

termodynamics

## Thermodynamics

Chapter <1>

Sheet<1>

الج

## 1- مقدمه:

فى الوقت الحاضر مش هنعرف نلاقى مجال صناعه معين من غير ما نذكر لفظ ديناميكا حراريه او بالأخص لفظ (حراره) - حيث الحراره هي شكل من أشكال الطاقه - وبالتالي نقدر نقول إن الديناميكا الحراريه هي علم دراسه الطاقه و تحويلات الطاقه من صوره لآخرى

نلاحظ إن اسم الماده مكون من جزئين (ديناميكا + حراريه) حيث لفظ ديناميكا معناه الطاقه والقوه والحركه ولفظ حراريه اللي هو حراره يعني ف باختصار احنا بنتكلم عن قوه ناتجه من حراره - حركه ناتجه من حراره - طاقه ناتجه من حراره

## 2- تطبيقات الديناميكا الحراريه:

الموضوع أكبر بكثير من إتنا نوصفه في كذا صفحه لكن تطبيقات الديناميكا الحراريه سهل اوى تلاحظها فى حياتك العاديه اليوميه مثل :

- 1- جهاز التكييف عندك فى البيت Air Conditioner
- 2- محطات توليد الطاقه Power plants
- 3- محركات الاحتراق ( مثل الموجود بداخل السياره )
- 4- الترمومتر
- 5- تليفونك اللي ف ايدك ده لما بيسخن وبيصدر منه حراره يقيمه معينه للوسط المحيط به ف باختصار اي شئ محيط بييك يفقد او يكتسب حراره هو يعتبر مثال للديناميكا الحراريه

### 3-المفاهيم اللازم معرفتها:

3.1- السیستم هو المتنطقه محل الدراسة quantity of matter or region in space chosen for study

3.2- الوسط المحيط surroundings هو كل ما يحيط بالسیستم وله تأثير عليه

3.3- الحد الفاصل (حدود السیستم) Boundaries هو الخط الفاصل بين السیستم والوسط المحيط وقد يكون ثابت او متحرك وقد يكون حقيقي او تخيلي

3.4- الضغط Pressure: هو القوه المؤثره على وحده المساحه

$$P = \frac{F}{A}$$
 where:

Force(F) >>> نيوتن N

Area(A) >>> متر مربع m<sup>2</sup>

### Pressure Units

Unit	unit symbol	corresponds to
Pascal	Pa	1 bar = 100,000 Pa
Bar	bar	1 bar = 1 bar
Kilopascal	kPa	1 bar = 100 kPa
Megapascal	MPa	1 bar = 0.1 MPa
Pound per square inch	psi	1 bar = 14.5 psi
Kilogram per square centimetres	kg/cm <sup>2</sup> or kg(f)/cm <sup>2</sup>	1 bar = 1.02 kg/cm <sup>2</sup>
Inch of mercury column	inHg	1 bar = 29.53 inHg

1 بار = 10<sup>5</sup> باسكال وطبعا زى ما فاكرين ان الكيلو يعني 10<sup>3</sup> و الميجا 10<sup>6</sup> والحرجا

نقدر أيضاً أنّي نجّب الضغط الناتج من ارتفاع سائل معين بقيمة معينة

$$P = \rho gh$$

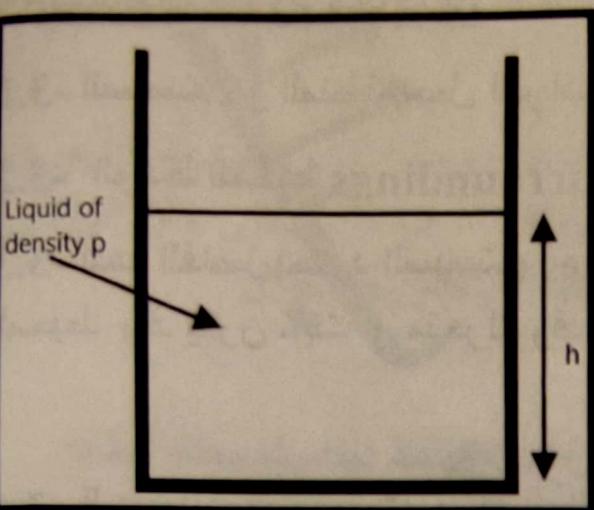
حيث

$P$  : ضغط السائل بالباسكال

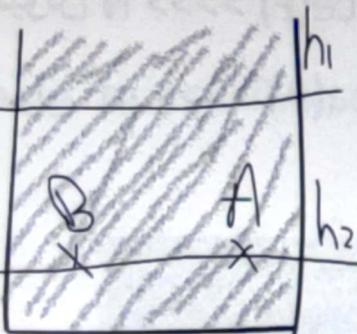
$\rho$  : كثافة السائل بالكيلوجرام/متر<sup>3</sup>

$h$  : ارتفاع السائل بالمتر

$g$  : عجلة الجاذبية الأرضية بالمتر/ثانية<sup>2</sup>

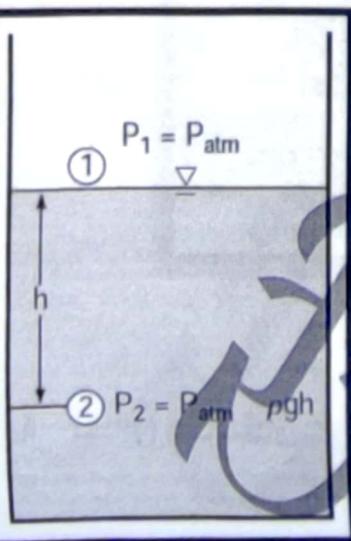


نقدر نلاحظ أنه كلما زاد عمق السائل كلما زاد الضغط عند النقطة محل القياس وأيضاً عند ثبات  $h$  يكون الضغط ثابت بمعنى



الضغط عند المستوى رقم 1 أكيد أقل من الضغط عند المستوى 2  
بس النقطه الاهم حالياً إن الضغط على طول الخط رقم 1 ثابت  
لعدم حدوث اختلاف في قيمة العمق  $h$

