلة القبليّة:

1. هل هناك اعتبارات لتصميم خطوط السحب؟.
2. كيف يتم معالجة اختلاف الحمل من حيث معدل تدفق وسيط التبريد؟.

### حساب قطر خط السحب

مقاس خط السحب يكون اكثر حرجاً من غيره

1. لأن صغر المقاس اكثر من اللازم يسبب انخفاض ضغط الوسيط مما ينتج عنه فقد كبير في السعة والكفاءة للجهاز.
2. بينما ينتج عن كبر المقاس اكثر من اللازم انخفاض كبير في سرعة الوسيط مما يسبب عدم رجوع الزيت من المبخر للضاغط.

أذاً يكون انصب مقاس لخط السحب هو المقاس الذي ينتج عنه ادنى فقد بالضغط مع الاحتفاظ بسرعة تضمن رجوع الزيت الى الضاغط. هناك جداول خاصة بالانابيب النحاسية والحديدية لوسائط التبريد (R12, R22) تستعمل لمعرفة مقاسات الانابيب والخصائص الفيزيائية. يتم تصميم منظومات التبريد التي تستخدم وسائط تمتزج بالزيت بطريقة تضمن رجوع الزيت للضاغط اما بفعل الجاذبية او بحملها مع بخار السحب. يجب الاخذ بنظر الاعتبار فيما اذا كان المبخر فوق او تحت الضاغط.

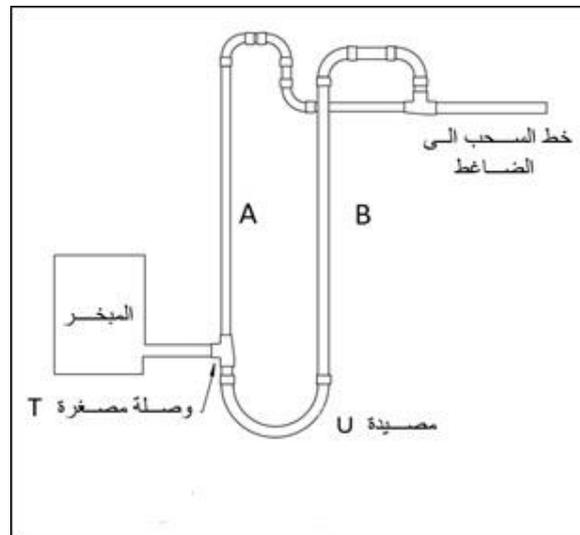
### الانابيب الصاعدة المزدوجة

عندما يتم تصميم خط السحب بالحجم الذي يسمح برجوع الزيت الى الضاغط عند ادنى حمل, فإن السرعة والانخفاض بالضغط ربما ستكون عالية جداً في حالة اقصى حمل, ولتلافي حصول ذلك فنحن بحاجة الى استخدام الانبوبة الصاعدة المزدوجة. والشكل ادناه يبين طريقة تركيب الانبوبة الصاعدة المزدوجة. ان مبدأ عمل الانبوبة الصاعدة هو كما يلي:

- تم تصميم الانبوبة الصغيرة (A) لأدنى حمل ممكن.
- تم تصميم الانبوبة الكبيرة (B) للحصول على انخفاض مناسب بالضغط خلال كلا الانبوتين (A و B) عند أقصى حمل ممكن.

عندما تعمل المنظومة بأقل حمل، فإن سرعة الغاز لا تكفي لحمل الزيت خلال الانبوتين (A و B)، في هذه الحالة سيتجمع الزيت بين الانبوتين في المصيدة (U trap) حتى يتم اغلاق الانبوب (B) تماماً، عندها ستكفي سرعة الغاز لحمل الزيت خلال الانبوبة (A) واستمرار الجريان خلالها، أما إذا زاد الحمل على المجموعة تزداد السرعة في الماسورة الصغيرة الصاعدة حتى يصبح خفض الضغط عبر الماسورة الصاعدة كافياً لطرد الزيت من المصيدة، ويتم الجريان حينها من خلال الماسورتين معاً.

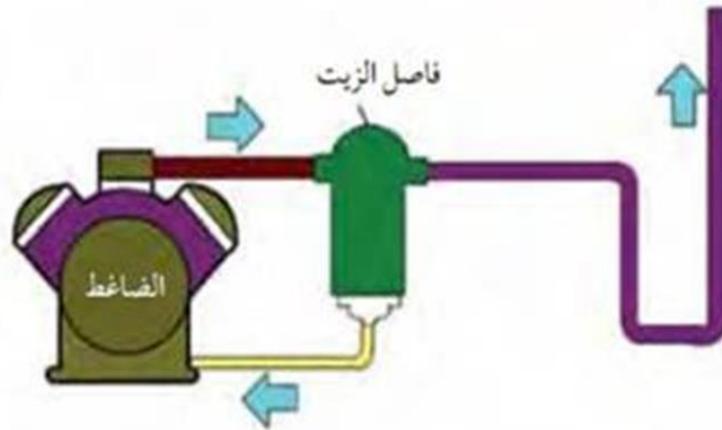
لاحظ ان المصيدة عند قاع الماسورة الصاعدة الكبيرة في الطريقة الثانية تتكون من كوعين 45° وكوع 90° وذلك لجعل حجم الزيت في المصيدة اقل ما يمكن. لاحظ ايضاً انه تم عمل عروة مقلوبة عند توصيل النهاية العليا لكلا الماسورتين الصاعدتين قبل اتصالهما بالخط الافقي وذلك حتى لا يصفى الزيت الذي يصل الى اعلى نقطة من خلال هاتين الماسورتين.



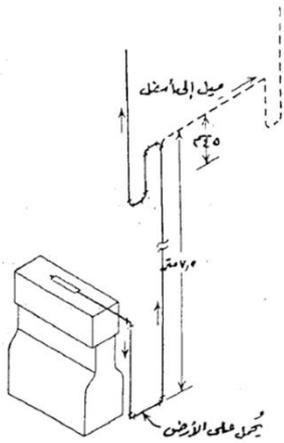
### خطوط التصريف

طريقة تعيين مقاسات انابيب التصريف مماثلة لانابيب السحب حيث ان انخفاض ضغط الوسيط ينتج عنه فقد كبير في السعة والكفاءة للجهاز لذلك يجب ان يكون قياسها مناسباً بحيث يكون الانخفاض بالضغط اقل ما يمكن.

يجب ان تميل انابيب التصريف للأسفل باتجاه انسياب وسيط التبريد، بحيث اذا حصل ضخ للزيت من الضاغط الى خط التصريف تتم تصفيته باتجاه المكثف ولا يصفى الى رأس الضاغط . بالرغم من ان ادنى سرعة للبخار خلال انابيب التصريف لا تكون عادة حرجة فانه يلزم تركيز الانتباه الى سرعة البخار في خط التصريف الصاعد. فكما في خط السحب الصاعد، يمكن تصميم خط التصريف الصاعد بحيث تكون سرعة البخار بداخله كافية على حمل الزيت عند اقلق حمل. يلزم تركيب فاصل الزيت على خط الطرد قبل المكثف من اجل اصطياد قطرات الزيت المنتقلة مع بخار وسيط التبريد واعادتها الى الضاغط مرة أخرى لاحظ الشكل ادناه.



عندما يكون الضاغط غير شغال، يصفى الزيت العالق بالجدار الداخلي لانبوب التصريف الصاعد بفعل الجاذبية الأرضية الى الأسفل. اذا كان طول خط التصريف الصاعد اكثر من 3 امتار فربما تصبح كمية زيت التصافي كبيرة ، لذلك يلزم عمل مصيدة باسفل خط التصريف وذلك بعمل عروة الى الأرض قبل اتصال الخط بالضاغط لتجنب نزول الزيت الى رأس الضاغط. اما اذا زاد طول الخط الصاعد عن 7.5 متر فيلزم عمل مصيدة أخرى للزيت كما هو واضح في الشكل ادناه.



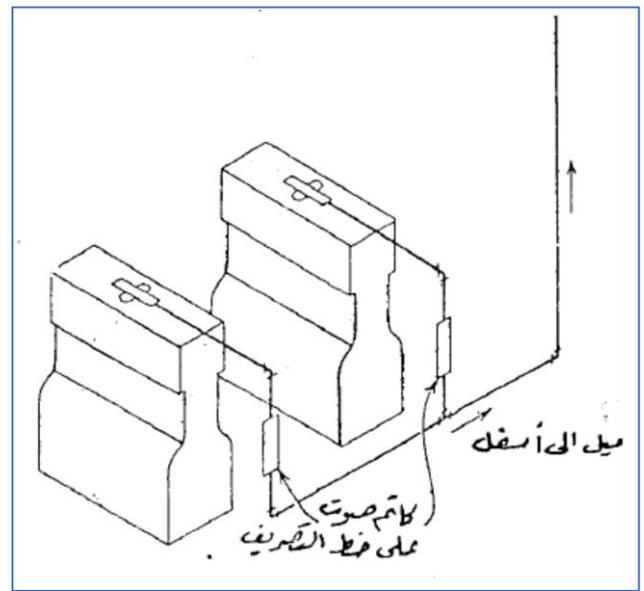
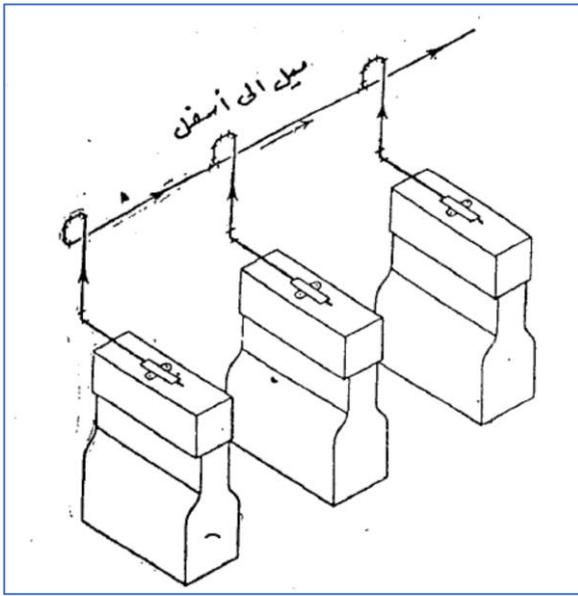
ولكن بطبيعة الحال يمكن الاستغناء عن المصائد في حالة استخدام فاصل الزيت حيث انه في اثناء دورة وقف الضاغط فان أي زيت موجود في انبوبة التصريف الصاعدة سوف يصفى الى جهاز فصل الزيت.

عند توصيل ضاغطين او اكثر يعملان على التوازي فيلزم ترتيب انابيب التصريف عند اتصالها بالضاغط بحيث لا يصل الزيت الذي يضخ الى خط الضاغط الشغال الى الضاغط المتوقف. يستحسن مد انبوبة التصريف من كل ضاغط الى قرب مستوى الأرض قبل توصيلها الى خط التصريف

الرئيسي المشترك بترتيب الانابيب بهذه الطريقة يصبح لا داعي لعمل مصيدة على خط الطرد الصاعد حيث ان المجمع الافقي المنخفض يقوم بهذا العمل.

عندما يتم تركيب مجمع التصريف في مكان يقع فوق الضاغط يلزم ان توصل كل انبوبة تصريف من كل ضاغط من اعلى المجمع حتى لا يصفى الزيت من اعلى المجمع الى رأس أي ضاغط متوقف.

حتى يتم تقليل الصوت والاهتزاز الناشئين من ضربات تصريف الضاغط يفضل تركيب كواتم للصوت في المنشآت التي بها عدة ضواغط. يلزم تركيب الكواتم على خط افقي او على خط متجه نحو الأسفل حتى يمكن تصفيتها بحرية ويمنع تركيبها على أي خط صاعد.



الاسئلة البعدية:

1. لماذا يعتبر مقياس خط السحب يكون اكثر حرماً من غيره؟.

رقم المحاضرة: الثالثة	عنوان المحاضرة:
اياد داود سليمان	اسم المدرس:
المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف	الفئة المستهدفة:
التعريف بأنابيب السائل	الهدف العام من المحاضرة:
يعرف الاعتبارات العامة لمد شبكات الانابيب يتعلم الطالب معالجة المشاكل المتعلقة بأنابيب السائل يتعلم محددات خطوط السائل	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
عرض تقديمي – محاضرة	استراتيجيات التيسير المستخدمة
استخدام الطريقة المناسبة لمعالجة مشكلة دخول البخار الى صمام التمدد	المهارات المكتسبة
التغذية الراجعة	طرق القياس المعتمدة

### الأسئلة القبليّة:

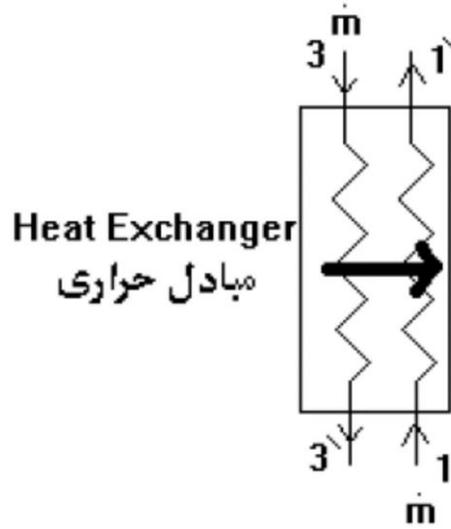
1. هل يؤثر دخول البخار الى صمام التمدد على اداء المنظومة؟.

