بسم الله الرحمن الرحيم

1 التبريد

• بيان الأدوات 2013

رؤية فنية

زهير الأندلسي
مهندس فيزياء
2013

Tunis
24, rue Oum Kalthoum – Tunis 1001
Tél : 71 333 114 - 31 170 903 - 31 170 891 - Fax : 71 330 610
Djerba
Avenue 14 janvier, Complexe le Millénaire – Midoun 4116
Tél : 75 730 399 – 31 172 243 – Fax : 75 730 395
Email : icac@icac.com.tn
Site Web : www.icac.com.tn

المحتوى

العنوان						الصفحة
ما المراد من كلمة التبريد				6	0	03
علم الحركة الحرارية			1	6	0	03
دائرة التبريد			2	6	0	03
قانون الغاز المثالي			3	6	0	04
كيف تعمل دائرة التبريد			4	6	0	04
تخطيط مليي			5	6	0	05
الحركة الحرارية				7	0	06
قوانين علم الحركة الحرارية			1	7	0	06
القانون صفر		أ	1	7	0	06
القانون الأول للحركة الحرارية		ب	1	7	0	07
القانون الثاني للحركة الحرارية		ج	1	7	0	07
القانون الثالث للحركة الحرارية		د	1	7	0	08
التنقل الحراري			2	7	0	08
الإشعاع		أ	2	7	0	08
توصيل حراري		ب	2	7	0	09
توصيل حراري لأجسام مسطحة		أ ب	2	7	0	10
توصيل حراري للأنابيب		ب ب	2	7	0	10
الحمل الحراري			3	7	0	11
وحدة قيس الحرارة				8	0	12
وحدة قيس الطاقة				9	0	12
دورة وقوانين التبريد				10	0	12
دائرة التبريد الأساسية			1	10	0	12
دورة انضغاط البخار			2	10	0	13

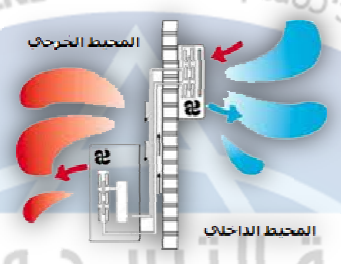
INTERNATIONAL OF COLD AND AIR-CONDITIONED
www.icac.com.tn
24 rue Oum Kalthoum - Tunis 1001- Tél: 71 333 114 - Fax: 71 330 610 - E-mail: icac@icac.com.tn - technique@icac.com.tn

ما المراد من كلمة التبريد؟

0 – 6 - ما المراد من كلمة التبريد

عمليا لا ينتج و لا يصنع التبريد. إنما تمتص حرارة الكتلة المراد تبريدها لحفظها من التلف أطول وقت ممكن، باستعمال جسم بارد أصلا بجانبها داخل حاوية أو محيط شديد العزل.

ففي الحقيقة، دائرة التبريد تنتج طاقة حرارية في المكثف باستهلاك طاقة كهربائية من الضاغط لامتصاص طاقة حرارية من خلال المبخر.



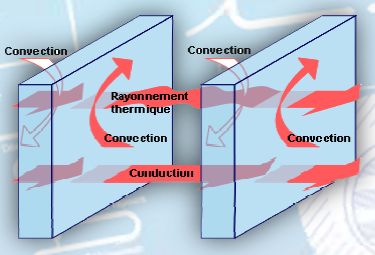
في حالة دائرة التبريد أو التكييف الجسم البارد هو وسيط التبريد في المبخر.

في هذا المدخل، نحاول أن نجيب على السؤالين التليين دون الدخول كثيرا في الأبعاد النظرية:

كيف نحصل على محيط معزول لمنع تسرب الحرارة له ؟

كيف تخفض درجة حرارة وسيط التبريد داخل المبخر ؟

0 – 6 – 1 - علم الحركة الحرارية



كل آلات التبريد و التكيف مهما كان حجمها و طريقة عملها و مهما كان صانعها تخضع إلى قوانين علم الحركة الحرارية للغازات و السوائل و التنقل الحراري للأجسام في جميع حالاتها.