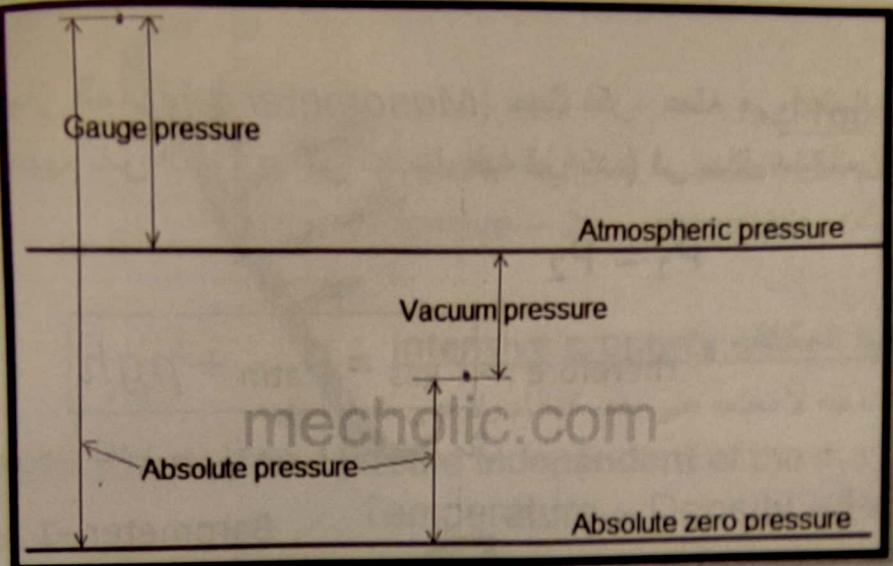
كذلك الضغط على طول الخط رقم 2 ثابت بمعنى  
لو حسبت الضغط عند النقطة A هتلاقيه نفس القيمه لما تحسب عند  
النقطه B



>> قانون حساب الضغط الناتج عن السائل بصورة كامله هو عباره عن

$$P = \rho gh + P_{atm}$$

نلاحظ هنا ظهور تيرم جديد اسمه  $P_{atm}$   
وهو الضغط الجوى



عندنا 3 انواع من الضغط

- Absolute pressure -1
- Gauge pressure -2
- Vacuum pressure -3

$$P_{\text{gauge}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{atm}}$$

$$P_{\text{vacuum}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{abs}}$$

الضغط الفعلى الحقيقى اسمه الضغط المطلق  $P_{\text{abs}}$

$P_{\text{atm}}$  >> is the pressure on the earth's surface. This pressure is a result of the air's weight above the surface. Called "Barometric pressure"

$P_{\text{abs}}$ >> is a pressure that considers absolute zero pressure or perfect vacuum as its reference point. So, it can never have a negative value

$P_{\text{gauge}}$ >> is the difference between the measured pressure( $P_1$ ) and the local atmospheric pressure around the pressure sensor ( $P_{\text{atm}}$ )

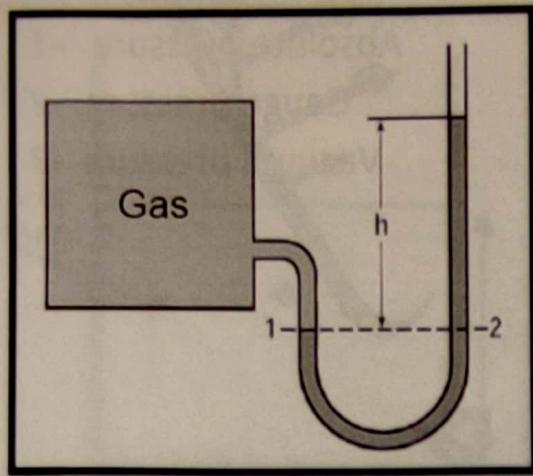
$$P_{\text{gauge}} = P_1 - P_{\text{atm}}$$

P gauge is the pressure relative to atmospheric pressure (يسمى بالضغط المقاس)

<<الضغط الجوى  $P_{\text{atm}}$  إن لم يكن معطى بالمسأله فهو  $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$

يقيس الضغط باستخدام جهاز المانومتر Manometer

جهاز المانومتر *Manometer*: حيث فكره عمله هي اعتماده على أن كل النقاط التي تقع على خط افقي (لديهم نفس العمق  $h$  اللي اتكلمنا عليه قبل كده) في سائل متجلانس



$$P_1 = P_2$$

$$\text{therefore} \gg P_{\text{gas}} = P_{\text{atm}} + \rho gh$$

ويوجد العديد من الأجهزة الأخرى مثل

Barometer -1

Pressure gauges -2

Dead weight gauge (tester) -3

### 3.5 درجة الحرارة

هي مقياس للسخونه أو البروده .. قيمه بتقولك الجسم ده ساخن ولا بارد .. وهل لو ساخن ف ساخن بمقدار قد ايه ولو بارد ف بارد بمقدار قد ايه

$$T(K) = T(c) + 273.15$$

$$T(F) = 1.8T(c) + 32$$

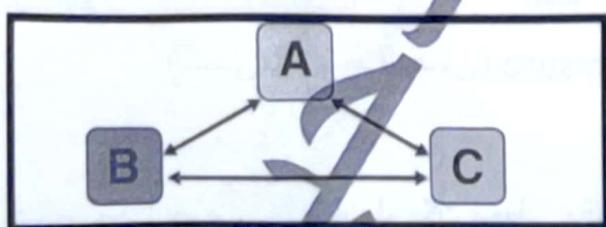
$$T(R) = T(F) + 459.67$$

$$T(R) = 1.8T(K)$$

ويستخدم لقياس درجة الحرارة ما يلى:

A-Glass Thermometer B-Digital Thermometer C-Thermocouple D-Thermistors

و كده يكون آن الاول ان نأخذ أول قانون معانا في الديناميكا الحراريه الا وهو  
القانون الصفرى للديناميكا الحراريه



$$\text{If } T_A = T_C \quad \text{AND} \quad T_B = T_C$$

لو لدينا جسمين كلا منهم في اتزان حراري مع جسم ثالث فإن كلا من الجسمين في اتزان حراري مع بعضهم البعض

$$>>> T_A = T_B$$

### 3.6 - خاصية النظام

المقصود بها هي أي خاصية مميزة للنظام مثل الضغط - الحرارة - الحجم - الكتلة والخواص لدينا تنقسم إلى نوعين : 1 - مكثفة Extensive - 2 شمولية Intensive

#### أولاً: الخاصية المكثفة intensive property

<> الخاصية المكثفة intensive : هي خاصية لا تعتمد على حجم النظام ولا على كمية المادة به properties are those that are independent of the mass of a system مثل الحرارة والكتافة والضغط Temperature – Density – Pressure

الخاصية المكثفة لنظام لا تعتمد على كمية المادة فيه و مثال على ذلك درجة الحرارة في نظام في حالة توازن حراري هنالقى إن درجة الحرارة ثابتة أيهما قمنا بقياسها في النظام. أي إذا قمنا بتجزئة النظام فتكون درجة الحرارة لكل من الأجزاء متساوية.