### خطوط السائل

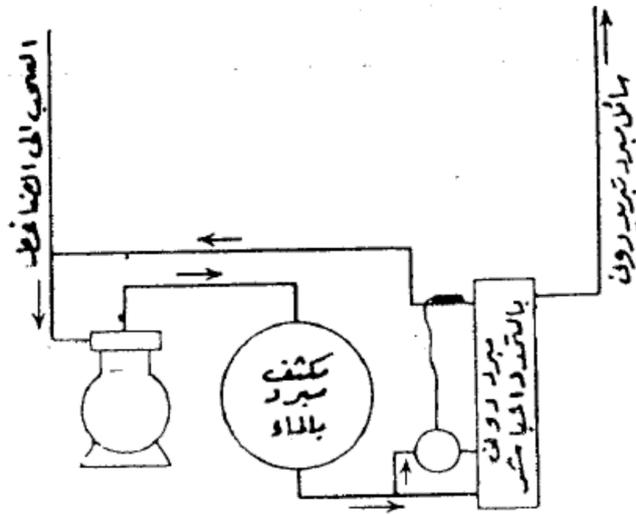
يقع خط السائل ما بين نهاية المكثف وبداية أداة التمدد ووظيفة هذا الخط هي توصيل تيار كامل من سائل وسيط التبريد المبرد تبريد دوني من خزان المستقبل الى أداة التمدد مع الاحتفاظ بضغط السائل مرتفع لدرجة تكفي لعمل أداة التمدد. تصميم خطوط السائل اقل حرجا من باقي الخطوط لان حالة الوسيط هي حالة سائلة لذلك فان الزيت الذي يدخل الى هذه الخطوط سوف يحمل مع سائل وسيط التبريد الى المبخر، ذلك لا توجد مشاكل بالنسبة لارجاع الزيت من خطوط السائل، وتتحصر المسألة اساساً في منع السائل من الوميض قبل ان يصل الى أداة التمدد. حيث ان حدوث الوميض في خطوط السائل يقلل من سعة جهاز التحكم ويؤثر على مسمار ومعد الصمام وينتج عنه اضطراب في التحكم في كمية وسيط التبريد المار خلال أداة التمدد، لذلك يلزم ضمان الحصول على سائل قبل دخول الوسيط الى أداة التمدد ولضمان ذلك ولكي نتخلص من ظاهرة الوميض نتبع عدة طرق منها:

1. باستخدام مبادل حراري

يتم فيه تبادل طاقه حرارية بين الوسيط الخارج من المكثف والداخل الى الضاغط مما يضمن فائدة مزدوجة وهي تكثيف البخار المتبقي الخارج من المكثف وتبخير السائل المتبقي الخارج من المبخر قبل الدخول الى الضاغط.



2. احيانا يمكن استخدام مبرد دوني بالماء وفي الحالات القصوى يمكن استخدام مبرد دوني بالتمدد المباشر كما هو واضح بالشكل ادناه حيث يلاحظ انقسام جزء من وسيط التبريد ليعمل على تبريد ما تبقى من الوسيط باستخدام التمدد المباشر.



الاسئلة البعيدة:

1. ما هي ظاهرة الوميض وكيف يتم معالجتها؟

## الفصل الثاني

### المنظومات الامتصاصية (التثليج الامتصاصي)

رقم المحاضرة: الرابعة	عنوان المحاضرة:
منظومة بوميد الليثيوم ماء	اياد داود سليمان
اسم المدرس:	المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف
الفئة المستهدفة:	التعريف منظومة بوميد الليثيوم ماء
الهدف العام من المحاضرة:	يعرف مبدأ عمل منظومة بوميد الليثيوم ماء الامتصاصية والفرق بينها وبين المنظومات الانضغاطية ومنظومة ماء امونيا الامتصاصية
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	عرض تقديمي – محاضرة
استراتيجيات التيسير المستخدمة	التمييز بين منظومة ماء امونيا ومنظومة بروميد الليثيوم ماء الامتصاصيتين وتطبيقات واستخدامات كل من المنظومتين
المهارات المكتسبة	التغذية الراجعة
طرق القياس المعتمدة	الأسئلة القبليّة:

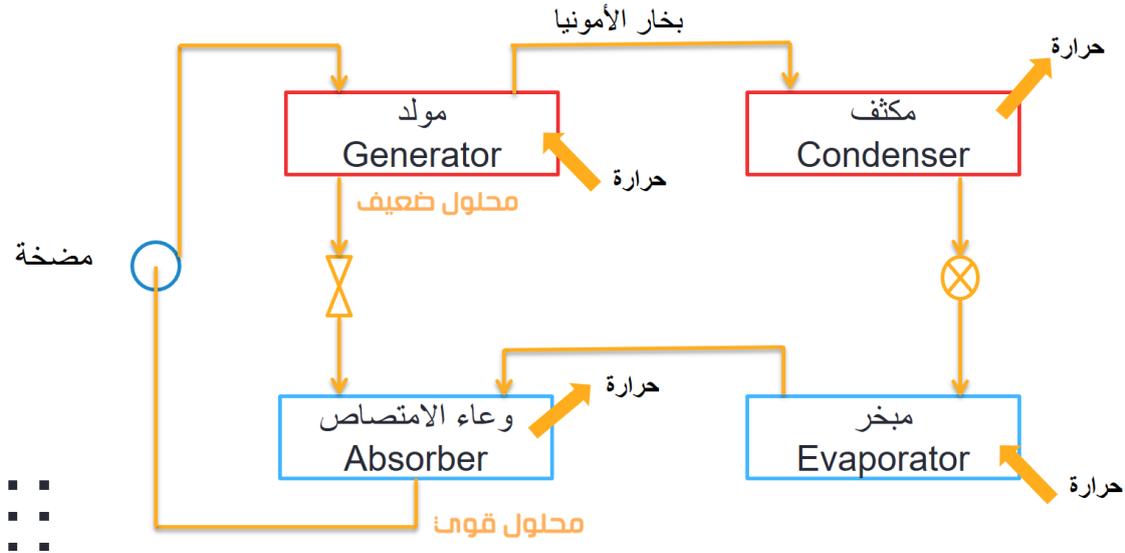
1- هل هناك منظومات تبريد وتكييف غير المنظومات الانضغاطية؟

2- لماذا يتردد دائماً منظومات التبريد الانضغاطية في حال وجود منظومات اخرى؟

يكاد ينحصر استعمال اجهزة التثليج الامتصاصية لاغراض تكييف الهواء في تطبيقات تثليج السائل ، وهي تشبه في هذا مكائن التثليج التي تستعمل ضاغطة الطرد المركزي . ومبدأ عمل الدورة الامتصاصية يقوم على تبخر سائل التثليج ( الماء والامونيا ) غالباً تحت ضغط منخفض في المبخر بامتصاصه الحرارة الكامنة للتبخر من المادة المطلوب تثليجها وانتاجه التثليج المطلوب تحت ضغط عال في المكثف وبذلك يكون عملها مشابهاً لعمل دورة التثليج بانضغاط البخار.

ان الاختلاف الرئيسي بين المنظومات الامتصاصية والانضغاطية هو القوة المسببة للحركة التي تقوم بتدوير مائع التثليج خلال المنظومة والتي تجهز الفرق اللازم في الضغط بين عمليتي التبخير والتكثيف ففي المنظومات الامتصاصية تبدل الضاغطة المستخدمة في المنظومات الانضغاطية بمجموعة وعاء الامتصاص (Absorber) والمولد (Generator) التي تؤدي نفس العمل الذي تنجزه الضاغطة الميكانيكية بالإضافة الى ذلك ان الطاقة اللازمة لعمل دورة انضغاط البخار تجهز بشكل شغل ميكانيكي بواسطة الضاغطة بينما تكون الطاقة اللازمة لدورة الامتصاص بشكل حرارة مجهزة الى المولد ، وتنتقل هذه الحرارة بواسطة بخار او ماء ساخن وتجهز في المنظومات الصغيرة عن طريق احتراق الغاز الطبيعي او الكيروسين . كما يمكن الاستفادة من الحرارة الناتجة من المجمعات الشمسية ومن المحطات الصناعية

والكيميائية في تشغيل هذه المنظومات يوضح الشكل ادناه المنظومة الامتصاصية الاساسية التي تتألف من اربعة اجزاء رئيسية وهي المبخر ووعاء الامتصاص في جانب الضغط المنخفض ،والمولد والمكثف في جانب الضغط المرتفع . وتتضمن المنظومة مائعين عاملين هما مائع التثليج ومادة الامتصاص او المادة الماصة (Absorbent)



تتم دورة مائع التثليج من المكثف الى المبخر ثم الى وعاء الامتصاص بينما ينتقل المحلول القوي من وعاء الامتصاص الى المولد.

المنظومات الامتصاصية على نوعين الاولى منظومة بروميد الليثيوم - ماء التي يكون فيها الماء مائع التثليج بينما يكون بوميد الليثيوم المادة الماصة وهي تستخدم لاغراض تكييف الهواء .

اما النوع الاخر فهو منظومة الامونيا - ماء التي تكون فيها الامونيا مائع التثليج بينما يكون الماء هو المادة الماصة . وهي تستخدم على نطاق واسع في التطبيقات الصناعية ويمكن الحصول في هذه المنظومة على درجات حرارة اوطأ مما يمكن الحصول عليه في منظومة بوميد الليثيوم - ماء .

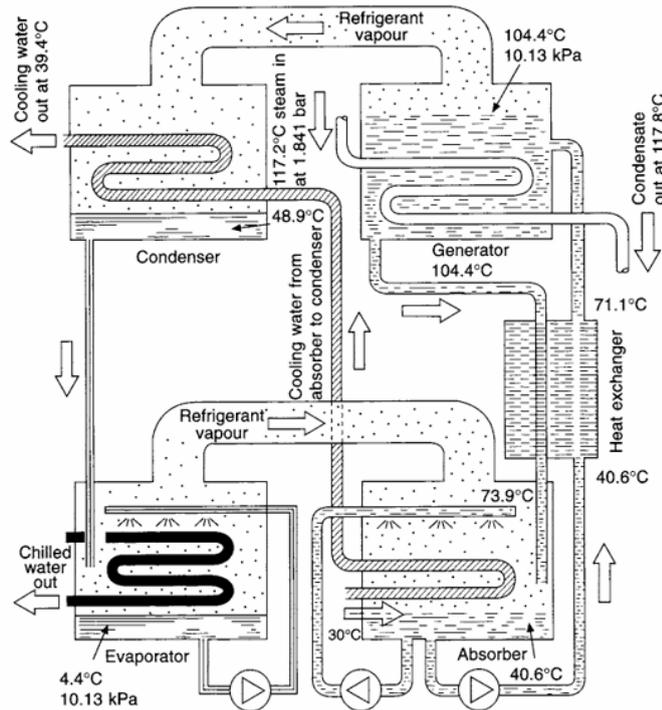
### منظومة بوميد الليثيوم ماء

في منظومة بوميد الليثيوم ماء يستخدم بروميد الليثيوم كمادة ماصة لقابليته الكبيرة على امتصاص مائع التثليج المتبخر ( بخاء الماء ) في المبخر عند درجة حرارة واطئة تحت تأثير الفراغ الكبير. تزداد سرعة التبخر لحجم معين من مائع التثليج داخل المبخر كلما ازدادت مساحته السطحية وافضل طريقة لهذا الغرض هي رش الماء ( مائع التثليج ) وبذلك تستخلص الحرارة من الماء المطلوب تثليجه لانجاز حمل التبريد بفعل غليان الماء في الفراغ. يتكون محلول غني من بروميد الليثيوم والماء داخل وعاء الامتصاص نتيجة انتقال بخار الماء من المبخر وذوبانه في بروميد الليثيوم ولهذا تقل قابلية بروميد الليثيوم على امتصاص بخار

الماء ثم تنتج حالة توازن بحيث يتوقف بخار الماء نتيجة ارتفاع الضغط داخل المبخر مع تبخر الماء الى ان يصل الضغط الى ضغط التشبع المناظر لدرجة الحرارة المطلوبة، لذا لا يحصل أي تبريد إضافي ولهذا يسخن المحلول الغني من وعاء الامتصاص الى المولد اذا تضاف اليه طاقة حرارية فيتبخر الماء ويبقى المحلول فقيراً في المولد ويعاد مرة أخرى الى وعاء الامتصاص ويرش لزيادة مساحته السطحية لكي تزداد قابليته على امتصاص بخار الماء من المبخر.

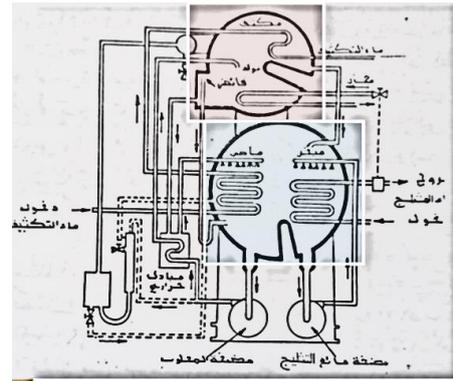
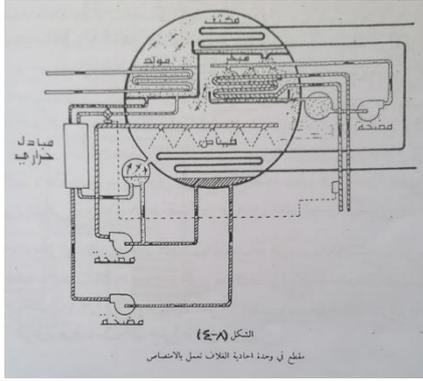
بعد تبخر الماء من المحلول الغني في المولد يمكن تكثيفه واعادته مرة أخرى الى المبخر بشكل سائل. وتتم هذه العملية في المكثف وبذلك يمكن الحصول على دورة تثلج محكمة الغلق وكذلك يمكن الاستغناء عن عملية تعويض الماء المتبخر.

تتولد طاقة حرارية في المكثف ووعاء الامتصاص يتم ازلتها بواسطة ماء التبريد. تتولد الحرارة نتيجة لامتصاص بروميد الليثيوم للماء حيث تمثل هذه الحرارة الحرارة الكامنة لتكثيف الماء في المكثف وحرارة التفاعل بين بروميد الليثيوم وبخار الماء في وعاء الامتصاص حيث يبرد هذا المحلول لزيادة قابلية بروميد الليثيوم على امتصاص بخار الماء. اما في المكثف فيستخدم الماء لتكثيف بخار الماء الساخن الخارج من المولد. كما هو موضح في الشكل ادناه.



