بسم الله الرحمن الرحيم

المحاضرة السادسة و السابعة

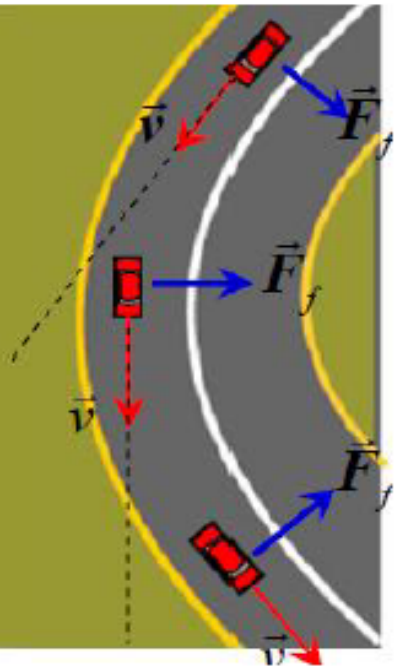
السوائل + الحرارة

كلية الهندسة المدنية – السنة الأولى

د.صبا عياش

مسألة على الحركة الدائرية

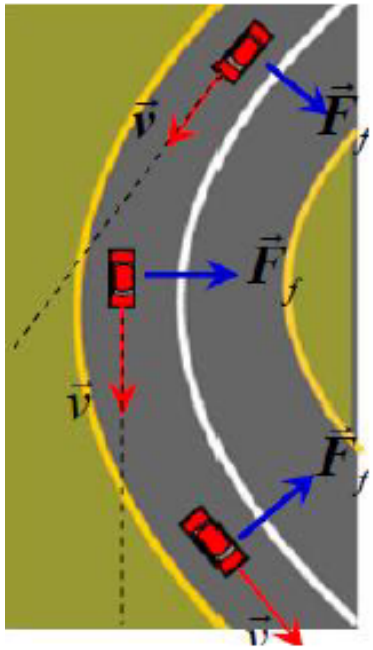
تسير سيارة كتلتها $m = 1600kg$ بحركة منتظمة على طريق منحني نصف قطره $R = 35m$ ، أوجد السرعة العظمى التي يمكن أن تسير بها السيارة على المسار المنحني دون أن تنزلق أذا علمت أن معامل الاحتكاك السكوني بين السيارة و الطريق الجاف =0.5 ؟



القوة التي تؤثر على السيارة وتحافظ على حركتها الدائرية هي القوة الجاذبة المركزية.

في حالة حركة السيارة على مسار دائري ، تتمثل القوة الجاذبة في المركزية في قوة الاحتكاك السكونية حيث تمنع قوة الاحتكاك السكونية من بدء حركة الانزلاق و تحافظ على الحركة الدائرية

$$F_f = F_s = m\,a_n = mV^2/R$$



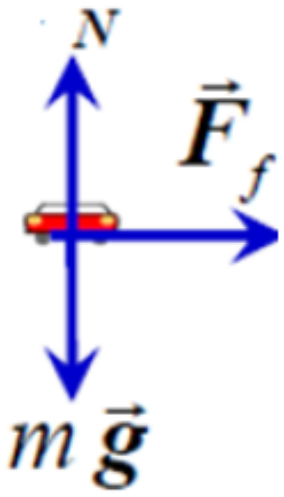
$$F_f = F_s = m\,a_n = mV^2/R$$

أقصى سرعة للسيارة توافق السرعة التي من أجلها تكون السيارة على وشك بدء الانزلاق

في هذه الحالة تكون قوة الاحتكاك السكونية أعظمية

$F_{smax} = \mu s.N$ ⇐

تحسب N من خلال توازن الجسم وفق المحور حيث الحركة موجودة وفق المسار الدائري $m\,g = N$



$$V_{max} = \sqrt{\mu_s\, g\, R}$$

$V_{max} = 18.7 m/s$

$F_{Smax} = m.V_{Max}^2/R$

$\mu_S.mg = m.V_{Max}^2/R$ ⇐

الواحدات المستخدمة في بحث الخواص الميكانيكية

1 pound=4.44N

1 in= 2.54cm

1 Psi=pound per square inch(P/in^2)

1 Ksi=10^3 Psi

1 Mpa=145Psi

1 Mpa=10^6 Pa

1 Gpa=10^9 Pa

مسائل في الخواص الميكانيكية

تملك عينة أسطوانية من الفولاذ قطرا 15.2mm و طول 250mm تم تشويه العينة تشوها مرنا بقوة شد مقدارها 48900N فإذا علمت أن معامل المرونة للفولاذ $Y=20.7X10^4Mpa$ فأوجد مقدر استطالة العينة في اتجاه تطبيق الإجهاد؟

نوجد $A_0=\pi(d/2)^2$

$A_0= 3.14x(15.2/2x10^{-3})^2 = 181.36x10^{-6}\ m^2$

$\sigma=F/A_0= 48900/181.36X10^{-6} =269.61x10^6Pa$

$\sigma=F/A_0$

$\sigma= Y\varepsilon$

$\varepsilon=\Delta L/L_0$

$=Y\varepsilon \Rightarrow 269.61x10^6=20.7x10^4\ x10^6\varepsilon$

$=13.025x10^{-4} \Rightarrow \varepsilon$

$\Delta L=\varepsilon.L_0= 13.025x10^{-4}\ x250x10^{-3}= 3256.25x10^{-7}$ m=0.3256mm

$\Delta l=0.325mm$

مسائل في الخواص الميكانيكية

تم تشويه عينة أسطوانية من خليطة النحاس الأصفر قطرها 10mm و طولها 101,6mm بقوة شد (10000N) فإذا كان معامل بواسون لهذه العينة $\upsilon=0.35$ و معامل يونغ لهذه العينة $Y=10.1x10^4Mpa$ فأوجد :

