محاضرات مادة الحرارة و خواص المادة

المرحلة الاولى

2020-2019

الفصل الاول: اطوار المادة

اطوار المادة الخمسة

هناك خمسة حالات مختلفة للمادة هي المواد الصلبة solids والسائلة liquids والغازية gases والبلازما plasma وتكاثف بوز اينشتين .Bose-Einstein condensates الفروقات الاساسية في تركيب كل حالة من حالات المادة يكمن في كثافة الجسيمات.

١) المواد الصلبةsolids

في الحالة الصلبة تكون الجسيمات مدكسة بجانب بعضها البعض بحيث يصعب عليها ان تتحرك. تمتلك الجسيمات في الحالة الصلبة طاقة حركية صغيرة جدا. الالكترونات في كل ذرة في حالة حركة اما الذرات فهي تتحرك حركة اهتزازية صغيرة، لكنها في نهاية الامر تكون ثابتة في مواقعها. تمتلك المواد الصلبة شكل محدد وواضع ولا تأخذ شكل الوعاء الذي تحتويه، كما ان لها حجم ثابت. بسبب تكدس جسيمات المادة الصلبة فان تعرضها لضغط خارجي سوف يأثر عليها بدرجة صغيرة جدا.

٢) المواد السائلةliquids

في الحالة السائلة تمتلك جسيمات المادة طاقة حركية اعلى بالمقارنة مع الحالة الصلبة. كما ان جسيمات المادة السائلة ليس لها ترتيب منتظم لكنها تبقى متقاربة من بعضها البعض وبالتالي فهي لها حجم محدد ايضا. السوائل مثل المواد الصلبة لا يمكن ضغطها بسهولة. كما ان الجسيمات في السوائل يمكنها ان تتحرك حول بعضها البعض ولهذا فان السوائل ليس لها شكل محدد. تغير السوائل شكلها حسب الوعاء الذي تحتويه. اي قوة تؤثر على السائل تنتشر في جميع انحاء السائل ولذلك فان وضع جسم في السائل يجعل جسيماته تنزاح.

مقدار قوة الطفو buoyant force إلى الاعلى تساوي وزن السائل المزاح بواسطة الجسم. عندما تساوي قوة الطفو قوة سحب الجاذبية لكتلة الجسم فان الجسم يطفو. هذا مبدأ الطفو الذي اكتشفه العالم اليوناني ارشميدس.Archimedes

تميل جسيمات السائل إلى ان تتماسك بواسطة قوى ربط ضعيفة مما يحد من حركتها بحرية كجسيمات الغاز. قوة الترابط تعمل على سحب الجسيمات نحو بعضها البعض لتشكل قطرة او سريان متصل.

مؤخرا في شهر ابريل ٢٠١٦ افاد مجموعة من العلماء عن وجود حالة غريبة للمادة، وهي حالة توقع العلماء بوجودها ولكنهم لم يروها من قبل. هذه الحالة للمادة يمكن ان نمسكها باليد على انها مادة صلبة، ولكن مع الاقتراب اكثر من المادة سوف نكتشف انها تمتلك خواص المواد السائلة. اطلق على هذه الحالة للمادة باسم السائل الدوراني الكمي quantum spin liquid حيث تدخل الالكترونات في حالة رقص كمي تتفاعل مع بعضها البعض. في العادة عندما يتم تبريد المادة فان دوران هذه الالكترونات يميل إلى الترتيب مع بعضها البعض. لكن في حالة السائل الدوراني الكمي تتفاعل الالكترونات بحيث تؤثر على حالة دروان الالكترونات الاخرى ولا يمكن ان تصل إلى حالة الترتيب المنظم مهما كانت درجة التبريد. تسلك المادة كما لو ان الكتروناتها قد تفككت عن بعضه البعض.

٣) الغازاتgases

توجد مسافات كبيرة بين جسيمات الغاز كما وانها تمتلك طاقة حركية كبيرة. اذا لم يوجد حدود لجسيمات الغاز فانها سوف تنتشر إلى مالا نهاية اما اذا كانت محصورة فانها سوف تملء كامل الفراغ الذي توجد فيه. عندما يتعرض الغاز إلى ضغط بتقليل حجم الوعاء الذي تحتويه فان الفراغات بين الجسيمات تتناقص، وتزداد التصادمات بينها. اذا كان حجم الوعاء الذي يحتوي الجسيمات ثابتا فان ضغطه سوف يزداد مع زيادة درجة الحرارة. تمتلك جسيمات الغاز طاقة حركية كافية للتغلب على قوى الترابط بين الجسيمات والمسؤولة عن تماسك المواد الصلبة والسائلة ولهذا فان الغاز لا يمتلك حجم او شكل محدد.

٤) البلازما plasma

البلازما هي حالة غير مستقرة للمادة وهي ربما غير شائعة على الارض لكنها تشكل معظم حالات المادة في الكون. تحتوي البلازما على جسيمات مشحونة وتمتلك طاقة حركية عالية. الغازات النبيلة مثل الهيليوم والنيون والكربتون والارجون والزينون والرادون تستخدم في الاغلب في اشارات الضوء باستخدام التيار الكهربي لتأيينها وتحويلها إلى حالة البلازما. يمكن اعتبار النجوم عبارة عن كرات ساخنة جدا من البلازما.

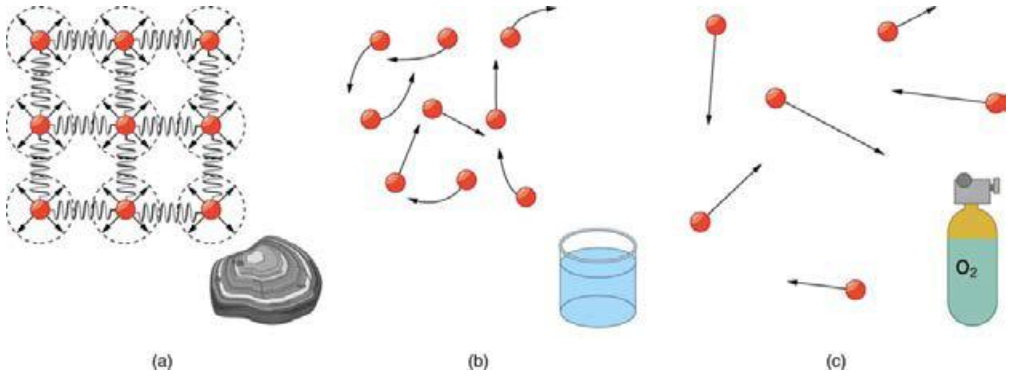
٥) تكاثف بوز اينشتين Bose-Einstein condensates

مكنت التقنية المتطورة في العام 1995 العلماء من توليف حالة جديدة للمادة عرفت باسم تكاثف بوز اينشتين Bose-Einstein condensate وتختصر بـ .BEC وذلك باستخدام الليزر والمغناطيس. قام كلا من اريك كورنيل Eric Cornell وكارل وايمان Carl Weiman من تبريد عينة من الراديوم لدرجة حرارة قريبة من الصفر المطلق. عند درجة الحرارة المنخفضة جدا تصبح الحركة الجزيئية شبه متوقفة، وحيث انه لاي وجد انتقال للطاقة الحركية من ذرة إلى اخرى، تبدأ الذرات بالتجمع مع بعضها البعض. وعندها لا يكون هناك الالاف من الذرات المنفصلة عن بعضها لبعض بل ذرة فائقة .super atom تستخد حالة تكاثف بوز اينشتين لدراسة ميكانيكا الكم على المستوى الجاهري .macroscopic level يبدو ان الضوء يتباطئ عندما يمر بالقرب من حالة تكاثف بوز اينشتين مما يسمح بدراسة الخاصية المزدوجة للضوء. كما ان حالة تكاثف بوز اينشتين لها العديد من خواص المائع الفائق superfluid الذي يتدفق بدون احتكاك. كما ان هذه الحالة تستخدم كظروف محاكاة للثقوب السوداء.black holes

الفصل الثاني: الموائع Fluids

1-المائع Fluid:

تتواجد المادة بثلاث اطوار (حالات) هي الحالة الصلبة و السائلة و الغازية ، الحالة الصلبة لها شكل و حجم ثابت ، الحالة السائلة لها حجم ثابت و شكلها يتغير اعتمادا على الوعاء المستخدم ، اما الغازات فليس لها شكل او حجم محدد بسبب ان جزيئات الغاز تتحرك لتملأ الوعاء و كما موضح بالشكل (1).



الشكل (1) يوضح (a) الذرات في المادة الصلبة دائما تتجاور مع نفس الذرات تبقى ثابتة بقوة ممثلة بالنابض، مثال على ذلك الصخرة. (b) الذرات في المادة السائلة ايضا متقاربة لكن ممكن تغير موضعها اعلى او اسفل ، القوة بين الذرات تحاول دفع الذرات لتكون متقاربة و ثال على ذلك الماء. (c) اما في الغازات فالذرات تتباعد عن بعضها لاخر بمسافات اكبر من حجم الذرات نفسها و تتحرك بحرية وهذه الماد يجب ان تحفظ في حاويات مغلقة لمنعها من الانتشار.

