

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الكهرباء (2) + الحرارة

كلية الهندسة المدنية – السنة الأولى

د. صبا عياش

مسألة في حساب الحقل و الكمون

توضع ثلاث شحنات موجبة متساوية
 في رؤوس مثلث متساوي
 الأضلاع ABC (طول ضلعه 5m) ، أوجد شدة
 الحقل و الكمون الكهربائي في رأس المثلث B
 الناتج عن الشحنتين في القاعدة

الحقل الكهربائي في الرأس B
 و تحسب شدتها من العلاقة
 $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_C$

$$|\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

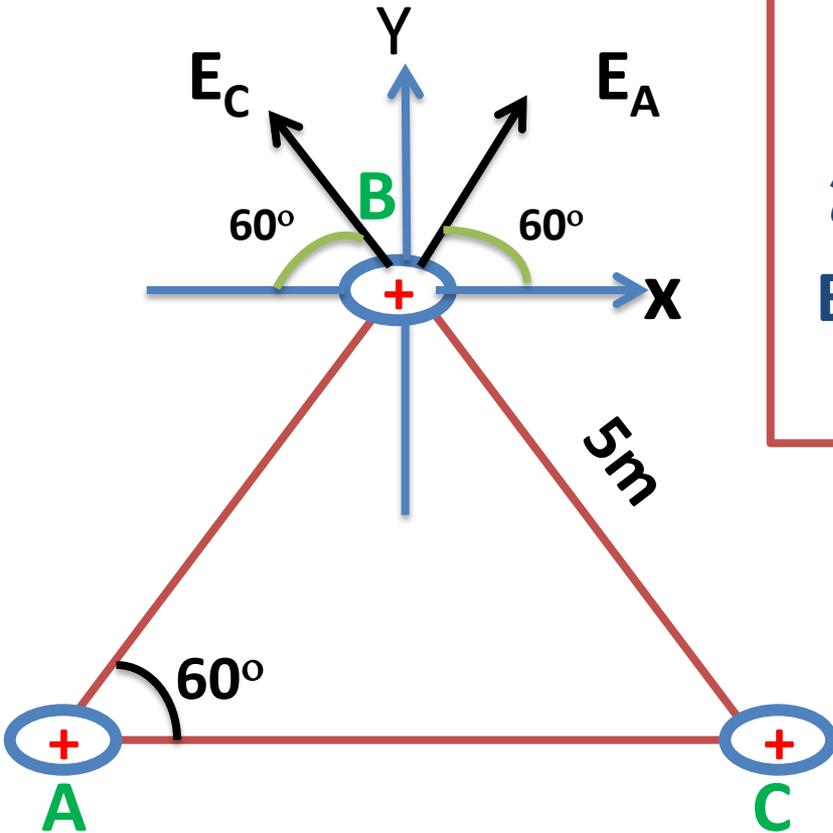
$$E_x = E_A \cos 60^\circ - E_C \cos 60^\circ = 0$$

$$E_y = E_A \sin 60^\circ + E_C \sin 60^\circ =$$

$$E = E_y = 2E_A \sin 60^\circ = 2E_A \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \leftarrow \quad E_A = E_C$$

$$E_A = E_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{BA^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_C}{BC^2} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-6}}{(5)^2} = 360 \text{ N/C}$$

$$E = 2 \times 360 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 622.8 \text{ N/Coul}$$



