



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني الموصل



الحقبة التعليمية

القسم العلمي:	تقنيات ميكانيك القدرة
اسم المقرر:	انتقال الحرارة التطبيقي
المستوى:	الثاني
الفصل الدراسي:	الثاني
السنة الدراسية:	2025-2024



انتقال الحرارة التطبيقي				اسم المقرر:
تقنيات ميكانيك القدرة				القسم:
التكنولوجي الموصل				المعهد:
الثاني				المستوى:
الثاني				الفصل الدراسي:
2	عملي	2	نظري	عدد الساعات الاسبوعية:
4				عدد الوحدات الدراسية:
PMTR247				الرمز:
نعم	كلهما	عملي	نظري	نوع المادة
				هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى
				اسم المقرر النظير
				القسم
				رمز المقرر النظير
معلومات تدريسي المادة				
انمار محمود احمد				اسم مدرس (مدرسي) المقرر:
مدرس				اللقب العلمي:
2021				سنة الحصول على اللقب
ماجستير هندسة ميكانيكية				الشهادة :
2008				سنة الحصول على الشهادة
13 سنة				عدد سنوات الخبرة (تدريس)

الوصف العام للمقرر

ان مقرر انتقال الحرارة التطبيقي هو متطلب أساسي وتخصصي واجباري وذلك لكونه يعمل على تأسيس الفهم السليم والقاعدة النظرية والعملية لتطبيقات علم الديناميكا الحرارية حيث يعد انتقال الحرارة فرع من الهندسة الحرارية يهتم بتوليد الطاقة الحرارية (الحرارة أو كمية الحرارة) واستخدامها وتحويلها وتبادلها بين المنظومات الفيزيائية. يصنف انتقال الحرارة إلى آليات مختلفة مثل التوصيل الحراري، والحمل الحراري، والإشعاع الحراري، وانتقال الطاقة بالتحويلات الطورية. يدرس المهندسون أيضًا انتقال الكتلة مختلفة الصنف الكيميائي، سواءً ساخنًا أو باردًا، لتحقيق انتقال الحرارة. في حين تتمتع هذه الآليات بمزايا مختلفة، فإنها غالبًا ما تحدث بشكل متزامن في نفس المنظومة. وحيث اننا في الفصل الأول سوف نتطرق الى اساسيات انتقال الحرارة بالحمل الحراري وتطبيقاته من جوانب متعددة وشاملة ومهمة لأغلب المقررات التخصصية في مجال تقنيات تكييف الهواء والتبريد.

الاهداف العامة

حدد الأهداف الرئيسية للمقرر: ماذا يجب أن يتعلم الطلاب ويحققوا بنهاية المقرر؟ استخدم عبارات مثل "سيتعلم الطلاب" أو "سيتمكن الطلاب من". (ارجو الاطلاع على الدليل المرفق)

- من خلال هذا المقرر سيتعرف الطالب على أهمية الخواص الفيزيائية والحرارية والهندسية للمواد الطبيعية والمصنعة في حياتنا العملية من خلال دراسة تأثير تغيير التوصيلية الحرارية للوسط الناقل للحرارة ومقدار تأثير الأبعاد الهندسية من سمك ومساحة انتقال حرارة للمادة الموصلة للحرارة بالإضافة لتأثير كل من خواص الكثافة واللزوجة ومعامل التمدد الحجمي والانتشارية الحرارية للموائع المستخدمة في طريقة انتقال الحرارة بالحمل الحر والقسري لتطبيقات هندسية متعددة في مجال هندسة تكييف الهواء والتبريد والتدفئة والتثليج.
- سيتمكن الطالب من فهم أهمية التحليل اللابعدي للخواص الفيزيائية والهندسية والحرارية للموائع والاجسام الصلبة لغرض الحصول على الأرقام اللابعدي (عدد كراشوف وبراندل ورينولدز ونسلت) التي تصف تأثير القوى المؤثرة في حدود الطبقة المناخمة الهيدروليكية والحرارية المشتركة بين الجسم والمائع وما يحصل بينهما من تبادل حرارة وكتلة.
- سيصبح الطالب قادر على حساب مقدار كمية الحرارة المنتقلة من أي نظام او الى النظام من خلال جدران هذا النظام ورسم مخططات توزيع درجات الحرارة داخل أي جدار لمعرفة نقاط الضعف وأماكن تركز الاحمال الحرارية العالية والمنخفضة.

الأهداف الخاصة

- اكتساب الطالب مهارات استخدام جداول ومخططات خواص المواد الهندسية الحرارية المهمة في مجال تكييف الهواء والتبريد.
- اكتساب المعرفة الأساسية لأهمية علم انتقال الحرارة الذي هو جزء من علم الديناميكا الحرارية في الحياة اليومية.
- الامام بأساليب وطرائق الحسابات والتحليل الحراري لأي نظام حراري من وجهة نظر علم انتقال الحرارة وبالتحديد طريقة انتقال الحرارة بالحمل والاشعاع.

❖ أمثلة الأهداف التعليمية .

- إكساب المتعلم مهارات التمييز بين طرائق انتقال الحرارة الثلاث الشائعة.
- إلمام المتعلم بطرائق التحليل الرياضي لأنظمة الناقل للحرارة بالحمل الحر والقشري.

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- بعد الانتهاء من الدرس (المحاضرة) سيكون الطالب قادرا بإذن الله تعالى على ان:
- يميز بين أنواع المواد الهندسية المستخدمة في انشاء أي منظومة حرارية من خلال خواصها الهندسية والفيزيائية الحرارية للمواد الصلبة والموائع المختلفة.
 - يعرف كميات الحرارة المنتقلة وتوزيع درجات الحرارة داخل أي نظام حراري مدروس من خلال الربط بين قوانين ومبادئ الديناميكا الحرارية والمعادلات والعلاقات التجريبية الخاصة بطريقة انتقال الحرارة بالحمل الحر والقشري داخل الأوساط الحرارية والمختلفة وأنظمة الأبعاد المختلفة.
 - يحلل سلوك أي نظام حراري مدروس من ربط المعطيات للحالة مدار الدارسة بالنتائج مع إمكانية تحسين الأداء الحراري للنظام من خلال اقتراح حلول للسيطرة على نقاط الضعف في النظام.
 - يحدد مدى كفاءة وقدرة النظام الحراري المدروس على النجاح في أداء المهمة التصميمية المطلوبة قبل حدوث الفشل الحراري في النظام.

المتطلبات السابقة

- يجب على الطالب ان يكون ملماً بالمتطلبات التالية قبل التسجيل في هذا المقرر:
- يجب ان يكون الطالب متمكناً الى حد كبير في مجال علم الرياضيات وعلم ديناميكا الحرارة وعلم الميكانيكا الهندسية بفرعيها ميكانيكا الحالة الصلبة وميكانيكا الموائع واللغة الانكليزية.
 - يجب ان يكون الطالب متمكن في مجال الرسم الهندسي ومهارات استخدام الحاسوب وتطبيقاته.
 - يجب ان يكون جاهزاً للعمل المختبري لأجراء التجارب الحرارية وله معرفة شاملة لجميع الاخطار والمعوقات التي تحيط هذا المجال كون التجارب العملية الحرارية تحتل جانباً من الخطورة.