- مقدار استطالة العينة
- مقدار نقصان قطر العينة

اتجاه ε_x و ε_z

نوجد $A_0=\pi(d/2)^2$

$A_0=78.5x10^{-6}\ m^2$

$\sigma=F/A_0$

$\sigma= Y\varepsilon_z$

$\varepsilon_z=\Delta L/L_0$

نوجد ε_x من العلاقة

$= -\varepsilon_x /\varepsilon_z\nu$

$\Delta l=0.13mm$

σ=127.38Mpa

$\varepsilon z=12.61x10^{-4}$

$\Delta l=0.13mm$

$\varepsilon x=-4.4134x10^{-4}$

$\Delta d=-4.5x10-3$ mm

$\Delta d=-4.5x10^{-3}$ mm

السوائل

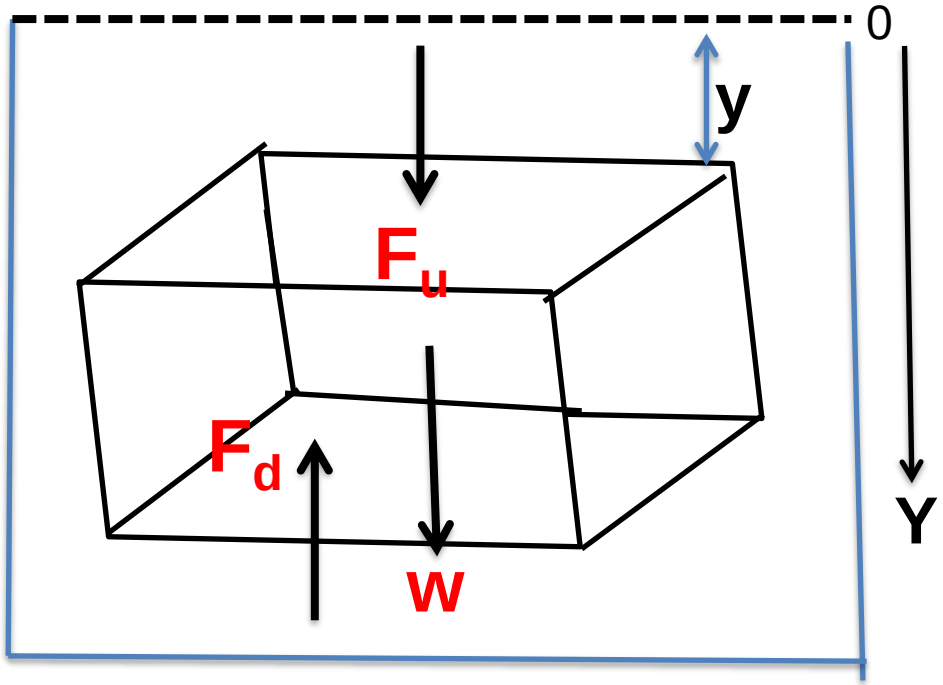
تتميز السوائل عن الأجسام الصلبة بأنه ليس لها شكل هندسي محدد و الروابط بين جزيئاتها ضعيفة على عكس الأجسام الصلبة التي تكون جزيئاتها ثابتة في مكانها والروابط فيما بينها قوية. أما الغازات فتكون الروابط بين جزيئاتها أضعف من السوائل وتكون متباعدة عن بعضها البعض.

يبين الشكل التالي توزع الذرات في الحالة الصلبة و السائلة و الغازية حيث تكون الذرات في المادة الصلبة متقاربة مع بعضها و تترابط فيما بينها بقوى (على شكل نوابض)، الذرات في السوائل متقاربة و لكن يمكنها أن تنزلق على بعضها البعض ، الذرات في الغازات تتحرك بحرية أكبر وتفصل فيما بينها مسافات كبيرة لذا يتم ضبطها ضمن حيز مغلق لمنعها من التمدد و الهروب لخارج الحيز الموضوعة فيه.

الضغط في سائل

حساب قيمة الضغط على نقطة تقع على عمق h من سطح السائل

نأخذ شريحة من السائل على شكل متوازي مستطيلات مساحة سطحها A و سماكتها dy (أي حجمها V=Ady) ، نطبق شرط التوازن ΣF=0



القوى وفق المحور الشاقولي (Z) :

قوة على الوجه العلوي للشريحة Fu

قوة على الوجه االسفلي للشريحة Fd

قوة ثقل الشريحة W=m g

$$P=Ps+\rho gh$$

واحدات الضغط

Atm

Pascal $=N/m^2$

$1\ Atm=1.013x10^5\ Pascasl$

Unit	Definition
SI unit: the Pascal	$1\ Pa = 1\ N/m^2$
Other units of pressure	$1\ atm = 760\ mmHg$
	$= 1.013 \times 10^5\ Pa$
	$= 1013\ mbar$
	$1\ bar = 10^5\ Pa$
	$1\ torr = 1\ mm\ Hg = 133.3\ Pa$

مبدأ الغطس

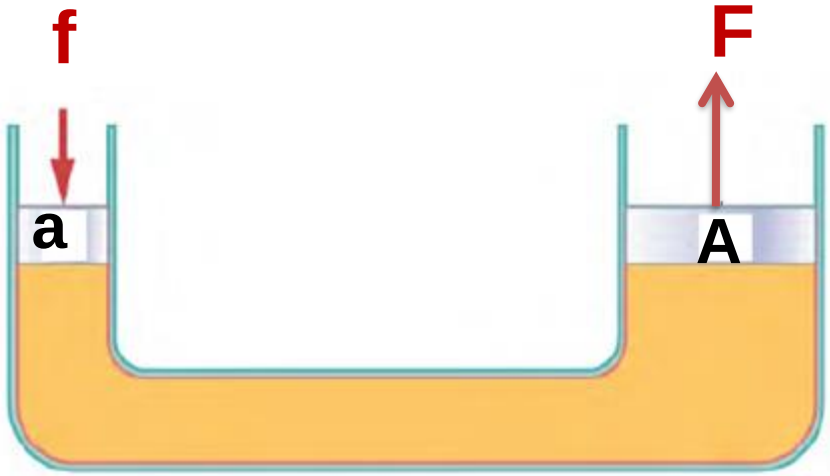
يتعلق الضغط فقط بعمق النقطة

تحت سطح السائل وفقا للعلاقة $P=Ps+\rho gh$

أوجد قيمة الضغط من أجل عمق 10.34m عن سطح السائل،

بافتراض Ps=1Atm ؟

مبدأ باسكال



انتقال الضغط المطبق على جميع نقاط السائل (حالة مكبس مطبق عليه ضغط (P'

ليكن لدينا أنبوب على شكل حرف U يطبق عليه مكبس متحرك (a,A) على جانبي الأنبوب بحيث تكون مساحة مقطع الجزء الصغير a ومساحة مقطع الجزء الكبير A