المادة السائلة و الغازية تعتبر مائع لانها تستجيب لقوى القص (؟) بينما المادة الصلبة تقاوم هذه القوى. مماتقدم ممكن تلخيص صفات اطوار المادة في كما يلي:

1- **الذرات في المادة الصلبة متقاربة من بعظها البعض و قوة الترابط بين الذرات تسمح للذرات للاهتزاز بدون تغيير موقعها نسبة للذرات المتجاورة. قد تتعرض المادة الصلبة للتمدد او الضغط من مؤثر خارجي من دون ان يؤدي ذلك الى سهولة كسر القوة بين الذرات. لذلك المادة الصلبة تقاوم جميع انواع الاجهادات وبالتالي فأنها لا تتشوه بسهولة.**

2- السوائل تتشوه بسهولة عندما تتعرض لاجهاد خارجي ولا تعود الى شكلها السابق عند زوال القوة الخارجية بسبب ان الذرات لها درجات حرية اكثر من المادة الصلبة، لكنها تتدفق (حيث هي نوع من انواع الموائع) وجزيئاتها تبقى مترابطة عن طريق قوة تجاذبها المتبادل.

3- الجزيئات في الغازات تنفصل بمسافات كبيرة بالمقارنة مع حجم الذرات و القوة بين ذرات الغاز ضعيفة جدا. المادة الغازية اضافة الى كونها مائع فهي بسهولة قابلة للانضغاط بسبب وجود مسافات و قوة ضعيفة بين الذرات . عند وضع الغاز في وعاء مفتوح فان من السهل كل ذرات الغاز تهرب من الوعاء. اهم صفة للغازات انها قابلة للانضغاط بينما لايمكن هذا التاثير في السوائل . بصورة عامة المواد السائلة و الغازية تصنف على انها موائع.

2-الكثافة Density:

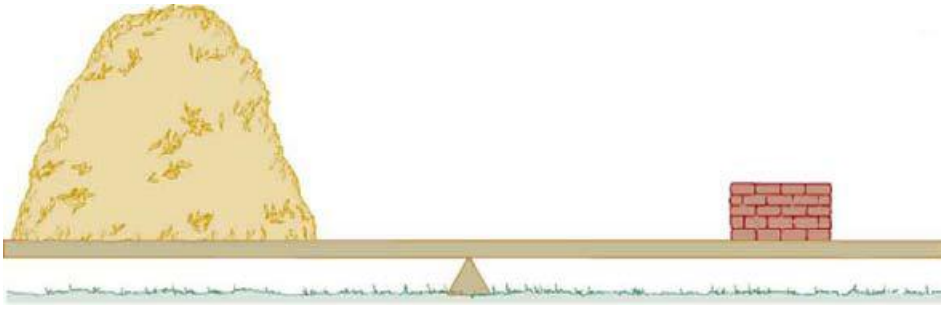


Figure 11.4 A ton of feathers and a ton of bricks have the same mass, but the feathers make a much bigger pile because they have a much lower density.

س/ ماهو السبب نحتاج كمية قش كبيرة لتعادل وزن الطابوق في الشكل اعلاه؟

كثافة المادة: هي كتلة المادة (m) خلال وحدة الحجم (V) و تعرف بالعلاقة التالية:

$$\rho = \frac{Mass}{\text{Volume}} \quad , \quad (\frac{kg}{m^3}) \qquad (1)$$

حيث ρ تمثل مقدار كثافة المادة . مثلا كثافة الماء ممكن ايجادها باستخدام العلاقة اعلاه ل 1 kg المضوعة في1 litre

(0.001 m3)

$$\rho_{H_2O} = \frac{\text{Mass}}{\text{Volume}} = \frac{1\ \text{kg}}{10^{-3}m^3} = 1000\ (\frac{kg}{m^3})$$

Table 11.1 Densities of Various Substances

Substance	$\rho(10^3$ kg/m^3 or g/mL)	Substance	$\rho(10^3$ kg/m^3 or g/mL)	Substance	$\rho(10^3$ kg/m^3 or g/mL)
Solids		**Liquids**		**Gases**	
Aluminum	2.7	Water (4ºC)	1.000	Air	1.29×10^{-3}
Brass	8.44	Blood	1.05	Carbon dioxide	1.98×10^{-3}
Copper (average)	8.8	Sea water	1.025	Carbon monoxide	1.25×10^{-3}
Gold	19.32	Mercury	13.6	Hydrogen	0.090×10^{-3}
Iron or steel	7.8	Ethyl alcohol	0.79	Helium	0.18×10^{-3}
Lead	11.3	Petrol	0.68	Methane	0.72×10^{-3}
Polystyrene	0.10	Glycerin	1.26	Nitrogen	1.25×10^{-3}
Tungsten	19.30	Olive oil	0.92	Nitrous oxide	1.98×10^{-3}
Uranium	18.70			Oxygen	1.43×10^{-3}
Concrete	2.30–3.0			Steam (100° C)	0.60×10^{-3}
Cork	0.24				
Glass, common (average)	2.6				
Granite	2.7				
Earth's crust	3.3				
Wood	0.3–0.9				
Ice (0°C)	0.917				
Bone	1.7–2.0				

مثـــــال (1): محمية مائية مساحتها السطحية $50.0\ km^2$ و معدل ارتفاعها 40.0 m ماهي كتلة الماء التي تحتجز خلف السد؟الحل:

3- الضغط Pressure :

هو مقدار القوة المسلطة خلال وحدة المساحة العمودية على اتجاه القوة المسلطة ويعرف بالعلاقة ادناه.

$1-Pascal 1\ (Pa) = 1\ \left(\frac{N}{m^2}\right)$, *in SI system*

International System of Units (**SI**, , which are the ampere, kelvin, second, metre, kilogram

$2-100\ mb = 10^5\ Pa$, *in the atmospheric pressure measu.*

$3-millimeter\ of\ mercury\ (mmHg) in\ blood\ measurments.$

مثـــــال (2): اسطوانة تحتوي على هواء مضغوط ، مقدار الضغط الهواء في الاسطوانة هو $(6.9X10^6\ Pa)$.ماهي القوة المسلطة من قبل الهواء على قاعدة الاسطوانة حيث قطر الاسطوانة 0.15 m ؟

Solution:

$F=PA$

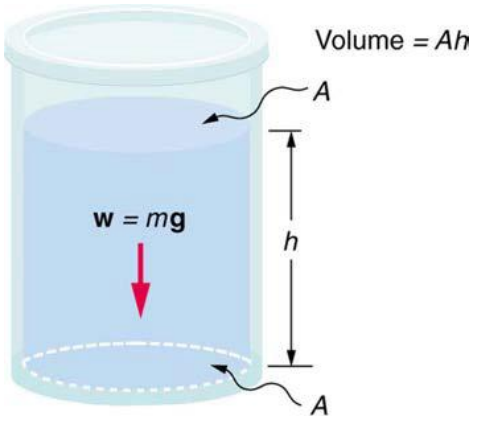
$A=\pi r^2$

$F = (6.90\times10^6\ N/m^2)\ (3.14)\ (0.0750\ m)^2$

$= 1.22\times10^5\ N.$

4- تغير الضغط مع الارتفاع Variation of Pressure with Depth in a Fluid:

<u>توضيح للطالب</u>:ان الم الاذن الذي يعاني منه المسافر على الطائرة او عند الغوص في حوض ماء ، يجب ان ندرك ان هذا الالم هو بسبب تاثير العمق على الضغط . عند سطح الارض ضغط الهواء المسلط علينا هو نتيجة وزن الهواء علينا و هو يقل عند الارتفاع للاعلى. اما تحت الماء فان ضغط المائع (ماء) يزداد مع العمق ، في هذه الحالة فان الضغط المسلط على الغواص هو نتيجة الضغط الجوي مضاف له ضغط الماء. و ضغط الماء هو كبر من ضغط الهواء ب775 مرة بسب كثافة الماء العالية. <u>اضافة فكرة الاسطوانة مغلقة او مفتوحة</u>



$$P = \frac{Force}{\text{Area}} = \frac{\text{F}}{\text{A}}$$

F=w=mg

$$P = \frac{\text{mg}}{\text{A}}$$

We can find the mass of the fluid from its volume and density:

$m = \rho V$

The volume of the fluid V is related to the dimensions of the container. It is

$V = Ah,$

where A is the cross-sectional area and h is the depth. Combining the last two equations gives

$m = \rho Ah$

If we enter this into the expression for pressure, we obtain

$$P = \frac{\rho Ah\ \text{g}}{\text{A}} = \rho h\ \text{g}$$

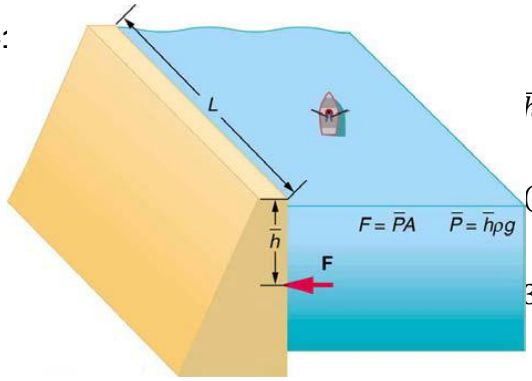
The area cancels, and rearranging the variables yields

$$P = \rho h\ \text{g} \qquad (4)$$

مثـــــال (3): اذا كان عرض السد 500 م وعمق الماء 80 م فاحسب :(1) معدل الضغط المسلط على السد بفعل الماء،(2) القوة المبذولة تجاه السد وقارن مع وزن الماء في السد(سابقا تم ايجاده 1.96×10^{13} N) .

