الامتحان الجزئي الاول
انتقال حرارة 2

الزمن: 1.5 ساعات

كلية الهندسة
قسم الهندسة الميكانيكية
اجب عن جميع الأسئلة

السؤال الأول: (3 درجات)

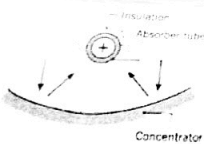
يعض التطبيقات الصناعية تُستخدم حزمة أنابيب بمر فيها الماء الساخن في تدفئة المساحات والغرف. في العادة، حزمة أنابيب كانت متعرجة الترتيب يمر فيها الماء الساخن بينما يتدفق الهواء عبر الأنابيب التي يبلغ قطرها الخارجي 16.4 mm ، والمسافة الطولية 34.3 mm والعرضية 31.7 mm بين الأنابيب ، الحزمة يوجد بها ستة صفوف من الأنابيب في اتجاه تدفق الهواء و ثمانية أنابيب في كل صف. في ظروف التشغيل المثالية، تكون درجة حرارة سطح الإنبوب 70 °C ، بينما درجة حرارة الهواء 15 °C وسرعته 6 m/s قبل الدخول على حزمة الانابيب. حدد معامل الحمل الحراري للهواء؟

السؤال الثاني: (5 درجات)

سقف مقطورة شاحنة ثلاجة (طول السقف $L = 10m$ وعرض $W = 3.5m$) مصنوع من مادة مركبة تتكون من طبقة عازلة بسمك 50mm وموصلة حرارية $0.026\ W/m\,K$ محصورة بين لوحين من سبائك الألومنيوم بسمك $5mm$ وموصيلية حرارية $180\ W/m\,K$ ، درجة حرارة السطح الداخلي -10 °C . افترض أن الشاحنة تتحرك بسرعة $105\ km/h$ ، ودرجة حرارة الهواء الخارجي 32°C . وكان إشعاع الشمسي الساقط $750\ W/m^2$. والتدفق كان مضطربا على طول السقف بالكامل.

1. لقيم متساوية لامتصاصية وانبعاثيه السطح الخارجي للمقطورة تساوي 0.5، احسب متوسط درجة الحرارة للسطح الخارجي. أيضا ما هو معدل الحرارة المكتسب أوالمنتقل للشاحنة؟
2. تم تطبيق طبقة دهان نهائية خاصة ($\alpha = 0.15, \varepsilon = 0.5$) على السطح الخارجي. ما تأثير هذا التطبيق على درجة حرارة السطح الخارجي ومعدل الحرارة المكتسب ؟

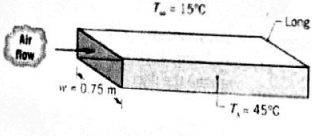
السؤال الثالث: (3 درجات)



في أجهزة المركزات الشمسية، العاكس عبارة عن صفيحة على شكل قطع مكافئ ويمر بمركزها البؤري أنبوب ينساب به مائع، حيث يتم تركيز أشعة الشمس على سطح هذا الأنبوب. يمكن دراسة هذه الحالة وتقريبها كأنبوب معرض لفيض حراري مستقر وينساب بداخله مائع. خذ بالاعتبار أنبوب قطره الداخلي 60mm ، وفي يوم مشمس يكون معرض لفيض حراري $2000\ W/m^2$. ينساب ماء بمعدل $0.01\ kg/s$ ، ودرجة حرارة دخول للماء $T_{int} = 20°C$

1. احسب درجة حرارة سطح الانبوب عند المخرج $T_{s,o}$
2. ما الطول اللازم للأنبوب للحصول على درجة حرارة خروج للماء $T_{out} = 80°C$

السؤال الرابع: (4 درجات)



ينساب هواء عبر قناة تدفئة مستطيلة ($0.75m * 0.3m$) حيث يتم الاحتفاظ بدرجة حرارة السطح الخارجي للقناة عند 45°C . إذا كانت القناة غير معزولة ومثبتة تحت سقف المنزل وفوق السقف المستعار ،حيث درجة حرارة الهواء 15 °C ، احسب الفقد الحراري من القناة لكل متر طولي.

**** بالتوفيق *****

انتقال حرارة 2

جامعة مصراتة- كلية الهندسة

قسم الهندسة الميكانيكية

ملاحظة: يسمح باستخدام ملخص القوانين المكتوبة وجداول الخواص والمخططات فقط

السؤال الأول. فقرة أ / اجب عن 10 فقرات فقط (5 درجة)

4. يُفسر رقم نسلت (Nu) فيزيائياً على أنه:
أ) نسبة قوى الجذب الذاتي إلى قوى اللزوجة. ب) نسبة قوى الطفو إلى قوى اللزوجة.
ج) نسبة انتقال الحرارة بالحمل إلى انتقال الحرارة بالتوصيل. د) نسبة الانتشار الزخمي إلى الانتشار الحراري.