وبالنسبة لكتافة المادة كذلك لو قمنا بقسام قطعة حديد وقمنا بقياس كثافة كل منها نجد أن كثافتها متساوية وليس متغيرة، فالكتافة خاصية مكثفة للنظام.

#### ثانياً: الخاصية الشمولية extensive property

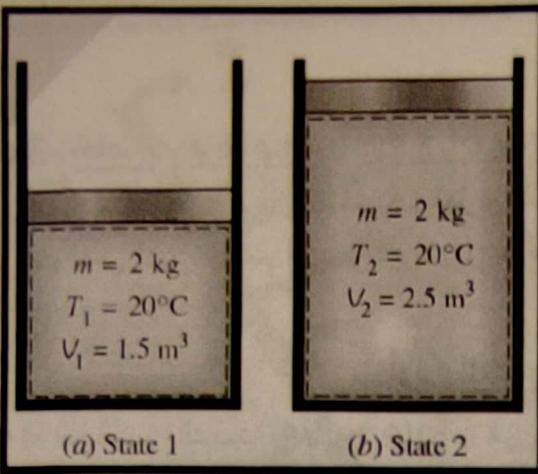
<> الخاصية الشمولية Dependent : هي خاصية extensive تعتمد على حجم النظام وكمية المادة به مثل الكتلة الكلية والحجم الكلى

لو عندنا قطعه حديد وزنها 15 كيلو جرام وقسمناها جزئين الجزء الأول وزنه 5 كيلو جرام والجزء الثاني وزنه 10 كيلو جرام هنالقى ان خاصية الكتلة فعلا تعتمد على النظام الخاص بها محل الدراسة

بمعنى خاصية الكتلة في الجزء الاول من قطعه الحديد قيمتها تساوى 5 كيلو وخاصية الكتلة في الجزء المتبقى من قطعه الحديد قيمتها تساوى 10 كيلو اذن فعلا الخواص الشمولية extensive تعتمد على حجم النظام المدروس

اما لو هندرس الكثافة هنالقى خاصية الكثافة ثابتة في الحالتين

Extensive properties per unit mass are called specific properties.

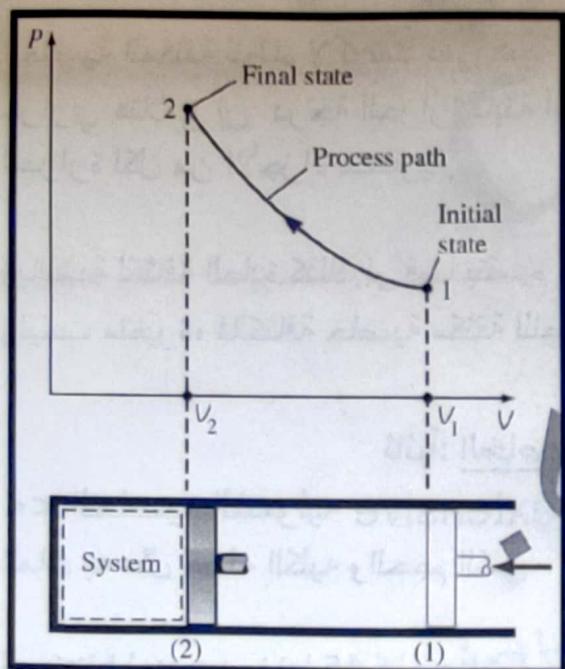


### 3.7 - حالة النظام : State of system

خصائص النظام هي المسئولة عند تحديد حالته

### 3.8 - العملية : Process

أى تغير يحدث على النظام بدايه من حالة الاتزان وانتهاء بحالة أخرى ( ايا تكون بقى )



باختصار يعني

Something has happened

كوباه الشاي كانت حرارتها 40 بعد شويه بربت واصبحت 10 مثلا

ف نقول ايوه دى عملية فقد حراره حدثت على كوباه الشاي

قولنا ايه ؟؟ عملية ايوه

نلاحظ أن العملية process بدايتها حالة state معينة ونهايتها

### 3.9 - الدورة : Cycle

بنقول على النظام أنه حدثت به دوره cycle لو رجع تانى لحالته الابتدائية اللي في نهاية العملية if it returns to its initial state at the end of the process

اذن الدورة cycle هى مجموعة من العمليات process بس بشرط ان أرجع للحاله الابتدائيه اللي عملت عندها أول process

كوباه الشاي كان حرارتها 40 وحصل ليها كذا عملية ف النص كده بس ف الاخر لما خلصت رجعت حرارتها ل 40 مره تانيه ( زى ما بدأت زى ما انتهيت ) اذن دى دوره cycle

#### 4- صور الطاقة Forms of energy : تقاس بالجول (J)

4.1 - طاقة الحركة Kinetic Energy : هي نوع من الطاقة التي يمتلكها الجسم بسبب حركته وقانونها هو :

$$K_E = \frac{1}{2} m \times V^2$$

حيث  $m$  هي كتلته الجسم بالكيلو جرام

فيكون الناتج طاقة بالجول  $V$  هي سرعة الجسم بالمتر/ثانية

#### 4.2 - طاقة الوضع Potential Energy

هي طاقة(كامنة) يكتسبها الجسم بسبب ارتفاعه عن سطح الأرض نتيجة وقوعه تحت تأثير الجاذبية الأرضية

$$P_E = m \times g \times h$$

حيث  $m$  هي كتلته الجسم بالكيلو جرام

$g$  هي عجلة الجاذبية الأرضية  $9.81 \text{ m/s}^2$

$h$  هو ارتفاع الجسم عن سطح الأرض بالمتر

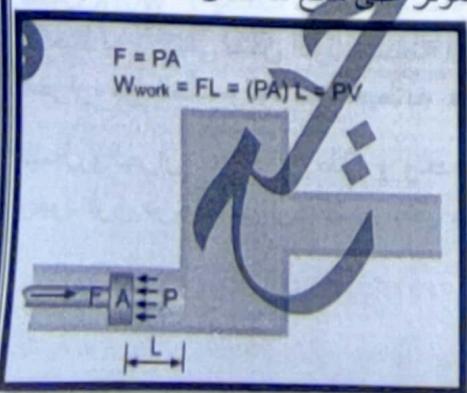
#### 4.3 - الطاقة الداخلية Internal Energy