الحل:

1-معدل الضغط بسبب وزن الماء:



$\bar{h}\rho g$

$(40\ m)(\frac{10}{}$

3.92×10^5

2-القوة المبذولة على السد بسبب الماء هي حاصل ضرب الضغط المسلط على المساحة:

$$F = \bar{P}A$$

$$F = (3.92 \times 10$$

$= 1.57 \times 10^{10}\ N$

ملاحظة: توضيح حلول الضغط الجوي:

لدينا مثال اخر حول الضغط بسبب وزن المائع في هذه الحالة تكون بسبب وزن الهواء اعلى ارتفاع معين. الضغط الجوي عند سطح الارض يتغير قليلا بسبب المساحة الكبير لتدفق الجو *atmosphere* الذي يحدث بسبب دوران الارض و الذي ينشئ ضغط واطئ او عالي في اماكن القياس.لكن الضغط الجوي عند مستوى البحر يعطى بوحدة الضغط الجوي الاساسي (P_{atm}) و التي تقاس

$1\ atmosphere\ (atm) = P_{atm} = 1.01 \times 10^5\ N/m2 = 101\ kPa.$

هذه العلاقة تعني عند سطح البحر فان وزن عمود من الهواء فوق $1.0\ m^2$ من

سط الارض هو 1.01×10^5 N

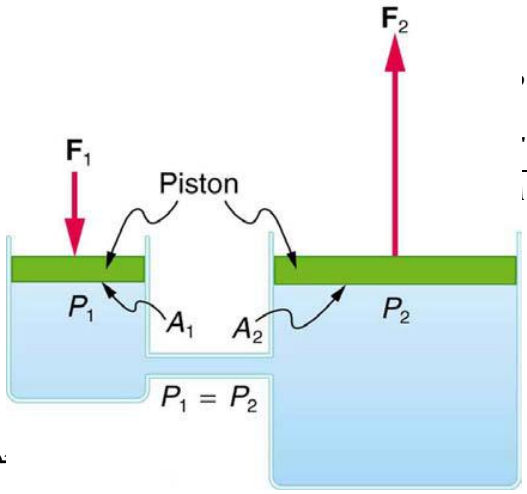
5- مبدأ باسكال Pascal's Principle:

يعرف الضغط على انه القوة المسلطة خلال وحدة المساحة . ممكن زيادة الضغط في المائع بالدفع مباشرة على المائع ؟ لكن من السهول الدفع على مائع موضوع في وعاء مغلق. مثلا القلب يزيد ضغط الدم عند ضغط الدم في الدورة الدموية المغلقة. هذا الاجراء لايمكن اجراءه في وعاء مفتوح كالانهار لان المائع او الماء سوف يتدفق بعيدا. فماذا يحدث للضغط على المائع المحدد بحجم الوعاء المغلق بسبب الذرات في المائع لديها حرية الحركة فهي تنقل الضغط الى جميع اجزاء المائع والى جدران الوعاء بشكل كامل فأن هذه الظاهرة تسمى مبدأ باسكال.

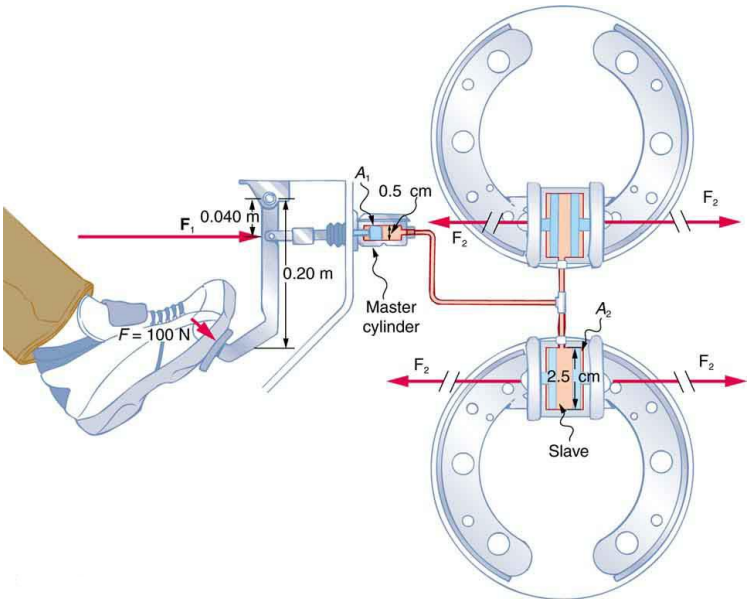
<u>تعرف قاعدة باسكال</u> تعرف على انها التغير في الضغط المسلط على مائع موضوع في حاوية /وعاء مغلقة ينتقل بصورة كامله الى جميع اجزاء المائع و جدران الوعاء المستخدم.

$'1 = P2$

$\frac{'1}{1} = \frac{F2}{A2}$



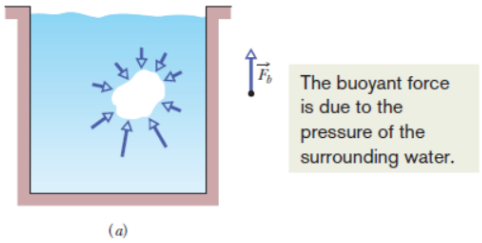
موع الضغوط من المصادر المختلفة



6. قوى الطفو ومبدأ ارخميدس Buoyant Forces and Archimedes Principle:

عندما يغمر جسم ما في مائع بشكل جزئي او كلي ، فان هناك قوة تسمى قوة الطفو (Buayant Force) ستعمل على رفعة الى الاعلى بمقدار مساوي لوزن المائع المزاح بواسطة ذلك الجسم.

- افرض ان جسم وضع في الماء كما في الشكل فأن هذا الجسم سيقوم بازاحة كمية من الماء مساوية تماماً لحجمه (شكله غير ضروري) و لذا سوف يلاحظ ارتفاع سطح الماء الى الاعلى من مستواه السابق (قبل وضع الجسم).



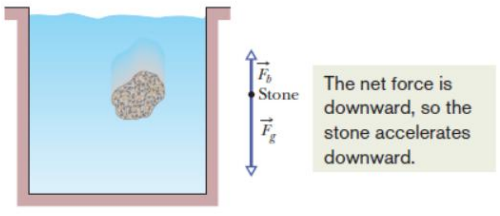
(a)

- هنالك مجموعة من القوة الناجمة عن تأثير الماء سوف تأثر على الجسم من جميع جوانبه و لكن هذه القوى الناجمة عن ضغط الماء على الجسم ستؤدي الى :

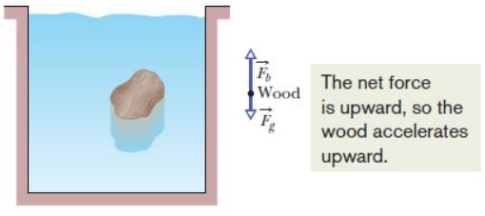
1- ستكون محصلة القوى الافقية تساوي صفر اي ان ($\sum F_{Horizontal} = 0$).
2- بما ان الضغط هو دالة لعمق الجسم فسيكون تأثير القوى في اسفل الجسم أكبر منه في أعلى الجسم ، ولذا سيكون صافي القوى العمودية بأتجاه الاعلى و التي سميت بقوة الطفو و مقدارها

حيث m_{fluid} كمية السائل المزاح (الماء).

- الان لنفرض ان الجسم (عبارة عن صخرة Stone) فعندما تغمر هذه الصخرة (الجسم) نلاحظ غرق هذه الصخرة و ذلك لان صافي القوى المؤثرة سيكون اكبر بأتجاه الاسفل ((وذلك بسبب ان كثافة الجسم هنا اكبير من كثافة المائع (الماء))وكما بالشكل المدرج ادناه.

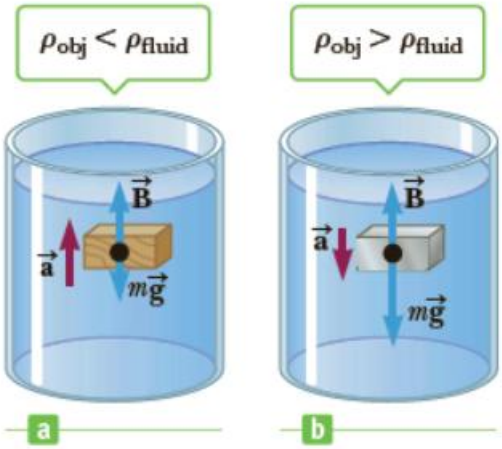


(b)



(c)

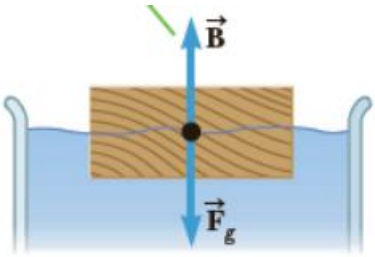
- اما اذا كان الجسم عبارة عن قطعة من الخشب فأن الجسم بعد وضعه في السائل سوف يتجه نحو الاعلى وذلك لأن قوة الطفو F_b ستكون اكبر من قوة وزن الجسم الخشبي(او لان كثافة الخشب اقل من المائع) و لذا سيكون صافي القوى نحو الاعلى .