2. في منحنى الغليان، نقطة "تأثير ليدنفروست (Leidenfrost) "تقابل:
أ) ادنى تدفق حراري في الغليان الغشائي. ب) أقصى تدفق حراري. ج) بداية الغليان النووي. د) الابتعاد عن الغليان النووي.

3. أي نظام غليان يوفر أعلى معامل انتقال حرارة؟
أ) غليان الحمل الحراري الطبيعي. ب) الغليان النووي. ج) الغليان الانتقالي. د) الغليان الغشائي

4. يحدث "الاحتراق الداخلي" (Burnout) في الغليان عندما ينتقل انتقال الحرارة من:
أ) التوصيل إلى الحمل. ب) الغليان النووي إلى الغشائي. ج) الغليان إلى التكثيف د) التكثيف إلى الغليان.

5. أثناء التكثيف الغشائي على لوح عمودي، فإن متوسط معامل انتقال الحرارة ..... مع زيادة ارتفاع اللوح.
أ) يقل. ب) يزداد. ج) يبقى ثابتاً. د) يصبح لانهائياً.

6. في المبادل الحراري ذو الأنبوب المزدوج، يكون فرق درجة الحرارة المتوسط اللوغاريتمي للجريان المتوازي ..... للجريان المتعاكس لنفس درجات حرارة الدخول
أ) أكبر منه. ب) الضعف ج) مساوٍ. د) أصغر منه.

7. طريقة (ε-NTU) مفيدة بشكل خاص عندما:
أ) تكون جميع درجات حرارة الدخول والخروج معروفة. ب) تكون درجات حرارة الخروج فقط معروفة.
ج) تكون LMTD صفراً. د) تكون درجات حرارة الدخول فقط معروفة.

8. نسبة السعة الحرارية لمبادل حراري يحدث فيه تغيير في الطور تساوي:
أ) 1.0 ب) 0.5 ج) 0 د) ما لانهاية

9. عامل التلوث (Fouling factor) في المبادلات الحرارية يمثل:
أ) سمك العازل ب) مقاومة حرارية إضافية ج) وجود الزعانف. د) معامل الاحتكاك.

10. تتميز المبادلات الحرارية المدمجة (Compact heat exchangers) بنسبة عالية من:
أ) الوزن إلى الحجم ب) مساحة السطح إلى الحجم ج) الكلفة إلى الكفاءة. د) الطول إلى القطر.

10. عندما تكون $C_{min} = C_{max}$ ، فإن فعالية مبادل حراري متعاكس الانسياب تعطى بالعلاقة:
أ) $NTU(1+NTU)$ ب) $1-e^{-NTU}$ ج) NTU د) 0.5

11. يعتمد معامل انتقال الحرارة لسائل يتدفق عبر حزمة من الأنابيب على:
أ) ترتيب الأنابيب ب) نسبة المسافة بين الأنابيب. ج) عدد الصفوف. د) كل ما سبق.

12. لحزمة من الأنابيب، يوفر الترتيب المتدرج (Staggered) عموماً انتقال حرارة ..... مقارنة بالترتيب على خط واحد.
أ) أعلى. ب) أقل. ج) مساوٍ. د) صفراً.

فقرة ب. / اذكر السبب (5 درجات)

1. لماذا يُصعب الحفاظ على التكثيف القطيري في التطبيقات الصناعية؟
2. لماذا يتميز الحمل الحراري الحر عادة بمعاملات انتقال حرارة أقل من الحمل القسري؟
3. لماذا نستخدم الزعانف في جهة الغاز في المبادلات الحرارية (سائل-غاز)؟
4. لماذا يمتلك الغليان الغشائي معامل انتقال حرارة أقل من الغليان النووي رغم ارتفاع درجة حرارة السطح؟
5. لماذا يُستخدم رقم رايلي في الحمل الحراري الحر بدلاً من رقم رينولدز؟

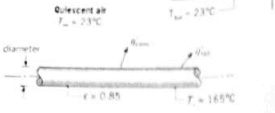
السؤال الثاني / (10 درجات)

سقف مقطورة شاحنة تبريد (الطول $10m$ والعرض $3.5m$) مصنوع من مادة مركبة تتكون من طبقة عازلة بسمك $50mm$ وموصلية حرارية $0.026\ W/m\,K$ محصورة بين لوحين من سبيكة ألومنيوم كل لوح بسمك $5mm$ وموصيلية حرارية $180W/m\,K$ ، درجة حرارة السطح الداخلي $T_{s,i} = -10°C$ والشاحنة تتحرك بسرعة $105\ km/h$ ودرجة حرارة الهواء الخارجي $32°C$ افتراض تدفق مضطرب على طول السقف بالكامل. إذا كان الإشعاع الشمسي الساقط على السقف $750\ W/m^2$ و لقيم متساوية لامتصاصية وانبعاثيه السطح الخارجي للمقطورة تساوي 0.5، احسب