هي مجموع الطاقات المجهرية (ميكروسโคبيه) لجزئيات النظام وهي مرتبطة بدرجة حراره النظام بشكل خاص

#### 4.4 - طاقة السريان Flow Energy

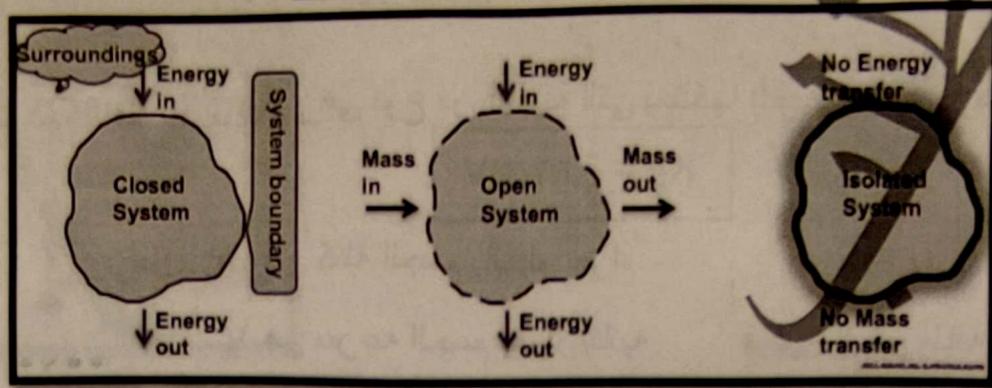
Flow energy(work) is the amount of energy needed to push the mass into or out of the control volume. It is considered the energy contained in the flowing fluid.

وباعتبار أن الضغط بمفرده ليس قوه وليس صوره من صور الطاقة ولكن الضغط المؤثر على مائع ما خلال مسافه معينه  
هيتسكب في بدل شغل(طاقة) وهو ما يعرف ب طاقة السريان



$$\text{Flow work(energy)} = P \times V$$

## Types of systems -5



- 1 - النظام المغلق **Closed System**: يسمح بانتقال الطاقة ولا يسمح بانتقال الكتلة ( $m=c$ )
- 2 - النظام المفتوح **Open System**: يسمح بانتقال الطاقة والكتلة
- 3 - النظام المعزل **Isolated System**: لا يسمح بانتقال الطاقة و الكتلة ويعتبر حالة خاصة من النظام المغلق

control mass = closed system <<  
control volume = open system <<

## 6- انتقال الطاقة

انتقال الطاقة خلال حدود النظام المغلق محل دراسته تكون في شكل :

Work 2- شغل

أو

Heat 1- حرارة

أولاً: انتقال الطاقة بواسطه الحرارة : **Heat**

الحرارة هي صورة من صور الطاقة التي تنتقل خلال نظامين أو نظام والوسط المحيط به نتيجة لفرق في درجات الحرارة

ثانياً: انتقال الطاقة بواسطه الشغل : **Work**

الشغل work لا يختلف كثيراً في مضمونه عن الحرارة Heat من حيث أن كلاً منهما عبارة عن تفاعل النظام بالوسط المحيط به وبالتالي يمكن القول ببساطة أن تفاعل الطاقة الحادث مع النظام بالوسط المحيط به إن لم يكن بسبب فرق درجات الحرارة بين النظام والوسط المحيط به فهو شغل

الشغل والحرارة عباره عن طاقة و وحده قياسهم هي الجول بس بنقول إن الطاقة في صوره (حرارة) حالتها الوحيدة هي وجود فرق درجات حرارة عشان تنتقل من الجسم الاعلى للجسم الاقل أما الشغل فلا يحتاج لفرق درجات حرارة لحدوثه

## أنواع الشغل:

### 1- شغل كهربائي $W_e$ : electrical work

$$W_e = V \times Q \quad (\text{J})$$

where  $Q$  : charge       $V$ : voltage

يمكنا إيجاد الشغل الكهربائي في صوره قدره كهربائيه ( $W^e_e$ )

$$W^e_e = V \times I \quad (\text{Watt})$$

where  $I$  : Ampere

### 2- شغل ميكانيكي : mechanical work

هو الشغل الناتج من تأثير قوه على جسم ما أدت إلى تحريكه مسافه معينه في اتجاه القوه

$$\text{Work} = F \times s \quad (\text{J})$$

where  $F$  : Force in Newton (N) ....  $s$  : distance in (m)

الشغل الميكانيكي له صور عديده ومن ضمنها

#### 1- Shaft Work

هي الطاقه المنتقله من خلال دوران الشافت

دوران الشافت يحدث عند التأثير عليه بعزم دوران Torque

وبيتم حساب الشغل الناتج خلال كذا لفه من الشافت (n)

$$\text{Therefore } W_{\text{shaft}} = F \times s = \frac{T}{r} \times (2\pi r) \times n = 2\pi n T \quad (\text{J})$$

If we want to calculate the power transmitted through the shaft

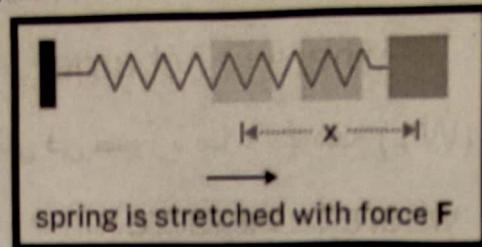
(work done per unit time) >>>  $W^{\circ}_{\text{shaft}} = \frac{W_{\text{shaft}}}{\text{time}} = 2\pi n^{\circ} T \quad (\text{Watt})$