الأهداف السلوكية أو مخرجات التعليم الأساسية	
ت	تفصيل الهدف السلوكي أو مخرج التعليم
1	<p>ان يميز الطالب بين المصطلحات العلمية للكميات الفيزيائية والكيميائية (الحرارية) المستخدمة في مفردات المقرر ويعرف أهميتها ووحدها ووصولها الى تطبيقها في معادلة انتقال الحرارة بالحمل الحراري من خلال التحليل اللابيدي للخواص والكميات الفيزيائية والهندسية لاي نظام هندسي يتضمن أجزاء صلبة وموائع تبريد او تسخين ناقلة للحرارة. هذا التطبيق سيتم بصورة تدريجية من الطالب من النظم الحرارية البسيطة الى المركبة والمعقدة. ويعتمد الطالب على وسائل متعددة للحل منها مبادئ الموائمة مع طرائق تحليل نقل الطاقة الكهربائية وطرائق الربط الكهربائي وذلك لكون ان الطاقة هي كمية واحدة مهما اختلفت اشكالها.</p>
2	<p>ان يجري العمليات الرياضياتية بالاعتماد على الكميات والارقام اللابيدية وجدول ومخططات وفق شروط ومحددات خواص ونمط جريان الموائع الطباقية والانتقالي والاضطرابي من خلال الاستفادة مما درسه الطالب في المستوى الأول في مقرر ميكانيك الموائع لكي يحسب ويقدر كميات عدد كراشوف والذي يصف السمنة بين قوة الطفو الى قوة اللزوجة للمائع الناقل للحرارة بالحمل الحر وكذلك، وعدد رينولدز الذي يحدد الحد الفاصل بين أنماط جريان الموائع المدروسة سابقة الذكر حيث يعبر عن النسبة بين قوة القصور الذاتي الى قوة اللزوجة للمائع، وعدد نرناندل الذي يمثل النسبة بين الانتشارية الحركية الناتجة عن الزخم الى الانتشارية الحرارية الناتجة عن التدرج الحراري بسبب الموصلية الحرارية وصولاً الى اختيار العلاقة التجريبية المناسبة للحالة التصميمية لغرض الحصول على عدد نسلت الذي يمثل النسبة بين انتقال الحرارة بالحمل الحراري الى انتقال الحرارة الكلي (بالتوصيل).</p>
3	<p>ان يفهم الغاية والهدف من دراسة وتحليل خواص النظام الحراري الفيزيائية والهندسية وصولاً الى الأرقام اللابيدية (Gr,Re,Pr,Nu) هو للحصول على معامل انتقال الحرارة بالحمل (الحر او القسري) لتطبيق معادلة نيوتن لحساب مقدار الحرارة المنقلة بالحمل والفيض الحراري لكل وحدة مساحة من خلال مفتاح الحل الا وهو درجة حرارة الطبقة المتاخمة او ما تسمى ب (Film Temperature Tf).</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> ❖ ان يتمكن من تطبيق ما تعلمه أعلاه في تطبيقات انتقال الحرارة الهندسية مثال المبادلات الحرارية بانواعها والمستخدمة في العمليات الصناعية والأنظمة تكييف الهواء والتثليج المختلفة. ❖ وان يتمكن من فهم التطبيقات المتقدمة لعلم انتقال الحرارة بطرائقه الثلاث وطبيعة التداخل بين الطرائق الثلاث واهمية هذا التداخل وامكانيات توظيفها لتحسين الظروف الراحة الحرارية البيئية وما له من مردود إيجابي على تحسين الحياة البشرية والاقتصادي في الطاقة والموارد الطبيعية وتقليل التلوث.

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

مبررات الاختيار	الاسلوب او الطريقة
لأن بعض مواد المنهج تتطلب ذلك.	1. طريقة المحاضرة.
التعلم التعاوني يعطي نوعاً من النشاط والحركة للطلاب.	2. طريقة التعلم التعاوني
تسهل ادخال المعلومة الى اذهان الطلاب كونها تخاطب اكثر من حاسة.	3. طريقة المحاكاة
تنمي لدى الطلبة القدرة على التفكير.	4. طريقة العصف الذهني
تمكن الطالب من رؤية النتائج والوصول الى الحقائق العلمية تجريبياً.	5. طريقة التجربة والخطأ
تكسب الطالب مهارات التفكير الناقد وتطوير الأفكار لتصميم مشاريع تدخل مفردات هذا المقرر في صلب نظرية عملها.	6. طريقة التطبيق والابتكار والنقد

الفصل الاول من مقرر انتقال الحرارة التطبيقي

				الوقت		عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العنوان الفرعي	العملي	النظري	التوزيع الزمني
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	محاضرة+ عصف ذهني	Free or Natural Convection Heat Transfer	2	2	الأسبوع 1،2،3،4
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	محاضرة+ عصف ذهني+ تعلم تعاوني	Examples			
	تجارب عملية مصممة لتقريب الحالة والمشكلة للطالب من التجربة والقياس والخطأ والتصحيح وصولاً الى التصميم والنتيجة المقبولة هندسياً.	محاضرة+ التجربة والخطأ+ التطبيق والابتكار والنقد	Practical part			

الفصل الثاني من مقرر انتقال الحرارة التطبيقي

الفصل الثاني من مقرر انتقال الحرارة التطبيقي				الوقت		عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العنوان الفرعي	العملي	النظري	التوزيع الزمني
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة + محاكاة	Non-Dimensional analysis (Non-Dimensional Numbers for Forced Convection)	2	2	الأسبوع 5،6،7،8
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة + عصف ذهني + تعلم تعاوني	Examples			
	تجارب عملية مصممة لتقريب الحالة والمشكلة للطالب من التجربة والقياس والخطأ والتصحيح وصولاً إلى التصميم والنتيجة المقبولة هندسياً.	محاضرة + التجربة والخطأ + التطبيق والابتكار والنقد	Practical part			

الفصل الثالث من مقرر اساسيات انتقال الحرارة

				الوقت		عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العنوان الفرعي	عملي	نظري	التوزيع الزمني
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة+ محاكاة	Calculations of Overall Heat Transfer Value (U value) for Heating & Cooling Load in HVAC&R calculations.	2	2	الأسبوع 9
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة+ عصف ذهني+ تعلم تعاوني	Examples			
	تجارب عملية مصممة لتقريب الحالة والمشكلة للطالب من التجربة والقياس والخطأ والتصحيح وصولاً الى التصميم والنتيجة المقبولة هندسياً.	محاضرة+ التجربة والخطأ+ التطبيق والابتكار والنقد	Practical part			
			Principles of Heat Exchangers	2	2	الأسبوع 10،11،12
			Examples			