0 – 6 – 2 - دائرة التبريد

فكما نعلم أن دائرة التبريد تتكون أساسا من ضاغط و مكثف و صمام تمدد و مبخر و وسيط للتبريد. و الهدف من هذه الدائرة جعل وسيط التبريد شديد البرودة داخل المبخر الموجود في محيط الكتلة المراد تبريدها أو بالأصح امتصاص حرارتها.

إذا فالعملية مرتبطة بخاصيات وسيط التبريد الذي يجب أن يكون شديد البرودة (بدرجة أقل بكثير من درجة حرارة الكتلة المراد امتصاص حرارتها و جعلها في درجة حرارة منخفضة)

كيف يعمل وسيط التبريد داخل الدائرة ؟

القاعدة النظرية الأولى التي تستعمل في فهم عمل وسيط التبريد داخل الدائرة هي: قانون الغاز المثالي.

0 – 6 – 3 - قانون الغاز المثالي

ويعبر عنها بالمعادلة التالية: PV = nRT = KT

(ضغط الغاز) *(الكتلة) = (عدد جزيئات الغاز) * (رقم رنولدز الخاص بالغاز) * (درجة الحرارة)

في حالة اختيار كمية و كتلة الغاز، مما يعني تثبيت عدد الجزيئات فتصير المعادلة:
(عدد جزيئات الغاز) * (رقم رنولدز الخاص بالغاز) * (درجة الحرارة) = K * (درجة الحرارة)

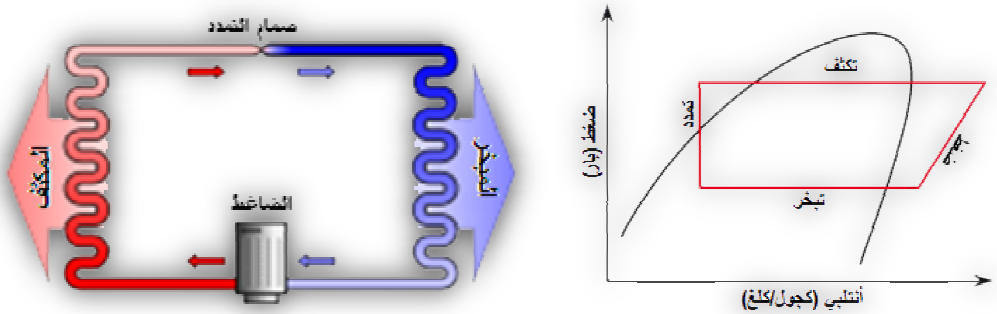
مع أن K هو رقم ثابت خاص بكمية غاز معين.

مما يعني في حالة دائرة التبريد علينا أن نخفض من ضغط وسيط التبريد حسب القاعدة إلى مستوى معين حتى نحصل على درجة حرارة منخفضة لوسيط التبريد داخل المبخر.

ولضمان ديمومة تمويل المبخر بوسيط تبريد و بضغط منخفض يجب سحبه من المبخر بعد أن امتص حرارة الكتلة و إرجاعه مرة أخرى داخل المبخر و هذه العملية تسمى دائرة التبريد.