يمكن استخدام مبادل حراري بين المحلول القوي الذاهب الى المولد والمحلول الضعيف العائد الى وعاء الامتصاص لزيادة كفاءة الدورة. يمكن وضع كل من المبخر ووعاء الامتصاص داخل وعاء واحد والمكثف

والمولد داخل وعاء آخر. حيث تشكل هذه العملية تصميمًا اقتصاديًا وكذلك يمكن بواسطته التخلص من التحديد في كمية البخار المنقل بأحجام الانابيب التي توصل بين اجزاء المنظومة. كما يمكن جمع الاجزاء الاربعة لدورة التثليج الامتصاصية داخل وعاء واحد. وهي حالة ذات منفعة اقتصادية اذا تم منع انتقال الحرارة بين الاجزاء الساخنة والباردة عن طريق عزلها عن بعضها بطريقة جيدة. لاحظ الشكلين ادناه.



تستخدم منظومة بروميد الليثيوم - ماء عادة في منظومات تكييف الهواء لعدم امكانية الحصول على درجة حرارة الصفر إذ ان الوسيط المستخدم هو الماء.

المنظومة الانضغاطية	المنظومة الامتصاصية	
معامل الاداء افضل بقليل في حالة احتساب خسائر الطاقة الكهربائية من محطة التوليد والى المنظومة.	معامل الاداء جيد في حالة توفر الطاقة الحرارية المطلوبة للمنظومة بسعر رخيص.	1
تحتاج الى صيانة اكثر نظرا لكثرة الاجزاء المتحركة وحالات التآكل.	تحتاج الى صيانة اقل نظرا لقلّة الاجزاء المتحركة وحالات التآكل.	2
العمل في ضغط واطى جدا يسبب نقصان في سعة التبريد.	العمل في ضغط واطى جدا لا يؤثر على سعة التبريد بل بالعكس سوف تزيد.	3
غير اقتصادية في عمليات التكييف الكبيرة نظرا لتكلفة الطاقة الكهربائية المصروفة.	اكثر اقتصادية في عمليات التكييف الكبيرة ومفضلة في حالة توفر الوقود الرخيص.	4
الضاغط هو الجز الرئيسي في هذه المنظومة.	يقوم مقام الضاغط كل من (وعاء الامتصاص، مضخة تدوير و مولد البخار).	5
معادلة توازن الطاقة $Wc + Qe = Qc$	معادلة توازن الطاقة $Qe + Qg + Wp = Qc + Qa$	6





الحرارة المطلوبة في المولد. اما المكرر فهو مبادل حراري مغلق وظيفته تبريد البخار الخارج من المحلل اكثر بحيث يتبرد بخار الأمونيا ويتكثف باقي بخار الماء ويعود بخار الماء المتكثف ومعه قليل من الأمونيا الذائبة إلى أعلى المحلل بواسطة أنبوب ويسمى ( الماء المتكثف ومعه قليل من الأمونيا) المحلول الراجع من المكرر إلى المحلل بالقطران. ويكون المكرر اعتيادي على شكل إسطوانة وأنابيب أو إسطوانة وملف أو أنبوبين متحدا المركز على غرار المكثفات تماما. وتكفي اعتياديا درجات حرارة ما بين ( 37 – 49 C ) في المكرر لتجفيف بخار الأمونيا أما إذا كانت الدرجة الحرارة أوطى من ذلك فقد تسبب تكثف الكثير من الأمونيا ذاتها وعودتها مع القطران إلى المحلل والمولد.

لا يختلف عمل المكثف وأداة التمدد والمبخر في منظومة الماء-نشارد عن المنظمات الأخرى ويقوم المبادل الحراري بين المحلول المركز والمحلول المخفف بعملية كفاءة اقتصادية حيث تقلل الحرارة المطلوبة للتسخين في المولد ويقلل التبريد المطلوب في وعاء الامتصاص ويمكن إضافة مبادل حراري آخر ما بين بخار الأمونيا الخارج من المبخر وسائل الأمونيا القادم من المكثف ليقوم بتبريد السائل تبريدا فائقا وزيادة حرارة البخار تماما مثل عمله في دورة التثليج الأنضاعطية وليست هناك حاجة في هذه المنظومة لمضخات إضافية على غرار منظومة بروميد الليثيوم-ماء وإنما يكتفي بمضخة المحلول المركز فقط.

منظومة بروميد الليثيوم-ماء	منظومة ماء - أمونيا
1 وسيط التثليج هو الماء بينما المادة الماصة هي بروميد الليثيوم.	وسيط التثليج هو الأمونيا بينما المادة الماصة هي الماء.
2 لا تحتاج الى اجزاء اضافية لتصفية بخار الماء لأن بروميد الليثيوم لا يتبخر في المولد.	تحتاج الى المحلل والمكرر لتصفية بخار الأمونيا من بخار الماء في المولد.
3 الأجزاء الرئيسية هي (وعاء الامتصاص، المضخة، المولد، المكثف ، صمام التمدد، المبخر)	اضافة الى هذه الاجهزة يضاف المحلل والمكرر او وعاء الفصل.
4 لا يمكن الحصول على درجات حرارة دون الصفر درجة مئوية في المبخر لأن وسيط التثليج هو الماء	يمكن الحصول على درجات حرارة دون الصفر درجة مئوية في المبخر لأن وسيط التثليج هو الأمونيا.
5 احدى تطبيقاتها هي منظومات تكييف الهواء للمباني.	احدى تطبيقاتها هي ثلاجة الكترولكس الصراوية.
6 تحتاج لعدة مضخات لزيادة مساحة التبادل الحراري في المبخر ووعاء الامتصاص وضخ المحلول الغني الى المولد.	ممكن الاكتفاء بمضخة واحدة في هذه المنظومة لضخ المحلول الغني الى المولد.

#### الاسئلة البعدية:

1. ما هو الفرق بين منظومة بروميد الليثيوم ماء ومنظومة ماء امونيا؟.
2. لماذا يتم اضافة المكرر والمحلل في منظومة ماء امونيا ولا يتم اذقتها في منظومة بروميد الليثيوم ماء؟.
3. ما هي فائدة المبادل الحراري في المنظومة واين هو موقعه؟.

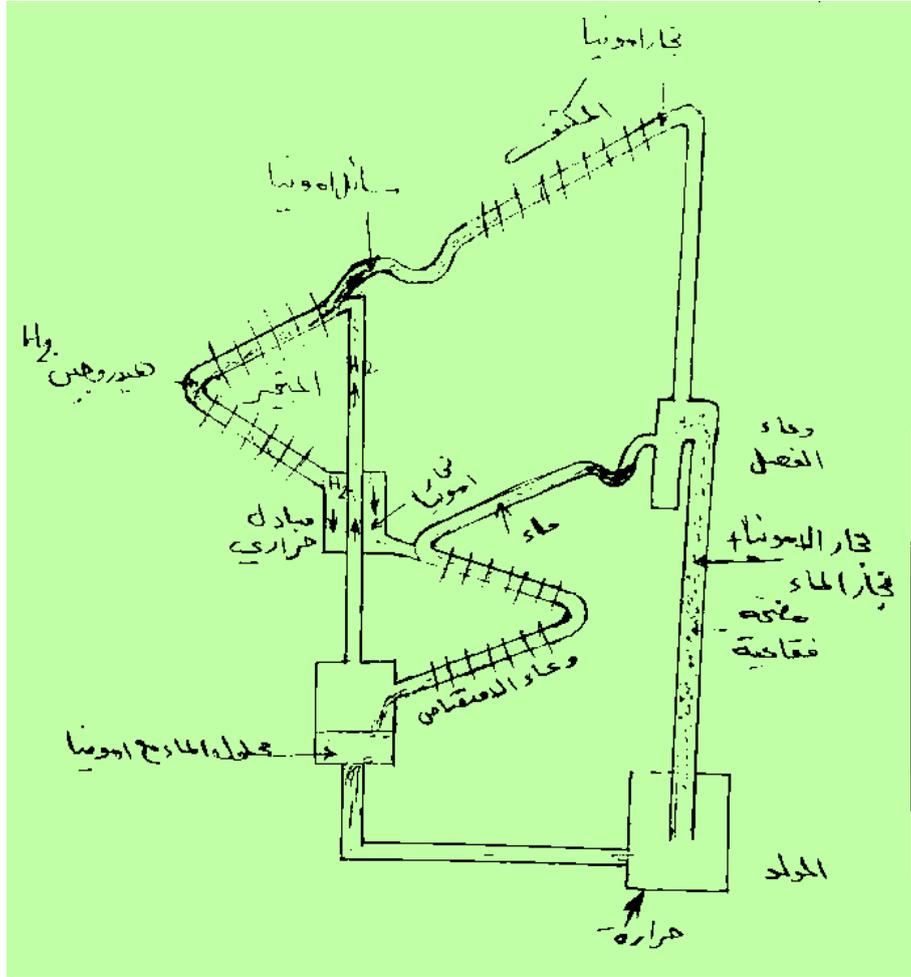
رقم المحاضرة: السادسة	
عنوان المحاضرة:	ثلاجة الكترولكس
اسم المدرس:	ايداد داود سليمان
الفئة المستهدفة:	المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف
الهدف العام من المحاضرة:	التعريف على احد تطبيقات منظومة ماء امونيا الامتصاصية
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	يعرف مبدأ عمل المنظومة والغازات المضافة بالمقارنة مع المنظومات الامتصاصية الاخرى
استراتيجيات التيسير المستخدمة	عرض تقديمي - محاضرة
المهارات المكتسبة	يتعلم خصائص غاز الهيدروجين ومدى تأثيره على الدورة
طرق القياس المعتمدة	التغذية الراجعة

### الاسئلة القبليه:

1. هل تعتبر ثلاجة الكترولكس ثلاجة بمفهومها العام؟
2. هل تحتوي على اضافات بالمقارنة مع باقي المنظومات الامتصاصية؟
3. هل تحتوي على مضخة؟

يقتصر إنتاج منظومة الكترولكس على الثلاجات المنزلية وكان أول من اخترعها السويديان (كارل) و(بلاترز) عندما كانا طالبين دراسات أولية عام (١٩٢٥) ثم بدأت بيتطويرها وإنتاجها شركة الكترولكس السويدية وسميت الثلاجة باسمها الكترولكس. وهي دورة تثليج امتصاصية تعمل الامونيا مائعاً للتثليج والماء كمادة ماصة كما تحتوي على مائع ثالث وهو غاز الهيدروجين ( $H_2$ ) الذي يقوم بموازنة الضغط بين جانبي الضغط الواطي والضغط العالي ولا تحتوي هذه الثلاجة على مضخة ميكانيكية لتدوير المحلول. أي أنها لا تحتوي على أجزاء متحركة بتاتاً وتعمل بصمت تام، اما تجهيز الحرارة إلى المولد فكان بأدئ الأمر يأتي من لهب نفطية، ولكن تعمل الثلاجات الحديثة بمسخن كهربائي كونه أكثر اماناً وأكثر ملائمة وأنظف بكثير. تأتي الحرارة إلى المولد ويسخن المحلول جاعلاً بخار الأمونيا يتصاعد إلى الأعلى وبدلاً من أن ينفصل البخار عن المحلول في المولد فقد صمم المولد بحيث تجري عملية التدوير المحلول بينه وبين وعاء الامتصاص بواسطة مضخة فقاعية ذاتية (bubble pump) تعوض عن المضخة الميكانيكية حيث يمتد الأنبوب الناقل لبخار الامونيا من المولد يمتد إلى تحت مستوى المحلول في المولد فعندما تتكون فقاعات بخار الأمونيا وتصعد إلى أعلى في هذا الأنبوب تنقل امامها دفعات صغيرة من المحلول المخفف إلى وعاء الفصل (seperator) مكونة بذلك مضخة فقاعية ثم يتصاعد بخار الأمونيا إلى المكثف حيث يقوم بطرح الحرارة إلى هواء الغرفة ويجري سائل الأمونيا بفعل الجاذبية إلى المبخر ويتبخر السائل هناك ممتصاً الحرارة من المكان المثليج ويجري المحلول المخفف بفعل الجاذبية من وعاء الفصل

إلى وعاء الامتصاص حيث يقوم بامتصاص بخار الأمونيا من المبخر مكوناً بذلك محلولاً مركزاً يجري إلى المولد ثانية حيث تبدأ الدورة من جديد. الشكل ادناه يوضح ثلاجة الكترولكس.



يوجد في المبخر ووعاء الامتصاص غاز الهيدروجين ( $H_2$ ). وبإمكان سائل الأمونيا التبخر بوجود الهواء أو غازات أخرى. وكلما كان الغاز أخف كان تبخر الأمونيا أسرع. وبما انه الهيدروجين أخف الغازات ولا يسبب الصدى وغير ذائب في الماء فإنه ملائم جداً للاستعمال في هذه الدورة. ويسلط الهيدروجين ضغطه جزئياً بحيث يكون مجموعه مع الضغط الجزئي لبخار الأمونيا في المبخر مساوياً لضغط الأمونيا والماء في المكثف والمولد ولذلك يتبخر سائل الأمونيا عند وصوله المبخر بدرجة حرارة واطئة مؤدياً إلى التثليج لانخفاض ضغط الأمونيا الجزئي في المبخر. أما في المكثف حيث لا يوجد هيدروجين فإن عملية التثليج تجري بدرجة حرارة عالية نسبياً تتمكن من طرح الحرارة إلى هواء الغرفة وذلك لارتفاع ضغط الأمونيا يدور الهيدروجين مع أبو بخار الأمونيا في المبخر إلى أعلى ثم يمران على مبادل حراري حيث يسخنان قليلاً بفعل غاز الهيدروجين الصاعد من وعاء الامتصاص ثم يصل الاثنان الى وعاء الامتصاص حيث يتلامس بخار الأمونيا مع المحلول المخفف الوارد من وعاء الفصل ويذوب فيه مكوناً محلول مركزاً يجري

بعدها إلى المولد بفعل الجاذبية. لاحظ وجود محبسين نونيين (Utrap) في الدورة الأولى بين المكثف والمبخر والثاني بين وعاء الفصل ووعاء الامتصاص. ويعمل هذان المحبسان على فصل جانب الضغط الحالي عن جانب الضغط الواطئ ان صح التعبير. ويكون التعبير صحيحاً عند الكلام عن ضغط الامونيا فقط ولكن لنقل ان المحبسين يمنعان غاز الهيدروجين من التسرب من جانب المبخر ووعاء الامتصاص الى جانب المولد والمكثف وذلك لاحتوائهما على سائل يمنع عبور الغاز.