			Practical part	in HVAC&R field			
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة+ محاكاة	Extended Surfaces (Fins)	Applications of Convection Heat Transfer in HVAC&R field	2	2	الأسبوع 13
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة+ عصف ذهني+ تعلم تعاوني	Examples				
	تجارب عملية مصممة لتقريب الحالة والمشكلة للطالب من التجربة والقياس والخطأ والتصحيح وصولاً الى التصميم والنتيجة المقبولة هندسياً.	محاضرة+ التجربة والخطأ+ التطبيق والابتكار والنقد	Practical part				

الفصل الرابع من مقرر انتقال الحرارة التطبيقي

				الوقت		عنوان الفصل التوزيع الزمني
				عملي	نظري	
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس		2	2	الأسبوع 14
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة+ محاكاة	Review			
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة+ عصف ذهني+ تعلم تعاوني	Examples			
	تجارب عملية مصممة لتقريب الحالة والمشكلة للطالب من التجربة والقياس والخطأ والتصحيح وصولاً الى التصميم والنتيجة المقبولة هندسياً.	محاضرة+ التجربة والخطأ+ التطبيق والابتكار والنقد	Practical part			
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة+ محاكاة	Review			
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة.	محاضرة+ عصف ذهني+ تعلم تعاوني	Examples			
	تجارب عملية مصممة لتقريب الحالة والمشكلة للطالب من التجربة والقياس والخطأ والتصحيح وصولاً الى التصميم والنتيجة المقبولة هندسياً.	محاضرة+ التجربة والخطأ+ التطبيق والابتكار والنقد	Practical part			
				2	2	الأسبوع 15

المحتوى العلمي

خارطة القياس المعتمدة

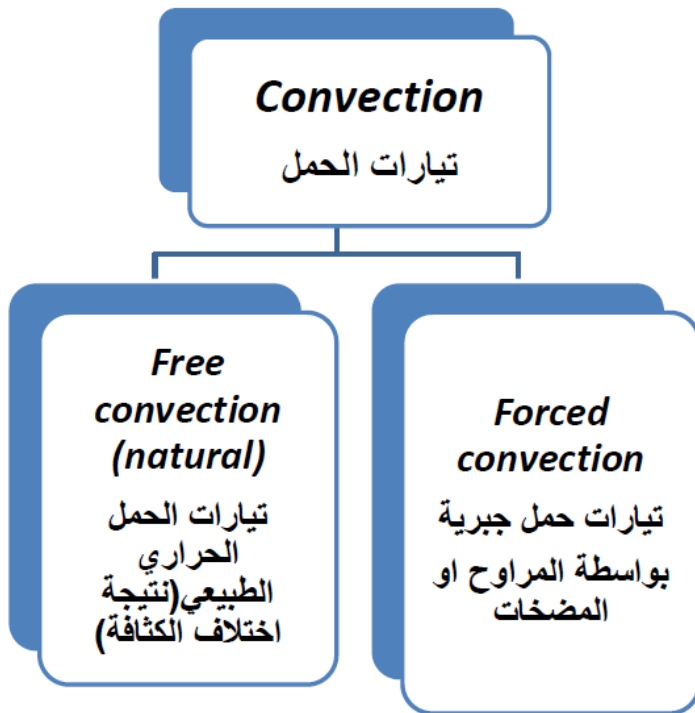
عدد الفقرات	الأهداف السلوكية					الأهمية النسبية	عناوين الفصول	المحتوى التعليمي
	التقييم	التحليل	التطبيق	الفهم	المعرفة			
	%	%	%	%	%			
4	10	10	25	50	5	25%	Free or Natural Convection Heat Transfer	الفصل الاول
3	10	10	25	50	5	25%	Forced Convection Heat Transfer	الفصل الثاني
6	10	10	25	50	5	25%	Applications of Convection Heat Transfer in HVAC&R field (Calculation of U-value, Heat Exchangers, Fins)	الفصل الثالث
4	10	10	25	50	5	25%	Review	الفصل الرابع
					20%	100%	4	المجموع

المحتويات

الفصل: الاول

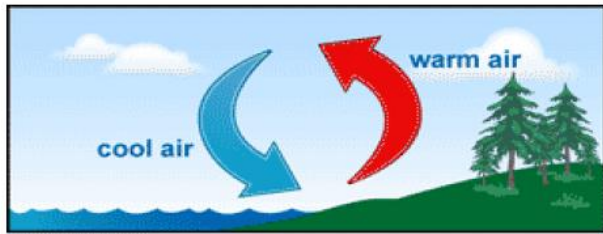
رقم المحاضرة: الأسبوع 4-3-2-1	
Free or Natural Convection Heat Transfer	عنوان المحاضرة:
م. انمار محمود احمد	اسم المدرس:
طلاب المستوى الثاني-فرع تقنيات التبريد والتكييف	الفئة المستهدفة :
تعريف الطالب اساسيات وطرائق انتقال الحرارة واهم تطبيقاتها	الهدف العام من المحاضرة :
1- ان يميز الطالب بين طرائق انتقال الحرارة. 2- ان يعرف أهمية كل طريقة من طرائق انتقال الحرارة. 3- ان يفهم مبدأ الية عمل كل طريقة من طرائق انتقال الحرارة بشكل مبسط وتطبيقاتها في تخصصه.	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعمل التعاوني	استراتيجيات التيسير المستخدمة
اكتساب المتعلم مهارة التمييز بين طرائق انتقال الحرارة واليات حصولها واسبابها وتطبيقاتها.	المهارات المكتسبة
التغذية الراجعة.	طرق القياس المعتمدة

انتقال الحرارة *convection* بتيارات الحمل



- The aim of studying convection is
الهدف من دراسة:
- How to find **heat transfer coefficient (h)**
كيفية ايجاد معامل انتقال الحرارة
- Heat transfer coefficient (h) depends on
يعتمد معامل الانتقال على
- **surface shape** شكل السطح افقي عمودي اسطواني
- **temperature T**, درجة الحرارة
- **fluid density ρ** , كثافة المائع
- **Thermal conductivity k** معامل التوصيل الحراري للمائع
- **Fluid viscosity μ** لزوجة المائع

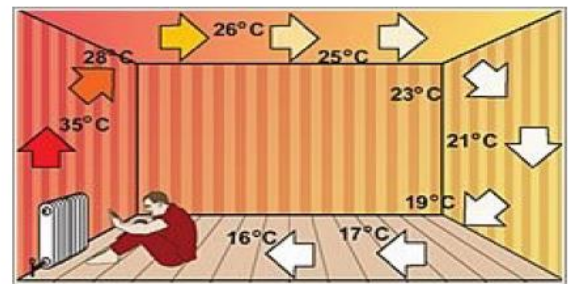
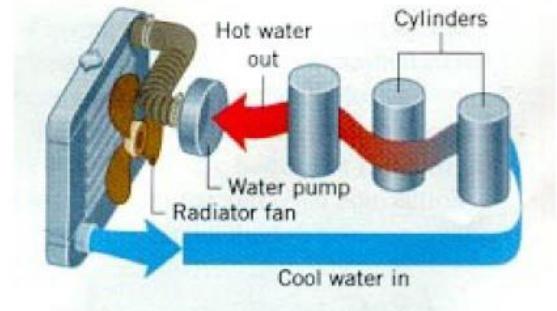
Heat convection



DAY TIME



NIGHT TIME



Forced Heat Convection (fan moved air or pump moved water)

Natural or Free Heat Convection



free conv. MOSUL Tech. Inst.