مسألة في حساب الحقل و الكمون

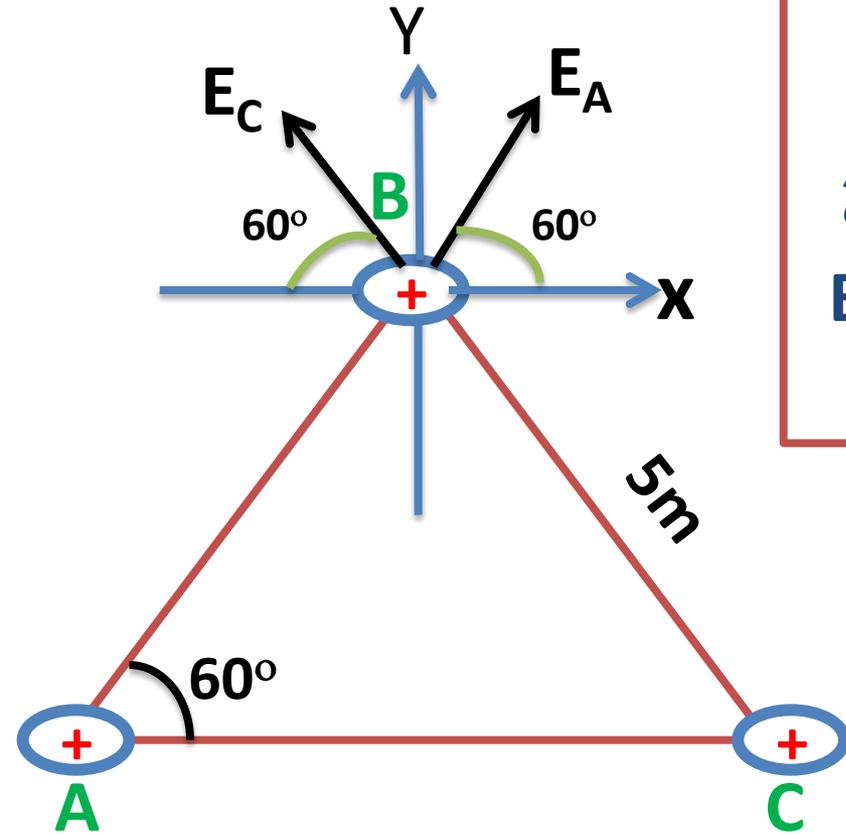
توضع ثلاث شحنات موجبة متساوية
($q=+1\mu\text{C}$) في رؤوس مثلث متساوي
الأضلاع ABC (طول ضلعه 5m) ، أوجد شدة
الحقل و الكمون الكهربائي في رأس المثلث B
الناتج عن الشحنتين في القاعدة

الكمون الكهربائي في الرأس B
 $V=V_A+V_C$ و تحسب شدتها من
العلاقة

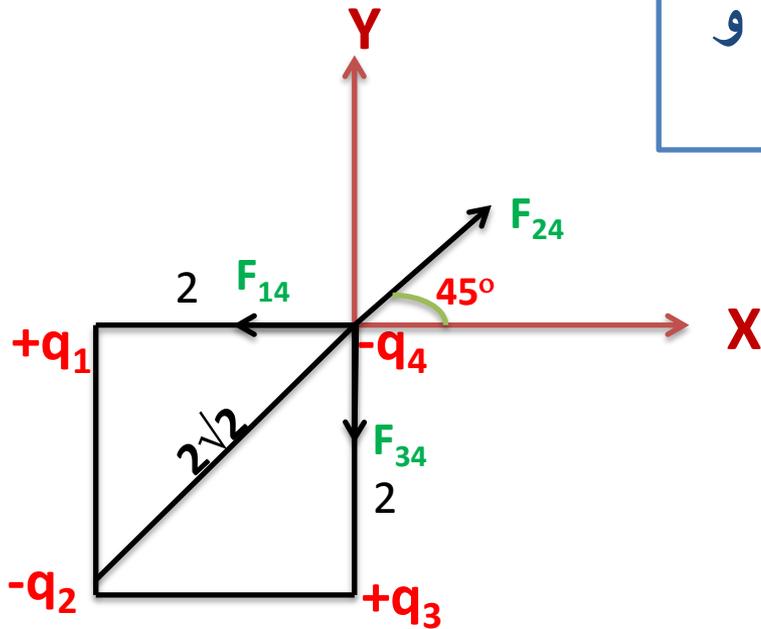
$$V_A = V_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{BA} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_C}{BC}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-6}}{(5)} = 1800\text{V} = 1.8\text{kV}$$

$$V=1.8+1.8=3.6\text{kV}$$



أوجد محصلة القوى المؤثرة في الرأس الرابع حيث طول ضلع المربع 2m و قيمة الشحنة $q=10\mu\text{C}$ و الإشارات وفق الشكل المبين.