تستخدم الامونيا في هذه الثلجة بالرغم من كونها مؤذية وسامة لأنها تشمل جميع الصفات المطلوبة، ولعدم احتواء المنظومة على أي صمامات أو أجزاء متحركة فإن احتمال تسريبها إلى الخارج يكاد يكون معدوماً. إضافة إلى ذلك فإنه كمية الأمونيا في الدورة قليلة جداً مما يقلل احتمال حصول الأذى من جرائها. ولا تزال ثلجة الكترولكس تنتج بشكل تجاري خاصة الصغيرة منها. ويفضلها البعض لهدوئها التام على مثيلاتها بالدورة الانضغاطية.

الاسئلة البعيدة:

1. ما هي فائدة الهيدروجين ولماذا يكون ملائماً للاستعمال في ثلجة الكترولكس؟
2. وضح بالرسم ثلجة الكترولكس.
3. تحتوي ثلجة الكترولكس على مصيدتين U trape ما الفائدة منهما؟

## الفصل الثالث

رقم المحاضرة: السابعة	عنوان المحاضرة:
التبريد الكهروحراري - Thermoelectric Cooling	
اياد داود سليمان	اسم المدرس:
المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف	الفئة المستهدفة:
التعرف على مبدأ عمل التبريد الكهروحراري	الهدف العام من المحاضرة:
يتعلم تأثير سيبك وتأثير بلتير وكيفية الحصول على التبريد من الكهرباء	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
عرض تقديمي - محاضرة	استراتيجيات التيسير المستخدمة
امكانية عمل منظومة مصغرة	المهارات المكتسبة
التغذية الراجعة	طرق القياس المعتمدة

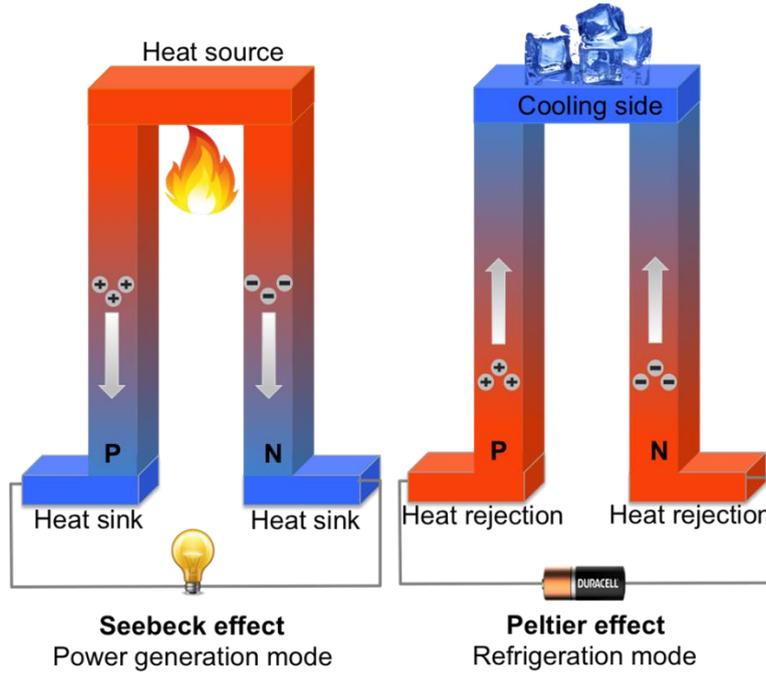
الاسئلة القبليّة:

1. هل هناك تشابه بين التبريد الكهروحراري والمنظومات الأخرى؟.
2. هل بالامكان الحصول على التدفئة والتبريد عن طريق عكس التيار؟.

### التبريد الكهروحراري - Thermoelectric Cooling

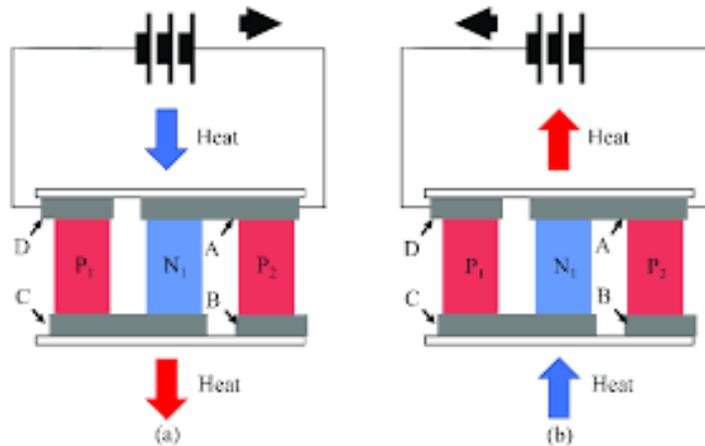
العملية الكهروحرارية هي وسيلة للتخلص من الحرارة من منطقة معينة ونقلها الى منطقة اخرى باستخدام الطاقة الكهربائية كوسيط ناقل للحرارة. تستخدم هذه التقنية في الثلاجات المتنقلة والثلاجات المنزلية وبراد الماء وتبريد الاجهزة الالكترونية المستخدمة في تبريد المركبات الفضائية والطائرات.

في عام 1834م تم اكتشاف ما يعرف بتأثير بلتير للازدواج المعدني (Peltier effect) والذي أصبح فيما بعد أساساً لمفهوم التبريد الكهروحراري، ويمكن توضيح فكرة الازدواج المعدني من خلال شرح فكرة الازدواج الحراري. يعتمد الازدواج الحراري على حدوث فرق جهد كهربائي بين معدنين مختلفين عند تماسهما، فإذا تم وصل معدنين بحيث يكونان دائرة مغلقة وكانت إحدى نقاط الاتصال ذات درجة حرارة أعلى من درجة حرارة نقطة الاتصال الأخرى؛ فإن تياراً كهربائياً سوف يسري في الدارة بسبب فرق الجهد المتولد، ويطلق على هذه الظاهرة تأثير سيبك.



عندما نعكس العملية السابقة فإننا سنحصل على تأثير بلتيير؛ أي أننا إذا قمنا بتعريض وصلتين معدنيتين في دائرة مغلقة لفرق جهد كهربائي خارجي، فإن إحدى الوصلتين سترتفع درجة حرارتها بينما ستتنخفض درجة حرارة الوصلة الأخرى، أي أن الطاقة الكهربائية المعطاة للمنظومة أدت إلى حدوث فرق في درجات الحرارة بين الوصلتين، وهو عكس تأثير الازدواج الحراري الذي هو توليد طاقة كهربائية بسبب وجود فرق في درجات الحرارة بين الوصلتين.

يستفاد من تأثير بلتيير المذكور في بناء منظومة التبريد الكهروحراري، حيث توضع الوصلة الباردة في الحيز المراد تبريده وتوضع الوصلة الأخرى الساخنة خارجه، وبالتالي تنتقل الحرارة من الحيز المراد تبريده إلى الوصلة الباردة ثم إلى الوصلة الساخنة ومن ثم تطرح إلى الوسط الخارجي، فتقوم المنظومة بهذا الشكل بضخ الحرارة عبر الإلكترونات بدلاً من مركب التبريد (وسيط التبريد) في منظومة التبريد الانضغاطية.



ومع التطور التقني تم استعمال اشباه الموصلات (Semiconductors) مثل السيليكون و الجرمانيوم بدلاً من المعادن حيث أنها ذات فعالية أكبر، فإذا جعلنا تياراً كهربائياً يسري من نصف الناقل ذو النوع N إلى نصف الناقل من النوع P فإن الوصلة بينهما تبرد بينما تسخن الوصلة على الناحية الأخرى، وفي حال عكسنا التيار بحيث يسري من نصف الناقل ذو النوع P إلى نصف الناقل ذو النوع N فإن الوصلة التي كانت باردة في الحالة الأولى ستسخن بينما ستبرد الوصلة الأخرى التي كانت ساخنة، لكن وصلة واحدة لا تعطي تأثيراً تبريدياً ذا أثر واضح، لذلك نستخدم كما ذكرنا عدة وصلات على التوالي لإحداث أثر تبريدي فعال.

من مزايا هذه الطريقة في التبريد أنها لا تحوي أجزاء متحركة وبالتالي فإننا نتخلص من عبئ الصيانة والتزييت وتبديل القطع المهترئة وغير ذلك من تبعات استخدام أجزاء متحركة، كما أنها لا تصدر ضوضاء ولا ملوثات غازية فهي صديقة للبيئة، ويمكن استخدامها للتبريد الموضعي في التجهيزات الصغيرة التي لا تحتاج سوى معدلات تبريد صغيرة.

أما عن مساوئها؛ فإن كفاءتها منخفضة، حيث أنها تستهلك طاقة كهربائية كبيرة من أجل التبريد، ولم يتم حتى الآن استخدامها بشكل اقتصادي في تكييف الهواء في المباني.

الاسئلة البعيدة:

1. وضح مع الرسم تأثير سيبك.
2. وضح مع الرسم تأثير بلتير.

رقم المحاضرة: الثامنة	
عنوان المحاضرة:	التبريد بنفث البخار – Steam Jet Refrigeration
اسم المدرس:	اياد داود سليمان
الفئة المستهدفة:	المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف
الهدف العام من المحاضرة:	التعرف على مبدأ عمل التبريد بنفث البخار
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	يتعلم الطالب ان هناك مصادر للحصول على التبريد اخرى غير الطاقة الكهربائية كيفية الاستفادة من البخار للحصول على التبريد
استراتيجيات التيسير المستخدمة	عرض تقديمي – محاضرة
المهارات المكتسبة	امكانية عمل منظومة مصغرة
طرق القياس المعتمدة	التغذية الراجعة

الأسئلة القبليّة:

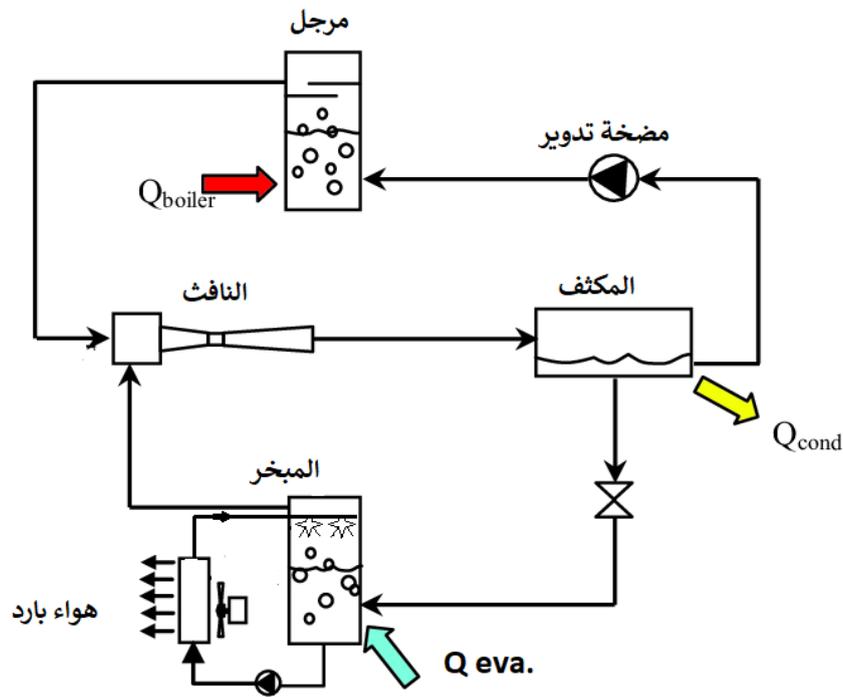
1. هل هناك مصادر للحصول على التبريد اخرى غير الطاقة الكهربائية؟

### التبريد بنفث البخار – Steam Jet Refrigeration

استخدمت وحدات التبريد بنفث البخار بوقت مبكر من ثلاثينيات القرن الماضي . استخدمت لتكييف المباني الكبيرة وللحصول على ماء مبرد للعمليات الصناعية وفي تبريد الخضراوات تحت ضغط مخلخل وكذلك استخدمت في عمليات تركيز عصير الفواكه.

الماء هو مائع التثليج هنا وتبخره يؤدي الى حصول فعل التثليج حيث يتبخر رذاذ من الماء في المبخر مسبباً هبوطاً في درجة الحرارة لبقية السائل في قعر المبخر. وبالطبع لا بد من ازالة بخار الماء من المبخر بوسيلة ما لضمان استمرار العملية . ولا ينفع هنا الضاغط الترددي لضخامة معدل التدفق الحجمي لبخار الماء ولكن بإمكان نفث البخار ضخ الكمية الكبيرة من بخار الماء وبدون أي تلوث ما دام البخار الحركي ومائع التثليج من نفس المادة يعمل نفث البخار بالأسلوب التالي : يجهز البخار الدافع الى النفث الرئيسي بضغط (6-10) ضغط مقياس وبسبب شكل النفث فإن البخار يخرج منه بسرعة أعلى من سرعة الصوت ويمر هذا البخار السريع جدا في ضائقة – منفرجة ساحباً معه بخار الماء من المبخر ويسمى المبخر كذلك في هذه الحالة (حجرة الترديد) وذلك لأن الماء يتردد بفعل منفتحات رش المبخر ويتطاير الرذاذ الى أعلى مسحوبا ببخار النفث الرئيسي وتقوم المنفرجة بتحويل جزء من طاقة البخار الحركية الى محتوى حراري مسببة بذلك زيادة ضغط البخار الى ضغط المكثف.

يتكثف بخار ماء النفاث الرئيسي وبخار الماء المسحوب من المبخر في المكثف معاً بدرجة حرارة بحدود (38C) حيث يكون مبرداً بالماء القادم من برج تبريد أو من مصدر آخر مثل نهر قريب أو ما شابه . يقوم نفاث البخار الرئيسي والضائقة المنفرجة بعمل الضاغط في الدورة الانضغاطية ويعمل المولد ووعاء الامتصاص في الدورة الامتصاصية . تكون كلفة تشغيل منظومة تتليج نفاث البخار قليلة عند توفر البخار بكلفة قليلة وكذلك كلفة أدامة هذه المنظومة قليلة لخلوها من الأجزاء المتحركة عدا مضختين من مساوئ هذه المنظومة هي عدم إمكانية استخدامها لدرجات حرارة دون الصفر المئوي. الشكل ادناه يوضح منظومة نفث البخار.