2/27/2020

Free (natural) convection

المجاميع اللابعدية اللازمة

لحساب معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر

- 1- Grashof number (Gr)
 - The ratio of *buoyancy* and *viscous* force.
 - $Gr = \rho^2 * L^3 * g * \beta * \Delta t / \mu^2$
 - ρ is fluid density kg/m^3
 - L is the height for vertical wall m
 - or average of width (a) and length (b) for horizontal wall $= (a+b)/2$
 - $g = 9.8 m/s^2$
 - β is thermal expansion coefficient for gases $= 1/T_f$ K^{-1}
 - T_f film temperature is the average of surface and fluid temperatures $= (T_s + T_\infty) / 2$ K
 - Δt is the temperature difference of surface and fluid $= T_s - T_\infty$ or $T_\infty - T_s$
 - μ is the fluid viscosity $kg/m.s$
- اهم المجاميع اللابعدية (بدون وحدات) هو عدد كراشوف و الذي يمثل النسبة بين قوة الطوفان (نتيجة لاختلاف درجة الحرارة) و قوة الناتجة عن اللزوجة .
 - كثافة المائع عند درجة حرارة المعدل
 - الارتفاع في حالة الاسطح العمودية او معدل الطول و العرض للاسطح الافقية
 - التعجيل الارضي
 - معامل التمدد الحجمي للمائع و هو للغازات = مقلوب معدل درجة الحرارة المطلقة المتاخمة
 - درجة الحرارة المتاخمة المطلقة = درجة حرارة السطح المطلقة + درجة حرارة المائع المطلقة / 2
 - الفرق الموجب بين درجة حرارة السطح و المائع
 - لزوجة المائع عند درجة حرارة المعدل

2/27/2020

free conv. MOSUL Tech. Inst.

4

Example: find out Grashof number (Gr) for air having temperature (t_{∞})= $25^{\circ}c$ with vertical wall of temp. (t_s)= $100^{\circ}c$ if wall height = $3m$

- $T_f = (T_s + T_{\infty}) / 2$
 - $T_s = 100 + 273 = 373k$
 - $T_{\infty} = 25 + 273 = 298k$
 - $T_f = (373 + 298) / 2 = 335.5k$
 - $\beta = 1 / 335.5 = 0.0029 K^{-1}$
 - $Gr = \rho^2 * L^3 * g * \beta * \Delta t / \mu^2$
 - $\rho = 0.995 kg/m^3$ **FROM AIR TABLE**
 - $\mu = 208.2 * 10^{-7} kg/m.s$ **FROM AIR TABLE at 350K the nearest value to 335.5K**
 - $\Delta t = 373 - 298 = 75K = 75^{\circ}C$
 - $Gr = 0.995^2 * 3^3 * 9.8 * 0.0029 * 75 / (208.2 * 10^{-7})^2$
 - $56.97 / 0.00000000433 = 131427052795 = 13 * 10^{10}$
 - FOR $Gr > 10^9$ the flow is turbulent
- احسب درجة الحرارة المطلقة المتاخمة
 - معامل التمدد الحجمي = مقلوب الدرجة المطلقة المتاخمة
 - لايجاد عدد كراشوف
 - تؤخذ الكثافة من جدول خصائص الهواء عند درجة حرارة مقاربة لدرجة الحرارة المطلقة المتاخمة وكذلك بالنسبة للزوج
 - اذا كان عدد كراشوف اكثر من 10^9
 - فهذا يعني ان حركة المائع اضطرابية

T Temp. (K)	Thermo physical properties of air كثافة الهواء density (kg/m³)	C_p specific heat (kJ/Kg.K)	μ viscosity (10⁻⁷kg/m.s)	K thermal conductivity (10⁻³W/m.K)	Pr Prandtl number
100	3.5562	1.032	71.1	9.34	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	13.8	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	18.1	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	22.3	0.72
300	1.1614	1.007	184.6	26.3	0.707
350	0.995	1.009	208.2	30.0	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	33.8	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	37.3	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	40.7	0.684

Thermo physical properties of engine oil						
T	زيت المحركات	زيت المحركات	زيت المحركات	زيت المحركات	زيت المحركات	زيت المحركات
Temp.	ρ	C_p	μ	k	Pr	β
(K)	density	specific heat	viscosity	thermal	Prandtl	volume
	(kg/m³)	(kJ/Kg.K)	(kg .m/s)	conductivity	number	expansion
				(W/m.K)		coefficient
						(10⁻⁴/K)
260	908	1.76	12.23	0.149	144500	7
280	896	1.83	2.17	0.146	27200	7
300	884	1.91	0.486	0.144	6450	7
320	872	1.99	0.141	0.141	1990	7
340	860	2.08	0.053	0.139	795	7
360	848	2.16	0.025	0.137	395	7
380	836	2.25	0.014	0.136	230	7
400	824	2.34	0.009	0.134	155	7

2-Prandtl number (Pr)

- **Prandtl number (Pr):**
is ratio between momentum diffusivity and thermal diffusivity
- $Pr = \mu * c_p / k$
- c_p is specific heat at constant pressure at fluid film temperature T_f
 $J/kg. ^\circ c$
- عدد براندتل يمثل النسبة بين الانتشار الناشيء من العزم الحركي و الانتشار الحراري
- الحرارة النوعية بثبوت الضغط و تؤخذ هذه الخاصية من الجداول عند درجة الحرارة المتاخمة

Example: Calculate Prandtl number(Pr) for the previous example احسب عدد براندتل للمثال السابق

- Ans.:
- $Pr = \mu * c_p / k$
- $\mu = 208.2 * 10^{-7} \text{kg/m.s}$ *FROM AIR TABLE at 350K the nearest value to 335.5K*
- $C_p = 1.009 \text{kJ/kg}^{\circ}\text{C} = 1009 \text{J/kg}^{\circ}\text{C}$ *FROM AIR TABLE at 350K the nearest value to 335.5K*
- $k = 30.0 * 10^{-3} \text{w/m}^{\circ}\text{C}$
- $Pr = 208.2 * 10^{-7} * 1009 / 30.0 * 10^{-3} = 0.700246$
- *Home work: find out Gr and Pr for the same previous conditions but with engine oil* احسب عددي كراشوف و براندتل لنفس الظروف السابقة ولكن الجدار العمودي ملامس لزيت المحرك (مغطس)
 - نلاحظ عند اخذ الخواص لزيت المحركات ان درجة الحرارة المتاخمة القريبة = 340
 - معامل التمدد الحجمي معطى في الجدول لان المائع في الحالة السائلة

How to calculate heat transfer coefficient (h)