تخضع الشحنة q_4 لثلاث قوى : قوتا تجاذب مع الشحنتين q_1 و q_3 : F_{14} و F_{34} قوة تنافر مع الشحنة q_2 : F_{24}

$$\vec{F} = \vec{F}_{14} + \vec{F}_{24} + \vec{F}_{34}$$

محصلة القوى على المحور X : F_{14} , $F_{24}\cos 45$

$$1 \quad F_x = F_{24}\cos 45 - F_{14}$$

محصلة القوى على المحور Y : F_{34} , $F_{24}\sin 45$

$$2 \quad F_y = F_{24}\sin 45 - F_{34}$$

$$F_{14} = F_{34} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_4}{(2)^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3 q_4}{(2)^2} = 9 \times 10^9 \frac{(10 \times 10^{-6})^2}{4} = 0.225 \text{ N}$$

نعوض في 1 و 2

$$F_{24} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_4}{(2\sqrt{2})^2} = 9 \times 10^9 \frac{(10 \times 10^{-6})^2}{8} = 0.1125 \text{ N}$$

$$F = 0.218 \text{ N}$$

$$F_y = -0.14625 \text{ N}$$

$$F_x = -0.14625 \text{ N}$$

تعريف في بحث التيار الكهربائي

التيار الكهربائي i : مقدار الشحنة الكهربائية التي تعبر مساحة المقطع العرضي A من السلك خلال فاصل زمني dt ، واحدته الأمبير A :

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{q}{t}$$

كثافة التيار الكهربائي J : نسبة شدة التيار I إلى مساحة مقطع الناقل أي $J = I/A = -nev$ ، حيث n عدد الإلكترونات في وحدة الحجم ، v السرعة الوسطية للإلكترونات ، e شحنة الإلكترون

أنواع التيار الكهربائي

التيار المستمر: تكون حركة الإلكترونات ضمن الناقل منتظمة أي سرعة الإلكترونات ثابتة مع الزمن $I = C$

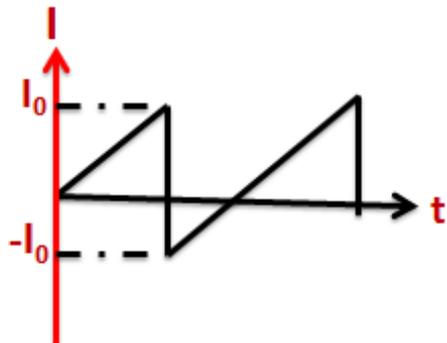


التيار المتناوب: تكون حركة الالكترونات غير ثابتة مع الزمن ، و له عدة أشكال :

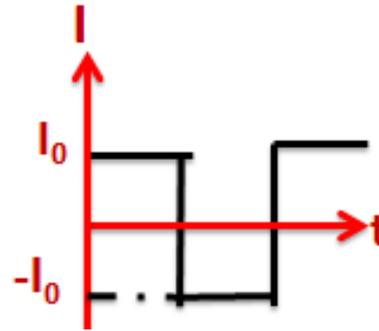
التيار المتناوب الجيبي: تكون حركة الالكترونات حركة اهتزازية توصف بتابع جيبي مع الزمن وفق العلاقة $I = I_0 \sin \omega t$ ، I_0 شدة التيار في اللحظة $t=0$ ، السرعة الزاوية لحركة الالكترونات وتعطى بالعلاقة $\omega = 2\pi f$ حيث f تردد التيار المتناوب.

التيار المتناوب المربع: شكل التيار مع الزمن (حركة الالكترونات) عبارة عن موجات مربعة.

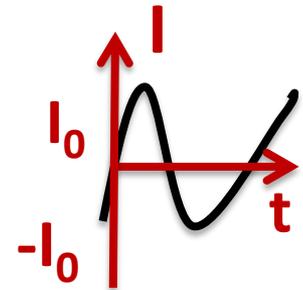
التيار المتناوب ذو سن المنشار: شكل التيار مع الزمن عبارة عن سن المنشار



التيار المتناوب ذو سن المنشار



التيار المتناوب المربع



التيار المتناوب الجيبي

عناصر الدارات الكهربائية: المقاومة الكهربائية - الملف - المكثفة الكهربائي

المقاومة الكهربائية

ترتبط حركة الاكترونات(التيار الكهربائي) ضمن الناقل مع فرق الكمون المطبق على الناقل بالعلاقة :

$$I = \sigma \frac{V \cdot A}{L}$$

يسمى σ ثابت الناقلية الكهربائية وهو ثابت يتعلق بنوع المادة و يرتبط مع المقاومة النوعية بالعلاقة :