ينتج عن تطبيق القوة f على مساحة مقطع الجزء الصغير a ضغط P=f/a

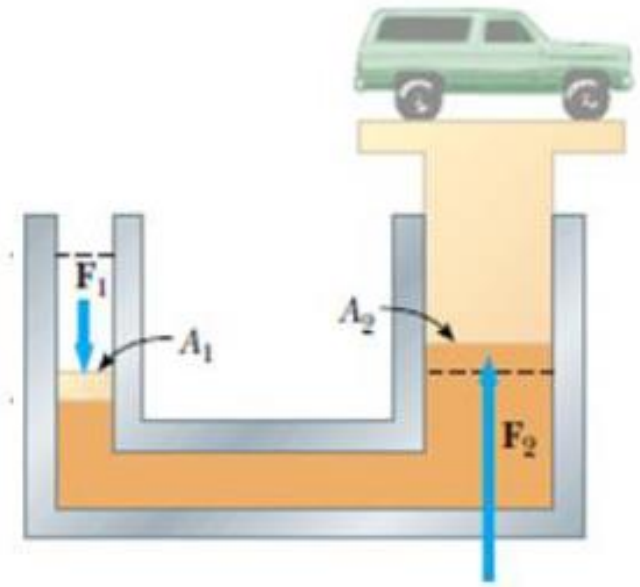
ينتقل نفس الضغط P لمساحة مقطع الجزء الكبير A فينتج عن تطبيقه قوة f < F بحيث تكون

$$F=P.A=\frac{f}{a}A \qquad 1< A/a$$

تطبيق

يطبق الهواء المضغوط في رافعة السيارات قوة على المكبس الصغير (ذي نصف القطر 5cm) ، ينتقل الضغط عبر السائل للمكبس الكبير (ذي نصف القطر 15cm) أوجد : القوة الواجب تطبيقها من قبل الهواء المضغوط لرفع سيارة وزنها 13300N ، الضغط المسبب لهذه القوة؟

$$F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) F_2 = \frac{\pi(5.00 \times 10^{-2}\,\mathrm{m})^2}{\pi(15.0 \times 10^{-2}\,\mathrm{m})^2} (1.33 \times 10^4\,\mathrm{N}$$



$=1.48 \times 10^3\,\mathrm{N}$

الضغط المسبب لهذه القوة

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{1.48 \times 10^3\,\mathrm{N}}{\pi(5.00 \times 10^{-2}\,\mathrm{m})^2}$$

$=1.88 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$

السوائل في حالة الحركة / خواص السائل المثالي

ليكن لدينا الافتراضات التالية لحركة المائع (السائل) المثالي

السائل المثالي **عديم اللزوجة** (قوى الاحتكاك الداخلية مهملة)

تعد قوة اللزوجة (قوة الاحتكاك الداخلية في السائل) مقياسا لمقاومة طبقات السائل للحركة بالنسبة لبعضها البعض (إعاقة الحركة) وفق سرعات مختلفة

السائل المثالي **غير قابل للانضغاط** (كثافة السائل ثابتة)

حجم السائل المار عبر الأنبوب ثابت في جميع نقاطه (الكثافة ثابتة) و المتغير هو مساحة المقطع العرضي و سرعة الجسم وفقا للنقطة المدروسة من الأنبوب.

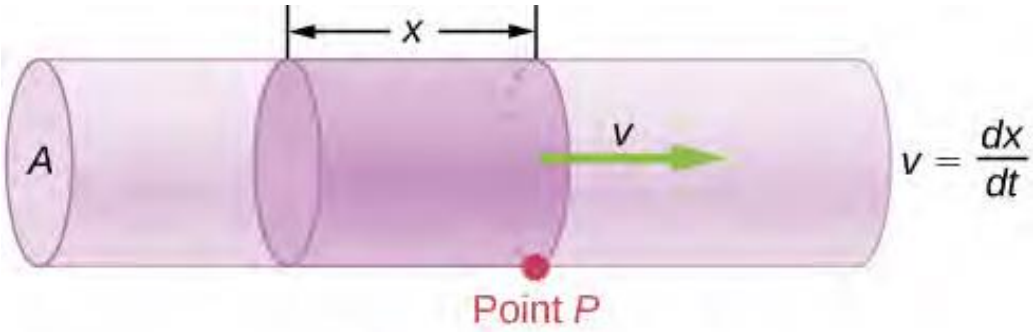
السائل موجود في **الحالة المستقرة**

سرعة السائل ثابتة و مماسة لخطوط تدفق السائل عبر مساحة المقطع العرضي A (عند نقطة ما).

معدل التدفق الحجمى Q

يدعى حجم السائل المار عبرمساحة المقطع العرضي A خلال فترة زمنية t بمعدل التدفق الحجمي Q و يعطى بالعلاقة التالية :

$$Q = \frac{dV}{dt}$$



$$Q = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(Ax) = A\frac{dx}{dt} = Av$$

حيث V الحجم ، t الزمن و باعتبار V=A.x يكون:

$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt}(Ax) = A\frac{dx}{dt} = Av.$$

واحدة معدل التدفق الحجمي : عادة يعطى بواحدة L/min أو بواحدة m^3/s

السوائل في حالة الحركة / معادلة الاستمرارية

لنفترض سائل مثالي يتدفق عبر أنبوب غير متجانس.

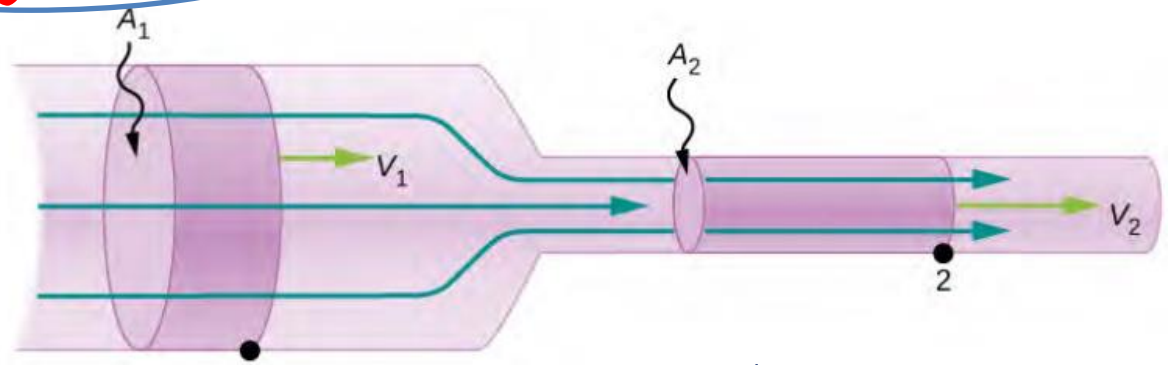
السائل مثالي وغير قابل للانضغاط على طول الأنبوب ⇐ نفس كمية السائل تعبر أي نقطة من نقاط الأنبوب أي كمية السائل المارة عبر النقطة 1= كمية السائل المارة عبر النقطة 2

السائل مستمر أي لا يوجد إضافة أو نقصان من كمية السائل المتدفقة ⇐ كمية السائل المتدفقة داخل الأنبوب عبر مساحة المقطع العرضي A1 (Q_1) = كمية السائل المتدفقة عبر مساحة المقطع العرضي A2 (Q_2).