- 3-Nusselt number (Nu) : is the ratio between total heat transfer by convection and the estimated conductive heat transfer.
النسبة بين الانتقال الحراري بتيارات الحمل و التوصيل لنفس المائع
- $Nu = h * L / k$
عدد نسلت =
- Then : HEAT TRANSFER COEFFICIENT (h) is
معامل انتقال الحرارة
- $h = Nu * k / L$
- k is fluid thermal conductivity at T_f (FROM TABLE)
معامل التوصيل الحراري
- From experiments (empirical formula)
يؤخذ من الجدول
- $Nu = c * (Gr * Pr)^n$
من التجارب (معادلات تجريبية)
- c & n are experimental constants
ثوابت تجريبية
- For vertical wall
للجدران العمودية
- $Nu = 0.15 * (Gr * Pr)^{0.33}$ for $Gr * Pr$ 10^7 to 10^{11}
هذه ثوابت المعادلة التجريبية لمدى (كراشوف*براندتل)

Example: Find out the heat transfer coefficient for the vertical wall described in the previous example then calculate the heat transferred by free convection for wall area of 9 m²

- Ans.
- $Gr=13*10^{10}$
- $Pr = 0.700246$
- $Gr*Pr= 91031980000= 9.1*10^{10}$
- $Nu= 0.15 *(Gr*Pr)^{0.33}$
- $Nu= 0.15 *(9.1*10^{10})^{0.33}$
- $Nu= 0.15*4135= 620.2$
- $h=Nu*k/L$
- $h=620.2* 30.0*10^{-3}/3$
- $h=18.79/3 = 6.26 w/m^2.^{\circ}c$
- $Q=h*A*\Delta t$
- $Q= 6.26* 9* (100 - 25) = 4228 w$
- **Home work:**
- **Find out heat transfer coefficient (h) for a horizontal plate (3m length,4m width) exposed from the top to air at temperature =25^oc and the plate temperature =100^oc.**
- **Note: ($Nu= 0.27*(Gr*Pr)^{0.25}$)**
- احسب معامل انتقال الحرارة لصفحة
- طولها 3 متر و عرضها 4 متر
- معرضة من الاعلى لهواء

Empirical formulas for free convection calculations

<i>Surface</i>	<i>(Gr.Pr)</i>	<i>C</i>	<i>n</i>
Vertical Plates/Cylinders	10^4 to 10^9	0.59	0.25
	10^9 to 10^{12}	0.13	0.33
Horizontal Pipes	10^3 to 10^9	0.53	0.25
Horizontal Plates Heated Face up or Cooled Face Down	10^5 to 2×10^7	0.54	0.25
	2×10^7 to 3×10^{10}	0.14	0.33
Horizontal Plates Heated Face down or Cooled Face up	3×10^5 to 3×10^{10}	0.27	0.25

رقم المحاضرة: الأسبوع 5-6-7-8	
Forced Convection Heat Transfer	عنوان المحاضرة:
م. انمار محمود احمد	اسم المدرس:
طلاب المستوى الثاني- فرع تقنيات التبريد والتكييف	الفئة المستهدفة:
تعريف الطالب اساسيات وطرائق انتقال الحرارة واهم تطبيقاتها	الهدف العام من المحاضرة:
1- ان يميز الطالب بين طرائق انتقال الحرارة. 2- ان يعرف أهمية كل طريقة من طرائق انتقال الحرارة. 3- ان يفهم مبدأ الية عمل كل طريقة من طرائق انتقال الحرارة بشكل مبسط وتطبيقاتها في تخصصه.	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعمل التعاوني	استراتيجيات التيسير المستخدمة
اكتساب المتعلم مهارة التمييز بين طرائق انتقال الحرارة واليات حصولها واسبابها وتطبيقاتها.	المهارات المكتسبة
التغذية الراجعة.	طرق القياس المعتمدة

Forced convection for flow inside pipes تيارات الحمل الجبري في حالة التدفق داخل الانابيب

- Reynolds number (Re) : Ratio between *inertial* and *viscous* forces. النسبة بين قوة الزخم و قوة اللزوجة
- $Re = V * \rho * D / \mu$
- Where
- V is fluid velocity m/s السرعة
- ρ is fluid density at fluid temperature (t_{∞}) kg/m^3
- D is the pipe diameter (in case of pipes) m
- is the flat plate length (in case of flat plates)
- μ is the fluid viscosity at (t_{∞}) $kg/m.s$
- The following empirical equations can be used for finding forced convection heat transfer coefficient (h) for flow inside pipes
- $Nu = 0.023 * Re^{0.8} * Pr^{0.4}$ when pipe surface temperature (t_s) > fluid temp. t_{∞}
- $Nu = 0.023 * Re^{0.8} * Pr^{0.3}$ if $t_s < t_{\infty}$ (cooling)

Calculate heat transfer coefficient (h) for air flowing inside pipe has diameter (D)=0.1m and temperature (t_s) of 40^oc .the air temperature(t_∞) =20^oc and velocity(V) =3m/s

- Ans.
- velocity(V) =3m/s , diameter (D)=0.1m , air temperature(t_∞) =20^oc **FROM AIR PROPERTIES TABLES AT $T_\infty =20+273 =293$ K ≈ 300 K**
- $\rho = 1.1614$ kg/m³ , $\mu = 184.6 * 10^{-7}$ kg/m.s , $Pr = 0.707$, $k = 26.3 * 10^{-3}$ w/m.c
- $Re = V * \rho * D / \mu = 3 * 1.1614 * 0.1 / 184.6 * 10^{-7}$
- $= 18874.3$
- $Nu = 0.023 * Re^{0.8} * Pr^{0.4}$ pipe surface temperature ($t_s = 40^{\circ}C$) > fluid temp. ($t_\infty = 20^{\circ}C$)
- $Nu = 0.023 * 18874.3^{0.8} * 0.707^{0.4}$
- $= 0.023 * 2634.4 * 0.8704 = 52.7$
- $Nu = h * D / k$
- $h = Nu * k / D = 52.7 * 26.3 * 10^{-3} / 0.1 = 13.8$ w/m².c

The overall heat transfer coefficient (U) for plane walls

المعامل الكلي لانتقال الحرارة

- Overall heat transfer coefficient (U) takes into account the combined effect of both *convection* and *conduction* as follows: المعامل الكلي لانتقال

الحرارة يأخذ بنظر الاعتبار التأثير المتحد للحمل و التوصيل الحراري و يساوي

- مقلوب مجموع المقاومات (التوصيل و الحمل الحراري) =

$$U = 1 / (1/h_i + x_1/k_1 + x_2/k_2 + 1/h_o)$$

- h_i inner heat transfer coefficient $w/m^2 \cdot ^\circ c$

- x_1 wall first layer thickness m

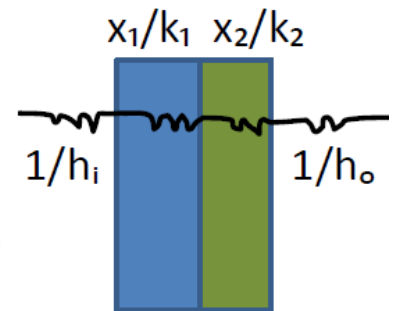
- k_1 wall first layer thermal conductivity $w/m \cdot ^\circ c$