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

واحدة ρ

واحدة R

يسمى المقدار $\rho \frac{L}{A}$ بالمقاومة الكهربائية R

المكثفات الكهربائية

المكثف : ناقلين معزولين عن بعضهما مشحونين بشحنتين متساويتين بالقيمة مختلفتين بالإشارة ، يسمى الناقلان باللبوسين ويفصل بينهما عازل أو الهواء

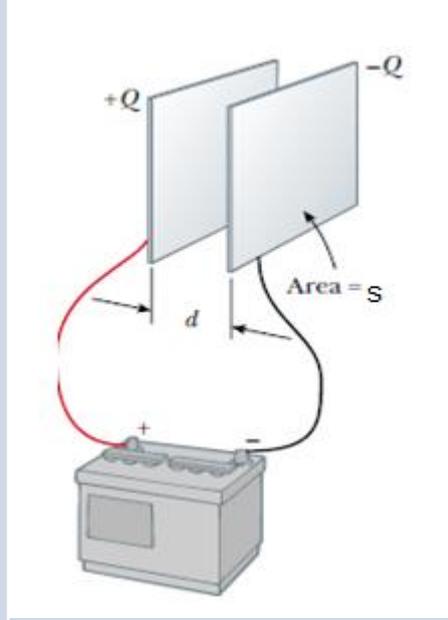
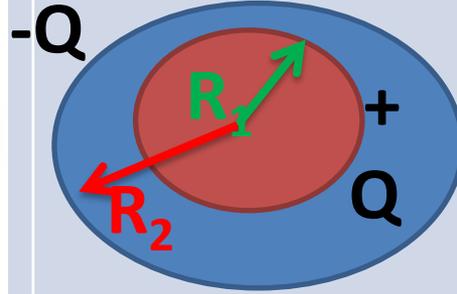
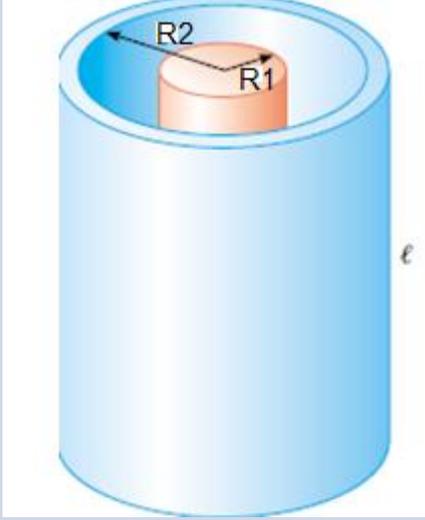
سعة المكثفة : إذا كان لدينا ناقل مشحون كهربائياً بشحنة Q وكمونه V تسمى نسبة شحنة المكثف إلى كمونها بسعة المكثفة و يرمز لها بالرمز C :

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2}$$

وحدات أخرى للسعة μF PF nF

وحدة السعة
[C]=coul/volt=Farad

المكثفة الأسطوانية	المكثفة الكروية	المكثفة المستوية
--------------------	-----------------	------------------



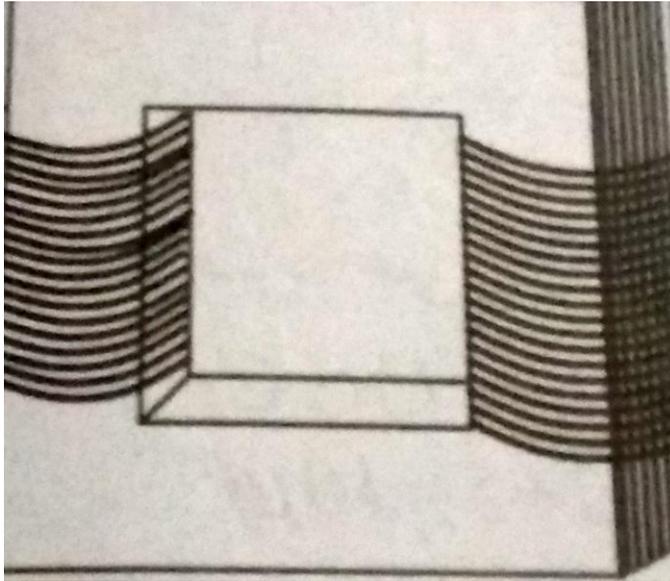
المكثفة الأسطوانية: ناقلان
 أسطوانيان نصف قطر
 الناقل الداخلي R_1 ونصف
 قطر الناقل الخارجي R_2