معادلة الاستمرارية

$A_1.v_1=A_2.v_2$

Q1=Q2



مساحة المقطع العرضي A_2 أصغر

مساحة المقطع العرضي A1 أكبر

سرعة السائل المتدفق v_2 أكبر

سرعة السائل المتدفق v1 أقل

جداء مساحة المقطع العرضي و سرعة المائع ثابتة في جميع نقاط الأنبوب

معادلة الاستمرارية $A_1.v_1=A_2.v_2$

$Q=A.v=\pi r^2.v$

واحدة معدل التدفق الحجمي Q (m^3/s)

بمعرفة معدل تدفق السائل عبر مساحة المقطع العرضي A، نحصل على سرعة السائل

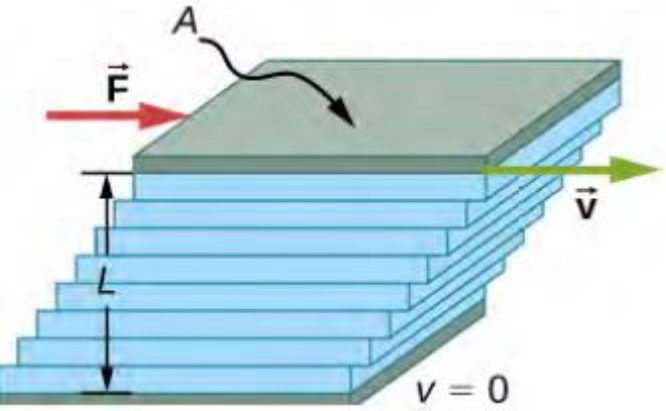
سرعة السائل المتدفق $Q/A=v$

أنواع جريان السوائل (التدفق)

تتدفق السوائل داخل الأنابيب و القنوات وفق نوعين رئيسيين: جريان منتظم (انسيابي) و جريان اضطرابي

دراسة لزوجة مائع (سائل) η

لدى قياس لزوجة مائع (سائل ما) ، يوضع السائل المراد قياس لزوجته بين صفيحتين متوازيتين بحيث تكون الصفيحة السفلية ثابتة غير متحركة ، و تتحرك الصفيحة العلوية بسرعة ثابتة V. تنتقل الحركة للصفائح المتتابعة وفقا للعمق L وذلك بوجود قوة احتكاك داخلية (لزوجة بين الطبقات).



تتناسب القوة المطلوبة F للحفاظ على سرعة ثابتة V وفقا للاحتكاك الداخلي بين الطبقات بأربع عوامل :

تناسب طردي مع سرعة السائل V

تناسب طردي مع مساحة سطح الصفيحة A

تناسب عكسي مع العمق L (البعد بين الصفائح المدروسة)

تناسب طردي مع η (معامل اللزوجة)

تعطى القوة F بالعلاقة التالية: $F = \eta \frac{vA}{L}$.

معامل اللزوجة $\eta = \frac{FL}{vA}$

واحدة معامل اللزوجة : $N \cdot m/\left[(m/s)m^2\right] = \left(N/m^2\right)s \text{ or } Pa \cdot s$

كما تقاس اللزوجة بالبواز و السنتي بواز

العلاقة بين اللزوجة و سرعة السائل

لزوجة ↑ قابلية جريان ↓ سرعة جريان السائل ↓

لزوجة ↓ قابلية جريان ↑ سرعة جريان السائل ↑

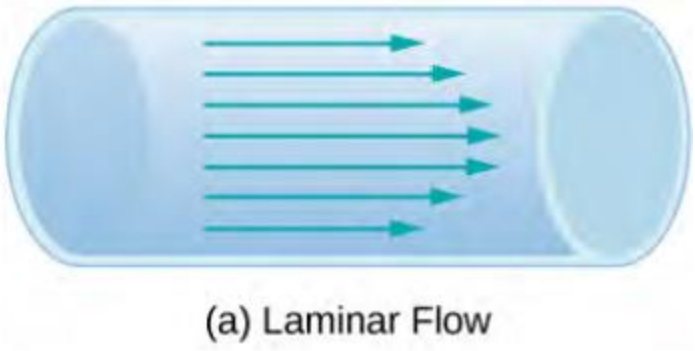
لكل سائل معامل لزوجة خاص به و يختلف معامل اللزوجة من مادة لأخرى وفقا لطبيعة المادة ودرجة الحرارة

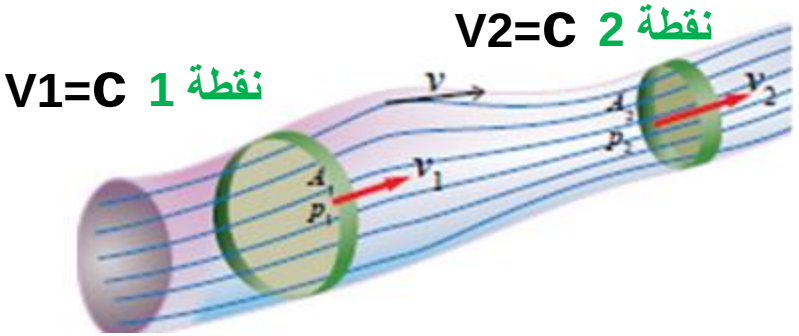
أنواع التدفق

التدفق الانسيابي (الصفائحي Laminar): تكون خطوط جريان السائل موازية لسطح السائل أو محور الأنبوب ، وتمثل خطوط الجريان سرعة انسياب طبقات السائل ، وتكون هذه السرعة ثابتة مع الزمن (عند نقطة معينة) وتختلف من نقطة لأخرى.