0 – 6 – 4 - كيف تعمل دائرة التبريد ؟

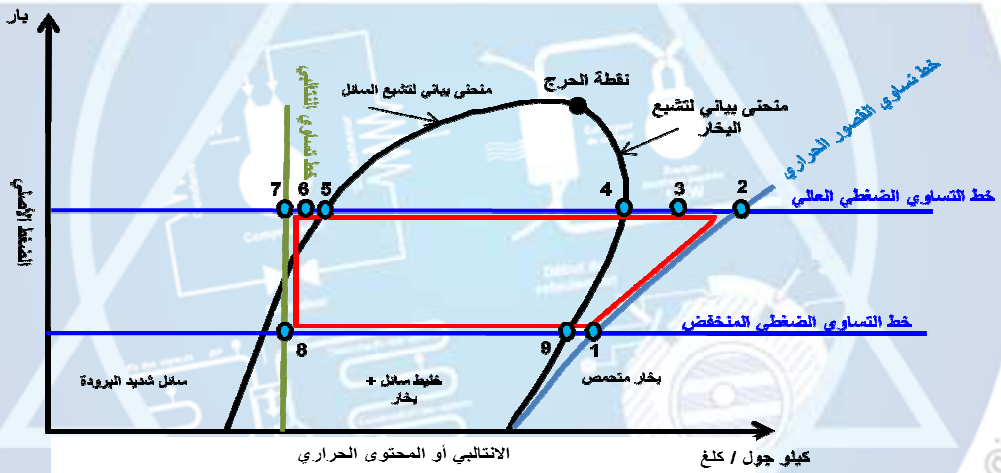
كما رأينا تتكون دائرة التبريد من ضاغط و مكثف و صمام تمدد و مبخر و وسيط للتبريد.

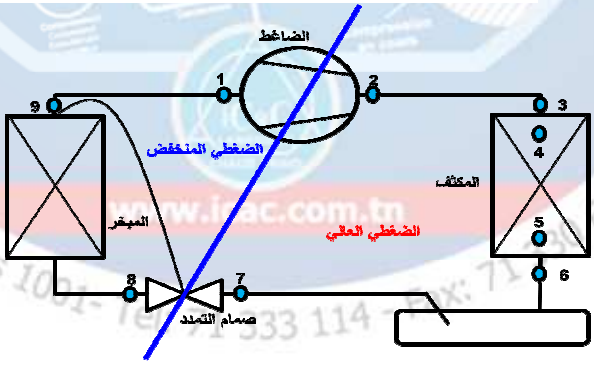


يقوم الضاغط بسحب بخار وسيط التبريد من المبخر و قد امتص بعض من حرارة الكتلة المراد تبريدها ثم يقوم بضغطه إلى مستوى معين فيرتفع ضغط البخار و حسب قانون الغاز المثالي ترتفع درجة حرارته. وقبل أن يخفض ضغط وسيط التبريد داخل صمام التمدد يجب أن يكون في حالة سائل و هذا ما يضمنه المكثف حيث يبرد وسيط التبريد داخله فيتحول من بخار إلى سائل. و يرمز لهذه الدائرة بالرسم التخطيطي لمليي أو الرسم التخطيطي للانتالبية أو الرسم التخطيطي للمحتوى الحراري.

الرسم التخطيطي للمحتوى الحراري الخاص بكل وسيط حراري، يمكننا من تتبع كل تغيرات الضغط، الحرارة، المحتوى الحراري، القصور الحراري، الحجم الكتلي و الخليط بين السائل و البخار لوسيط التبريد داخل منظومة التبريد.

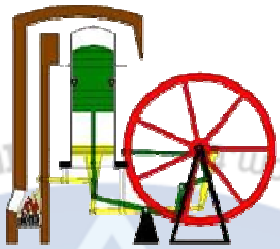
0 – 6 – 5 - تخطيط مليي



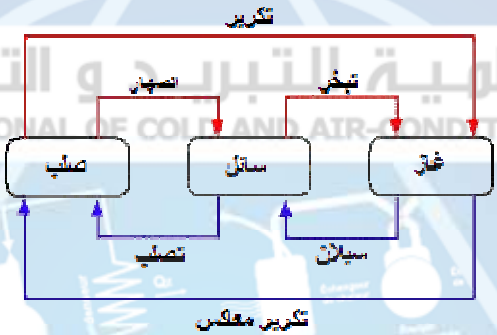


وفي هذه الدائرة يجب ضمان امتصاص حرارة وسيط التبريد في المكثف لتحويله من بخار إلى سائل (عملية التميع) ثم العكس ضمان امتصاص وسيط التبريد لحرارة الكتلة المراد تبريدها داخل المبخر (عملية التبخر).
و لهذا لا بد من معرفة كيفية التحول الحراري داخل أنابيب الدائرة و داخل المكثف و المبخر لضمان تبادل حراري مثالي.
و في الفقرات التالية سندرس كل ما يهم التبادل و التحول الحراري.