المكثفة الكروية : ناقلان
 كرويان متحدا المركز
 نصف قطر الأول R_1 و
 نصف قطر الناقل الثاني
 R_2

المكثفة المستوية : عبارة
 عن ناقلين مستويين البعد
 بينهما d ، تعطى سعة
 المكثفة المستوية
 بالعلاقة: $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

الملف الكهربائي (الوشية): سلك ناقل ملفوف عدد لفاته N ثابت وله نصف قطر معين و يسمى بالوشية ، و للملف ثابت مميز يسمى بذاتية الملف يرمز له بـ L و واحدته الهنري H

المحولات: تتألف المحولة العادية من نواة حديدية مغلقة على شكل صفائح معزولة بعضها عن بعض و يلف عليها سلكان نحاسيان يؤلفان وشيعتين مستقلتين متقابلتين



الملف
الثانوي

N2

الملف
الأولي

N1

تسمى الوشية التي تتلقى التيار المتناوب بالوشية (الملف الأولي) والوشية أو الملف الذي نأخذ منه التيار بالملف الثانوي.

السلالم الحرارية

الحرارة : شكل من أشكال الطاقة التي ترافق حركة الجزيئات أو الذرات داخل المادة ، و ترتبط الحرارة مع انتقال الطاقة الناتج غالبا عن فرق بين درجة حرارة الوسط و درجة حرارة الجسم المدروس .

درجة الحرارة : تقيس مستوى الطاقة الحرارية و تعد مقياس لدرجة سخونة الجسم و توجد عدة مقاييس لدرجات الحرارة

مقاييس درجة الحرارة:

المقياس المئوي (سيلزيوس) C°

المقياس المطلق (الكلفن) K

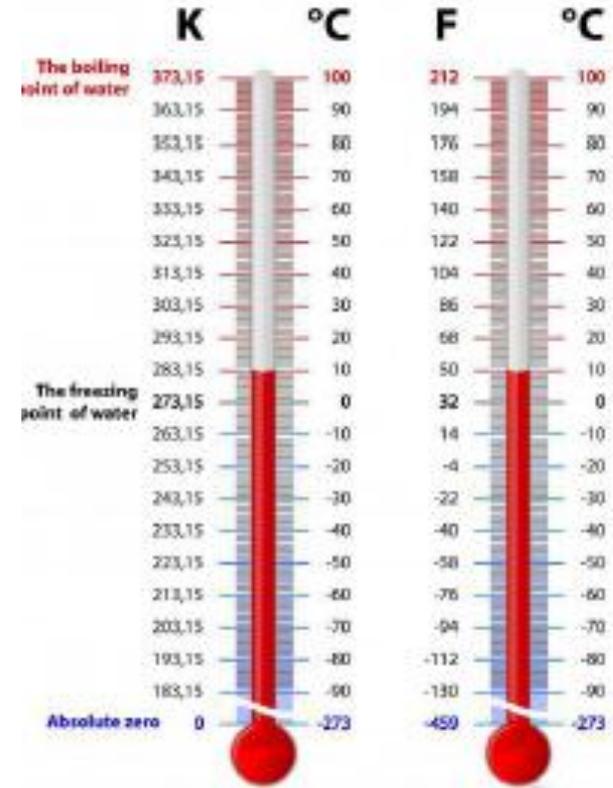
المقياس الفهرنهايتي F

$$K = 273 + C$$

$$C = K - 273$$

$$F = \frac{9}{5} \times C + 32$$

$$C = \frac{5}{9} \times (F - 32)$$



الحرارة

السعة الحرارية للجسم

كمية الحرارة التي يكتسبها الجسم كي ترتفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة

ماهي واحدة السعة الحرارية؟

$$q = \frac{Q}{\Delta T}$$

الحرارة النوعية C

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 كيلو غرام من المادة درجة مئوية واحدة