- مماتقدم سيكون لدينا **حالتين** للتعامل مع القوى المؤثرة على الجسم:

(1) المغمور تماماً في المائع (السائل).

(2) مغمور جزئياً(اي ان – يطفو على السطح).



F_b

Case-1 الحالة الاولى :

في هذه الحالة ينغمر الجسم جزئياً ، و في حالة التوازن فأن الجسم سيطفو على السطح المائع . قوة الط W=mg حالة تكون مساوية لوزن الجسم

$$F_b = W =$$

$$or$$

$$\rho_{fluid} V_{flu}$$

حيث V_{obj} هو حجم الجسم .

الحالة الثانية *Case-2* :

عندما يغمر الجسم تماما في المائع (يغرق),و ان قوة الطفو تعطى كما يلي:

$$F_b = \rho_{flui}$$

حيث ان وزن الجسم المغمور يعطى بالعلاقة:

$$W = \rho_{obj}$$

7. الوزن الظاهري في المائع Apparent Weight in Fluid:

هناك فرق بين وزن الجسم الحقيقي ووزنه عندما يوضع في المائع و الفرق سببه تأثير قوة الطفو. ولحساب الوزن الظاهري نستخدم العلاقة التالية:

الوزن الظاهري = الوزن الحقيقي للجسم – مقدار قوة الطفو

الخلاصة من مبدأ ارخميدس الاتي:

1- عندما يغمر الجسم في المائع فأنه ينقص من وزنه بمقدار قوة دفع الماء له (قوة الطفو).
2- حجم المائع المزاح=حجم الجزء المغمور من الجسم.
3- قوة الطفو=وزن الجسم الحقيقي –وزن الجسم الظاهري

مثال: تم شراء تاج مصنوع من الذهب الخالص ، قيمة وزنه في الهواء T_{air}=7.84 N ، بعد ذلك تم وزنه بعد غمره في وعاء ماء ليكون وزنه الظاهري T_{water}=6.86 N ، هل التاج صحيح مصنوع من الذهب الخالص؟

الحل :

1- بتطبيق قانون نيوتن الاول على الناج عند وزنه في الهواء

F=ma

T_{air}-mg=0 ----------(1)

2- عند غمر التاج في الماء فأن قراءة الميزان Twater تساوي قوة الطفو –وزن التاج

T_{water}-mg+F_b=0 ----------(2)

بتعويض معادلة (1) في (2) نحصل على:

T_{water}- T_{air} +F_b=0 ----------(3)

اذن

$\therefore$ Fb = Tair

$\because F_b = m_{wate}$

$V_{water} = \frac{}{\rho_{wa}}$

باستخدام معادلة (1)

$m = \frac{\text{Tair}}{g} =$

حسب قاعدة ارخميدس ، حجم الجسم يساوي حجم الماء المزاح و باستخدم تعريف $m = \rho V$

$$\rho_{crown} = \frac{m_{crown}}{V_{crown}} = \frac{0.8}{10^{-4}} = 8 \times 10^3 (\frac{kg}{m^3})$$

مثال: قطعة خشب له كثافة6×10^2 kg/m^3 و مساحتها السطحية 5.7 m^2 وحجمها 0.6 m^3 ، عند وضعها في مياه نقية الى اي عمق h سوف يغمر الجزء السفلي منها؟

الحل: قطعة الخشب تقع تحت تأثير قوة الطفو (متجه نحو الاعلى) و قوة الجاذبية mg (متجه نحو الاسفل) و عند الاتزان

$F_b=m_{wood}\,g$ ----------*(1)*

الحجم المغمور من قطعة الخشب يساوي V_{water} =(Ah)

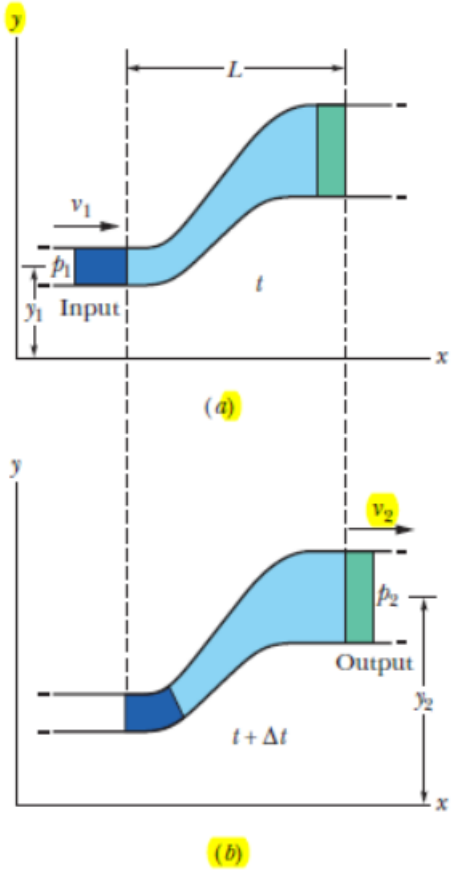
وبما ان قوة الطفو تساوي وزن الماء المزاح .

$F_b = m_{water}$

نعوض معادلة (2) في (1) نحصل على:

4- معادلة برنولي

Bernoulli's Equation:



توضيح للطلبة..الشكل يوضح تدفق المائع بمعدل ثابت خلال انبوب طوله L من فتحة الدخول باتجاه اليسار نحو فتحة الخروج الى اليمين . من الوقت t(كما في الشكل a الى وقت t+dt في b, كمية المائع الداخلة للانبوب تساوي كمية المائع الخارجة

افرض ان y1 ، v1 و p1 هي موقع و سرعة و ضغط المائع الداخل للانبوب من اليسار ، بالمثل فان y2 ، v2 و p2 هي معاملات المائع الخارج من الانبوب من جهة اليمين.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad \text{.....(1)}$$

و ممكن اعادة كتابة معادلة 1 كمايلي:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = Constant \quad \text{.....(2)}$$

- المعادلة(2) اعلاه تسمى معادلة برنولي Bernoulli's Equation و هي نتيجة لقانون حفظ الطاقة Energy conservation و التي تطبق على المائع المثالي (Ideal Fluid).
- الحد الثاني من المعادلة اعلاه يسمى كثافة الطاقة الحركية للمائع (kinetic energy density) معدل الطاقة الحركية لوحدة الحجم.
- اما الحد الثالث من المعادلة اعلاه يسمى كثافة الطاقة الكامنة للمائع (Gravetational potential energy density) , والتي تتولد بسبب الجاذبية الارضية.
- ملاحظة : نستنتج من معادلة برنولي الاتي :

((عندما يتحرك المائع خلال الانبوب الذي يتغير مقطعه العرضي وكذلك ارتفاعه فأن الضغط سوف يتغير على طول الانبوب))

5- اشتقاق معادلة برنولي *Bernoulli's Equation*:

لاشتقاق معادلة برونولي سوف نفرض ان المائع غير قابل للانضغاط (incompressible) ، غير لزج nonviscous و ينساب بشكل خالي من الدوامات nonturbulent و بحالة مستقرة، حسب قانون حفظ الطاقة من صيغة فان الشغل المنجز على النظام= التغير بالطاقة الحركية:

$$W = \Delta K \quad \text{(1)}$$

المعادلة اعلاه توضح التغير في الطاقة الحركية للنظام ، و الذي يجب ان يساوي الشغل المنجز على النظام، التغير بالطاقة الحركية للنظام ينشىء من التغير في سرعة المائع بين نهايتي الانبوب (النهاية التي يدخل بها المائع للانبوب و التي يخرج منها المائع) و يعبر عنها كمايلي:

$$\Delta K = \frac{1}{2}\Delta m v_2^2 - \frac{1}{2}\Delta m v_1^2$$

$$\Delta K = \frac{1}{2}\rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) \qquad (2)$$

حيث ان $\Delta m (= \rho \Delta V)$ تمثل كتلة المائع التي تدخل من مدخل الانبوب و التي تخرج من النهاية الاخرى خلال فاصلة زمنية صغير مقدارها Δt.

الشغل المنجز على النظام ينشئ من مصدرين ، الاول: الشغل المنجز بواسطة قوة الجاذبية $(\Delta m\vec{g})$ على كتلة المائع خلال الارتفاع العمودي من منفذ الدخول الى منفذ الخروج للانبوب و يعرف بالطاقة الكامنة بالمعادلة التالية:

$$\begin{aligned} W_g &= -\Delta m g (y_2 - y_1) \\ &= -\rho g \Delta V (y_2 - y_1) \end{aligned} \qquad (3)$$

<u>الاشارة السالبة</u> في المعادلة اعلاه تشير الى ان الازاحة التي ينتقلها العنصر الحجمي من المائع نحو الاعلى معاكسة لاتجاه قوة الجاذبية الارضية و التي تكون نحو الاسفل. ، و المصدر الثاني للشغل هو الشغل المنجز بواسطة قوة تؤثر على مائع محجوز في انبوب مساحته A لدفع push المائع مسافة Δx من نهاية الدخول (input end) للمائع باتجاه النهاية الاخرى (output end) يعطى كما يلي:

$$F\Delta x = (pA)(\Delta x) = p(A\Delta x) = p\ \Delta V$$

الشغل المنجز على النظام يعرف $p_1\ \Delta V$ و الشغل المنجز بواسطة النظام $-p_2\ \Delta V$ و مجموعهما هو

$$\begin{aligned} W_p &= -p_2\ \Delta V + p_1\ \Delta V \\ &= -(p_2 - p_1)\ \Delta V \end{aligned} \qquad (3)$$

جزء من الشغل سوف يذهب الى تغيير في الطاقة الحركية و الجزء الاخر يذهب الى تغيير الطاقة الكامنة لنظام الموائع و الارض.