الحركة الحرارية



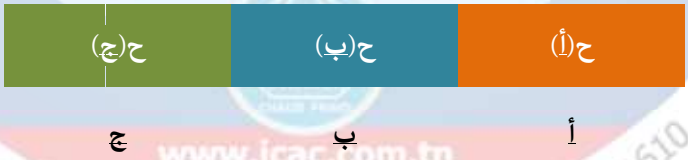
0 – 7 – 1 - قوانين علم الحركة الحرارية



يهتم علم الحركة الحرارية -كما يدل الاسم- بالحرارة أو الطاقة الحرارية بالدرجة الأولى وبكل الظواهر التي تتعلق بهذه الطاقة كعملية انتقال الحرارة من جسم لآخر أو كيفية تخزين هذه الطاقة أو توليدها.

يقوم علم الديناميكا الحرارية على أربعة قوانين كبرى وهي القانون صفر (أو القانون الرابع) والقانون الأول والقانون الثاني والقانون الثالث

0 – 7 – 1- أ - القانون صفر



يوصف النظام بأنه في اتزان حراري عندما لا تتغير درجة حرارته مع الزمن. فإذا كانت أ و ب و ج أنظمة حرارية أو أجساما منفصلة فيمكن صياغة القانون الصفري للحركة الحرارية كالآتي :

إذا كان كل من أ و ب في اتزان حراري و ب مع النظام ج، يكون النظام أ في اتزان حراري مع ج.

وبناءا على ذلك يكون الاتزان الحراري صفة لدرجة حرارة الأنظمة أ و ب و ج، ويكون:

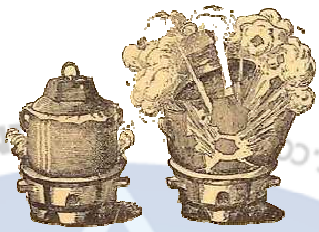
إذا: ح(أ) = ح(ب)

و إذا: ح(ب) = ح(ج)

مما يؤدي إلى: ح(أ) = ح(ج)

و بهذه القاعدة يمكن أن ندرس التفاعل الحراري بين وسيط التبريد و أنابيب الربط ثم بين وسيط التبريد و أنابيب المكثف و بين هذه الأخيرة و زعانفه و كذلك بالنسبة للمبخر.

0 – 7 – 1 – ب - القانون الأول للحركة الحرارية

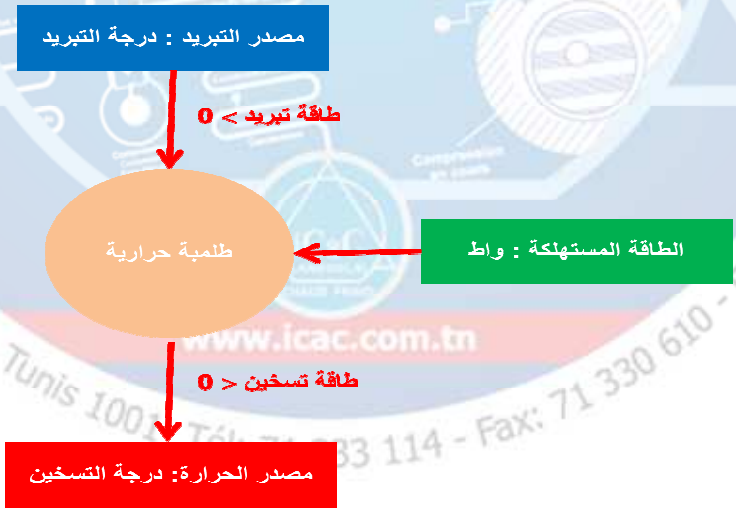


ط(مك) = ط(مب) + ش(ض)

حيث **ط(مك)** هي كمية الحرارة التي تخرج من أو تتنقل إلى النظام (مك: مكثف)
حيث **ط(مب)** هي التغيير في الطاقة الداخلية للنظام وهي دالة لدرجة الحرارة (مب: مبخر)
حيث **ش(ض)** هو الشغل المبذول على أو من النظام (ض: ضاغط)