- x_2 is the wall second wall thickness m

- k_2 wall 2nd layer thermal conductivity $w/m \cdot ^\circ c$

- h_o outer heat transfer coefficient $w/m^2 \cdot ^\circ c$

- U overall heat transfer coefficient $w/m^2 \cdot ^\circ c$



A- Calculate the overall heat transfer coefficient (U) for a plane wall has 1st layer thickness (x_1) = 0.2m with thermal conductivity (k_1) = 3.5 w/m. $^{\circ}$ c , 2nd layer thickness (x_2) = 0.025m , thermal cond. (k_2) = 2.3 w/m. $^{\circ}$ c if inner heat transfer coefficient (h_i = 5.2 w/m 2 . $^{\circ}$ c) and outer heat transfer coefficient (h_o = 35 w/m 2 . $^{\circ}$ c)

- Ans.
- $U = 1 / (1/h_i + x_1/k_1 + x_2/k_2 + 1/h_o)$
- $1/h_i = 1/5.2 = 0.19 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{w}$ (المقاومة الحرارية الداخلية (حمل حراري))
- $x_1/k_1 = 0.2/3.5 = 0.057 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{w}$ (المقاومة الحرارية نتيجة التوصيل للطبقة الاولى)
- $x_2/k_2 = 0.025/2.3 = 0.01 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{w}$
- $1/h_o = 1/35 = 0.028 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{w}$
- $U = 1 / (0.19 + 0.057 + 0.01 + 0.028) = 1 / 0.285 = 3.5 \text{ w}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$
- B- calculate the transferred heat from the previous wall for inner room temperature = 25 $^{\circ}$ c, outer ambient temp. = 0 $^{\circ}$ c and wall area of 12 m 2

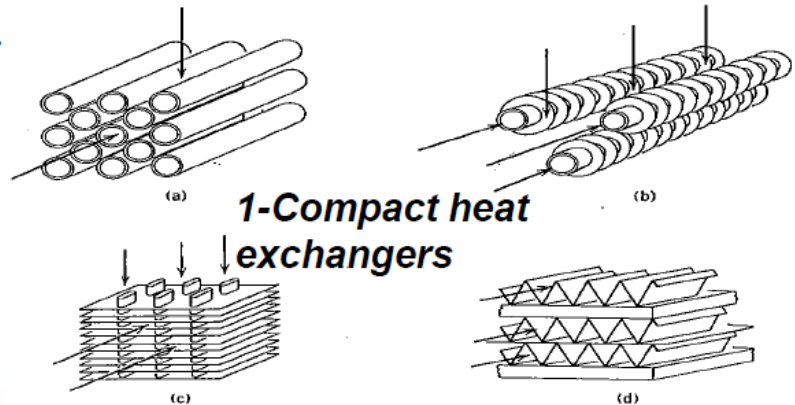
رقم المحاضرة: 9-10-11-12-13

عنوان المحاضرة:	Applications of Convection Heat Transfer in HVAC&R field (Calculation of LMTD & U-value, Heat Exchangers, Fins)
اسم المدرس:	م. انمار محمود احمد
الفئة المستهدفة:	طلاب المستوى الثاني-فرع تقنيات التبريد والتكييف
الهدف العام من المحاضرة:	تعريف الطالب اساسيات وطرائق انتقال الحرارة واهم تطبيقاتها
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	1- ان يميز الطالب بين طرائق انتقال الحرارة. 2- ان يعرف أهمية كل طريقة من طرائق انتقال الحرارة. 3- ان يفهم مبدأ الية عمل كل طريقة من طرائق انتقال الحرارة بشكل مبسط وتطبيقاتها في تخصصه.
استراتيجيات التيسير المستخدمة	المحاضرة والعمل التعاوني
المهارات المكتسبة	اكتساب المتعلم مهارة التمييز بين طرائق انتقال الحرارة واليات حصولها واسبابها وتطبيقاتها.
طرق القياس المعتمدة	التغذية الراجعة.

Heat exchangers المبادلات الحرارية

the purpose of heat exchanger is **the transfer of energy (heat)** between **two fluids (hot to cold)** الهدف من المبادلات الحرارية هو نقل اي الحرارة من مائع الى اخر

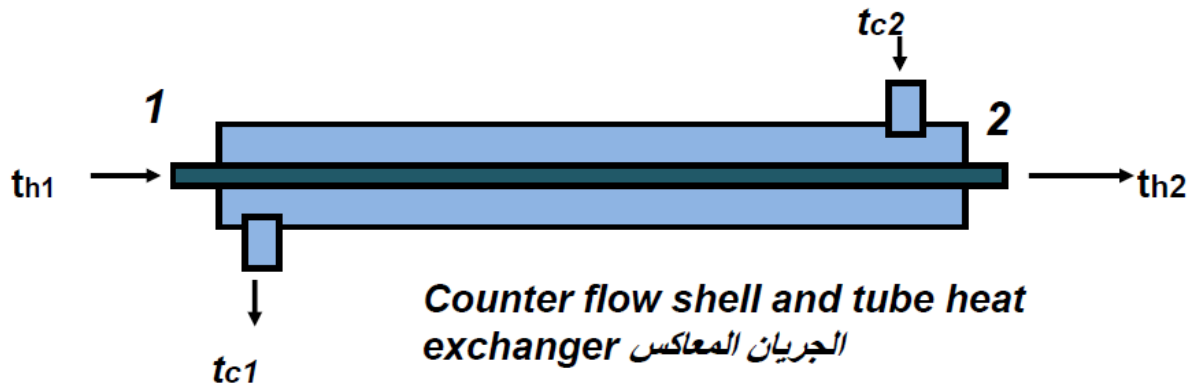
• Heat exchanger types



• 2-Shell and tube heat exchangers (parallel, counter and cross flow)