Where  $n^{\circ}$  is revolutions per unit time

## 2- Spring Work

عندما تؤثر قوه ما على زنيرك ( $k$ ) فإن طول الزنيرك يتغير بمقدار ( $x$ )

$$F_{\text{spring}} = K(x)$$



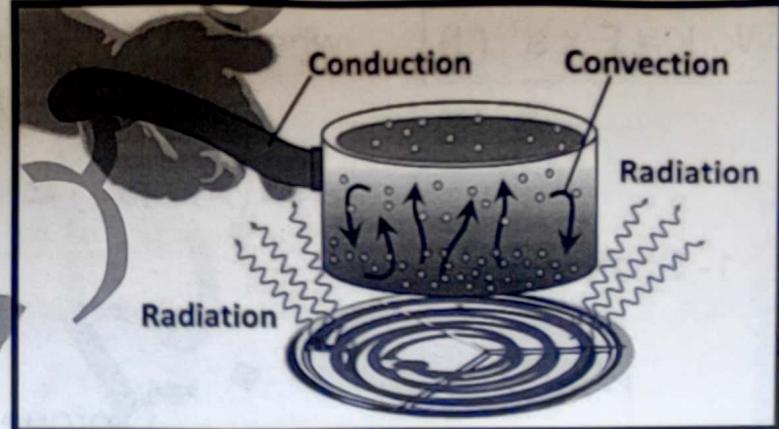
Where  $k$  : spring constant (N/m)  $x$  : displacement of a spring (m)

## 7- الأنواع الثلاثه لانتقال الحرارة

1- بالتوسيط Conduction    2- بالأشعاع Convection    3- بالحمل Radiation

### 1- Conduction

يعرف على أنه الانتقال التلقائي للطاقة الحرارية عبر المادة من منطقة ذات درجة حرارة مرتفعة إلى منطقة أخرى ذات درجة حرارة أقل



The rate of heat transfer by conduction can be calculated by using Fourier's law :

$$q_x = - k A \frac{dT}{dx} \quad (\text{watt})$$

الاشاره السالبه دلاله فقط على ان انتقال الحراره يحدث من الحراره الاكبر للحراره الاقل

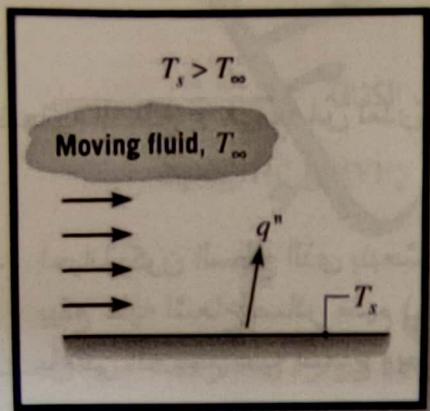
>> for linear temperature distribution

$$q_x = - k A \frac{T_2 - T_1}{L}$$

where  $k$  : thermal conductivity of the material (watt/m<sup>2</sup>.K)

## 2- Convection

يعرف على أنه انتقال الحرارة بين سطح صلب و مائع ( غاز - سائل ) يتحرك مجاوراً للسطح



$$q = h A (T_s - T_\infty) \text{ (watt)}$$

*h: convection heat transfer coefficient*

convection has two types:

- 1- Natural convection
- 2- Forced convection

Natural convection is when the fluid motion is due to buoyancy force resulting from temperature difference.

Forced convection is when the fluid motion is due to an external force.

## 3- Radiation

من الآخر كده أى جسم له حرارة فوق الصفر المطلق ( صفر كلفن ) يصدر منه اشعاع حراري



الشيء المميز هنا في انتقال الحرارة بالأشعة عن النوعين السابعين ( الحمل والتوصيل )

هو أن انتقال الحرارة بالأشعة لا يحتاج إلى وسط مادي لكنه ينتقل من خلاله

هو السطح قادر على بعث أكبر قدر ممكن من الإشعاع عند درجة حرارة معينة

$$q_{\text{black body}} = \sigma A T_s^4$$

where  $\sigma$  is boltzman constant

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ (W/m}^2\text{K}^4)$$

$T_s$  : surface temperature (K)

$$Q_{\text{emitted}} = \sigma \varepsilon A T_s^4$$

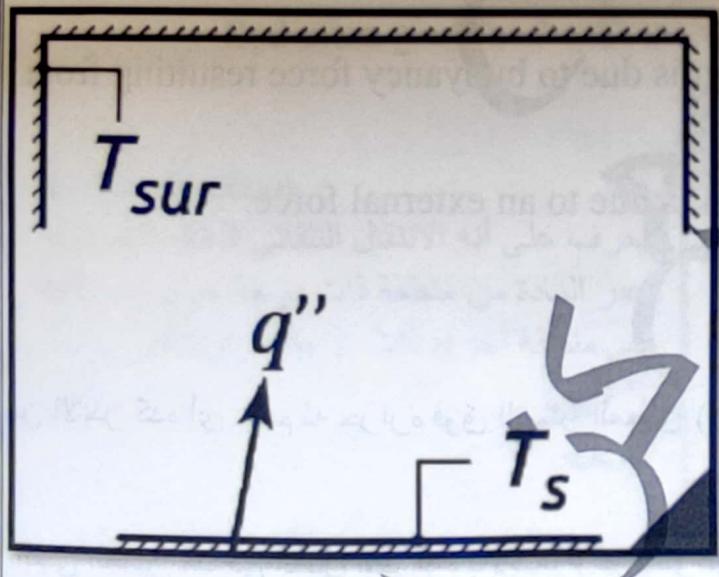
اللى زاد عن القانون السابق هو  $\varepsilon$

حيث  $\varepsilon$  هى emissivity of the surface و قيمتها تقع ما بين 0 و 1

$$0 < \varepsilon < 1$$

انبعاثيه السطح  $\varepsilon$  هى مقايس لمدى قرب هذا السطح من كونه جسم أسود

- أحيانا يكون السطح الذى ينبعث منه اشعاع يكون حواليه اسطح اخرى يصدر منها اشعاع هى كذلك وبالتالي يقع عليه اشعاع صادر منهم (كله يبشع على بعضه) ف بالتالى زى ما بيصدر منه اشعاع خارج منه ، بنلاقى انه يقع عليه اشعاع ويمتص جزء منه.