1. متوسط درجة الحرارة للسطح الخارجي $T_{s,o}$
2. ما هو معدل الحرارة المُكتسب والمطلوب من منظومة التبريد بالشاحنة التعامل معه؟

ملاحظة: يسمح باستخدام ملخص القوانين المكتوبة وجداول الخواص والمخططات فقط

السؤال الثالث / (10 درجة)



أنبوب قطره الخارجي $0.1m$ يمر أفقيا بغرفة كبيرة معلقة درجة حرارة جدرانها والهواء المحيط $23°C$ ، وكانت درجة حرارة السطح الخارجي للأنبوب $165°C$ وله انبعاثية $\varepsilon = 0.85$. احسب الفقد الحراري من الأنبوب لكل وحدة طول ؟

السؤال الرابع/ (15 درجات)

مبادل حراري مزدوج الأنبوب يستخدمان لتبريد زيت محرك من $90°C$ إلى $55°C$ باستخدام ماء درجة حرارته عند $10°C$ عند الدخول ، ينساب بمعدل $0.25\ kg/s$ عبر أنبوب داخلي قطره $25mm$ وسمكه $3mm$ وموصليته الحرارية $16W/m.K$. الأنبوب الخارجي قطره $90mm$ وينساب به زيت المحرك بمعدل $0.12\ kg/s$. احسب

1. درجة حرارة الخروج للماء ومعدل انتقال الحرارة،
2. أيضا طول الأنبوب.

علما بأن خواص الزيت $k = 0.138\ W/mK$ ، $\mu = 3.25\times10^{-2}\ kg/ms$، $C_p = 2131\ J/kgK$

والماء $k = 0.625\ W/mK$ $\mu = 725\times10^{-6}\ kg/ms$. $C_p = 4178\ J/kgK$

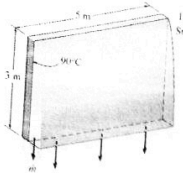
السؤال الخامس/ (15 درجات)

يُستخدم مبادل حراري متوازي الانسياب لتبريد $4.2\ kg/min$ من سائل ساخن درجة حرارته $130\ °C$ وحرارته النوعية $3.5\ kJ/kg.K$. ويُستخدم ماء درجة حرارته $15\ °C$ لأغراض التبريد وحرارة نوعية $4.18\ kJ/kg.K$ ، ومعدل التدفق الكتلي للماء هو $17\ kg/min$. علما بأن المعامل الكلي لانتقال الحرارة للمبادل الحراري $1100\ W/m^2K$ و مساحة انتقال الحرارة للمبادل تساوي $0.3\ m^2$ احسب ما يلي:

1. درجة حرارة خروج السائل الساخن
2. درجة حرارة خروج الماء
3. فعالية المبادل الحراري
4. ارسم منحنى T-L للمبادل الحراري

التوفيق للجميع

السؤال الرابع (3 درجات)



يتكثف البخار المشبع عند ضغط جوي واحد على صفيحة عمودية ارتفاعها 3 أمتار وعرضها 5 أمتار، وتُحفظ درجة حرارتها عند 90 درجة مئوية عن طريق تدوير مياه التبريد عبر الجانب الآخر. جد:

(أ) معدل انتقال الحرارة بالتكثيف إلى الصفيحة،
(ب) معدل تساقط المكثف من الصفيحة في الأسفل.

السؤال الخامس. (3.5 درجات)

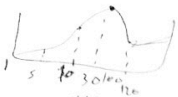
مبادل حراري مزدوج الأنبوب متعاكس الانسياب يستخدم لتسخين مائع من 20 درجة مئوية إلى 40 درجة مئوية بحيث ينساب بمعدل 1.0 كجم/ثانية في أنبوب نحاسي أفقي ($k = 386$ واط/م^2 · كلفن) بقطر داخلي 2.0 سم وقطر خارجي 2.5 سم. يتكثف بخار مشبع عند درجة حرارة ثابتة 110 درجة مئوية على السطح الخارجي للأنبوب، ومعامل انتقال الحرارة الداخلي 1677 $W/m^2 \cdot K$ والخارجي 5174 . افترض أن خصائص المائع هي

$\rho = 1109\ kg/m^3, cp = 2428\ kj/kg.K,\ k = 0.253\ W/m\,K,\ \mu = 0.01545\ kg/m\,s, and\ Pr = 148.5$

1. ما طول الأنبوب المناسب؟
2. ارسم منحنى T-L يوضح درجات الحرارة للمبادل الحراري

اظهر جميع خطوات الحل للأسئلة الحسابية.