الاسئلة البعدية:

1. وضح مع الرسم طريقة عمل التبريد بنفث البخار.

رقم المحاضرة: التاسعة	التبريد بالإنبوبة الدوامة Vortex Tube
عنوان المحاضرة:	اياد داود سليمان
اسم المدرس:	المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف
الفئة المستهدفة:	التعرف على مبدأ عمل التبريد بالإنبوبة الدوامة
الهدف العام من المحاضرة:	يتعلم الطالب ان هناك مصادر للحصول على التبريد اخرى غير الطاقة الكهربائية كيفية الاستفادة من الهواء المضغوط للحصول على تدفئة وتبريد بنفس الوقت
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	عرض تقديمي – محاضرة
استراتيجيات التيسير المستخدمة	امكانية عمل منظومة مصغرة
المهارات المكتسبة	التغذية الراجعة
طرق القياس المعتمدة	

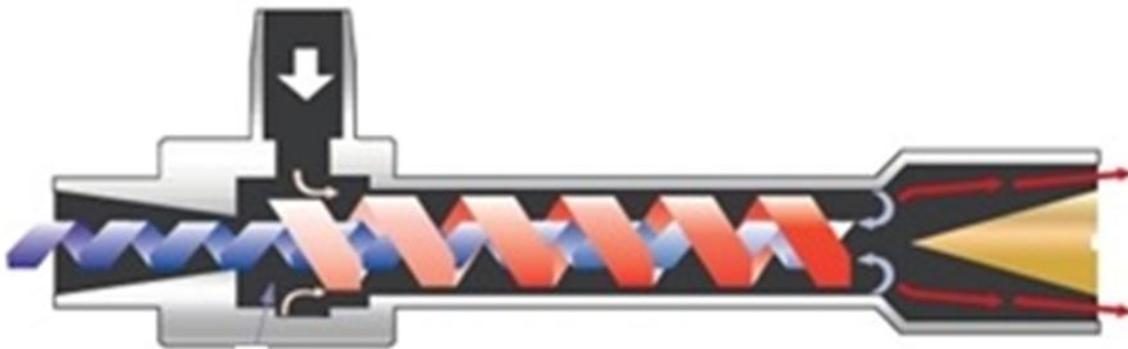
الأسئلة القبليّة:

1. هل هناك مصادر للحصول على التبريد اخرى غير الطاقة الكهربائية؟

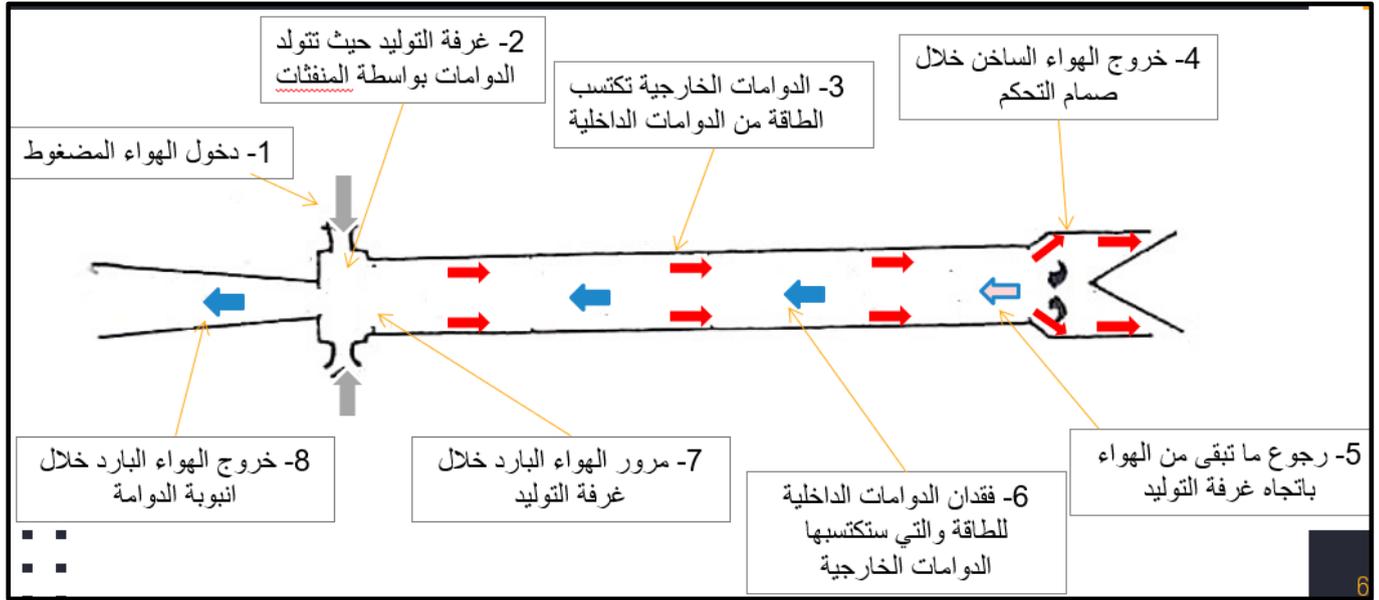
### التبريد بالإنبوبة الدوامة Vortex Tube

يعتبر الهواء المضغوط مصدر الطاقة اللازمة لعمل هذه المنظومة كما تسمى ايضاً هذه المنظومة بانبوبة رانك-هلس نسبة الى العالمان رانك وهلس الذان قاما بتطوير هذا الجهاز. للانبوبة القدرة على تجهيز التبريد والتدفئة في نفس الوقت. تقوم هذه الانبوبة بتحويل جريان الهواء المضغوط الى تيارين متعاكسين من الهواء احدهما ساخن والآخر بارد. كما يمكن تغيير كمية الهواء الساخن والهواء البارد المندفع من فتحات الخروج. فلو كان على سبيل المثال ضغط الهواء المستخدم 690 kpa ودرجة حرارته 21C فمن الممكن تنظيم المنظومة لتبريد نصف كمية الهواء الى 34 C- وتدفئة النصف الآخر الى درجة 31 C في نفس الوقت.

لاحظ الشكل



الشكل ادناه يبين مبدأ عمل هذه المنظومة والمراحل التي يمر بها الهواء المضغوط للحصول على التدفئة والتبريد.



هناك تطبيقات مختلفة لأنبوبة الدوامة. ونظرا لاعتماد عملها على الهواء المجهز بضغط عالي نسبيا، فانها تستخدم في المواقع التي يستنزف فيها الهواء باردا كان ام ساخنا. وتعتبر ملائمة عندما تكون الحاجة للتبريد والتهوية في نفس الوقت ويتركز تطبيقها في:

- 1- ملابس المعدنين العاملين في المواقع التي ترتفع فيها درجات الحرارة.
- 2- تبريد لقم عدة القطع
- 3- في التطبيقات التي يستفاد من تيار الهواء البارد في عملية التبريد وازالة الرايش.
- 4- في بعض التطبيقات التي لا يرغب فيها باستخدام سوائل التبريد.

الاسئلة البعيدة:

1. وضح مع الرسم طريقة عمل الانبوبة الدوامة.

## الفصل الرابع

### تقنيات حفظ الأغذية

رقم المحاضرة: العاشرة	عنوان المحاضرة:
تقنيات حفظ الأغذية بالتبريد والتجميد	اياد داود سليمان
اسم المدرس:	المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف
الفئة المستهدفة:	تعلم الطريقة الصحيحة لحفظ الاغذية
الهدف العام من المحاضرة :	يتعلم الطالب المواد اللازم حفظها بالتبريد والتجميد
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	عرض تقديمي - محاضرة
استراتيجيات التيسير المستخدمة	معرفة المواد التي لا يجب حفظها الا بالتبريد او التجميد
المهارات المكتسبة	معرفة طريقة تصميم المخازن المبردة والمجمدة
طرق القياس المعتمدة	التغذية الراجعة

#### الاسئلة القبليّة:

1. هل جميع المواد تحتاج للحفظ بالتبريد فقط او بالتجميد فقط؟.

2. هل هناك طرق محددة واعتبارات لعملية الحفظ؟.

البكتيريا والميكروبات والفيروسات يمكن أن تؤدي جميعها إلى فساد الطعام بسبب نشاطاتها الحيوية. البكتيريا تكون لها فترة تكاثر سريعة إذا كان هناك توفر للرطوبة والحرارة والغذاء. عندما تنمو البكتيريا في الطعام، تُفرز إفرازات ومنتجات نابعة من نشاطها الحيوي، هذه المنتجات قد تكون سامة أو تؤدي إلى تغييرات في الطعم والرائحة. اما الميكروبات والتي تشمل الفطريات والعفن والخمائر، فتتغذى على المواد العضوية في الطعام وعندما تتكاثر هذه الميكروبات، قد تفرز إفرازات تغير خصائص الطعام وتجعله غير صالح.

البكتيريا والميكروبات قد تهاجم البروتينات والدهون في الطعام، وهذا يمكن أن يؤدي إلى تحللها وتدهور جودتها وقد يتسبب ذلك في ظهور روائح كريهة وتغيير في المظهر. اما الفيروسات فتحتاج إلى خلية حية لتكون قادرة على التكاثر، ولكنها يمكن أن تظل على سطح الطعام وعندما تصاب الأغذية بالفيروسات، قد تصبح مصدرًا للإصابة عند تناولها، وقد تسهم الفيروسات في نقل الأمراض إلى الطعام، مما يؤدي إلى خطر التسمم الغذائي.

بعض البكتيريا تنتج سمومًا (توكسينات) أثناء نموها. عند تناول الطعام الذي يحتوي على هذه السموم، يمكن أن تحدث حالات تسمم غذائي، وتظهر أعراض مثل القيء والإسهال والحمى. كما وتؤثر الجراثيم المحمولة جواً أو عن طريق الاتصال حين تنتقل إلى الطعام وتسبب التلوث. هناك طرق عديدة لحفظ الاغذية منها:

## التبريد Cooling

تحفظ العديد من المواد في درجة حرارة أعلى من درجة إنجماد وقل من درجة حرارة الغرفة لفترة زمنية تختلف باختلاف نوع المادة الغذائية ودرجة الحرارة ، تحافظ خلالها على خواصها الحسية. فحفظ الخضراوات الطازجة يتم من خلال السيطرة على درجة الحرارة و الرطوبة النسبية للوسط الذي توجد فيه حيث تبقى هذه المحاصيل اعضاء نباتية حية تستمر فيها معظم الفعاليات الحيوية ويستهلك المحصول إثناء خزنه العديد من المكونات وعندما تفقد السيطرة على التغيرات الكيميائية والكيميائية الحيوية تنتهي مقاومة المحاصيل الطبيعية للأحياء المجهرية فيبدأ الفساد الميكروبي. يهدف استخدام التبريد الى إيجاد ظروف تبطن الفعاليات الحيوية للبكتريا والاحياء المجهرية وليس إيقافها.

بصورة عامة تنمو اغلب الأحياء المجهرية المسببة لفساد وتلف الأغذية بسرعة كبيرة على درجات حرارة تتراوح بين (15-45 م) وتنخفض سرعة نموها ونشاطها عند خفض درجات الحرارة (10-15 م)، وتكون بطيئة عندما تكون درجة الحرارة تحت (10 م)، وضئيلة جداً عندما تكون درجات الحرارة قريبة من الصفر المئوي. بالنتيجة يعمل التبريد على مايلي:

- 1- خفض سرعة الأعمال الحيوية في الخلايا الحية.
- 2- بطئ نمو ونشاط الأحياء المجهرية المسببة للتلف.

## العوامل المؤثرة على المخزن المبرد:

- 1- درجة الحرارة: حيث يجب تنظيم درجة حرارة الخزن الى درجة الحرارة المثلى لكل محصول وعدم تركها الى التذبذب أو الاختلاف بين فترة وأخرى وبصورة عامة فأن درجة (صفر - 3م) مناسبة لخزن الفواكه والخضر.
- 2- الرطوبة: يتحدد مقدار الفقد في وزن بخار الماء من الفواكه والخضراوات على نضجها من جهة وعلى ضغط البخار السائد في غرفة الخزن من جهة أخرى حيث الرطوبة النسبية المفضلة لخزن الفواكه (90 - 95%) كالتفاح أما الخضراوات وخاصة الورقية (85-90) كالخس.
- 3- التهوية: يجب أن يكون الهواء متجانس داخل المخزن وعملية تحريك الهواء تساعد على الحفاظ على درجة الحرارة والرطوبة بصورة متجانسة .
- 3- تنظيف وتطهير المخازن : يجب أن تتخذ الأساليب اللازمة لنظافة المخازن وغسلها بمواد مضادة للفطريات.
- 4- العمليات التصنيعية: تساعد العمليات التي تجري على المواد قبل وعند الخزن على إطالة مدة الحفظ وجودة الغذاء المخزون مثل عمليات الكبرطة والتبخير .

**الحفظ بالتجميد Freezing** : يقصد به حفظ الأغذية بدرجات حرارة منخفضة اقل من نقطة الإنجماد الأولية والى حد معين يعد مقبولاً من الناحية الاقتصادية، والتجميد في الوقت الحاضر من أكثر الطرق شيوعاً واستخداماً في حفظ الغذاء حيث إن الأساس في عملية الحفظ هو تجميد الأطعمة عند درجات حرارة منخفضة جداً للحد من كمية الماء الحر في الغذاء إذ يعمل التجميد على تجميد الماء الموجود داخل الخلايا الحية وبالتالي منع استفادة الأحياء المجهرية منه بحيث يصبح وسط غير ملائم للنمو. أما التأثير الآخر لعملية التجميد فهي توقف نشاط الأحياء المجهرية بصورة تامة عند حفظ درجة الحرارة الى اقل من درجة حرارة (-10م) وخاصة الأحياء المحبة للبرودة (السايكروفيلية) علماً إن الماء النقي يتجمد عند صفر مئوي أما المحاليل فهي اقل من درجة الصفر المئوي . هناك طريقتان للتجميد

1- التجميد البطيء : وهي الطريقة المتميزة بوضع المواد في الغرف المعدة للتجميد والخزن بدرجة حرارة (- 18 م) كالمجمدات البيتية وهي غير محبذة تجارياً بسبب بطئ عملية التجميد (26-72) ساعة

2- التجميد السريع وهي الطريقة التي تتميز بسرعة التجميد حيث يتم تجميد الغذاء خلال فترة تتراوح ما بين 8 دقائق الى 2 ساعة بدرجة (- 40 م) وتستعمل لأغراض تجارية أو تسويقية وان التجميد السريع يمنع من تكوين البلورات الثلجية التي تسبب تلف الأنسجة النباتية إضافة الى مدة تجميده القصيرة التي لا تسمح للأحياء المجهرية بالنمو.