الان نظرية الشغل و الطاقة الحركية تصبح

$$W = W_g + W_p = \Delta K \qquad (4)$$

الان ممكن اعادة كتابة المعادلة (1) باستخدام معادلات 2-4 بالشكل التالي:

$$-\rho g \Delta V(y_2 - y_1) - (p_2 - p_1)\,\Delta V = \frac{1}{2}\rho \Delta V(v_2^2 - v_1^2) \qquad (5)$$

بالقسمة على ΔV و اعادة ترتيب المعادلة اعلاه ، نحصل على معادلة برنولي

$$-\rho g(y_2 - y_1) - (p_2 - p_1) = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) \qquad (5)$$

$$\boxed{P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2} \quad \text{.....(6)}$$

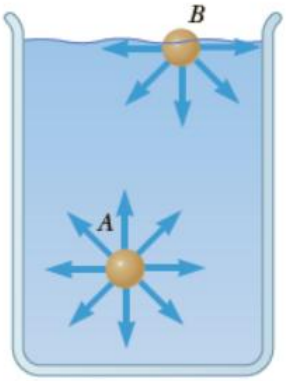
$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = Constant \quad \text{.....} \quad \text{...(7)}$$

معادلة برونولي يعبر عنها نصيا : مجموع الضغط P، و الطاقة الحركية لوحدة الحجم $\frac{1}{2}\rho v^2$ و الطاقة الكامنة لوحدة الحجم $\rho g y$ لها القيمة نفسها في كل النقاط على طول التدفق المنساب Stream line .

امثلة:

6- الشد السطي و الخاصية الشعرية *Surface Tension and Capillary* :

ان قطرات الماء (الندى) تتخذ شكل كروي عند ملاحظتها في الصباح الباكر والقطرات تتخذ هذا الشكل بسبب خاصية سطح السائل التي تدعى الشد السطحي (Surface Tension) . لغرض فهم مبدأ هذه الخاصية نفرض ان جزيئة عند النقطة A في حاوية ماء وايضا قريبة من جزيئات الماء الاخرى التي تبذل عليها قوة ترابط ، محصلة القوة عليها هي صفر بسبب انها محاطة من جميع الجهات بجزيئات الماء التي تبذل عليها قوة تجاذب متساوية بجميع الجهات و كما موضح بالشكل المدرج ادناه.



من جانب اخر ، فان الجزئية عند الموقع B لاتنجذب بصورة متساوية من قبل جزيئات الماء لانها لاتحاط بجزيئات الماء من الاعلى و بالتالي تسحب نحو داخل السائل. الانخفاض في سطح السائل ينتهي عندما قوة السحب المبذولة على سطح الجزيئات تتعادل مع قوة التنافر الخارجة نتيجة التصادمات مع الجزيئات في داخل السائل.

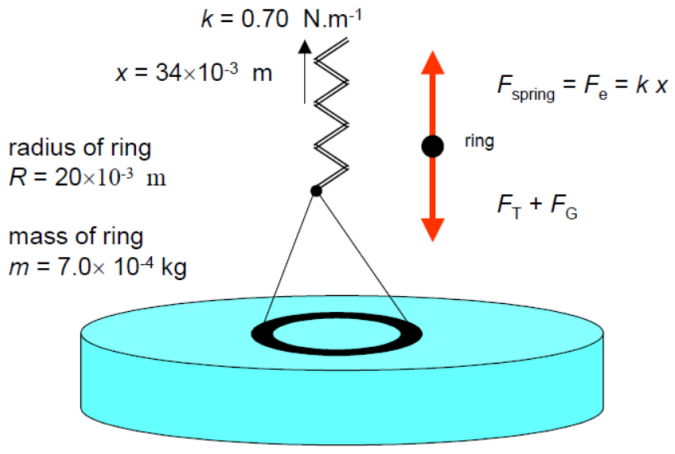
((*اذن شبكة القوى التي تسحب جزيئات سطح السائل تعمل على تقليص سطح السائل وبالنتيجة تعمل على تصغير المساحة السطحية للسائل اصغر مايمكن*)) وهذا يفسر ان قطرات الماء تتخذ الشكل الكروي الذي ينتج اصغر مساحة السطية لحجم محدد من السائل.

مثال اخر : اذا وضعت ابرة خياطة بحذر على سطح الماء فانك تلاحظ ان الابرة (needle) سوف يطفو رغم ان كثافته اعلى من كثافة الماء بثمانية مرات. سطح الماء هنا يعمل كغشاء مرن تحت الشد. الابرة تعمل انخفاض في سطح السائل و بالتالي تسبب زيادة في المساحة السطحية للسائل ، القوة الجزيئية تعمل على جميع النقاط على طول الانخفاض تحاول استرجاع سطح السائل الى وضعه الافقي الاصلي (قبل وضع الابرة عليه) . المركبة العمودية لهذه القوى توازن قوة الجاذبية المؤثرة على الابرة (needle) . الابرة الطافية على السطح ممكن ان تغطس بالماء بعد وضع قليل من غسول اليدين الذي يقلل من الشد السطحي للماء.

الشد السطحي γ ممكن تعريفة على انه قيمة قوة الشد مقسومة على طول تأثير القوة L و كما يلي:

$$\gamma = F/L \qquad \text{(N/m)}$$

مثال: سلك رقيق دائري قطره 40 mm و الكتلة الكلية 0.7 g دفع بعناية عمودياً على سطح الماء بواسطة نابض حساس ($k=0.7\ N.m^{-1}$). عندما النابض تمدد ل34 mm من موقع الاتزان في الهواء ، عندما الحلقة على وشك ان تسحب من سطح الماء ، احسب معامل الشد السطحي . اهمل كتلة الماء التي علقت بالنابض.



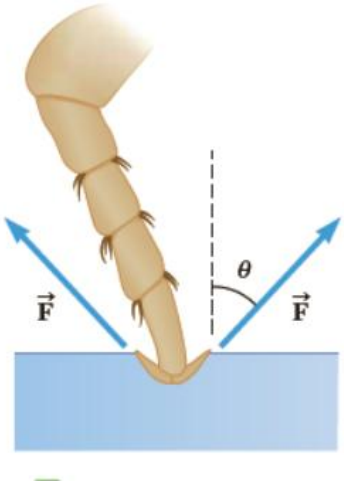
spring restoring force = $F_e = k\,x$
weight of ring = $F_G = m\,g$
surface tension force = $F_T = \gamma\,L$
Coefficient of surface tension = γ = ? N.m^{-}

The length of contact L, with the water surface is **twice** the circumference of the ring since there is water on both sides of the ring.
$L = 2(2\pi R) = 4\pi R$

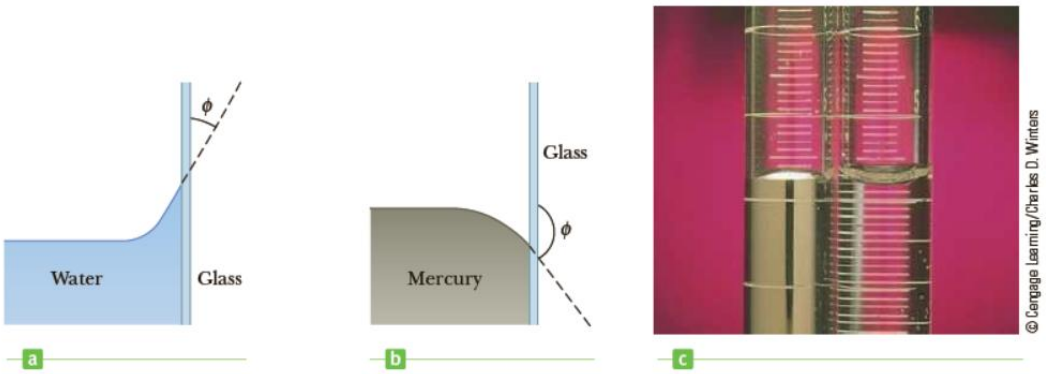
Equilibrium
$F_e = F_T + F_G$
$k\,x = 4\pi R\,\gamma + m\,g$
$\gamma = (k\,x - m\,g) / (4\pi R)$
$\gamma = \{(0.70)(34\times10^{-3}) - (7.0\times10^{-4})(9.8)\} / \{(4\pi)(20\times10^{-3})\}$ N.m^{-1}
$\gamma = 0.076$ N.m^{-1}

مثال:(واجب): عندما الحشرة تتخطى على سطح الماء بواسطة اقدامها الستة فان انخفاض بسطح الماء ينشئ حول كل قدم ، افرض ان قدمها دائرية الشكل ، و كما بالشكل المجاور ، احسب الزاوية θ اذا علمت ان كتلة الحشرة 2.0×10^{-5} kg و نصف قطر كل قدم 1.5×10^{-4} m .