تتحرك جزيئات السائل وفق مسارات منتظمة لا تتقاطع مع بعضها البعض ، وتكون السرعة عظمى في المنتصف وتتناقص بالقرب من جدار الأنبوب بسبب وجود الاحتكاك بين جدران الأنبوب و المائع .

في حالة التدفق الانسيابي تتدفق طبقات السائل دون مزج فيما بينها ويعد تدفق السائل المثالي تدفق انسيابي تكون خطوط السرعة فيه مماسة لخطوط التدفق.

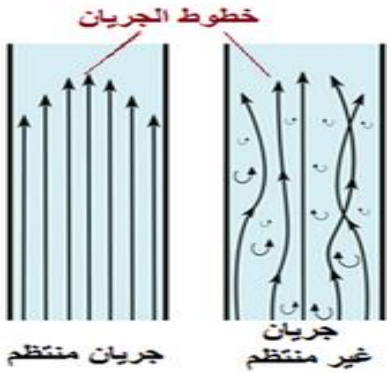

(a) Laminar Flow



التدفق الاضطرابي(turbulent): يتدفق السائل بشكل مضطرب، وتتقاطع خطوط تدفق السائل مع بعضها البعض لتشكل مناطق دائرية صغيرة أو مايشبه الدوامات و هذا ما يحدث عندما تصل سرعة السائل لسرعة حدية معينة.

تتغير سرعة جزيئات السائل في حالة التدفق الاضطرابي عند نقطة معينة مع الزمن و يحدث ضياع للطتقة على شكل طاقة داخلية.

(b) Turbulent Flow



الفرق بين التدفق المنتظم (الصفائحي) و التدفق غير المنتظم (الاضطرابي)

عدد رينولد N_R

لتحديد طبيعة التدفق (انسيابي أو اضطرابي) يدرس مؤشر يدعى عدد رينولد NR

يعطى عدد رينولد بالعلاقة التالية:

$$N_R = \frac{2\rho v_c r}{\eta}$$

حيث η اللزوجة ($N.s/m^2$ أو $dyne.s/cm^2$)

ρ كثافة السائل (kg/m^3 أو g/cm^3)

r نصف قطر الأنبوب (m أو cm)

$N_R \leq 2000$ ← تدفق انسيابي منتظم

$2000 < N_R < 3000$ ← تدفق اضطرابي

$N_R \geq 3000$ ← تدفق متحول بين الانسيابي و الاضطرابي

ملاحظة: إذا كانت سرعة السائل أصغر من السرعة الحدية Vc يكون التدفق انسيابي و إذا كان أكبر من السرعة الحدية Vc يكون التدفق اضطرابي.

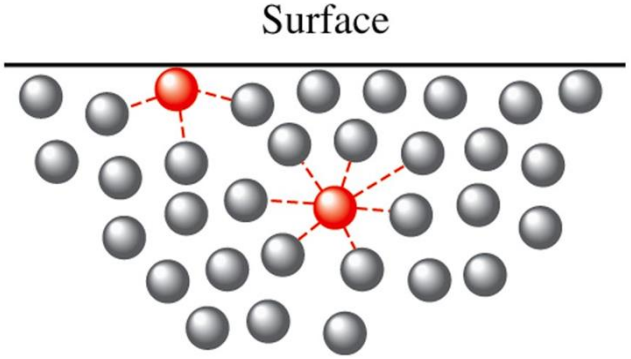
خصائص السوائل/ التوتر السطحي

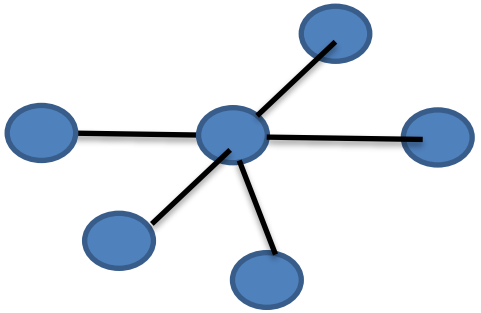
الفرق بين جزيئات الطبقة السطحية و الطبقات العميقة

تتعرض جزيئات السائل الموجودة في الطبقات العميقة لقوى محيطة بها من كل الجهات فتكون محصلة القوى المؤثرة عليها معدومة أما الجزيئات الموجودة على سطح السائل فترتبط بروابط مع الجزيئات الموجودة في الطبقة السطحية و روابط مع الجزيئات الموجودة في الطبقات العميقة وبالتالي تخضع لقوى تجذبها للأسفل مما يؤدي لتقلص سطح السائل.

التوتر السطحي للسوائل σ: تسمى القوى الموجودة على مستوى السطح العلوي بقوى التوتر السطحي وهي القوة المؤثرة في واحدة الطول من السائل

$$\sigma=\frac{f}{L}$$





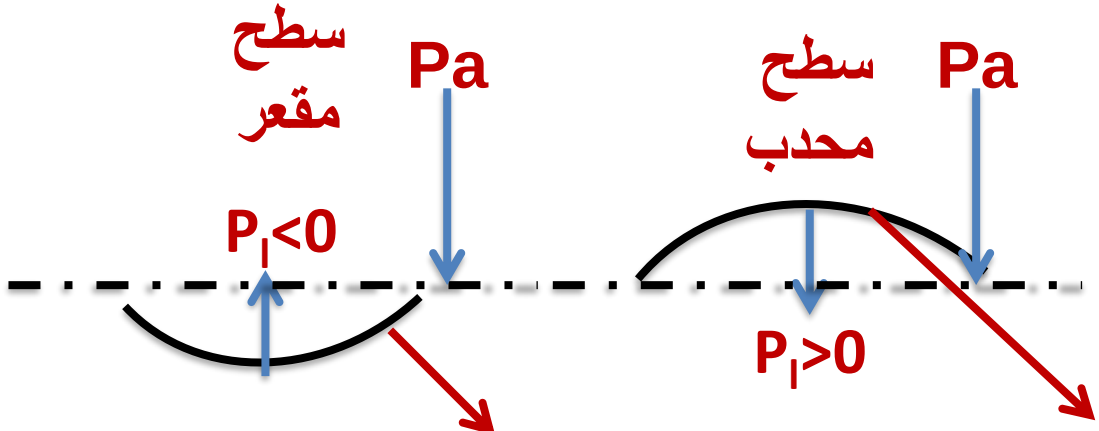
العوامل المؤثرة على التوتر السطحي : يتناقص التوتر السطحي بارتفاع درجة الحرارة و بإضافة الشوائب .