**الاسئلة القبليه:**

1. كيف تفسد الاغذية؟.
2. ما هو الفرق في حالة استخدام التبريد او التجميد في الحفظ؟.
3. ما هو الفرق بين التجميد السريع والبطيء؟

رقم المحاضرة: الحادية عشر	عنوان المحاضرة:
تقنيات حفظ بالتعليب والتجفيف	اسم المدرس:
اياد داود سليمان	الفئة المستهدفة :
المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف	الهدف العام من المحاضرة :
تعلم الطريقة الصحيحة لحفظ الاغذية	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
يتعلم الطالب المواد اللازم حفظها بالتعليب والتجفيف	استراتيجيات التيسير المستخدمة
معرفة طرق تجفيف الاغذية	المهارات المكتسبة
عرض تقديمي - محاضرة	طرق القياس المعتمدة
معرفة المواد التي من الممكن ان تحفظ بالتعليب والتجفيف	الاسئلة القبليه:
التغذية الراجعة	

### 1- هل هناك طرق اخرى لحفظ الاغذية غير التبريد والتجفيف؟

#### عمليات التعليب

تعتمد عمليات التعليب على معالجة الطعام بالحرارة ووضعه في عبوات محكمة الإغلاق. يتم ذلك لقتل الكائنات الحية الدقيقة والحفاظ على جودة الطعام. يتم وضع المواد الغذائية في الماء الساخن على النار، وتركها حتى تنضج، وتستخدم هذه الطريقة لتعقيمها بشكل كامل من الجراثيم والأوساخ. يتم بعدها وضع المواد الغذائية في علب مخصصة، وتختلف طرق التعبئة، إذ يُمكن أن تُعبئ كاملة أو مُقطعة، أو مُضافاً إليها بعض النكهات، أو المواد الحافظة ثم يتم تسخين العلب جيداً، للتخلص من الهواء الموجود فيها، بالإضافة إلى التخلص من البكتيريا والجراثيم العالقة ثم يتم إغلاق العلب بإحكام.

#### التجفيف

هو احد الطرق الشائعة في حفظ الأغذية و تعتمد على تقليل نسبة الرطوبة بالشكل الي يحفظ المادة الغذائية بحيث لا يؤثر طعمها قدر الإمكان او يحدث تغيرات على جودة الغذاء و بنفس الوقت لا يسمح بنمو الاحياء المجهرية. والتجفيف نوعان رئيسيان هما:

1- التجفيف الشمسي (التجفيف الطبيعي) : من اقدم طرق حفظ الأغذية والتي تعتمد على استعمال

حرارة الشمس ولايزال يستخدم لحد الان في تجفيف العنب و التين

2- التجفيف الصناعي : طريقة استخدام الهواء الساخن و الحرارة في أجهزة التجفيف التي تمر بها

المواد الغذائية لغرض التخلص من الجزء الأكبر من رطوبتها مثل تجفيف الحليب و الفواكه و

الخضروات حيث نحصل على نسبة رطوبة من 4 - 6 % في الخضروات اما للحصول على

مسحوق جاف فنحصل على نسبة رطوبة % 3 - 2 يتم إزالة الماء من الطعام في عملية

التجفيف، مما يقلل من تواجد الماء الذي يدعم نمو البكتيريا. يُفضل تجفيف الفواكه والخضروات

والأعشاب بشكل جيد لتحقيق فترات صلاحية طويلة.

## خطوات تجفيف المواد الغذائية

- 1- الجني والاستلام: تجنى الثمار من الفواكه والخضروات يدويا او ميكانيكيا.
- 2- الفرز والغسل: تعزل الثمار التالفة والمتعفنة والمصابة بالحشرات والديدان عن الثمار السليمة ليتم غسلها لإزالة الاتربة والاساخ .
- 3- التقشير وإزالة مركز الثمار: تزال القشور والبذور وجيوبها من مركز الثمار قبل تقطيعها الى شرائح لتسهيل تجفيفها وقد تتم عملية التقشير بتخديش الطبقة الشمعية للقشرة في ثمار الاجاص والعنب ومعاملتها قلويا بتغطيسها بمحلول قاعدي %2-1 لمدة 20-30 ثانية .
- 4- السلق او الكبرتة: تجرى عملية السلق للحد من نمو الاحياء المجهرية وتقليل الحمل الميكروبي وتثبيط فعل الانزيمات والتخلص من الهواء في المسافات البيئية والتخلص من المواد غير المرغوب بها ويتم باستعمال بخار الماء من 8-10 دقائق للخضروات و4-6 دقائق للفواكه او يستخدم التغطيس بالماء الساخن واما المادة التي ال تصلح لها عملية السلق تجرى لها عملية الكبرتة
- 5- الكبرتة: عبارة عن تعريض المادة الغذائية المراد تجفيفها الى غاز ثنائي الكبريت وتجري هذه العملية على جميع انواع الفواكه و بعض الخضروات كالبطاطس و القرنابيط و الجزر و الهدف من هذه العملية :

- 1- تحتفظ الثمار بألوانها الطبيعية وذلك لتثبيط الانزيمات و فعل الاحياء المجهرية و بذلك تزداد مدة حفظها و تمنع الاسمرار البني و الكبرتة عملية قصر لألوان وهي تمنح اللون الزاهي للثمار.
- 2- إطالة الفترة الخزنية للمادة الغذائية وذلك لان غاز  $SO_2$  مادة حافظة للمواد الغذائية.
- 3- الحفاظ علة القيمة الغذائية لبعض المواد الغذائية مثل الحد من تحطم الكاروتين والحفاظ على فيتامين A و C وذلك لدوره المختزل.

- 4- يمكن استخدام درجات حرارية عالية دون الضرار بالمادة الغذائية المراد تجفيفها.
- 5- يمكن ان تعتبر بديلا لعملية السلق لبعض المواد التي ال يمكن اجراء عملية السلق لها.

مساوى الكبرتة:

لعملية الكبرتة مساوى منها:

- 1- تغيير طعم ونكهة المادة الغذائية.
- 2- تلف بعض الفيتامينات في المادة الغذائية مثل فيتامين B1 في اللحوم.

الاسئلة البعدية:

1. تكلم عن طريقة التعليب لحفظ الاغذية.
2. ما هي طرق التجفيف؟.
3. ما هي مساوى الكبرتة؟.

رقم المحاضرة: الثانية عشر	عنوان المحاضرة:
تقنيات حفظ باضافة المواد الحافظة والتعبئة والتغليف	اسم المدرس:
اياد داود سليمان	الفئة المستهدفة:
المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف	الهدف العام من المحاضرة:
تعلم الطريقة الصحيحة لحفظ الاغذية	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
يتعلم الطالب اهم شروط الواجب توافرها في المواد الحافظة والهدف من استخدام هذه المواد	استراتيجيات التيسير المستخدمة
عرض تقديمي - محاضرة	المهارات المكتسبة
معرفة المواد التي يمكن حفظها باضافة المواد الحافظة والتعبئة والتغليف	طرق القياس المعتمدة
التغذية الراجعة	

الاسئلة القبليه:

1. هل بالامكان الحفاظ على المواد الغذائية لفترة طويلة دون استخدام التبريد او التجميد

إضافة المواد الحافظة

يتم إضافة المواد الحافظة مثل الملح والسكر والخل لتأخير فساد الطعام. يتم ذلك للمحافظة على المذاق والمظهر والنوعية الغذائية للأطعمة المعالجة.

تعتبر المواد الحافظة الكيميائية من المواد المضافة إلى الغذاء وذلك بهدف المحافظة على صفات الجودة في الغذاء حيث تلعب هذه المواد دوراً هاماً في منع حدوث الفساد والتغيرات غير المرغوبة في المادة الغذائية وذلك نتيجة لقدرتها على التأثير على الأحياء الدقيقة عن طريق القضاء عليها أو تثبيط نموها.

ويمكن تعريف المادة الحافظة على أنها أي مادة كيميائية تضاف إلى الغذاء وتؤدي إلى منع فسادها أو تأخيرها وبالتالي المحافظة على صفات الجودة فيها لفترة زمنية أطول.

وكما هو معروف فإن أي مادة مضافة إلى الغذاء يجب أن تخضع لمجموعة من المعايير والشروط التي تنظم مجال استخدام هذه المواد المضافة إلى الغذاء ومن أهم الشروط الواجب توافرها في المواد الحافظة ما يلي:

1. عدم سميتها ضمن التراكيز المناسبة والمصرح بها .
2. أن تكون فعالة ضمن التراكيز المنخفضة.
3. أن لا تتفكك أثناء المعاملة الحرارية للمادة الغذائية التي تحتويها .
4. أن تملك قدرة مضادة للأحياء الدقيقة المسببة للفساد وذلك عن طريق القضاء عليها أو تثبيط نموها.
5. أن لا تحدث تغيرات غير مرغوبة في المادة الغذائية المعاملة وذلك من حيث اللون أو الطعم أو الرائحة.
6. أن لا تعمل على إخفاء فساد المادة الغذائية لأن ذلك يعتبر غش.
7. أن لا يكون لها فعل تراكمي في الجسم وأن لا تسبب ظهور بعض الأمراض الخطيرة مثل السرطانات.
8. أن يكون استخدامها اقتصادياً.

الهدف من استخدام المواد الحافظة :

1. منع حدوث الفساد في الغذاء عن طريق منع نمو الكائنات الحية الدقيقة الممرضة وبالتالي إطالة فترة الحفظ.

2. المحافظة على القيمة الغذائية للمادة الغذائية المعاملة.

3. المحافظة على جودة الغذاء وعلى مواصفاته الحسية.

آلية تأثير المواد الحافظة على الأحياء الدقيقة:

يتوجب علينا أن نشير إلى الآلية التي تؤثر فيها هذه المواد على نشاط الأحياء الدقيقة المسببة للفساد، حيث نلاحظ أن هذه المواد تؤدي عملها عن طريق سلوكها لمسارين أساسيين هما:

1. المسار الأول: التداخل مع الآلية الوراثية للكائن الحي الدقيق وذلك عن طريق تخريب DNA، أو التأثير على سير عمل الأنزيمات، أو عن طريق منع تشكيل غلاف الخلية.

2. المسار الثاني: يشمل هذا المسار مجموعة من الوظائف التي تقوم بها هذه المواد الحافظة مثل التأثير على حموضة الوسط وجعلها غير ملائمة للنمو الميكروبي أو عن طريق كونها تعمل كمضادات للأكسدة، أو كمثبتات لمنع الفساد.

## 5- التعبئة والتغليف

تعد عملية تعبئة وتغليف الأغذية في الوقت الحاضر من التقنيات السريعة التطور وبخاصة في العقود الأخيرة، نتيجة لتجاوب صناعة الغذاء مع التغيرات الاجتماعية والاقتصادية، وأهمها تقلص عدد أفراد الأسرة الواحدة، وارتفاع عدد الأفراد الذين يعيشون وحدهم، وزيادة دخل الفرد، وانشغال غالبية الناس بعملهم اليومي، الأمر الذي لا يتيح لهم الوقت الكافي لتحضير الطعام على النحو المعتاد. كذلك أدى ارتفاع المستوى الثقافي والوعي الغذائي إلى ميل الناس لشراء الأغذية المعبأة والمغلقة لأنهم يرونها أكثر سلامة وجودة. ومن الملامح المرغوبة اليوم التي يجب توافرها في الأغذية المغلفة سهولة تداولها وإمكانية استعمالها في أفران الميكروويف وسهولة فتحها وإعادة إغلاقها وسهولة التخلص منها مما ينسجم مع نمط الحياة العصرية

## وظائف التعبئة والتغليف

إن عملية التعبئة والتغليف من العمليات الهامة في التصنيع الغذائي لكونها تشكل جزءاً هاماً من العمليات التي تجري على الغذاء ومن أهم وظائفها هي:

1. احتواء الغذاء وتسهيل نقله وتوزيعه، وبيعه بشكل مريح، حتى وصوله إلى المستهلك.

2. تمنع تعرض الغذاء للأضرار الكيميائية والفيزيائية والأحيائية بعد الإنتاج وفي أثناء الخزن بمنع الهواء والرطوبة والمواد الكيميائية الملوثة والأحياء الدقيقة من التسرب إليها.
3. توفر تعبئة الأغذية وتغليفها للمستهلك راحة في تناولها وإمكانية إعادة إغلاق العبوة بعد فتحها
4. تقدم بطاقة التعبئة للمستهلك معلومات مفيدة عن نوعية الطعام الذي تحويه وصفاته ومحتوياته ووزنه واسم المنتج وتعليمات تحضيره ومعلومات قيمة عن قيمته الغذائية.

ويحدد نجاح أي منتج في السوق بكلفة مواد التعبئة والتغليف إذ تتراوح بين 20-50% وحسب طبيعة المنتج. وهناك العديد من المواد الغذائية دخلت ضمن عمليات التعبئة والتغليف كالفواكه والخضروات والألبان والزيوت النباتية والحلويات السكرية وأغذية الأطفال والمشروبات الغازية وتعبئة منتجات المخازن والأفران واللحوم والعديد غيرها.