الجواب: 62^{o}



7- سطح السائل *The Surface of Liquid* :



اذا وضعنا سائلين احدهما ماء والاخر زئبق في انائين زجاجين فيمكن ملاحظة ان سطح الماء قرب جدار الاناء الزجاجي مرتفع للاعلى ، بينما الزئبق يكون منخفض عند جدار الاناء و كما بالشكل اعلاه.

لتفسير هذا التصرف الخاص بالسائلين يكون بمقارنة قوة التماسك بين جزيئات السائل مع قوة التلاصق لكل سائل مع جزيئات الزجاج وتعرف هذين القوتين كالاتي :

قوة التماسك Cohesive Force : هي قوة الجذب بين الجزئيات المتشابه او اي قوة جذب بين جزيئات المادة نفسها مثال ذلك قوة الجذب بين جزيئات الماء او قوة التجاذب بين جزيئات الزئبق.

قوة التلاصق Adhesive Force : هي قوة الجذب بين الجزئيات المختلفة مثال ذلك قوة تجاذب بين جزيئات الماء و الزجاج او بين الزئبق و الزجاج.

اذن نستنتج ان سطح الماء يتجه نحو الاعلى عندما يمس جدار الاناء الزجاجي بسبب ان قوة تلاصق الماء اكبر من قوة تماسك جزيئات الماء . من جهة اخرى نلاحظ ان حافة الزئبق تتجه نحو الاسفل بسبب ان قوة تلاصق بين جزئيات الزئبق اصغر من قوة تماسك

- **تسمى الزاوية Φ زاوية التماس او الاتصال.**
- **تكون قيمة الزاوية اصغر من 90^o عندما تكون قوة التلاصق اكبر من قوة التماسك.**
- **تكون قيمة الزاوية اكبر من 90^o عندما تكون قوة التلاصق اصغر من قوة التماسك.**

8- الخاصية الشعرية : Capillary Action

تعني اذا تم غمر انبوب شعري في مائع تكون قوة التلاسق مهيمنة على قوة التماسك فان المائع سوف يرتفع في الانبوب الشعري و كما في الشكل المدرج ادناه ، وهذه الخاصية يمكن تفسيرها بالاعتماد على شكل سطح السائل و الشد السطحي:

$$F=\gamma L=\gamma(2\pi r)$$

حيث $L=2\pi r$ لان السائل يلامس سطح الانبوب على طول جميع نقاط الاتصال، من الشكل فان مركبة القوة العمودية بسبب الشد السطحي تعرف كما يلي:

$\gamma(2\pi r)co$

عند حالة الاتزان فان قوة المتجه للاعلى يجب ان تساوي وزن اسطوانة الماء لارتفاع h داخل انبوب الخاصية الشعرية.

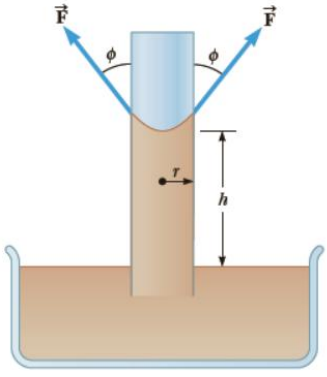


Figure 9.44 A liquid rises in a narrow tube because of capillary action, a result of surface tension and adhesive forces.

$\rho Vg = \rho$

بمساواة الوزن مع القوة العمودية المؤثرة على عمود السائل نحصل على

و بحل المعادلة اعلاه نجد ان ارتفاع السائل في انبوب الخاصيةالشعرية يساوي :

ملاحظة : اذا تم غمر انبوب الخاصية الشعرية في سائل فيه قوة التماسك هي المهيمنة فان السائل سوف ينخفض في الانبوب الخاصية الشعرية الى نقطة اقل من سطح السائل كما في الشكل المجاور.

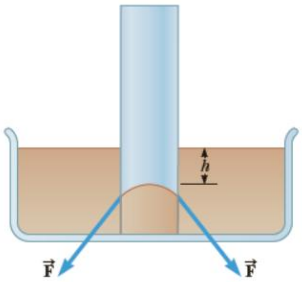


Figure 9.45 When cohesive forces between molecules of a liquid exceed adhesive forces, the level of the liquid in the capillary tube is below the surface of the surrounding fluid.

تطبيقات الخاصية الشعرية:

1. **تستخدم في سحب عينات الدم من تحت جلد الانسان.**
2. **النباتات تعتمد على الخاصية الشعرية لنقل الماء و المواد الغذائية من التربة .**
3. **الاسفنج و ورق التنشيف يعتمد على الخاصية الشعرية لامتصاص السوئل**

مثال: احسب الارتفاع

الفصل الثالث: الغازات

1- مقدمــة عامة:

فيزياء الغازات تعتبر من المواضيع الاساسية في الثرموداينمك (Thermodynamics) . بصورة عامة فان الغاز يحتوي على ذرات (مفردة ، مترابطة مع بعضها البعض على شكل جزيئات) و هي تملأ حجم الحاوية(الوعاء) و تسلط ضغط على جدار الوعاء. هناك دائما ثلاث متغيرات ترافق الغاز تكون نتيجة حركة الغاز في الوعاء وهي:

- **حجم الغاز**– الذي ينتج من حرية حركة ذرات الغاز لتملأ الوعاء المستخدم.
- **ضغط الغاز**– ينتج من التصادمات ذرات الغاز مع جدار الوعاء.
- **درجة الحرارة** – التي لها ارتباط مع الطاقة الحركية للغاز.

افرض حاوية ملأت بغاز بصورة منتظمة و بضغط يعتمد على حجم الحاوية و الحرارة و كمية الغاز. ضغط الغاز في الحاوية الواسعة يكون صغير ، بينما درجة الحرارة العالية او كمية الغاز الكبيرة تؤدي الى تولد ضغط عالي من قبل الغاز

مسلط على جدار الوعاء(الحاوية). هذه المتغيرات الثلاثة(V,P,T) اضافة الى كمية الغاز (n) ترتبط مع بعضها بمعادلة (تسمى **معادلة الحالة** ***Equation of State*** سوف يأتي توضيحها لاحقا في هذا الفصل.

2- الغاز المثالي و الحقيقي The ideal and real gas:

الغاز المثالي (Ideal Gas) : هو الغاز الذي تكون جزيئاته متناهية الصغر (نقطية) تامة المرونة، ينعدم بينها الاحتكاك لانها لاتؤثر على بعضها البعض بأي قوة، و ان الغاز المثالي غير موجود في الحقيقة انما هو افتراضي.

اما الغاز الحقيقي (Real Gas): و هو الغاز الذي تكون جزيئاته صغيرة و متباعدة عن بعضها البعض و في الظروف الاعتيادية من ضغط ودرجة حرارة . تقترب خواص الغازات الحقيقية من خواص الغاز المثالي (عند خفض درجة حرارتها) بشرط ان تكون درجة الحرارة اعلى من درجة حرارة تسييل الغاز.

3- عدد افوكادرو(NA) Avogadro's Number:

تحتوي الحجوم المتساوية من الغازات جميعها على نفس العدد من جسيمات بشرط ان تكون تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة ، وعليه فان عدد الجسيمات في المول الواحد هو نفسه لاي غاز حيث يعرف **بعدد افوكادرو** و يرمز له NA حيث ان قيمته تعطى كمايلي:

$$N_A = 6.02 \times 1$$

عدد افوكادرو وتعريف المول يعتبران من المفاهيم الاساسية في الكيمياء و بعض فروع الفيزياء و وعدد المولات يرتبط مع الكتلة بالعلاقة التالية:

$$n = \frac{m}{molar\ ma}$$

تعرف الكتلة المولارية molar mass لمادة على انها كتلة مول واحد من المادة وتكون وحدتها (grams/male). اضافة لذلك ممكن حساب عدد المولات من اخذ النسبة بين عدد الجزيئات N لمادة معينة الى عدد الجزيئات في المول الواحد (N_A) و كما يلي:

$$n = \frac{Number}{Avocad}$$

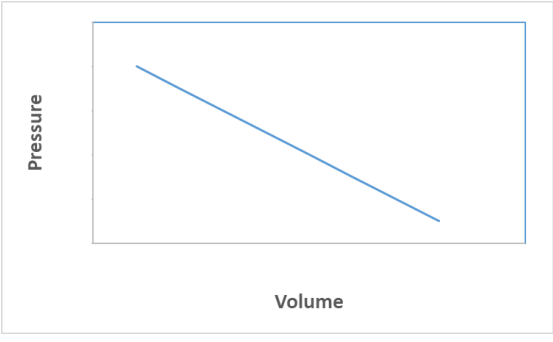
4- قوانين الغاز Gas Laws:

افرض ان غاز موضوع في اسطوانة ذات حجم متغير بواسطة مكبس كما موضح بالشكل المجاور. وعدد المولات ثابت عمليا ممكن ملاحظة الاتي:

1- عند تثبيت درجة حرارة الغاز فان الضغط يتناسب عكسياً مع الحجم (قانون بويل Boyle's Law)

$P \alpha 1/V$

$P\ V = Constant.$



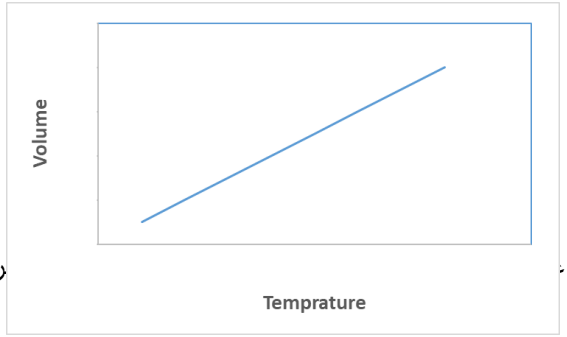
عند تغير الضغط من الحالة ابتدائية الى نهائية يكون :

$P_1 V_1 = P_2 V_2$

2- عند حفظ ضغط الغاز ثابت فان حجم الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة (قانون شارل Charles's law).