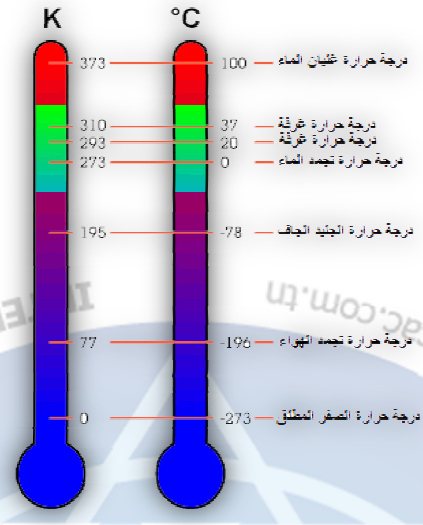
وهذه القاعدة تقرأ بالنسبة لدائرة التبريد كالآتي: الطاقة الممتصة تساوي الطاقة المنبعثة مما يعني أن الطاقة الممتصة من المبخر مع الطاقة المستهلكة من الضاغط تساوي الطاقة الحرارية المنبعثة من المكثف.

0 – 7 – 1 – ج - القانون الثاني للحركة الحرارية



من المستحيل أن تنتقل كمية من الحرارة من جسم عند درجة حرارة منخفضة إلى جسم عند درجة حرارة مرتفعة إلا ببذل شغل من الخارج

0 – 7 – 1 – د - القانون الثالث للحركة الحرارية

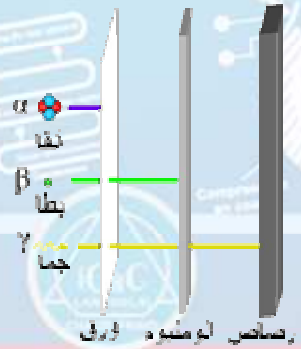


لا يمكن تبريد أي نظام إلى درجة الصفر المطلق

0 – 7 – 2 - التنقل الحراري

لاختيار الألواح المعزولة لبناء أو صناعة المحيط المراد تبريده و لاختيار المعادن المناسبة لصناعة المكثف و المبخر نعتمد أساسا على قوانين التنقل الحراري

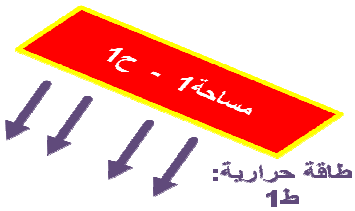
يمكن للحرارة أن تتنقل بين الأجسام عن طريق الإشعاع أو التوصيل الحراري أو الحمل الحراري. لا يمكن للحرارة أن تنتقل بين جسمين أو بين نقطتين في جسم واحد إلا إذا كانت درجات الحرارة بينهما مختلفة



0 – 7 – 2 - أ - الإشعاع

الإشعاع طاقة تطلق في شكل موجات أو جسيمات صغيرة من مادة ما وله أشكال عديدة مثل الأشعة السينية وأشعة جاما والإشعاع الصادر عن المفاعلات النووية كما أن الضوء بحد ذاته أشعاع.
عند اختيار سمك و نوعية ألواح العزل، يأخذ بعين الاعتبار بهذا الشكل للتحول الحراري لأشعة الشمس المنبعثة على الألواح بالنسبة لبيوت التبريد أو على المكثف، أو مصادر الضوء على آلات التبريد المنزلي و التجاري.