$$T_{\text{Sur}} \gg T (\text{surrounding})$$

$$T_s \gg T (\text{surface})$$

$$Q_{\text{absorbed}} = \sigma \alpha A T_{\text{sur}}^4$$

حيث  $\alpha$  هى امتصاصيه السطح

$$0 < \alpha < 1$$

كذلك امتصاصيه السطح هى مقايس لمدى قرب هذا السطح من كونه جسم أسود فى الامتصاص

**ملحوظه:** عند نفس درجه الحراره هنلاقى إن الامتصاصيه والانبعاثيه لنفس السطح متساويين

For the same temperature, the absorptivity and emissivity of the surface are equal.

$$\varepsilon = \alpha$$

- The net heat transfer to or from the body can be estimated by subtracting the absorbed radiation from the emitted radiation :

$$Q_{\text{net}} = Q_{\text{emitted}} - Q_{\text{absorbed}} = \sigma \varepsilon A T_s^4 - \sigma \alpha A T_{\text{sur}}^4 = \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4)$$

## ملخص للقوانين

1. الكثافه  $\text{density} = \frac{\text{الكتله}}{\text{الحجم}} = \frac{\text{mass}}{\text{volume}}$  (kg/m<sup>3</sup>)

2. الحجم النوعى  $\text{specific volume} = \frac{\text{الحجم}}{\text{الكتله}} = \frac{\text{volume}}{\text{mass}}$  وهو مقلوب الكثافه

3. الجاذبيه النوعيه ( Specific gravity ) - Relative density ( الكثافه النسبيه )

$$\frac{\rho_{\text{of substance}}}{\rho_{\text{water}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \frac{\text{كتافه الماده}}{\text{كتافه الماء}} \quad \text{بتساوي <<>}$$

4. الحراره النوعيه Specific heat : كميء الحراره اللازمه لرفع درجه حراره وحده الكتله من اى ماده  
The amount of heat required to raise the temperature of a  
unit mass of any substance one degree kelvin

$$c = \frac{Q}{m \cdot T}$$

5. الحراره المحسوسه sensible heat : الطاقه اللازمه لحدوث تغير في درجه حراره الماده بدون  
المساس بحالتها الحاليه

6. الحراره الكامنه latent heat : الطاقه اللازمه لحدوث تغير في حاله الماده دون حدوث اي اختلاف  
في درجه حرارتها

7. المحتوى الحراري ( enthalpy(h) ) : الطاقه الداخليه الكامنه هو مقياس لمدى التغير في الطاقه  
الحراريه الحادث خلال تفاعل ما  $h = u + Pv$

8. Entropy (s) : Thermodynamic quantity that changes in a reversible process by an amount equal to the heat absorbed or emitted divided by the thermodynamic temperature.  $\Delta s = \frac{Q}{T}$

9. Total Energy (E) =  $U + K_E + P_E = U + m \cdot \frac{V^2}{2} + mgz$  (J)

10. The atmospheric pressure is 101325 Pa, which is equivalent to 760 mm Hg.

## الضغط

$$1. P = F/A \quad (\text{Pa})$$

$$2. P = \rho gh \quad (\text{Pa})$$

$$3. P = \rho gh + P_{\text{atm}} \quad (\text{Pa})$$

$$4. P_{\text{gauge}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{atm}} \quad (\text{Pa})$$

$$5. P_{\text{vacuum}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{abs}} \quad (\text{Pa})$$

## درجات الحرارة

$$6. T(K) = T(c) + 273.15$$

$$7. T(F) = 1.8T(c) + 32$$

$$8. T(R) = T(F) + 459.67$$

$$9. T(R) = 1.8T(K)$$

$$10. T_A = T_c \quad \text{AND} \quad T_B = T_c \quad \gggggg T_A = T_B$$

## طاقة الحركة - طاقة الوضع - طاقة السريران

$$11. K_E = \frac{1}{2} m \times V^2 \quad (\text{J})$$

$$12. P_E = m \times g \times h \quad (\text{J})$$

$$13. \text{Flow work(energy)} = P \times V \quad (\text{J})$$

## شغل كهربائي - شغل ميكانيكي - العزم - شغل شافت - شغل زنبرك

14.  $W_e$ (electrical work) =  $V \times Q$  (J) where  $Q$  : charge V: voltage

15.  $W^e$ (electrical power) =  $V \times I$  (Watt) where  $I$  : Ampere

16. Work =  $F \times s$  (J)

17.  $T$ (torque) =  $F \times r$  (N.m)

18.  $W_{\text{shaft}} = F \times s = \frac{T}{r} \times (2\pi r) \times n = 2\pi n T$  (J)

19. (shaft power)  $>> W_{\text{shaft}} = \frac{W_{\text{shaft}}}{\text{time}} = 2\pi n T$  (Watt)

20.  $F_{\text{spring}} = K (\Delta x)$  (N)

## انتقال الحرارة(توصيل - حمل - اشعاع)

21.  $q_x = - k A \frac{dT}{dx}$  (watt)

22. >> for linear temperature distribution  $q_x = - k A \frac{T_2 - T_1}{L}$  (watt)

23.  $q = h A (T_s - T_\infty)$  (watt)

24.

25.  $Q_{\text{black body}} = \sigma A T_s^4$  where  $\sigma$  is boltzman constant  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$  (W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)

26.  $Q_{\text{emitted}} = \sigma \epsilon A T_s^4$  اللي زاد عن القانون السابق هو  $\epsilon$  where  $0 < \epsilon < 1$

$$27. Q_{\text{absorbed}} = \sigma \alpha A T_{\text{sur}}^4$$

$$0 < \alpha < 1$$

$$28. Q_{\text{net}} = Q_{\text{emitted}} - Q_{\text{absorbed}} = \sigma \epsilon A T_s^4 - \sigma \alpha A T_{\text{sur}}^4 = \epsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4)$$

ص للمادة

$$29. c = \frac{Q}{m \cdot T} \text{ specific heat}$$

$$30. h = u + Pv \text{ enthalpy}$$

$$31. \Delta s = \frac{Q}{T} \text{ entropy}$$

الآن

معدل تدفق الكتلة mass flow rate

$$32. m' = \rho \times V' = \rho \times A \times V \text{ (kg/s)}$$

### Sheet 1- Basic Concepts of Thermodynamics

- 1- What is the net force acting on a car cruising at a constant velocity of 70 km/h  
(a) on a level road and (b) on an uphill road?