السؤال الأول: **اجب عن ثمان فقرات فقط**. ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة. (2 درجات)

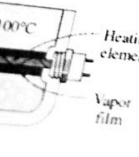


1. القوة المحركة لانتقال الحرارة بالحمل الحر هي:
   أ) معامل الحمل الحراري الحر ب) معامل (رقم) كراشوف
   ج) اختلافات الكثافة الناتجة عن درجات الحرارة د) قوى الجاذبية
2. تشير نقطة لايدنفروست الى:
   أ) بدء تكون الثوى (الفقاعات) ب) درجة الحرارة التي يكون عندها غشاء بخار مستقر أثناء الغليان
   ج) درجة الحرارة التي يتوقف عندها الغليان د) نقطة الحد الأدنى للتدفق الحراري في منحنى الغليان
3. في التكثيف الغشائي على صفيحة رأسية، المقاومة الأساسية لانتقال الحرارة هي:
   أ) مقاومة الحمل في البخار ب) مقاومة التوصيل عبر غشاء السائل ج) مقاومة السطح البيني د) مقاومة الإشعاع
4. في مبادل حراري ذي تدفق عكسي، مقارنة بتصميم ذي تدفق متوازي بنفس درجات حرارة الدخول، فإن فرق درجة الحرارة الوسطي اللوغاريتمي (LMTD) يكون:
   أ) دائما أصغر ب) دائما أكبر ج) دائما متساويا د) أحيانا أصغر
5. أنبوب مبادل حراري متسخ (به رواسب) سيتسبب في أن معامل انتقال الحرارة الكلي (U) سوف:
   أ) يزداد ب) يقل ج) يبقى كما هو د) يؤول للصفر
6. غليان الماء في غلاية المطبخ هو في الأساس مثال على:
   أ) الحمل الحر ب) الغليان بالحمل القسري ج) الغليان الوعائي د) غليان الغشائي
7. عيب رئيسي في طريقة (LMTD) لتحليل المبادلات الحرارية مقارنة بطريقة "الفعالية-عدد وحدات النقل "(NTU) هو أن:
   أ) لا يمكنها التعامل مع ترتيبات التدفق المتقاطع ب) هي أقل دقة
   ج) لا يمكنها حساب معدل انتقال الحرارة د) يصعب تطبيقها
8. في مبادل حراري من نوع غلاف وأنابيب، يتم تركيب الحواجز (Baffles) بشكل أساسي من أجل:
   أ) دعم الأنابيب ومنع الاهتزاز ب) زيادة فقدان الضغط على جانب الأنابيب ج) تقليل تكلفة المبادل
   ج) توجيه المائع في جانب الغلاف عبر حزمة الأنابيب لزيادة الاضطراب د) تقليل تكلفة المبادل

السؤال الثاني. اجب. (2.5 درجات)

1. لماذا ينخفض التدفق الحراري بشكل كبير بعد تجاوز التدفق الحراري الحرج ؟
2. ما هي آليات نقل الحرارة المتضمنة أثناء انتقال الحرارة من السائل الساخن إلى السائل البارد؟ $U = (1/hi + 1/ho)^{-1}$ ما هي المعادلة
3. في أي ظروف يمكن تحديد معامل انتقال الحرارة الكلي للمبادل الحراري من المعادلة ؟
4. ما هي الأسباب الشائعة لتراكم الرواسب في المبادل الحراري؟ وكيف يؤثر تراكم الرواسب على انتقال الحرارة ؟
5. صنف المبادلات الحرارية حسب نوع التدفق واشرح خصائص كل نوع. ؟

السؤال الثالث. (4 درجات)



يُغلى الماء عند الضغط الجوي بواسطة عنصر تسخين أفقي من النحاس المصقول، قطره 5 مم، ومعامل انبعاثه 0.05، مغمور في الماء، كما هو موضح في الشكل المقابل. إذا كانت درجة حرارة سطح عنصر التسخين 350 درجة مئوية، فحدد معدل انتقال الحرارة من السلك إلى الماء لكل وحدة طول من السلك.

السؤال الثالث. (4 درجات)

يُغلى الماء عند الضغط الجوي بواسطة عنصر تسخين أفقي من النحاس المصقول، قطره 5 مم، ومعامل انبعاثه 0.05، مغمور في الماء، كما هو موضح في الشكل المقابل. إذا كانت درجة حرارة سطح عنصر التسخين 350 درجة مئوية، فحدد معدل انتقال الحرارة من السلك إلى الماء لكل وحدة طول من السلك.