Tunis
24, rue Oum Kalthoum – Tunis 1001
Tél : 71 333 114 - 31 170 903 - 31 170 891 - Fax : 71 330 610
Djerba
Avenue 14 janvier, Complexe le Millénaire – Midoun 4116
Tél : 75 730 399 – 31 172 243 – Fax : 75 730 395
Email : icac@icac.com.tn
Site Web : www.icac.com.tn



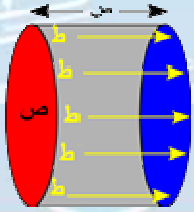
طاقة التحول الحراري بالإشعاع يرمز لها بالقادة النظرية التالية:

$$ط = \varepsilon . م . \sigma . ح^4$$

ط	الطاقة و تحسب بالوات	W
ε	إشعاع و يحسب من 0 إلى 1 حسب حالة مساحة الإشعاع من دون وحدة قيس (1 للجسم الأسود)	
م	مساحة سطح الإشعاع و تحسب بالمتر المربع	$م^2$
σ	ثابت ستيفان بلتزمان: 5.6703 10^{-8} .وات.$م^{-2}$ (كلفين)$^{-4}$	6,6703 10^{-8} $W.m^{-2}.K^{-4}$
ح	درجة حرارة الجسم و تحسب بدرجة كلفين	°K

0 – 7 – 2 – ب - توصيل حراري

يعرف على أنه الانتقال التلقائي للطاقة الحرارية عبر المادة من منطقة ذات درجة حرارة مرتفعة إلى منطقة أخرى ذات درجة حرارة أقل من سابقتها سعياً وراء الوصول إلى تجانس حراري.

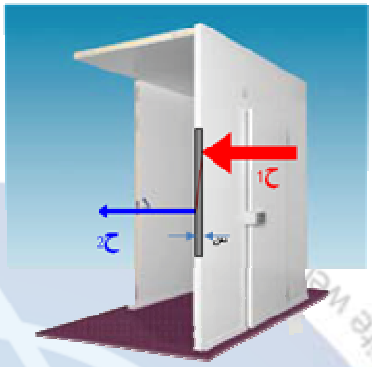


$ح_1 > ح_2$

و تستعمل هذه القاعدة لاحتساب مدا تسرب الحرارة الغير مرغوب فيها من خلال جسم ألواح العزل و كذلك من خلال معدن أنابيب المكثف و المبخر لتسرب الحرارة المرغوب فيها.

0 – 7 – 2 – ب – أ - توصيل حراري لأجسام مسطحة

طاقة التحول الحراري بالتوصيل من خلال مساحات مسطحة يرمز لها بالقاعدة النظرية التالية:



$$ط = \frac{K.م}{س} (ح_1 - ح_2)$$

ط	الطاقة و تحسب بالوات	W
K	قدرة التوصيل الحراري للجسم الصلب	$W.م^{-1}.K^{-1}$
م	مساحة سطح الجسم و يحسب بالمتر المربع	$م^2$
س	سمك الجسم	م
ح1	درجة حرارة الجسم 1	°K
ح2	درجة حرارة الجسم 2	°K

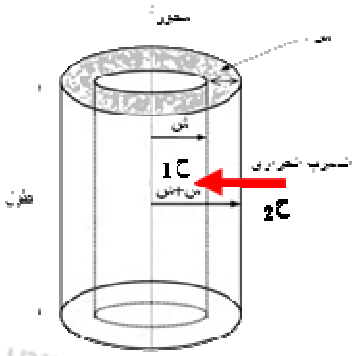
0 – 7 – 2 – ب – ب - توصيل حراري للأنابيب

$$ط = \frac{K.م}{س} (ح_1 - ح_2)$$

K	قدرة التوصيل الحراري للجسم الصلب (الالمينيوم)	$237\ W.م^{-1}.K^{-1}$
$ح_1$	درجة حرارة سطح الأنبوب	°K
$ح_2$	درجة حرارة سطح الزعانف	°K

طاقة التحول الحراري بالتوصيل من خلال أنبوب يرمز لها بالقادة النظرية التالية:

$$ط = \frac{ط_{ضوء} . \pi . 2 . \lambda_{ن} (ح_1 - ح_2)}{\ln\left(\frac{س}{س_{ن}}\right)}$$