#### SOLUTION

There is no acceleration, thus the net force is zero in both cases as  $F = m a$

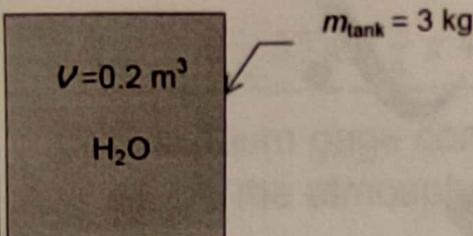
- 2- What is the weight, in N, of an object with a mass of 200 kg at a location where  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ?

#### SOLUTION

$$\text{Weight} = \text{mass} \times g = 200 \times 9.8 = 1960 \text{ N}$$

3- A 3-kg plastic tank that has a volume of is filled with liquid water. Assuming the density of water is , determine the weight of the combined system.

### SOLUTION



كتله التانك 3 كيلو جرام  
و حجم التانك 0.2 متر مکعب

اتملى بشويه ماء اذن حجم الماء يساوى حجم الاناء الموضوع فيه  
اذن حجم الماء يساوى حجم التانك يساوى 0.2 متر مکعب

الوزن الكلى للنظام ده يكون بكم؟؟؟

- هنجيب وزن التانك نفسه = كتله التانك  $\times$  عجله الجاذبيه الأرضيه

$$9.81 \times 3 = 29.43 \text{ نيوتن}$$

نجيب وزن كميي الماء المضافه = كتله الماء  $\times$  عجله الجاذبيه الأرضيه  
بس انا مش معايا كتله الماء أنا معايا حجمها وكثافتها

$$<<< \text{الكتله} = \frac{\text{الكتله}}{\text{الحجم}} \quad \text{اذن الكتله} = \text{الكتافه} \times \text{الحجم} = 0.2 \times 1000 = 200 \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{وزن الماء} = \text{كتله الماء} \times \text{عجله الجاذبيه الأرضيه} = 9.81 \times 200 = 1962 \text{ نيوتن}$$

$$\text{الوزن الكلى للنظام} = \text{وزن الماء} + \text{وزن التانك} = 29.43 + 1962 = 1991.43 \text{ نيوتن}$$

- 4- The constant-pressure specific heat of air at 25°C is 1.005 kJ/kg.°C. Express this value in  
a) kJ/kg.K (b) J/g.°C (c) kcal/kg.°C (d) Btu/lbm.°F

### SOLUTION

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J} \quad 1 \text{ btu} = 1055 \text{ J} \quad 1 \text{ lbm} = 0.454 \text{ kg}$$

- (a) To kJ/kg.K >>> 1.005 kJ/kg.K  
(b) To J/g.°C >>>  $1.005 \times \frac{1000}{1000 \times 1} = 1.005 \text{ J/g.}^{\circ}\text{C}$   
(c) To kcal/kg.°C >>>  $1.005 \times \frac{1}{4.18} = 0.240 \text{ kcal/kg.}^{\circ}\text{C}$   
(d) To Btu/lbm.°F >>  $1.005 \times \frac{0.454 \times 1000}{1055 \times \frac{9}{5}} = 0.240 \text{ Btu/lbm.}^{\circ}\text{F}$

- 5- What is the temperature of the heated air at 150°C in °F and R?

### SOLUTION

$$T_k = T_c + 273 >>> 150 + 273 = 423 \text{ K}$$

$$T_F = \frac{9}{5} T_c + 32 >>> \frac{9}{5} (150) + 32 = 302 \text{ F}$$

$$T_R = T_F + 459.67 >> 302 + 459.67 = 761.67 \text{ R}$$

- 6- The temperature of ambient air in a certain location is measured to be -40°C. Express this temperature in Fahrenheit (°F), Kelvin (K), and Rankine (R) units.

### SOLUTION

$$T_k = T_c + 273 >>> -40 + 273 = 233 \text{ K}$$

$$T_F = \frac{9}{5} T_c + 32 >>> \frac{9}{5} (-40) + 32 = -40 \text{ F}$$

$$T_R = T_F + 459.67 >> -40 + 459.67 = 419.67 \text{ R}$$

7- The temperature of a system drops by 45 F during a cooling process. Express this drop in temperature in K, R, and °C.

**SOLUTION**

$$\Delta T_R = \Delta T_F = 45$$

$$\Delta T_C = \Delta T_K = \frac{5}{9} \Delta T_R = \frac{5}{9} \times 45 = 25$$

$$\Delta T(K) = \Delta T(C)$$

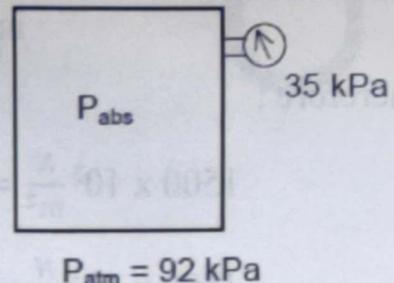
$$\Delta T(R) = \Delta T(F)$$

$$\Delta T(F) \neq \Delta T(C)$$

8- A vacuum gage connected to a chamber reads 35 kPa at a location where the atmospheric pressure is 92 kPa .

Determine: the absolute pressure in the chamber.

**SOLUTION**



$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{vac}} = 92 - 35 = 57 \text{ kPa}$$

9- The pressure in a compressed air storage tank is 1200 kPa . What is the tank's pressure in:

(a)kN and m units; (b)kg, m and s units; and (c)kg,km and s units?

**SOLUTION**

$$1200 \text{ kPa} = 1200 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$= 1200 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1200 \times 10^3 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} = 1200 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}}$$

$$= 1200 \times 10^3 \times \frac{1000}{1} = 1200 \times 10^6 \text{ kg/s}^2 \cdot \text{km}$$

10- The pressure in a water line is 1500 kPa . What is the line pressure in (a) lb/ft<sup>2</sup> units and (b) lbf/in<sup>2</sup> (psi ) units?