#### أهمية التعبئة والتغليف في الصناعات الغذائية

للتعبئة والتغليف تأثير مباشر في زيادة الصادرات وفتح أسواق جديدة لعلاقتها المباشرة بمعايير الجودة والسعر فالتصدير لأي سوق داخلي أو خارجي يحتاج إلى معلومات دقيقة عن الأسواق المستهدفة وطبيعة المستهلكين وعاداتهم الغذائية والاجتماعية وقدراتهم الشرائية وسلسلة التداول لديهم، وتسعى كل دولة إلى التميز من خلال وسائل وأشكال مواد التعبئة المميزة لكل منها نتيجة لمعطيات ثقافية وتاريخية، لذلك تعد المواصفة القياسية عنصرا هاما ومؤثرة في الحفاظ على جودة مواد التعبئة والتغليف بما تتضمنه من شروط أساسية وعوامل جودة طبقا للتشريعات الدولية آخذة في الاعتبار نوعية المادة الغذائية المعبأة حتى وصولها للمستهلك.

ومن الضروري تقليل تكلفة العبوة بقدر الإمكان لانعكاس ذلك على سعر المنتج النهائي مع المحافظة على إخراج الغلاف بالشكل والألوان والرسوم الزخرفية التي تجذب المستهلك وترضى ذوقه وتثير اهتمامه مع دراسة الحالة النفسية والذوقية للمستهلكين والمحافظة على البيئة قدر المستطاع من خلال إمكانية تدوير وإعادة استخدام مواد التعبئة.

#### الاسئلة البعدية:

1. ما هي أهم الشروط الواجب توافرها في المواد الحافظة؟
2. ما هو الهدف من استخدام المواد الحافظة؟
3. ما هي وظائف التعبئة والتغليف؟
4. ما هي الآلية التي تؤثر فيها المواد الحافظة على نشاط الأحياء الدقيقة المسببة للفساد؟

## الفصل الخامس

رقم المحاضرة: الثالثة عشر	عنوان المحاضرة:
تصميم مخازن التبريد	اياد داود سليمان
اسم المدرس:	اياد داود سليمان
الفئة المستهدفة:	المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف
الهدف العام من المحاضرة:	تعلم الاعتبارات العامة لتصميم المخازن
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	يتعلم الطالب انواع المخازن واسس تصميمها
استراتيجيات التيسير المستخدمة	عرض تقديمي - محاضرة
المهارات المكتسبة	معرفة المخزن المناسب للمادة المناسبة
طرق القياس المعتمدة	التغذية الراجعة

الاسئلة القبلية:

1- لماذا يجب تحري الدقة في تصميم المخازن؟.

2- هل لتصميم المخازن علاقة بالجدوة؟.

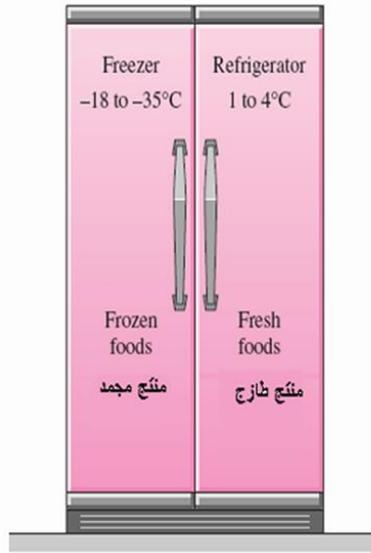
### تصميم مخازن التبريد

تشتمل عملية تصميم مخازن التبريد على جوانب إنشائية وجوانب ميكانيكية. فالجوانب الإنشائية تعنى بالمخطط العام لمخزن التبريد بالإضافة إلى شكله وحجمه وأبعاده وطرق إنشائه التي تشمل اختيار نوع البناء للمخزن كالحديد أو الأخشاب أو مواد البناء الأخرى كالأسمنت والبلوك وغيرها وكذلك اختيار أنواع العوازل الحرارية المناسبة. أما الجوانب الميكانيكية فتعنى بنظام التبريد الذي يناسب التطبيق المعين لمخزن التبريد سواء كان النظام تقليدياً أو غير ذلك.

مخزن التبريد هو مبنى أو مجموعة مبانٍ ذات عازل حراري ونظام تبريد يستخدم لحفظ المواد الغذائية القابلة للتلف عند درجة حرارة ورطوبة معينة ولمدة زمنية محددة. وكما ذكرنا فان مثل هذا التخزين تحت الظروف المحددة يعمل على خفض تلف المادة الغذائية والذي كان من الممكن حدوثه لو تركت للظروف الجوية العادية. يمكن تصميم مخزن التبريد للحفاظ على بيئة معينة يتم التحكم فيها على تركيز بعض الغازات والتي تساعد في حفظ المواد الغذائية. فقد أثبتت التجارب أن تخفيض نسبة الأكسجين من واحد الى خمسة في المئة وزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون تزيد من مدة التخزين للخضروات والفواكه و عليه فان مخازن

التبريد تلعب دوراً أساسياً في حفظ الأغذية ونقلها من مكان إلى آخر على مدار السنة وتحت ظروف مدروسة ومتحكم فيها. هناك نوعان من مخازن التبريد :

1. المبردات Coolers تستخدم المبردات في حفظ وحماية المنتجات الغذائية في درجات حرارة فوق الصفر المئوي.
2. غرف ذات درجات حرارة منخفضة low-Temperature Rooms تستخدم هذه الغرف لحفظ المنتجات الغذائية في درجات حرارة تحت الصفر المئوي. وتتراوح درجات الحرارة لمثل هذه المخازن بين -18 و -35 - ويوضح الشكل (1-2) أحد الغرف التي تستخدم للتبريد والتجميد.



شكل (2- 1): مبرد ومجمد

#### الاعتبارات الأولية لإنشاء مخازن التبريد : Initial Building Considerations

تنشأ مخازن التبريد عموماً لعدة أسباب منها : خدمة مناطق الإنتاج الغذائي بكل أنواعه الطبيعي وصناعي. وإنشاء مخزن معين يلزم معرفة نوعية المنتج الغذائي المراد حفظه مبرداً أو مجمداً. نقل المنتجات بين مناطق الاستهلاك وبالتالي معرفة المكان المناسب لتنفيذ مخزن التبريد. خدمة الموانئ والمدن والتجمعات السكانية المختلفة. وهذا يتطلب معرفة نوعية المخزن إن كان مخزناً موسمياً أو مخزناً للتوزيع فقط أو مخزناً تجارياً أو مخزناً في موانئ الاستيراد والتصدير.

يتوقف تصميم وتخطيط مخازن التبريد التجارية على متطلبات كثيرة خاصة تلك التي تتعلق بعمليات التكلفة والتجهيزات والإنشاءات من خلال دراسة الجدوى الاقتصادية لتشديد مثل هذه المخازن ومن أهم تلك المتطلبات:

#### 1- التكلفة الأولية: Primary Cost

- 2- Running or Operating Cos تكلفة التشغيل
- 3- أنظمة توزيع الهواء داخل مخزن التبريد : Air Circulation in a Cold Store
- 4- طرق تنظيم وترتيب المنتجات داخل مخزن التبريد
- 5- طرق نقل وتداول المنتجات داخل مخزن التبريد
- 6- Refrigeration System نظام التبريد
- 7- احتياطات الأمن: Safety Precautions
- 8- تدفئة التربة أسفل غرف التجميد : Warming of Soil Below Freezing Rooms
- 9- أرصفة التحميل والتنزيل : Shipping and Receiving Docks
- 10- التوسعات المستقبلية : Future Extensions

الاسئلة البعدية :

1. ما هي انواع المخازن؟
2. ما هي الاعتبارات العامة لتصميم المخازن؟.

رقم المحاضرة: الرابعة عشر	
عنوان المحاضرة:	انظمة التبريد لمخازن التبريد المتحركة
اسم المدرس:	ايداد داود سليمان
الفئة المستهدفة:	المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف
الهدف العام من المحاضرة:	تعلم مبادئ عمل انظمة التبريد المتحركة
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	يتعلم الطالب انواع المخازن المتحركة واسباب تصميمها
استراتيجيات التيسير المستخدمة	عرض تقديمي - محاضرة
المهارات المكتسبة	معرفة المخزن المناسب للمادة المناسبة
طرق القياس المعتمدة	التغذية الراجعة

الاسئلة القبليه:

1. كيف يتم الحفاظ على المواد الغذائية في حالة نقلها لأيام عديدة؟
2. هل بالإمكان نقل المواد الغذائية عبر البحار؟ كيف يتم ذلك؟

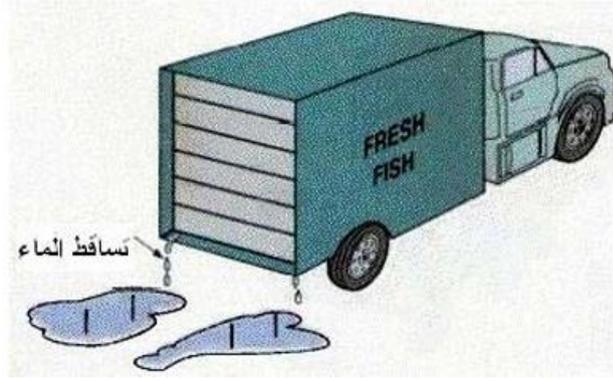
تتم عادة ترحيل المنتجات الغذائية المبردة من مكان الى آخر بعبء وسائل نقل هي : الشاحنات، السكك الحديدية، الأنفاق، السفن و الحاويات وتشمل الوسائل المذكورة على أنظمة تبريد يمكن وصفها على النحو التالي:

#### 1- أنظمة تبريد الشاحنات Truck Refrigeration Systems

يتم تبريد الشاحنات بالطرق التالية :

##### أ) الثلج : Ice

من الطرق المستخدمة لحفظ المنتجات الغذائية في الشاحنات هي استخدام الثلج العادي الذي ينتج من مصانع الثلج. ويناسب استخدامه الشاحنات الجيدة العزل ولفترات قصيرة ولكن يصبح ذوبانه هو المشكلة كما هو موضح في الشكل، يستخدم الثلج العادي لحفظ المنتجات الغذائية عند درجات حرارة فوق درجة التجمد.

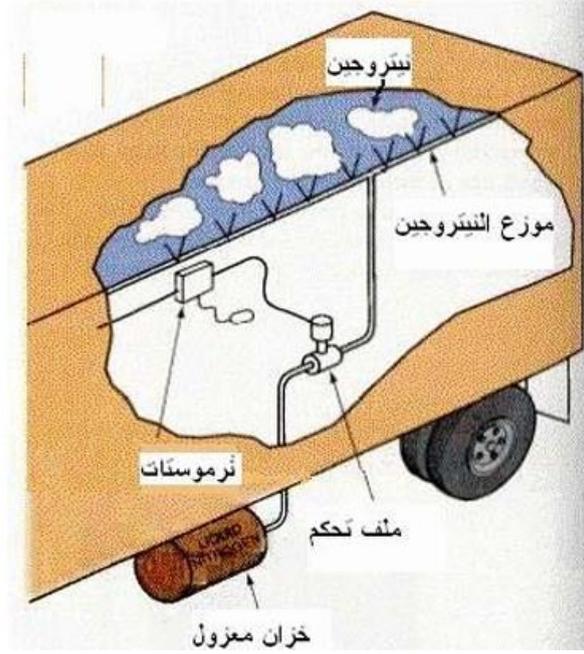


### ب الثلج الجاف : Dry Ice

يتم تجميد الثلج وضغطه مع غاز ثاني أكسيد الكربون وذلك لحفظ المنتجات الغذائية عند درجات حرارة منخفضة تصل إلى  $-78^{\circ}\text{C}$  وتصبح المشكلة في استعمال الثلج الجاف هي صعوبة المحافظة على المنتجات عند درجة حرارة حفظها وذلك نسبة للبرودة الزائدة فمثلاً تحتاج المنتجات الطازجة كالفواكه والخضروات إلى تحكم دقيق في درجة حرارة حفظها ورطوبتها بالإضافة إلى توفير التهوية لها وعليه فإن استخدام الثلج الجاف يصبح مشكلة في هذه الحالة نسبة لإمكانية تكون الندوة Moisture داخل المواد الغذائية نتيجة لدرجة الحرارة المنخفضة وعليه فالحاويات التي تستخدم الثلج الجاف يجب أن تكون معزولة تماماً لمنع دخول الهواء من الخارج وذلك لإتمام عملية تجفيفها.

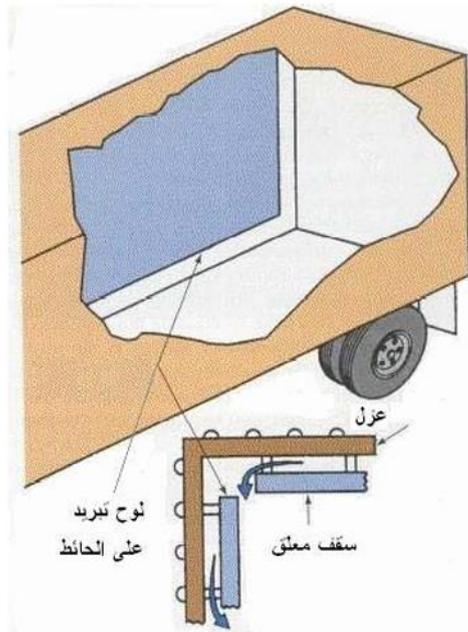
### ج) النيتروجين و ثاني أكسيد الكربون Nitrogen & Carbon Dioxide

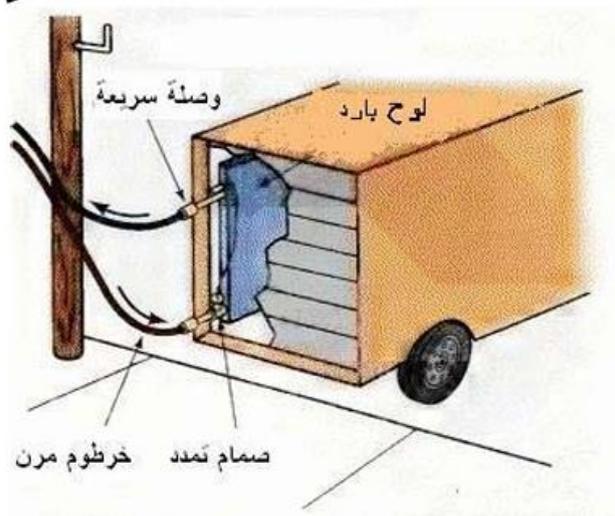
كما أشرنا سابقاً يمكن استخدام غاز النيتروجين السائل وغاز ثاني أكسيد الكربون السائل في تبريد المنتجات الغذائية وفي هذه الحالة يتم تزويد الشاحنات بأسطوانة للغاز السائل. يعمل استخدام الغازات المشار إليها في تبريد المواد الغذائية الطازجة على طرد الأكسجين من داخل الحاوية للخارج وبالتالي يساعد على بقاء المنتجات عند ظروف حفظها بالإضافة لبساطة النظام وسهولة التحكم فيه وذلك باستخدام صمام مغناطيسي فقط كما هو موضح بالشكل.