الضغط اللابلاسي P_L

الضغط اللابلاسي P_l: الضغط المشروط بانحناء سطح السائل. و هو ضغط إضافي يزيد أو ينقص من الضغط الذي يعاني منه سطح السائل المستوي (Pa)

يعطى الضغط اللابلاسي بالعلاقة التالية :

$$P_l = -\sigma \frac{dA}{dV}$$



الضغط على سطح السائل المقعر = Pa-Pl

الضغط على سطح السائل المحدب = Pa+Pl

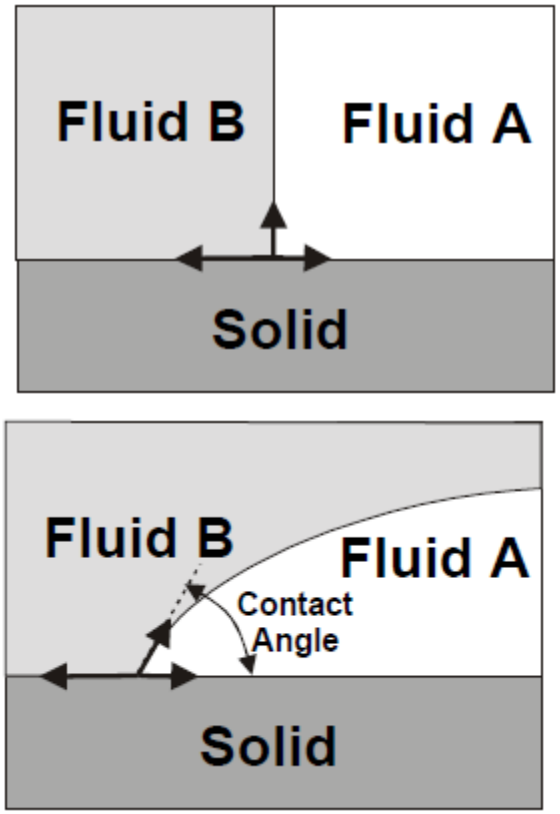
الضغط اللابلاسي في الحالة الكروية

$P_l = -2\sigma / R$

الضغط اللابلاسي في الحالة الأسطوانية

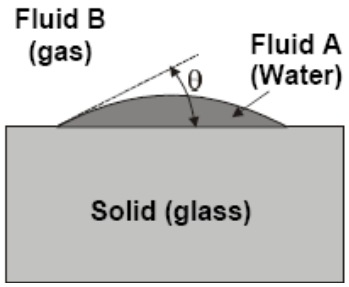
$P_l = -\sigma / R$

- عندما يحد سطح جسم صلب وسطين غير قابلين للامتزاج (سائل ، غاز) نحصل على عدة حالات للتبلل
- تحدد حالة التوازن بين الأوساط الثلاث بزاوية التبلل θ و يمكن من خلالها تحديد حالة التبلل.



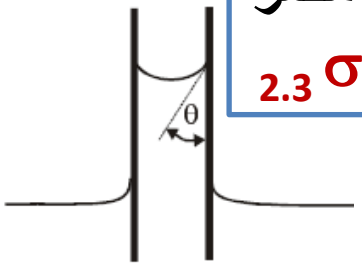
تبلل السطح الصلب

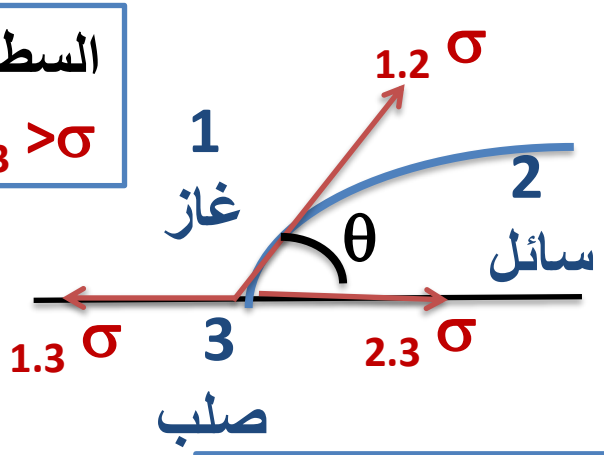
يعبر عن التوتر السطحي للسطح الفاصل بين وسطين من هذه الأوساط بالمقادير $\sigma_{2.3}$ (حالة صلب – سائل)، $\sigma_{1.2}$ (حالة سائل ، غاز)، $\sigma_{1.3}$ (حالة غاز- صلب)