$V \alpha T$

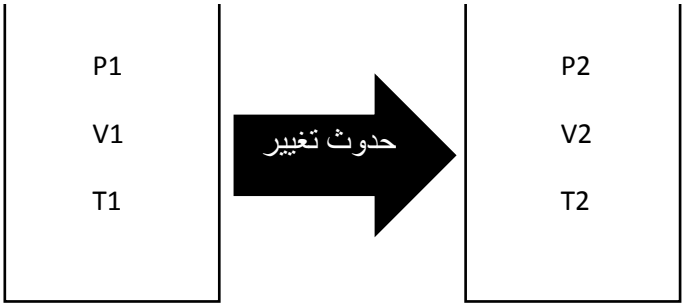
$V = Constant. T$



3- ... رارة (قانون غاي–لوساك Gay-Lussac's law)

$P = Constant.T$

4- تدمج القوانين الثلاثة السابقة بقانون واحد يسمى القانون الموحد للغازات و يعطى بالعلاقة التالية:



عند تثبيت اي من المتغيرات الثلاثة في المعادلة اعلاه فانها سوف تؤول الى احد القوانين الثلاثة السالفة الذكر.

5- قانون الغاز المثالي The law of ideal gas:

في حالة وجود غاز داخل اسطوانة يمكن التحكم بكل من الضغط P و الحجم V و درجة الحرارة T بشرط ان تكون عدد المولات n ثابتة فانها ترتبط بالعلاقة التالية :

$$PV=nRT$$

حيث R ثابت الغازات و يمكن حسابه عمليا و قيمته تساوي(8.31 J/mol.K). اما عندما يقاس الضغط بوحدة atm و الحجم باللتر فقيمة ثابت الغازات يساوي (0.0821 L.atm/mol.K) ، وحد ة درجة الحرارة يجب ان تكون بالكلفن (K). باستخدام قيمة و R والمعادلة اعلاه نجد ان حجم الذي يشغله مول واحد عند درجة 0C°(273 K°) عند الضغط الجوي يساوي 22.4 Litre.

الشروط اللازم توفرها لتطبيق قانون الغاز المثالي هي:

1- درجة حرارة T بالمقياس المطلق.
2- حجم الجزيئات صغير جداً(مهمل) مقارنة بالحجم الذي يشغله الغاز.
3- يكون الغاز بعيد عن ظروف اسالته . اي ان T عالية و الطاقة الحركية الانتقالية لجزيئات الغاز كبيرة بالمقارنة مع الطاقة التي تعمل على تلاصق الجزيئات مع بعظها البعض.

6- النظرية الحركية للغازات The Kinetic Theory of Gases:

لقد تعرفنا في البند السابق على الصفات العيانية للغاز المثالي و التي تشمل الضغط و الحجم ودرجة الحرارة و عدد المولات. اما في هذا البند سنتعرف على الغاز المثالي من وجهة نظر مايكروسكوبية و للتعرف على هذه الصفات سوف نفرض الفرضيات التالية:

1- ان عدد جزيئات الغاز كبير جداً و ان المسافات بينها كبيرة بالمقارنة بأبعادها.
2- تنطبق قوانين نيوتن للحركة على جزيئات الغاز رغم كون حركتها عشوائية.
3- يقتصر تفاعل الجزيئات فيما بينها على القوى ذات المديات القصيرة خلال تصادمها المرن.
4- يكون تصادمها بجدران الحاوية تصادماً مرناً.
5- ان جميع جزيئات الغاز متشابه.

<u>ملاحظة</u>: كما تم ذكره سابقاً ان عدد الجزيئات في المول الواحد هو عدد افوكادرو N_A ,عدد المولات ممكن حسابها من العلاقة التالية:

$$n = \frac{Number}{Avocad}$$

باستخدام معادلة الغاز المثالي و تعويض المعادلة اعلاه بدلاً عن n نحصل على

$$PV=nRT$$

<u>المعادلة اعلاه تمثل معادلة الغاز المثالي بدلالة ثابت بولتزمان Boltzmann's Constant حيث يعرف كالاتي:</u>

<u>مثال</u>: غاز مثالي محصور داخل حاوية حجمها (1 L) تحتوي مكبس ، اذا كانت درجة حرارة الغاز المثالي (20 C°) و ضغطه (1.5×10^5 pa) .

1- احسب عدد المولات n.

2- عندما الضغط ينخفض الى الضغط الجوي فان الغاز يدفع الكابس ليتمدد ضعف حجمه الابتدائي، فاحسب درجة الحرارة النهائية.

الحـــــــــل:

- لحساب عدد المولات n بالبداية نحول درجة الحرارة الى كلفن Kº:

T(Kº)=273+T(Cº)=273+20=293 Kº

- الان بتطبيق قانون الغاز المثالي

PV=nRT ⟶ n=PV/RT

$$n = \frac{(1.5 \times 10}{(8.31}$$

- لايجاد درجة الحرارة بعد ما حجم الغاز تمدد الى ضعف حجمه الابتدائي يكون لدينا

هنا سوف نطبق معادلة الغاز المثالي في الحالة الابتدائية و النهائية و بقسمة المعادلتين نحصل على

اذن الحالة الابتدائية P1V1=nRT1

الحالة النهائية P2V2=nRT2 و بقسمة المعادلتين اعلاه

$$\frac{P1.V1}{P2.V2} = \frac{nRT}{nRT}$$

بضرب الطرفين ب $\frac{P2.V2}{T1}$ نحصل على

$$\frac{P1.V1}{T1} = \frac{P2.V}{T2}$$

$$\therefore T2 = \frac{(1.01}{(1.5}$$

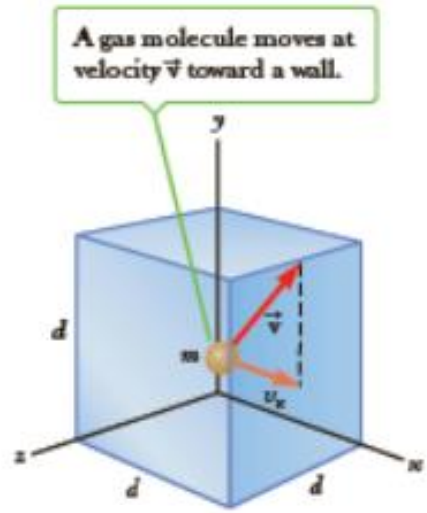
مثال (واجب):

7- النموذج الجزيئي لضغط الغاز المثالي:

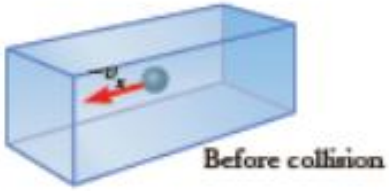
Molecular Model for the Pressure of an ideal Gas

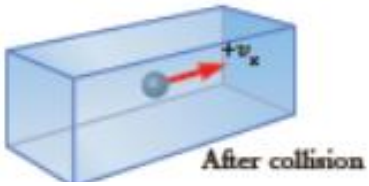
- يعتبر النموذج الجزيئي التطبيق الاول لنظرية الطاقة الحركية للغازات، حيث سيتم اشتقاق علاقة لوصف ضغط الغاز المثالي الموجود في حاوية من خلال توظيف الكميات المايكروسكوبية Microscopic quantities .
- ضغط الغاز عادة ينتج بسبب تصادم جزيئات الغاز مع الجدار و بالتالي يؤدي **ذلك لتغيير زخم الجزيئات** p=mv
- نفرض الان N من جزيئات الغاز محصور في حاوية مكعبة الشكل حجمها V و d طول ضلعها ونفرض ان كتلة الجزيئة مقدارها m ، كما في الشكل المجاور (a).
- في الشكل (b) فان الجزيئات تتحرك في اتجاه محور x بسرعة مقدارها v_x خيث تصطدم تصادماً مرناً مع جدار الحاوية فان زخم الحركي للجزيئة سيكون $-mv_x$ قبل التصادم و $+mv_x$ بعد التصادم ، اذن التغير بالزخم يكون:

$$\Delta p = mv_x - ($$



(a) A cubical box with sides of length d containing an ideal gas.





(b) A molecule moving along the x-axis in a container collides elastically with a wall, reversing its momentum and exerting a force on the wall.