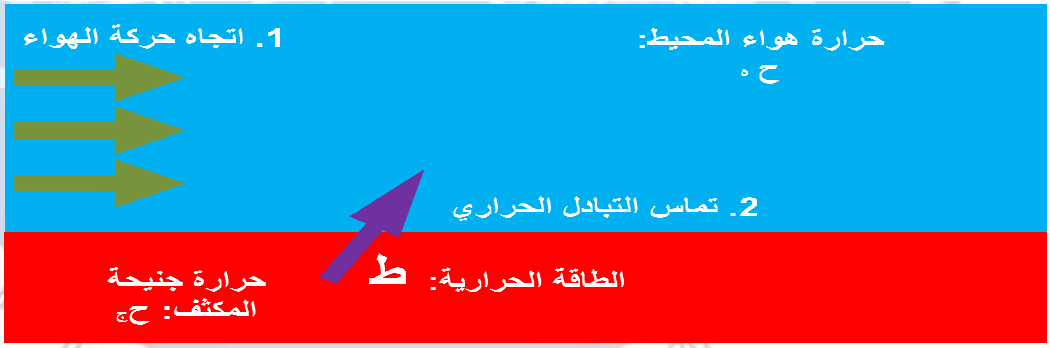


ط	الطاقة و تحسب بالوات	W
λ	قدرة التوصيل الحراري للجسم الصلب (النحاس)	$401W.م^{-1}.K^{-1}$
طول	طول الأنبوب	م
س	سمك الأنبوب	م
ش	شعاع الأنبوب	م
ح1	درجة الحرارة داخل الأنبوب	°K
ح2	درجة الحرارة خارج الأنبوب	°K
ln	اللوغاريتم الطبيعي	

0 – 7 - 3 - الحمل الحراري

وهو أساس انتقال الحرارة في الأجسام المائعة.
و تستعمل هذه القاعدة لاحتساب مدا تسرب الحرارة الغير مرغوب فيها من خلال معدن أنابيب و زعانف المكثف و مدا امتصاص حرارة المحيط من المبخر.

$$ح_{ه} > ح_{ج}$$



طاقة التحول الحراري بالحمل من المحيط إلى سطح يرمز لها بالنظرية التالية:

$$ط = هـ.م.(ح_{ه} - ح_{س})$$

ط	الطاقة و تحسب بالوات	W
هـ	ضارب التبادل الحراري السطحي (للهواء)	$W.م^{-2}.K^{-1}$ (من 10 إلى 500)
م	مساحة السطح	$م^2$
$ح_{ه}$	درجة حرارة الهواء	°K
$ح_{س}$	درجة حرارة السطح	°K

0 – 8 - وحدة قيس الحرارة:

درجة مئوية	Degré Celsius	°C	درجة كلفن	Degré Kelvin	°K	K = C + 273.15
درجة مئوية	Degré Celsius	°C	درجة فرهناي	Degré Fahrenheit	°F	F = C*1.8 + 32

0- 9 - وحدة قيس الطاقة:

1	بتيو	BTU/h	=	0,293071	وات	W
1	كلوري	Cal	=	0,0011639	وات/س	W/h
1	حصان	CV	=	735,499	وات	W
1	تن	Ton	=	3516,8	وات	W

0 – 10 - دورة وقوانين التبريد Cycle frigorifique The Refrigeration Cycle

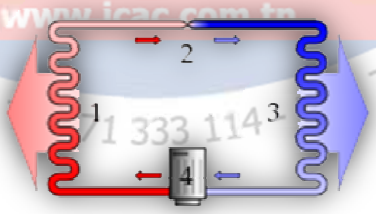
بعض القوانين الأساسية التي تعتمد عليها جميع أنظمة التبريد:

1. يمتص أي جسم الحرارة عندما يتحول من حالة سائلة إلى غاز (من سائل إلى بخار) ويطرد الحرارة عند تحوله من بخار إلى سائل.
2. يغير المائع حالته عند درجة حرارة وضغط ثابتين .
3. تنتقل الحرارة فقط من الجسم الذي درجة حرارته أعلى إلى الجسم الذي درجة حرارته أقل (من الجسم الساخن إلى الجسم البارد).
4. الأجزاء المعدنية للمبخر والمكثف يجب أن تكون جيدة التوصيل للحرارة ويجب اختيار المعدن الذي لا يتفاعل مع وسيط التبريد ويعتبر النحاس الأصفر والنحاس الأحمر و ألألمونيوم هي أكثر المعادن شيوعاً لهذا الاستعمال.
5. الطاقة الحرارية وأشكال الطاقة الأخرى قابلة للتحول من أي صورة إلى أخرى فعلى سبيل المثال، يمكن تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية، وبالعكس يمكن تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية، وهكذا تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية.