**SOLUTION**

$$1500 \text{ kPa} = 1500 \times 10^3 \text{ Pa} = 1500 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1500 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}}$$

lbf means pound force >>> 1 lbf = 4.45 N

ft means feet >>> 1 ft = 0.3048 m

in means inch >>> 1 in = 0.0254 m

therefore :

$$1500 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1500 \times 10^3 \times \frac{(0.3048)^2}{4.45} = 31315.63146 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

$$1500 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1500 \times 10^3 \times \frac{(0.0254)^2}{4.45} = 217.46966 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

11- If the pressure inside a rubber balloon is 1500 mmHg , what is this pressure in pounds-force per square inch (psi)?

**SOLUTION**

$$P = \rho g h = 13600 \times 9.81 \times \frac{1500}{1000} = 200124 \text{ Pa} = 200124 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

lbf means pound force >>> 1 lbf = 4.45 N

ft means feet >>> 1 ft = 0.3048 m

in means inch >>> 1 in = 0.0254 m

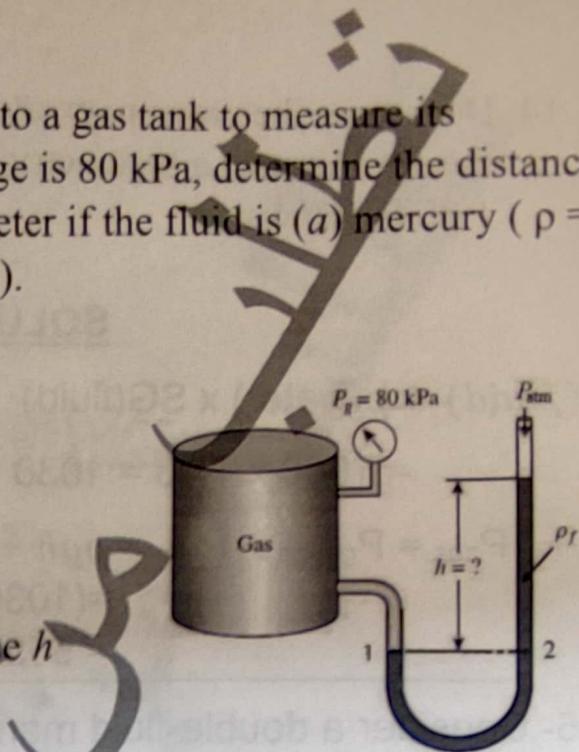
$$P = 200124 \times \frac{(0.0254)^2}{4.45} = 29.01 \text{ psi}$$

12- Both a gage and a manometer are attached to a gas tank to measure its pressure. If the reading on the pressure gage is 80 kPa, determine the distance between the two fluid levels of the manometer if the fluid is (a) mercury ( $\rho = 13,600 \text{ kg/m}^3$ ) or (b) water ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ).

### SOLUTION

$$\rho(\text{mercury}) = 13,600 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho(\text{water}) = 1000 \text{ kg/m}^3$$



The gage pressure is related to the vertical distance  $h$  between the two fluid levels by:

$$P_{\text{gage}} = \rho g h \ggg \text{ therefore } h = \frac{P(\text{gage})}{\rho g}$$

(a) For mercury:

$$h = \frac{P(\text{gage})}{\rho g} = h = \frac{80000}{13600 \times 9.81} = 0.60 \text{ m}$$

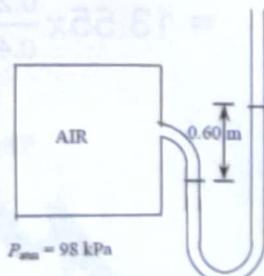
(b) For water

$$h = \frac{P(\text{gage})}{\rho g} = h = \frac{80000}{1000 \times 9.81} = 8.154 \text{ m}$$

13- A manometer containing oil ( $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ ) is attached to a tank filled with air. If the oil-level difference between the two columns is 60 cm and the atmospheric pressure is 98 kPa, determine the absolute pressure of the air in the tank.

### SOLUTION

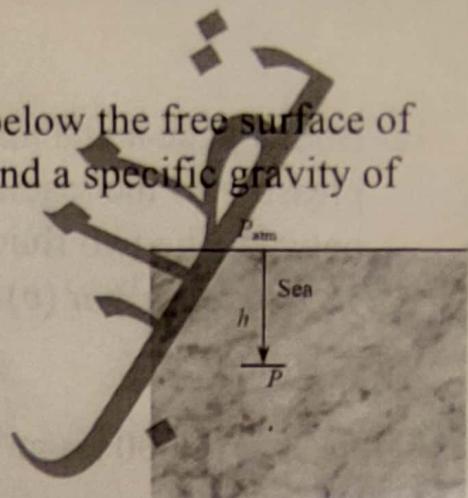
$$\begin{aligned} P_{\text{abs}} &= P_{\text{atm}} + \rho g h \\ &= (98 \times 10^3) + (850 \times 9.81 \times \frac{60}{100}) = 103003.1 \text{ Pa} \\ &= 103 \text{ kPa} \end{aligned}$$



- 14- Determine the pressure exerted on a diver at 45 m below the free surface of the sea. Assume a barometric pressure of 101 kPa and a specific gravity of 1.03 for seawater.

### SOLUTION

$$\rho(\text{fluid}) = \rho(\text{water}) \times SG(\text{fluid}) \\ = 1000 \times 1.03 = 1030 \text{ Kg/m}^3$$



$$P_{\text{abs}} = P_{\text{gauge}} + P_{\text{atm}} = \rho gh + P_{\text{atm}} \\ = (1030 \times 9.81 \times 45) + 101000 \\ = 555693.5 \text{ Pa} = 555.7 \text{ kPa}$$

- 15- Consider a double-fluid manometer attached to an air pipe shown in Fig. If the specific gravity of one fluid is 13.55, determine the specific gravity of the other fluid for the indicated absolute pressure of air. Take the atmospheric pressure to be 100 kPa.

### SOLUTION

$$P_{\text{air}} + \rho_1 g h_1 - \rho_2 g h_2 = P_{\text{atm}} \\ \rightarrow P_{\text{air}} - P_{\text{atm}} = SG_2 \rho_w g h_2 - SG_1 \rho_w g h_1$$

Therefore>>

$$SG_2 = SG_1 \frac{h_1}{h_2} + \frac{P(\text{air}) - P(\text{atm})}{\rho(\text{water}) \times g \times h_2} \\ = 13.55 \times \frac{0.22}{0.40} + \left( \frac{(76 - 100) \times 10^3}{1000 \times 9.81 \times 0.40} \right) = 1.33$$