ماهي واحدة الحرارة النوعية؟

$$C = \frac{q}{m \cdot \Delta T}$$

←

$$C = \frac{q}{m}$$

تحويل الطاقة من شكل لآخر

مثال حالة سخان كهربائي
مطبق عليه كمون V و يمر
ضمنه تيار I

$$W=Q$$

تحويل الطاقة الكهربائية
إلى طاقة حرارية

مثال تحويل الطاقة الحركية
لجسم متحرك إلى طاقة حرارية
نتيجة اصطدامه بالأرض

$$E_k=Q$$

تحويل الطاقة الحركية و
الكامنة إلى طاقة حرارية

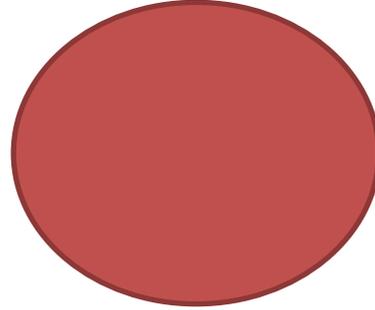
أمثلة محلولة ص 147 ، 150 ، 151

مبدأ التوازن الحراري

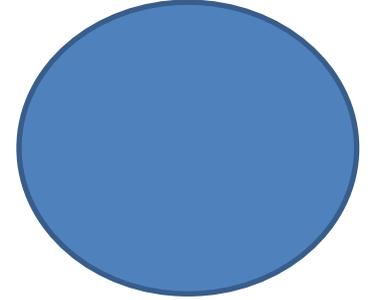
تطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة لدراسة التبادل الحراري بين جسمين
وفق درجتى حرارة مختلفتين وصولاً لدرجة حرارة التوازن

$$Q_1 = Q_2$$

$$T_1 > T_2$$



$$m_2, C_2, T_2$$



$$m_1, C_1, T_1$$

T_3 : درجة حرارة التوازن

مسألة في الحرارة

سخانة باستطاعة 700W ترفع درجة حرارة كمية من الماء من الدرجة 20°C إلى الدرجة 100°C خلال عشر دقائق إذا كانت الحرارة النوعية للماء 4200 جول / كغ . كلفن و بإهمال الفقدان الحراري:
أوجد كتلة الماء ؟ 1250g

مفهوم العزل الحراري

- ✓ تعد عملية عزل المنازل حراريا ضرورة اقتصادية لتوفير استهلاك الطاقة .
- ✓ يتم العزل الحراري بواسطة الجدران المملوءة بالفجوات الهوائية و النوافذ الزجاجية المزدوجة.

معامل التسرب الحراري

$$\frac{dE / dt}{S \cdot \Delta T} = \frac{\text{فقدان الطاقة الحرارية}}{\text{مساحة السطح} \times \text{فرق درجتي الحرارة}} = U$$

واحدة U

علاقة U بالثخانة L

واحدة K

K معامل التوصيل الحراري
(الناقلية الحرارية) ولها قيمة
ثابتة لكل مادة من المواد

$$U = \frac{k}{L}$$

معدل تدفق الطاقة الحرارية

$$P = \frac{dE}{dt} = k \cdot S \cdot \frac{(T_h - T_c)}{L} \quad \leftarrow \quad U = \frac{k}{L} = \frac{dE/dt}{S \cdot \Delta T}$$

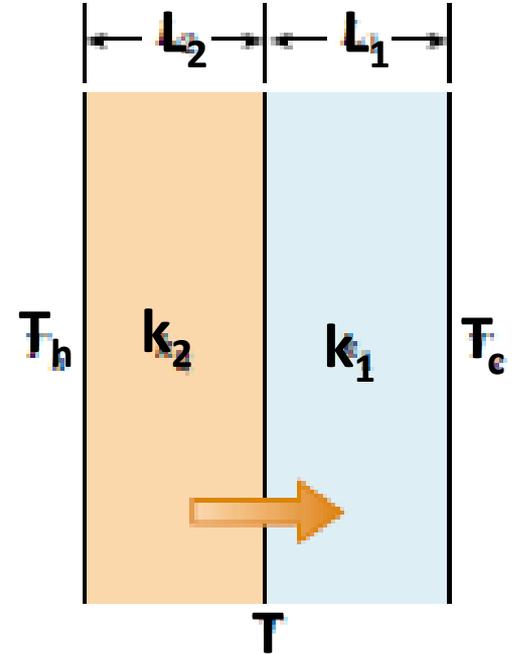
حيث T_h, T_c درجات الحرارة عند طرفي الجسم المدروس بحيث تكون $T_h > T_c$

انتقال الطاقة الحرارية بين لوحين على تماس فيما بينهما

❖ ليكن لدينا لوحين على تماس مع بعضهما البعض:
ثخانة اللوح الأول L_1 و معامل التوصيل الحراري له k_1
ثخانة اللوح الثاني L_2 و معامل التوصيل الحراري له k_2

❖ درجة حرارة السطوح الخارجية للوحين : T_h ، T_c
على الترتيب بحيث $T_c < T_h$.