Heat exchanger (shell and tube) calculations

حسابات مبادلات الغلاف و الانبوب

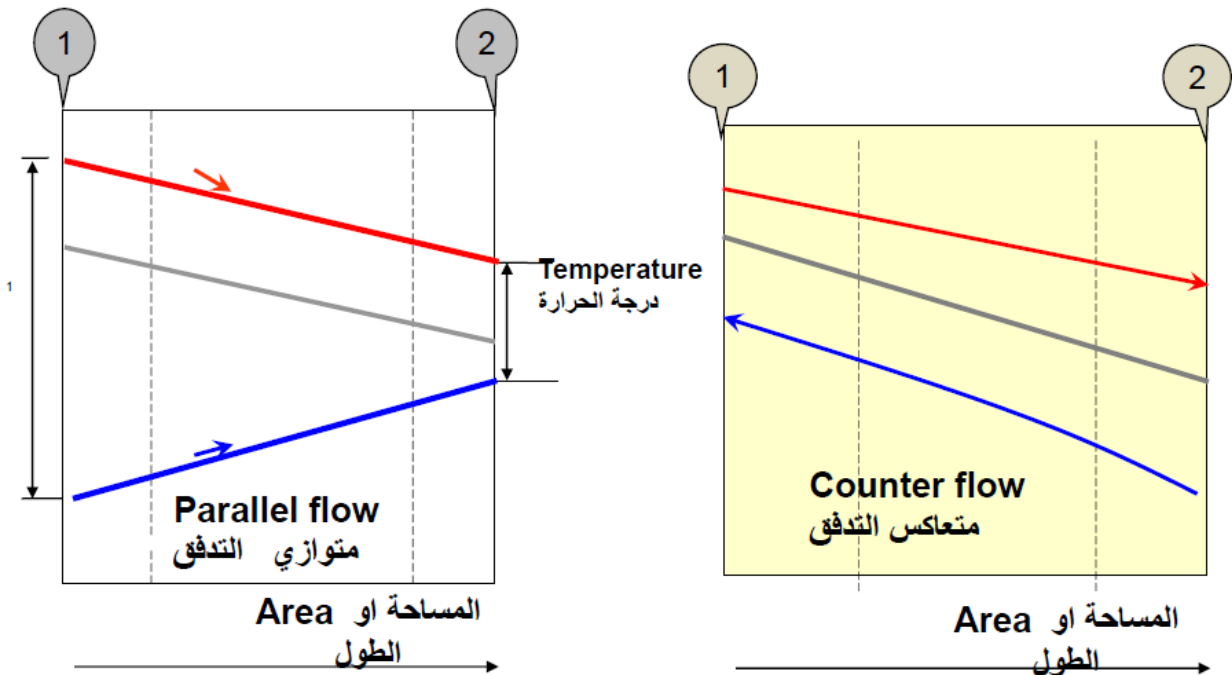


$$Q = m_h * c_{ph} * (t_{h1} - t_{h2}) = m_c * c_{pc} * (t_{c1} - t_{c2}) = U * A * LMTD$$

← Q الحرارة المنتقلة (w)
 ← m_h تدفق المائع الساخن kg/s
 ← c_{ph} الحرارة النوعية للمائع الساخن J/kg.c
 ← m_c المائع البارد (نفس التعاريف)
 ← c_{pc} فرق درجات الحرارة (موجب) بين دخول و مغادرة المائع الساخن c

Temperature distribution in counter and parallel flow heat exchangers

توزيع درجات الحرارة في المبادلات المتوازية و المتعكسة التدفق



2/27/2020

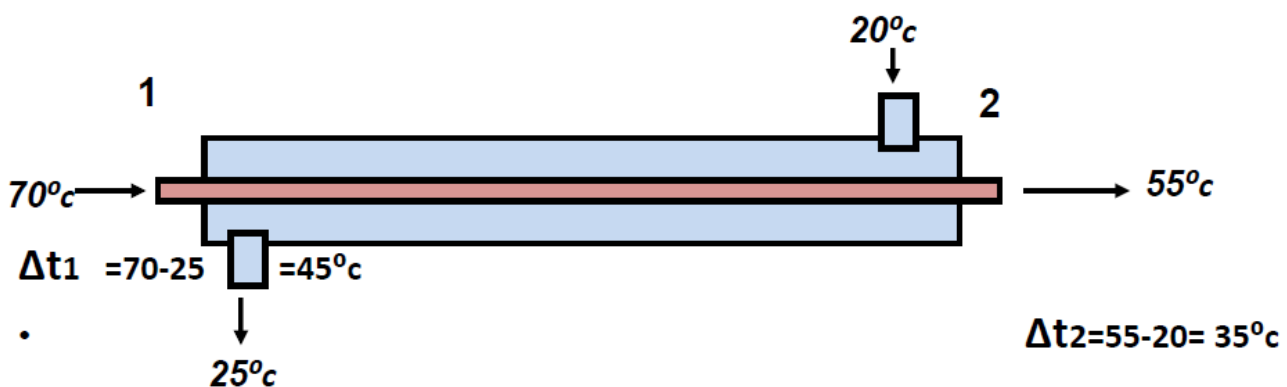
forced convection Mosul technical institute

19

Logarithmic Mean Temperature Difference **LMTD**

المتوسط اللوغاريتمي لفرق درجات الحرارة

- $LMTD = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)$
- **Example** : calculate LMTD for a **counter flow** heat exchanger
- having cold fluid enters at 20°C and leaves at 25°C
- and hot fluid enters at 70°C , leaves at 55°C .



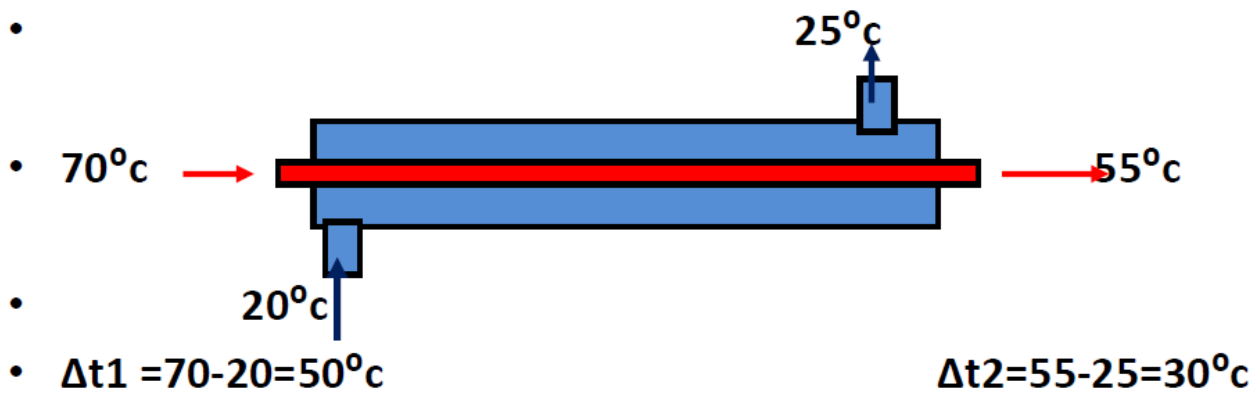
2/27/2020

forced convection Mosul
technical institute

20

- $LMTD = (45-35)/\ln(45/35)$
- $= 10/0.251$
- $= 39.84^{\circ}\text{C}$

- **Example:** find out LMTD for the previous heat exchanger if the flow is *parallel*.