0 – 10 – 1 - دائرة التبريد الأساسية :

كما ذكرنا أن أي سائل يتبخر ويتكثف وهو التغير ما بين الحالة السائلة والحالة الغازية فعند التبخر يجب أن يحصل السائل على الحرارة الكامنة للتبخر بينما عند التكثيف يتم طرد الحرارة الكامنة مرة أخرى .

تتكون دائرة التبريد من أربعة أجزاء رئيسية:



1. المكثف
2. صمام التمدد
3. المبخرة

4. الضاغط

0 – 10 – 2 - دورة انضغاط البخار :

تسمى دورة انضغاط لأن الضاغط يقوم بضغط بخار وسيط التبريد من ضغط منخفض إلى ضغط عالي، وهذا الانضغاط يحدث انتقال للطاقة الحرارية من داخل الحيز المبرد إلى الخارج .
حيث يقوم **الضاغط** بنقل الحرارة من مكان إلى آخر و قد يسمى أيضا بالطلمبة الحرارية
يتكون نظام التبريد أساساً من **جانب للضغط العالي** و**جانب للضغط المنخفض**، ويمكن تتبع دورة التبريد بداية من **خزان السائل** وهو عبارة عن وعاء يستعمل في تخزين سائل **وسيط التبريد** كاحتياطي في دورة التبريد ويوجد بعد **المكثف** مباشرة.

يجب أن يكون حجم خزان السائل كبيراً لاستيعاب كل شحنة وسيط التبريد بالمجموعة في حالة سائلة، وفي ضغط عالي، و منه يمر بعد ذلك وسيط التبري بجهاز للتحكم في الانسياب و المسمى **صمام التمدد**.
بعد تمدده الى ضغط منخفض يمر وسيط التبريد إلى **المبخر** أين يتبخر و تنخفض درجة حرارته فيمتص حرارة من الحيز المبرد (تبعا للقواعد التي رايناها سلفا).
ثم يسحب البخار بعد ذلك عن طريق **صمام السحب للضاغط**.
وفي حلة استخدام الضاغط الترددي ذي الأكباس، وهو أكثر أنواع الضواغط شيوعاً حيث تعمل هذه الضواغط في دورة ثنائية الأشواط.
فعند هبوط **المكبس** خلال شوط السحب يفتح **صمام السحب** ليسمح بدخول البخار القادم من المبخر ويقفل هذا الصمام مرة أخرى عند نهاية الشوط ليبدأ شوط الانضغاط ويكون الضغط داخل **اسطوانة الضاغط** أعلى من الضغط في **ماسورة الطرد** فيفتح **صمام الطرد** و يدفع البخار المضغوط إلى المكثف وتكون درجة حرارة البخار المضغوط عالية جدا. في المكثف تنتقل الحرارة من وسيط التبريد إلى الوسط المحيط (الهواء أو الماء) حسب نوع المكثف المستخدم وبذلك يتخلص وسيط التبريد من الحرارة ويتكثف إلى سائل، ويعود السائل إلى خزان السائل حيث تبدأ الدورة من جديد مرة أخرى.

وهذه العملية التي تبدو غير معقدة (وهي كذلك) تحتاج إلى عدة آليات أخرى للضبط و التعديل و التحكم و الحماية، كهربائية، حرارية أو ميكانيكية و حتى الكترونية. و بتقدم العلم و وسائل الاتصال صار من اللازم ربط الدائرة في بعض الأحيان بالأقمار الصناعية للضبط و التحكم و المراقبة عن بعد.

www.icac.com.tn
24 rue Oum Kalthoum - Tunis 1001- Tél: 71 333 114 - Fax: 71 330 610 E-mail: icac@icac.com.tn