❖ تحسب درجة حرارة سطح التماس بين اللوحين T في
حالة الاستقرار الحراري من العلاقة:
معدل تدفق الطاقة الحرارية عبر اللوح 1 = معدل تدفق
الطاقة الحرارية عبر اللوح 2



$$k_1 \cdot S \cdot \frac{(T - T_c)}{L_1} = k_2 \cdot S \cdot \frac{(T_h - T)}{L_2}$$

كيف تختلف قيمة U للنواقل الجيدة و العوازل الجيدة للحرارة ؟

علاقة U بالثخانة L

U للنوافذ المزدوجة و النوافذ ذات الطبقة الواحدة

U للجدران المحتوية على فجوات هوائية

ماذا لو ملئت الفجوات بمادة عازلة ؟

مسألة

تبلغ مساحة جدار قرميدي $3 \times 4 \text{ m}^2$ و سماكته 10 cm إذا علمت أن $\Delta T = 50 \text{ K}^\circ$ فأوجد:

- (1) معامل التسرب الحراري و الاستطاعة للجدار
- (2) معدل فقدان الطاقة الحرارية من الجدار القرميدي إذا احتوى على فجوات هوائية (و مملوءة بمادة عازلة) و أصبح معامل التسرب الحراري مساويا إلى $0.6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- (3) -التناقص في الطاقة المستهلكة (بسبب العزل الناتج عن الفجوات الهوائية) خلال يوم كامل. $K_b = 0.5 \text{ w/m.K}^\circ$ القرميد.

(1) - معامل التسرب الحراري يحسب من العلاقة : $U = \frac{K}{X} = \frac{0.5}{0.1} = 5 \text{ W/m}^2 \text{ k}$

الاستطاعة الحرارية (P أو dE/dT): $P_1 = U.S.\Delta T = 5 \times 12 \times 50 = 3000 \text{ Watt}$

(2) $P_2 = U.S.\Delta T = 0.6 \times 12 \times 50 = 360 \text{ Watt}$ عزل أفضل $\Leftarrow U$ و P أصغر من الحالة السابقة

(3) -التناقص في الاستطاعة الحرارية نتيجة العزل بواسطة الفجوات :

التناقص في كمية الطاقة المستهلكة بسبب العزل $P_1 - P_2 = 3000 - 360 = 2640 \text{ Watt}$

خلال يوم $2640 \times 24 \times 60 \times 60 = P \times t$

عزل المنازل

تدعى النسبة L/k بالقيمة R وتستعمل هذه القيمة بشكل شائع في عزل المباني و لها قيمة ثابتة لكل مادة من المواد المستخدمة في البناء وترتبط مع عملية العزل الحراري.

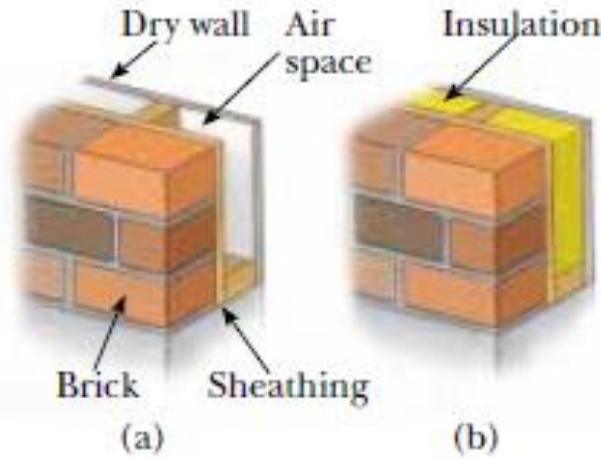
بتعويض قيمة R في علاقة تدفق الطاقة الحرارية من أجل جدار مكون من أكثر من طبقة نجد:

$$P = \frac{dE}{dt} = S \cdot \frac{(T_h - T_c)}{\sum_i R_i}$$

حيث $\sum_i R_i$ مجموع قيم R للطبقات المكونة للجدار

ملاحظة : لدى دراسة قيمة R لأي سطح معرض للهواء يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار وجود طبقة سطحية و رقيقة من الهواء الساكن الملاصقة للسطح (تتعلق ثخانة هذه الطبقة بسرعة الرياح) حيث تؤخذ قيمة R لها وتضاف لقيم R لباقي الطبقات

يبين الشكل التالي حائط مكون من الطبقات التالية : طبقة هواء خارجية، قرميد أحمر ، فجوة هوائية ، حشوة (Sheathing) ، جدار جاف، طبقة هواء داخلية).