- افرض ان قيمة القوة التي تسلطها الجزئيات على الجدار F1 في فاصله زمنية مقدارها Δt و بتطبيق قانون نيوتن الثاني فان القوى تعطى بالعلاقة:

$$F1 = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2m}{\Delta}$$

- الجزيئة التي تحقق تصادمين فأنها سوف تقطع مسافة مقدارها 2d خلال الفاصلة الزمنية Δt مع فرض ان السرعة لاتتغير فيكون لدينا:

- اذن معادلة القوة يعبر عنها كالاتي:

$$F1 = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2m}{2d}$$

القوة الكلية المبذولة على جدار الحاوية ستكون عبارة عن مجموع القوة بصورة منفردة لكل جزئية و يعبر عنها كالاتي:

$$F = \frac{m}{d}(v_{1x}^2 +$$

و اذا كان لدينا N *من الجزيئات في الحاوية فيمكن ايجاد معدل السرعة باتجاه المحور* x *كما يلي:*

$$\overline{v_x^2} = \frac{(v_{1x}^2 + v$$

$$\therefore F = \frac{m\,N}{d}\overline{v_x^2}$$

بسبب الحركة العشوائية للجزيئات فان القوة المبذولة على الجدار سوف تكون نتيجة سرعة الجزئية بثلاث مركبات اي ان

$$\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2}$$

و اذا كانت سرعة الجزئية لها نفس القيمة بالاتجاهات الثلاث*xyz* ، المعادلة اعلاه تكون:

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$$

الان نعوض قيمة السرعة في معادلة (6) فنحصل على تعبير عن القوة الكلية المسلطة على جدار الحاوية :

$$\therefore F = \frac{m}{d}\ \frac{N}{3}\ v$$

بتقسيم الطرفين على المساحة $A=d^2$ للحصول على الضغط المسلط على الجدار

$$\therefore P = \frac{F}{A} = \frac{F}{d^2}$$

∴

الامر المهم الذي توضحه المعادلة (10) هو ربط الكميات الكبيرة العيانية (كضغط) مع الكميات المايكروسكوبية (معدل سرعة الجزيئة) و التي تكون في الابعاد الذرية وكذلك تبين الاتي :

- تناسب الضغط مع عدد الجزيئات لوحدة الحجم و طاقة الانتقال الحركية للجزيئة.
- زيادة الضغط يؤدي لزيادة عدد الجزيئات داخل الحاوية وكمثال زيادة ضغط في اطار السيارة .
- يمكن زيادة الطاقة الحركية للجزيئات بزيادة درجة الحرارة و بالتالي يؤدي ذلك لزيادة الضغط.

8- علاقة درجة الحرارة بالوصف الجزيئي:

The Relation of the Temprature with Molecular Discribtion:

تم ايجاد علاقة الضغط بالكميات المايكوسكوبية بالفقرة السابقة و التي تعطى بالعلاقة ادناه:

$$\boldsymbol{P = \frac{2}{3}\left(\frac{N}{V}\right)\left(\frac{1}{2}}$$

بالمقارنة المعادلة اعلاه مع معادلة الحالة للغاز المثالي :

$$\boldsymbol{PV = Nk_BT}$$

$$\boldsymbol{PV = \frac{2}{3}N\left(\frac{1}{2}m}$$

$$\boldsymbol{i.e --- \frac{2}{3}}$$

$\boldsymbol{T}$

- العلاقة اعلاه تعني ان درجة حرارة الغاز هي القياس المباشر لمعدل الطاقة الحركية لجزيء الغاز.حيث كلما زادت درجة الحرارة كلما و باعادة ترتيب المعادلة (1) نحصل على

$$\boldsymbol{\frac{1}{2}m\,\overline{v^2} = \frac{3}{2}k}$$

- المعادلة (2) تمثل طاقة انتقال جزيء لكل جزيء تساوي $\left(\boldsymbol{\frac{3}{2}k_BT}\right)$ و ل N من الجزيئات فان المعدل الكلي الطاقة لكل جزيء ستكون :

$$KE_{total} = N\left(\frac{1}{2}\right)$$

- لغاز احادي الذرة فأنه يملك فقط نوع واحد من طاقة الانتقال و هذا يعني **ان الطاقة الداخلية لغاز احادي الذرة** يعطى بالمعادلة التالية:

- الجزر التربيعي للسرعة يسمى معدل الجذر التربيعي للسرعة (RMS) Root–Mean–Square يعرف كالاتي:

حيث M هي الكتلة المولارية بالكيلوغرام (kg/mole) Molar mass، المعادلة (2) **توكد ان ذرات الغاز الخفيفة تكون اسرع من ذرات الغاز الثقيلة عند درجة حرارة معينة.**

(The lighter molecules tend to move faster than the havier molecules at a given temperature).

Table 10.2 Some rms Speeds

Gas	Molar Mass (kg/mol)	v_{rms} at 20°C (m/s)
H_2	2.02 З 10^{23}	1 902
He	4.0 З 10^{23}	1 352
H_2O	18 З 10^{23}	637
Ne	20.2 З 10^{23}	602
N_2 and CO	28.0 З 10^{23}	511
NO	30.0 З 10^{23}	494
O_2	32.0 З 10^{23}	478
CO_2	44.0 З 10^{23}	408
SO_2	64.1 З 10^{23}	338

9- **معادلة فاندرفالز** :

الغاز الحقيقي في الكيمياء والفيزياء والهندسة الميكانيكية (بالإنجليزية: Real gas) هو غاز يتميز بصفات لا يمكن معالجتها بواسطة قانون الغازات المثالية، والغاز الحقيقي ليس غازًا مثاليًا. وهي غازات تقابلنا باستمرار في حياتنا

العملية حيث تشغل المحركات كما أنها تؤثر على الطقس. ولكي نفهم سلوك الغازات الحقيقية فقد اقترح العالم فاندرفالز معادلة تصف الغاز الحقيقي و هي تعطى بالصيغة التالية:

حيث a و b ثوابت تختلف قيمتها من غاز لاخر، Vm هو الحجم النوعي ويساوي (V/m)

10- السعة الحرارية و الحرارة النوعية للغاز :

The Heat Capacity and Specific Heat of the Gases

- **السعة الحرارية** (C): هي كمية الحرارة اللازمة المطلوبة لتغيير درجة حرارة المادة. تقاس بوحدة (Joules/Kelvin (J/K)). و تعرف السعة الحرارية لجسم بانها نسبة مقدار الطاقة الحرارية المنتقلة للجسم المسببة تغيير درجة حرارته و تعطى بالعلاقة التالية:

$$C=Q/\Delta T$$

حيث Q تمثل كمية الحرارة المنتقلة للجسم وΔT تمثل مقدار التغير في درجة حرارة الجسم.

- **الحرارة النوعية للغاز :**

نبدأ من قانون الاول للثرموداينمك : الطاقة الداخلية لنظام مغلق تتغير بأضافة حرارة للنظام او ان النظام يؤدي شغل .

$$dU=dQ-dW$$

حيث dU هو مقدار التغير بالطاقة الداخلية للنظام، و dQ : مقدار التغير بكمية الحرارة التي يمتلكها النظام وبتعويض عن الشغل المنجز بواسطة النظام ب$\delta W= PdV$ فالعلاقة اعلاه تصبح

$$dU = dQ-PdV$$

عند تثبيت الحجم فان الحد الثاني من المعادلة اعلاه يساوي صفر (i.e. dW= PdV=0) و باشتقاق الطرفين بالنسبة لدرجة الحرارة نحصل على :

$$\left(\frac{dU}{dT}\right)_V = \left(\frac{dQ}{dT}\right.$$

حيث Cv هي الحرارة النوعية للغاز بثبوت الحجم وتعرف على انها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة مول واحد من الغاز درجة واحدة بشرط ثبوت حجم الغاز.

كذلك ممكن تعريف Cp على انها الحرارة النوعية للغاز بثبوت الضغط على انها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة مول واحد من الغاز درجة واحدة بشرط ثبوت ضغط الغاز و تعطى بالعلاقة التالية:

$$\left(\frac{dU}{dT}\right)_p = \left(\frac{dQ}{dT}\right.$$

وتقاس الحرارة النوعية بوحدة (cal. /mole. K)

- **العلاقة بين Cv و Cp**

The relation between Cv and Cp:

من معادلة الغاز المثالي

PV=nRT ----------(1)

لمول واحد من الغاز فان n=1 المعادلة اعلاه ممكن كتابته بعد اشتقاق الطرفين كالاتي :

PdV + VdP = RdT----------(2)

عند ثبوت الضغط فان dP=0 و المعادلة اعلاه تصبح

PdV = RdT=dW ----------(3)

الان بالاستفادة من تعريف Cv و Cp و المعادلة (3)

$$\left(\frac{dU}{dT}\right)_V = C_V -$$

$$\left(\frac{dQ}{dT}\right)_p = C_p \rightarrow\rightarrow dQ = C_p dT$$

و تعويضها في القانون الاول للثرموداينمك (dQ = dU +dW) نحصل على :

$$C_p dT = C_V dT + RdT$$ ----------(4)

بتقسيم الطرفين على dT نحصل على:

$$C_p = C_V + R$$ ----- -------(5)

اي ان الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت اكبر من الحرارة النوعية تحت حجم ثابت بمقدار ثابت الغازات R .

التفسير الفيزيائي لذلك فان يعود الى ان الحرارة التي يزود بها الغاز ذو حجم ثابت تؤدي الى تغيير طاقته الداخلية . اما الحرارة التي يزود بها الغاز ذو الضغط الثابت فأنها تؤدي الى زيادة طاقته الداخلية اضافة الى انجاز شغل لزيادة حجمه مع ثبوت الضغط.