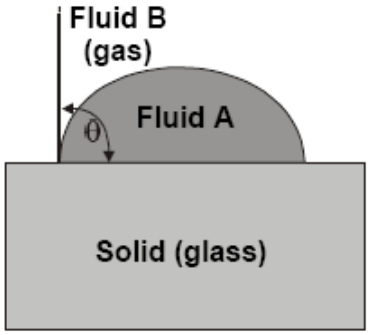
السطح مقعر

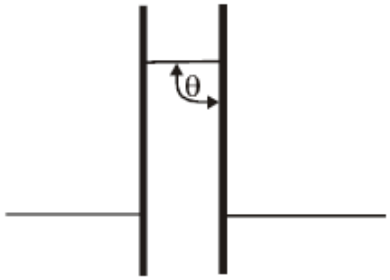
$\sigma_{2.3} < \sigma_{1.3}$



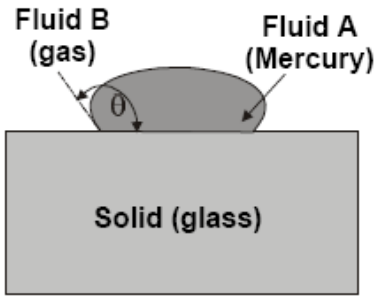


θ:زاوية التبلل





$$\sigma_{1.3} - \sigma_{2.3} = \sigma_{1.2} \cos\theta$$



السطح محدب

$\sigma_{2.3} > \sigma_{1.3}$

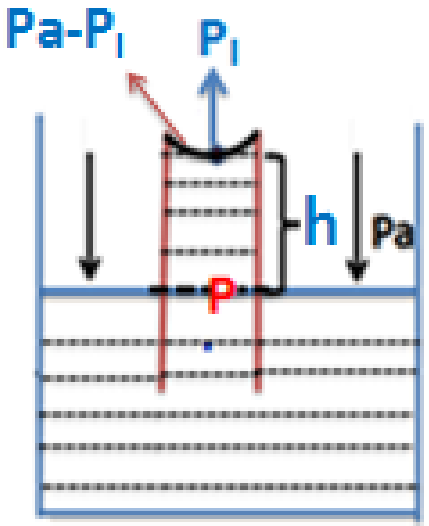
حالات التبلل

$\theta = 0$

$\theta = \frac{\pi}{2}$

$\theta = \pi$

الظاهرة الشعرية



الضغط على سطح السائل P_a-P_l =

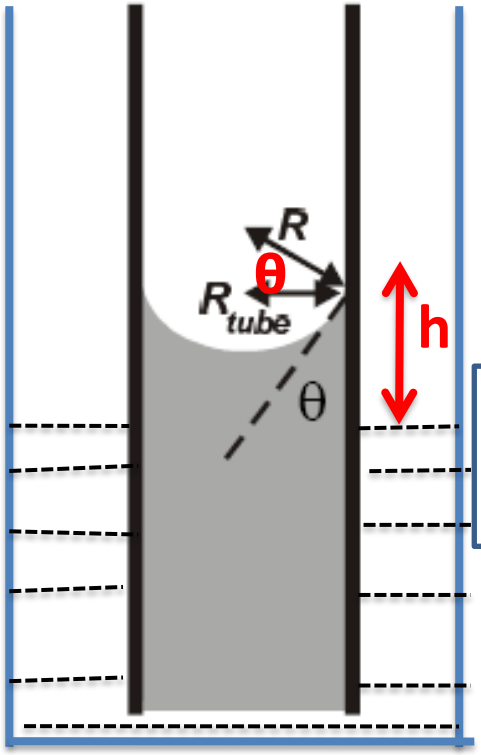
إذا أدخل أنبوب شعري في سائل يرتفع السائل داخل الأنبوب وفقا للضغط اللابلاسي P_l .

$P_l=2\sigma/R$ (حالة كروية) ⇐ الضغط على سطح السائل داخل الأنبوب Pa - Pl =

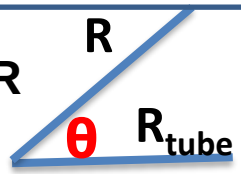
يرتفع الماء داخل الأنبوب لارتفاع h عن النقطة p (سطح السائل)

ضغط السائل عند النقطة p : $P(p)=Ps+\rho gh=(Pa-Pl)+\rho gh$

يتوقف السائل عن الصعود عندما يكون الضغط داخل الأنبوب = الضغط خارج الأنبوب



$\cos\theta=R_{tube}/R$



P (عند النقطة p) = pعلى سطح السائل خارج الأنبوب pa

$(Pa-pl)+\rho gh=Pa$

$P_l=\rho gh$

$2\sigma/R=\rho gh$

$h= 2\sigma/\rho\ g\ R$

$h= 2\sigma\cos\theta/\rho g\ Rtube$

ارتفاع السائل داخل الأنابيب الشعرية

خطورة الظاهرة الشعرية على الأبنية البيتونية

أوجد الارتفاع h الذي يمكن أن يصل إليه الماء داخل المسامات الإسمنتية إذا افترضنا أن المسامات الإسمنتية على شكل أنابيب قطرها من رتبة الميكرومتر؟

نطبق علاقة h من أجل حالة التبلل الكلي (cosθ=1)

$$h=2\sigma \cos\theta/\rho g R_{tube}$$

حيث σ (ماء)= 0.073N/m، ρ=1000kg/m^3 قطر المسامات الإسمنتية ~1μm Rtube ~10^{-6} m

h~15m

وصول الماء داخل المادة الاسمنتية لمثل هذه الارتفاعات العالية يؤدي إلى آثار سلبية و خطورة على المباني يمكن أن نلخصها في النقاط التالية:

- تبلل المادة الإسمنتية يجعلها هشة و غير مقاومة
- وصول الماء للحديد يؤدي لتأكسد الحديد وتآكله
- وصول الماء لكسوة البناء يؤثر على حالة الدهانات الداخلية للأبنية
- يؤدي وصول الماء للجدران الداخلية إلى تشكل الرطوبة الدائمة داخل المبنى مما يؤثر على صحة الأشخاص القاطنين في المبنى

نتيجة خطورة الظاهرة الشعرية على المباني الإسمنتية يتم العمل على عزل الأساسات و المباني عن مصادر المياه القادمة من الأرض و التربة باستخدام مواد معينة (مثل البيتومين)تعمل على سد المسامات الإسمنتية من خلال تسخين المواد بشكل جيد حتى تتسرب داخل الاسمنت و تسد المسامات الإسمنتية

السلالم الحرارية

الحرارة

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

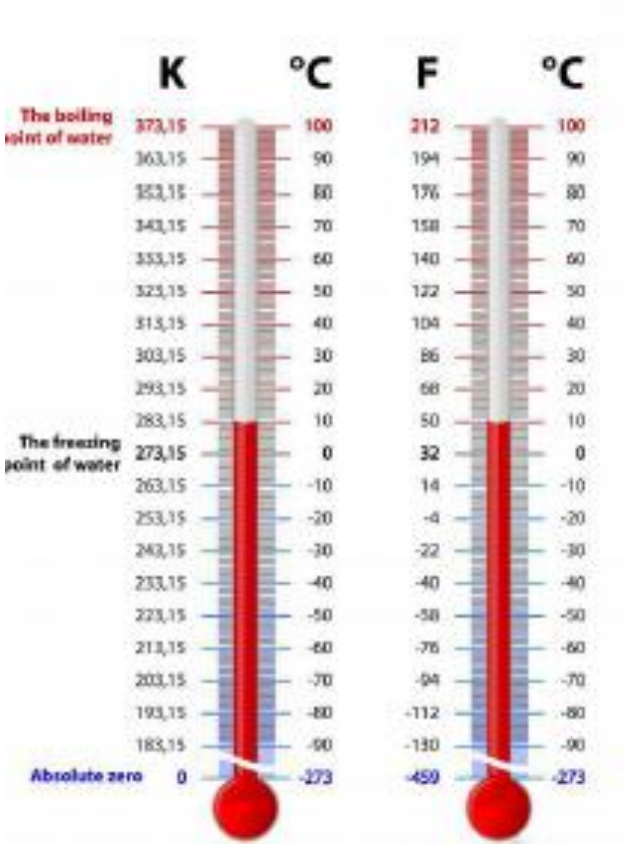
المقياس الفهرنهايتي F

$$K = 273 + C$$

$$C = K - 273$$

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

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



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

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

واحدة U

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 $3x4xm^2$ و سماكته 10cm إذا علمت أن $\Delta T=50K^\circ$ 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 $0.6W/m^2.K$

3)-التناقص في الطاقة المستهلكة (بسبب العزل الناتج عن الفجوات الهوائية) خلال يوم كامل. $Kb=0.5w/m.K^\circ$ القرميد.