Solution Referring to Table 20.4, we find that

R_1 (outside stagnant air layer)	=	$0.17 \text{ ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h/Btu}$
R_2 (brick)	=	$4.00 \text{ ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h/Btu}$
R_3 (sheathing)	=	$1.32 \text{ ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h/Btu}$
R_4 (air space)	=	$1.01 \text{ ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h/Btu}$
R_5 (drywall)	=	$0.45 \text{ ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h/Btu}$
R_6 (inside stagnant air layer)	=	$0.17 \text{ ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h/Btu}$
<hr/>		
R_{total}	=	$7.12 \text{ ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h/Btu}$

وحدة R المستخدمة

لإيجاد قيمة R الكلية للجدار تجمع قيم R لكل طبقة من الطبقات المكونة للجدار

التمدد الحراري

عندما نسخن جسم معدني أو قضيب فولاذي لدرجة حرارة عالية فإنه يتمدد نتيجة التسخين و يتقلص عند تبريده .

تعد هذه العملية مهمة لتصميم و بناء الإنشاءات الهندسية حيث تتشكل **قوى مدمرة للبناء** نتيجة التمدد (صيفا) و التقلص (شتاء).

مثال : إكساء سطوح المباني بطبقات سيراميكية ،
تصميم الجسور

اختلاف حجم الأجسام نتيجة التمدد و التقلص مما يؤثر على
تصدع انابيب المياه في الجو البارد

التمدد الطولي

تغير طول الجسم نتيجة تغير درجة الحرارة بالتسخين

معامل التمدد الطولي α

ماهي
واحدة α ؟

التمدد السطحي و الحجمي

تغير مساحة الجسم أو حجمه نتيجة تغير درجة الحرارة بالتسخين

معامل التمدد الحجمي γ

معامل التمدد السطحي β

ماهي واحدة

γ β

د. صبا عيش

توضع ثلاثة أنابيب شعرية في الماء فيرتفع الماء داخل الأنابيب على ارتفاعات 2cm,4cm,8cm إذا علمت أن الماء يبطل الزجاج بشكل كامل فأوجد :

- أنصاف أقطار الأنابيب
- أنصاف أقطار تقعر سطح الماء داخل الأنابيب
- لضغط اللابلاسي المطبق في كل أنبوب

ملاحظات متعلقة بالامتحان

أسئلة الامتحان موزعة وفق قسمين : اختيار متعدد و مسائل (الانتباه لصيغة السؤال فقد يكون المطلوب اختيار الإجابة الصحيحة أو الخاطئة أو إجابتين صحيحتين).

الداخل في المقرر يتضمن بشكل أساسي ملفات pdf (المحملة في موقع كلية الهندسة المدنية) + ما تم إعطاؤه في المحاضرة من قبل الدكتورة وتمت الإشارة إليه في كتاب الفيزياء للمهندسين لطلاب السنة الأولى (أفكار نظرية ، أمثلة محلولة) فقط . و في حال ورود معلومات إضافية أو ناقصة أو غير صحيحة في مصادر أخرى (محاضرات الطلاب) فهي خارج المنهاج و الدكتورة غير مسؤولة عنها .

منهاج المقرر لهذا العام مختلف عن منهاج السنوات السابقة (إضافة فقرات أو حذف فقرات)

المطلوب في حل المسائل الحل وفق الطريقة المتبعة (و التي تم إعطاؤها في المحاضرات) و أي طريقة أخرى يتبعها الطالب في حله لا تصح (حتى لو كانت الإجابة صحيحة) لأن الهدف دراسة المقرر الجامعي لطلاب السنة الأولى (وليس منهاج البكالوريا أو مقررات أخرى في الكلية)

مواعيد مقابلات الطلاب للإجابة على الأسئلة : يوم الأحد 12 - 2 - قسم العلوم الأساسية

مع التمنيات بالتوفيق و النجاح للجميع