### د الألواح الباردة : Cold Plates

يتم تزويد العديد من الشاحنات بألواح للتبريد Cold Plates موجود بداخلها محلول يطلق عليه المحلول الايوتكتيكي Eutectic Solution وهو عبارة عن محلول ملحي Brine كملح كلوريد الصوديوم أو كلوريد الكالسيوم والذي يعمل على تحويل حالتها عند درجات حرارة مختلفة حسب تكوين المنتج الغذائي وعندما يتم تحويل حالة المادة فإنه يتم امتصاص كميات كبيرة من الحرارة بواسطة المادة. الشكل يوضح طريقة تركيب الألواح المبردة في إحدى الشاحنات.

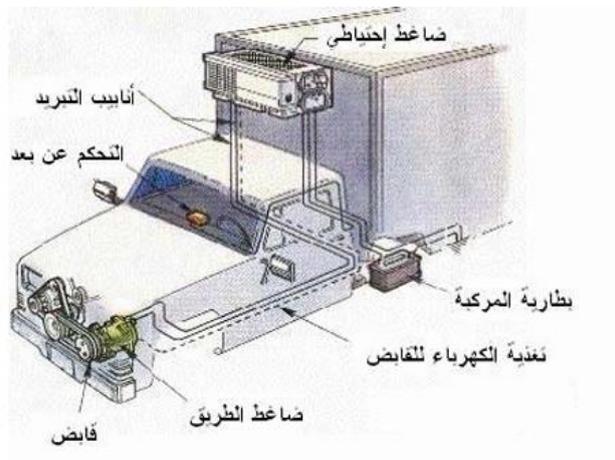




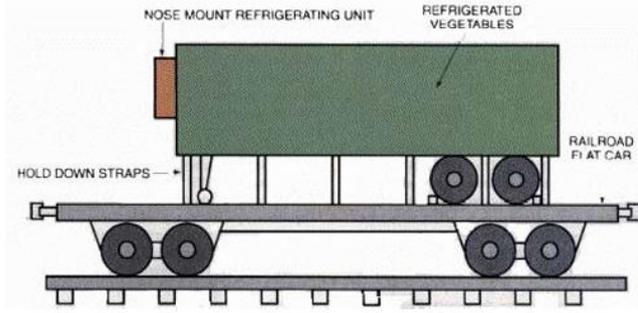
تعمل الشاحنات عادة خلال النهار وعند رجوعها للمصنع في نهاية اليوم ليلاً فإن ألواح التبريد تكون قد اكتسبت كمية حرارة مما يجعل المحلول الملحي يتحول من الحالة الصلبة الى الحالة الغازية وعليه فيلزم طرد هذه الحرارة لتحويل المحلول الى الحالة الصلبة مرة أخرى ويتم ذلك بعدة طرق منها توصيل اللوح البارد بدائرة تبريد مركزية موجودة بالموقع تعمل على خفض ضغط المبخر داخل لوح التبريد الى درجة تجعل المحلول الملحي يتحول مرة أخرى الى بلورات صلبة في ساعات قليلة كما هو موضح في الشكل اعلاه. ويمكن كذلك استخدام وحدة تكثيف صغيرة في بعض الشاحنات لاعادة تنشيط الألواح المبردة.

#### هـ) التبريد الميكانيكي : Mechanical Refrigeration :

تستخدم بعض الشاحنات دائرة تبريد ميكانيكية يعمل فيها الضاغط بطاقة المحرك أو عن طريق مولد كهربائي. تستخدم الشاحنات الكبيرة إما وحدات تكثيف جانبية Belly-Mount أو وحدات تكثيف أمامية Nose-Mount يتم تشغيلها بواسطة محرك الشاحنة أو عن طريق مولد كهربائي يتم إدارته بواسطة محرك الديزل.



2.- أنظمة تبريد السكك الحديدية : Railways Refrigeration Systems يتم تبريد العديد من المنتجات الغذائية وترحيلها عن طريق خطوط السكك الحديدية. تستخدم وحدة تبريد ميكانيكية مجمعة توضع في نهاية عربة السكة الحديد ويتم تحريكها بواسطة مولد كهربائي كما هو الحال بالنسبة للشاحنات . يتم تركيب مروحة المبر في نهاية العربة وتدار عن طريق مولد كهربائي أيضاً. وقد تستخدم السكك الحديدية في ترحيل الشاحنات المبردة الى الأماكن المراد نقل المنتجات الغذائية إليها كما هو موضح في الشكل.



(ب): مقطورة شاحنة تبريد يتم ترحيلها بواسطة السكة الحديد



(i): عربة سكة حديد لحفظ اللحوم

الاسئلة البعدية:

1. وضح عملية التبريد باستخدام الثلج الجاف.
2. وضح عملية التبريد باستخدام التبريد الميكانيكي.

## رقم المحاضرة: الخامسة عشر

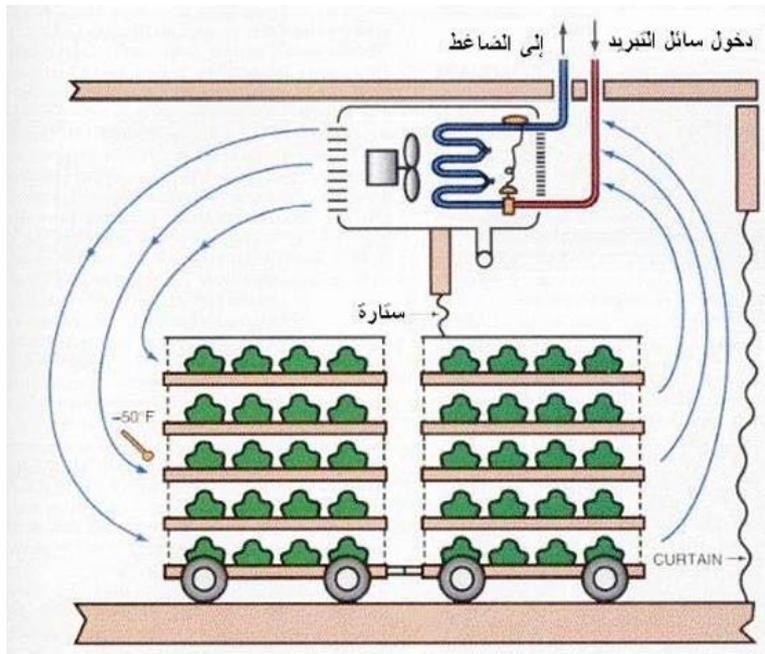
انظمة التبريد لمخازن التبريد المتحركة	عنوان المحاضرة:
اياد داود سليمان	اسم المدرس:
المستوى الثاني من قسم تقنيات التبريد والتكييف	الفئة المستهدفة:
تعلم مبادئ عمل انظمة التبريد المتحركة	الهدف العام من المحاضرة:
يتعلم الطالب انواع المخازن المتحركة واسس تصميمها	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
عرض تقديمي - محاضرة	استراتيجيات التيسير المستخدمة
معرفة المخزن المناسب للمادة المناسبة	المهارات المكتسبة
التغذية الراجعة	طرق القياس المعتمدة

الاسئلة القبلية:

3. كيف يتم الحفاظ على المواد الغذائية في حالة نقلها لأيام عديدة؟

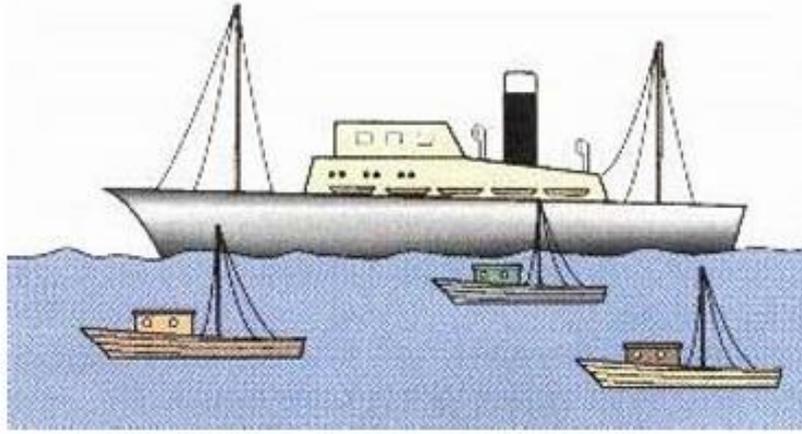
4. هل بالامكان نقل المواد الغذائية عبر البحار؟ كيف يتم ذلك؟

أنظمة التبريد بالأنفاق : Tunnels Freezing Systems تستخدم الأنفاق للتجميد السريع للأطعمة حيث يتم وضع الأطعمة في أطباق بمسافات كافية حول الأطعمة ويتم تحميلها داخل النفق لتخرج من الجانب الآخر جاهزة للتغليف. هذه الطريقة تمتاز على طريق نقل المنتجات بواسطة السيور بتكلفتها الابتدائية القليلة نسبياً ولكنها تحتاج الى عدد أكبر من العمال كما أسلفنا فان الكميات الكبيرة من المنتجات كالذبائح مثلاً تحتاج الى وقت أطول لتجميدها وعليه فيلزم تبريدها تبريداً ابتدائياً Precooling الى درجة قريبة من درجة تجمدها ومن ثم إدخالها الى نفق التجميد. تستخدم الأنظمة الكبيرة للتجميد بالأنفاق غاز الأمونيا كوسيط تبريد مع ضواغط ترددي - وتستخدم بعض الأنظمة فريون R22 مع ضواغط حلزونية. يوضح الشكل أحد أنفاق التجميد السريع.



## انظمة تبريد السفن Ships Refrigeration system

يستخدم تبريد السفن في العديد من التطبيقات المتعلقة بحفظ المواد الغذائية فمثلاً يمكن لسفينة ما ان تتشحن منتجات غذائية تحتاج الى درجات حرارة متوسطة تبلغ  $1^{\circ}\text{C}$  من مدينة الى اخرى ويمكنها ايضاً ان تحمل منتجات أخرى متجمدة عند درجة حرارة  $-25^{\circ}\text{C}$  أيضاً من نفس البلد الى بلد آخر، ولذا فان نظام التبريد بالسفن يجب أن يعمل على مدى أى من الدرجتين المذكورتين. الاستخدام الآخر لنظام التبريد بالسفن هو حفظ الأسماك التي يتم اصطيادها في البحر. يستخدم الثلج إذا كانت السفينة في الميناء أو خارج منطقة صيد الأسماك لبعض الأيام ، كما يوجد هنالك أيضاً نظام تبريد إضافي يعمل على مساعدة الثلج في تبريد الأسماك والحد من ذوبانه. أما إذا كانت السفينة في البحر لمدة طويلة فيلزم في هذه الحالة تجميد المنتج لحفظه ويكون من غير المنطقي أن تظل السفينة لمدة طويلة تمتد الى عدة أشهر لتجميع الأسماك وفي هذه الحالة تستخدم قوارب صغيرة وسفينة كبيرة يطلق عليها السفينة الأم Mother Ship كما هو موضح في الشكل.



في هذه الحالة يكون نظام التبريد على السفينة الأم ضخماً يصل الى مئات الأطنان من التبريد ويجب أن تزود السفينة بنظام للتجميد السريع للمحافظة على رائحة ولون الأسماك. تستخدم أنظمة التبريد بالسفن العديد من وسائط التبريد كفريونات R11, R12, R22, R502 أو البدائل الجديدة لها كما تستخدم أيضاً أنظمة الأمونيا.

## أنظمة تبريد الحاويات Containers Refrigeration Systems :

تستخدم الحاويات المبردة في شحن وترحيل المنتجات الغذائية في العديد من التطبيقات منها السفن والطائرات. فالحاويات التي يتم شحنها في السفن لها نظام تبريد مستقل يتم تشغيله في الميناء أو داخل السفينة حيث يتم توصيله بنظام الكهرباء الموجود بداخل السفينة. يجب وضع هذه الحاويات داخل

السفينة بحيث نضمن تيار هواء كاف لتبريد المكثفات. أما الحاويات التي تستخدم في نقل المنتجات عن طريق الجو لضمان سرعة وصولها للسوق كالزهور مثلاً فلا يوجد بها نظام للتبريد نظراً لثقل وزن مكونات نظام التبريد وعندما يحتاج المنتج للتبريد خلال الرحلة فإنه يتم استخدام الثلج أو الثلج الجاف. يتم تصميم هذه الحاويات خصيصاً بحيث يسهل دخولها الى مكان الشحن بالطائرة.



الاسئلة البعدية:

1. متى تستخدم انظمة التبريد بالانفاق وضح ذلك مع توضيح الية العمل.
2. نكلم بإيجاز عن انظمة تبريد الحاويات.

• المصادر الاساسية :

- 1- **Modren Air – Condition practice by Harris.**
- 2- **Principle & Refrigeration by Dossat.**
- 3- **Refrigeration & Air – conditioning by ARORA.**
- 4- **Handbook of air-conditioning system design by carrier air-conditioning company.**
- 5- **Refrigeration and Air-conditioning by Stoecker.**
- 6- **Refrigeration & Air-conditioning by Ballany.**

• المصادر المقترحة:

1. **Refrigeration & Air-conditioning by Jordan & Priester**
2. **Commercial Refrigeration by Andarase**

• روابط مقترحة ذات صلة:

•

•