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

الاستطاعة الحرارية (P أو dE/dT): $P_1=U.S.\Delta T=5x12x50=3000Watt$

2) $=U.S.\Delta T=0.6x12x50=360Watt$

عزل أفضل U⇐و P أصغر من الحالة السابقة

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

$P_1-P_2=3000-360=2640Watt$

التناقص في كمية الطاقة المستهلكة بسبب العزل خلال يوم = Pxt = $2640x24x60x60$

علاقة U بالثخانة L

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

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

واحدة K

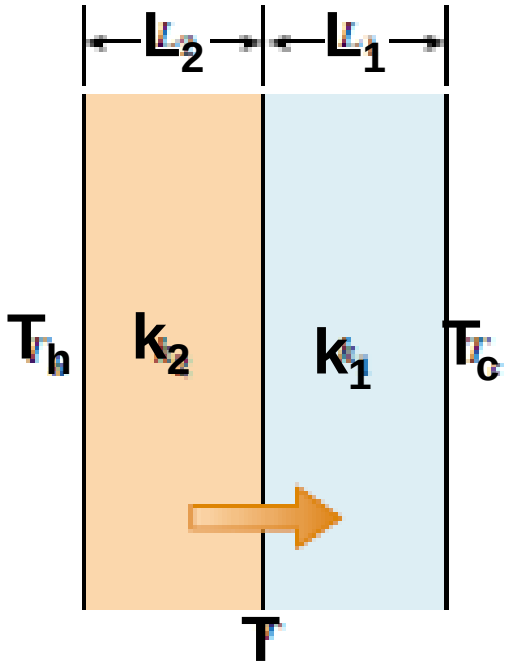
معدل تدفق الطاقة الحرارية

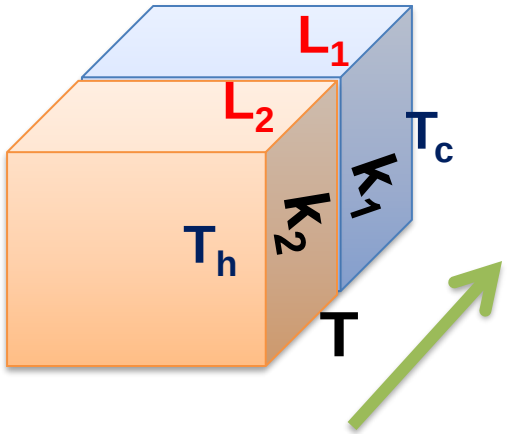
$$U = \frac{k}{L} = \frac{dE/dt}{S.\Delta T} \Leftarrow P = \frac{dE}{dt} = k.S.\frac{(T_h - T_C)}{L}$$

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

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 الحراي له k_1
  ثخانة اللوح الثاني L_2 و معامل التوصيل الحراي له k_2
- درجة حرارة السطوح الخارجية للوحين : T_c ،T_h
  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





$$k_1.S.\frac{(T_T_C)}{L_1} = k_2.S.\frac{(T_h_T)}{L_2}$$

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.

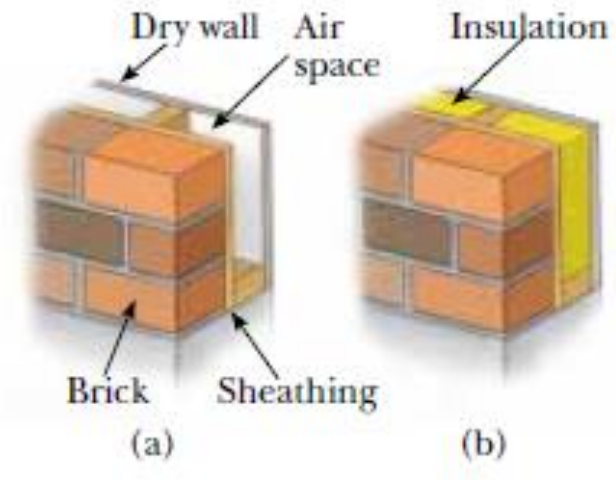
بتعويض قيمة Rفي علاقة تدفق الطاقة الحرارية من أجل جدار مكون من أكثر من طبقة نجد:

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

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

ملاحظة : لدى دراسة قيمة Rلأي سطح معرض للهواء يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار وجود طبقة سطحية و رقيقة من الهواء الساكن الملاصقة للسطح(تتعلق ثخانة هذه الطبقة بسرعة الريح) حيث تؤخذ قيمة Rلها 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)	$= 0.17\ \text{ft}^2 \cdot °\text{F} \cdot \text{h/Btu}$
R_{total}	$= 7.12\ \text{ft}^2 \cdot °\text{F} \cdot \text{h/Btu}$

واحدة Rالمستخدمة

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 السطحي β

معامل التمدد الحجمي γ

ماهي واحدة β γ

د.صابر عياش

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

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

نصف قطر تقعر سطح الماء يحسب من العلاقة $Cos\alpha=Rtube/R$

و بما أن التبلل كلي : $cos\alpha=1$ ⇐

$R_{tube1}=R_1$ $=1.8x10^{-4}$ m	$R_{tube2}=R_2$ $=3.65x10^{-4}$m	$R_{tube3}=R_3$ $=7.3x10^{-4}$ m

يحسب الضغط اللابلاسي من العلاقة $Pl=2\sigma/R$

الضغط اللابلاسي في الأنبوب الأول : $Pl_1=2x0.073/1.8x10^{-4}=800Pa$

الضغط اللابلاسي في الأنبوب الثاني : $Pl_2=2x0.073/3.65x10-4=400Pa$

الضغط اللابلاسي في الأنبوب الثالث : $Pl_3=2x0.073/7.3x10-4=200Pa$

كما يمكن حساب الضغط اللابلاسي من العلاقة : $Pl=\rho gh$