- $LMTD = (50-30)/\ln(50/30) = 20/0.51 = 39.1^{\circ}\text{C}$ 21

HOME WORK

- **Question: Parallel flow heat exchanger has hot side fluid $c_{ph}=6000\text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ inlet temperature $t_{h1}=80^{\circ}\text{C}$, outlet temperature $t_{h2}=58^{\circ}\text{C}$ with a flow rate $m_h = 1\text{kg/sec}$. the cold side fluid specific heat $c_{pc}=4200\text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$,flow rate $m_c = 0.6\text{ kg/s}$, inlet temperature $t_{c1}=2^{\circ}\text{C}$.**
- **A- calculate LMTD .**
- **B- calculate heat exchanger area if the overall heat transfer coefficient $U = 300\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$**
- **C –if the pipe diameter $= 0.03\text{m}$ find out the heat exchanger length.**
- **Question : repeat the above question for counter flow heat exchanger .**

Heat transfer in extended surface

انتقال الحرارة في الاسطح الممتدة الزعانف (fins)

الحرارة المنتقلة

فرق درجات الحرارة بين قاعدة الزعنفه و المحيط

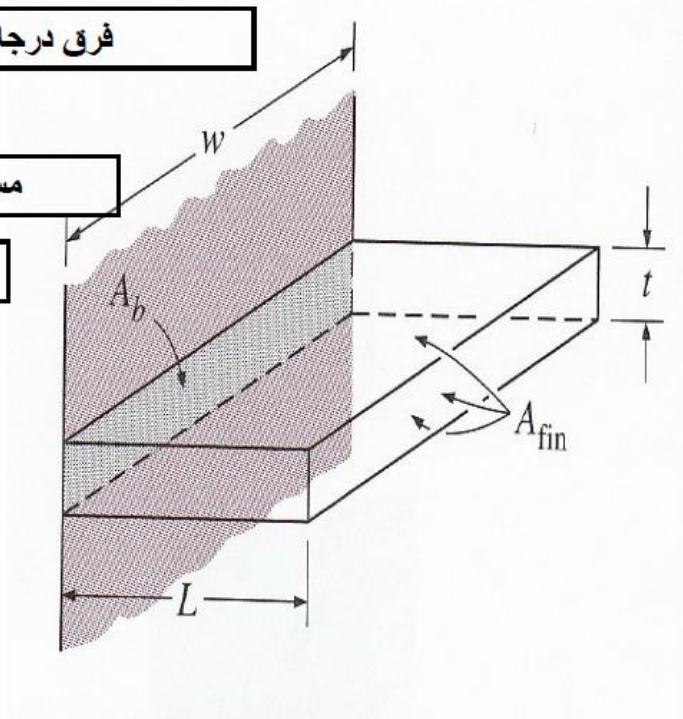
$$Q = v(h * p * k * A_b) * (t_b - t_{\infty})$$

معامل انتقال الحرارة

مساحة قاعدة الزعنفه

معامل التوصيل للزعنفه

محيط السطح (الزعنفه)



2/27/2020

forced convection Mosul
technical institute

23

Example: Calculate the heat transferred through rectangular fin has thickness(t)=0.001m and width (w) of 0.05m ,fin metal thermal conductivity (k) =64w/m.^oc heat transfer coefficient (h)=5w/m².^oc , fin base temperature (t_b)=180^oc and atmospheric temperature(t_∞)=20^oc.

Ans.

$$\text{Fin base area (A}_b\text{)} = w * t = 0.05 * 0.001 = 0.00005 \text{ m}^2$$

$$\text{Fin perimeter (p)} = (w+t) * 2 = (0.05+0.001) * 2 = 0.102 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Heat transfer by the fin (Q)} &= \sqrt{(h * p * k * A_b)} * (t_b - t_\infty) \\ &= \sqrt{5 * 0.102 * 64 * 0.00005} * (180 - 20) \\ &= 0.04 * 160 \\ &= 6.46 \text{ watt} \end{aligned}$$

2/27/2020

forced convection Mosul
technical institute

24

رقم المحاضرة: الأسبوع 14-15	
Review	عنوان المحاضرة:
م. انمار محمود احمد	اسم المدرس:
طلاب المستوى الثاني-فرع تقنيات التبريد والتكييف	الفئة المستهدفة:
تعريف الطالب اساسيات وطرائق انتقال الحرارة واهم تطبيقاتها	الهدف العام من المحاضرة:
1- ان يميز الطالب بين طرائق انتقال الحرارة. 2- ان يعرف أهمية كل طريقة من طرائق انتقال الحرارة. 3- ان يفهم مبدأ الية عمل كل طريقة من طرائق انتقال الحرارة بشكل مبسط وتطبيقاتها في تخصصه.	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعمل التعاوني	استراتيجيات التيسير المستخدمة
اكتساب المتعلم مهارة التمييز بين طرائق انتقال الحرارة واليات حصولها واسبابها وتطبيقاتها.	المهارات المكتسبة
التغذية الراجعة.	طرق القياس المعتمدة

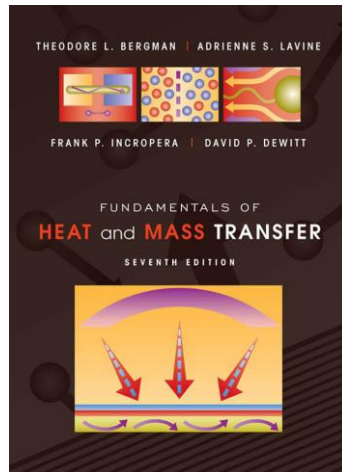
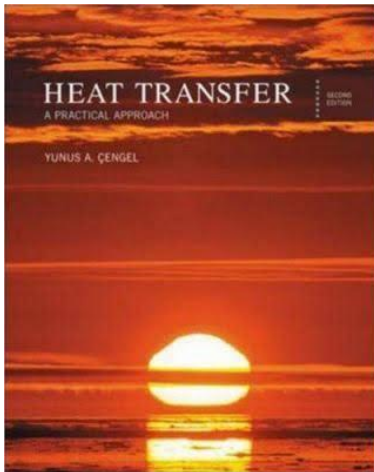
HOME WORK

- Q: A- Calculate Grashof number (Gr) for air at temperature (t_{∞}) = 25 °c surrounding a vertical wall of height (L) =2m and surface temperature (t_s) =29 °c.
- B- For calculation of free convection in horizontal walls L= -----.
- Q: Find out heat transfer coefficient (h) if Grashof number (Gr)= 10^{10} , Prandtl number Pr= 0.69, thermal conductivity (k)= $33.8 \cdot 10^{-3} \text{w/m}^{\circ}\text{c}$ and height (L)= 2m. If
($Nu = 0.13 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0.33}$)
- Q: Calculate the overall heat transfer coefficient (U) for a plane wall which has 1st layer thickness(x_1) =0.2m, thermal conductivity (k_1) =3.5 w/ m. $^{\circ}\text{c}$. The 2nd layer thickness (x_2) =0.025m, thermal conductivity (k_2) =2.3 w/m. $^{\circ}\text{c}$ if inner heat transfer coefficient (h_i)=5.2w/m 2 . $^{\circ}\text{c}$) and outer heat transfer coefficient (h_o)= 35w/m 2 . $^{\circ}\text{c}$).
- Q: Calculate Nusselt number for air at temperature =27 $^{\circ}\text{c}$ flowing inside pipe of diameter (D) =0.3m at a velocity (v)=10m/sec if the empirical formula for this forced convection case is: $Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$

❖ المصادر الاساسية:

- مرجع محاضرات انتقال الحرارة لأستاذ الهندسة الميكانيكية-انتقال الحرارة (الأستاذ المتقاعد باسل إبراهيم احمد الطائي) لطلبة المعاهد التقنية.

• المصادر المقترحة:



• روابط مقترحة ذات صلة:

