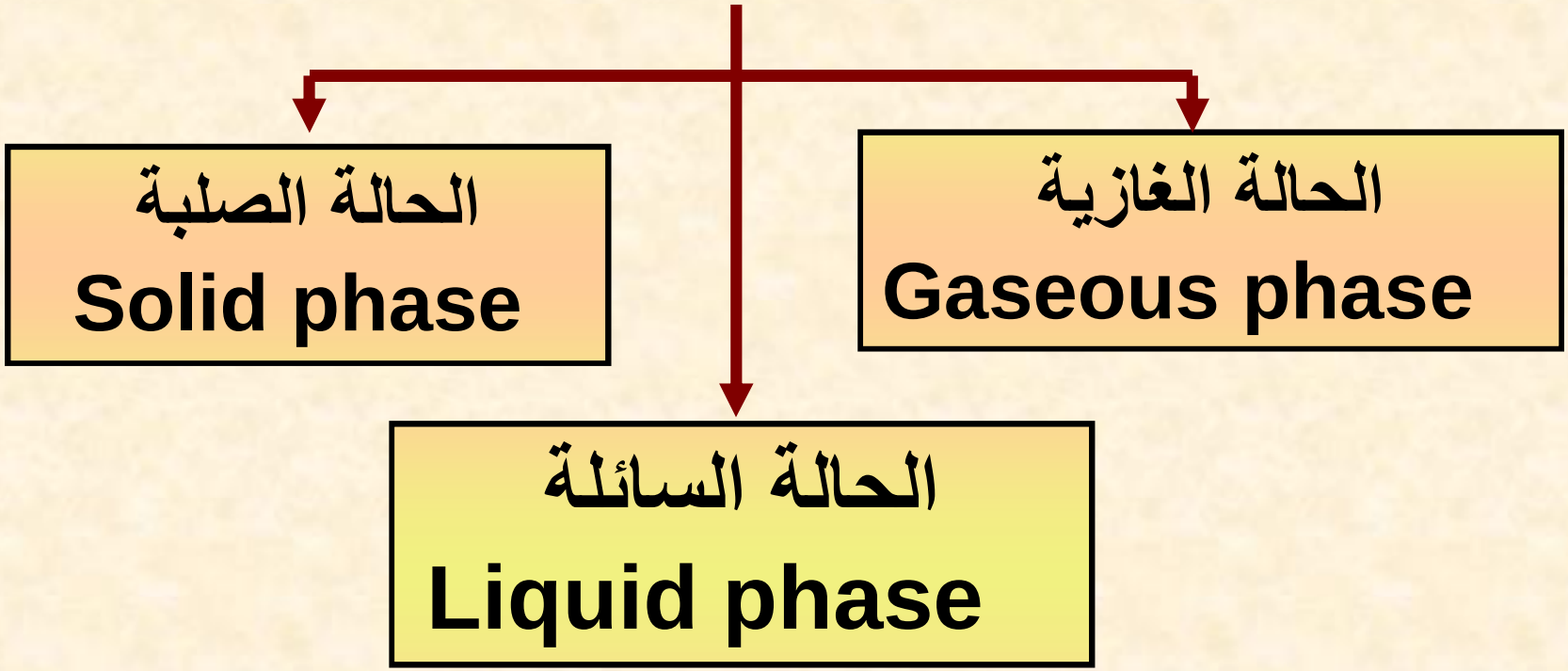
محتوى المحاضرة الثانية

الموائع الساكنة

- حالات المادة
- التوتر السطحي
- المائع وضغطه
- زاوية التلامس
- مبدأ باسكال
- الخاصية الشعرية
- قاعدة أرشميدس
- تطبيقات زراعية

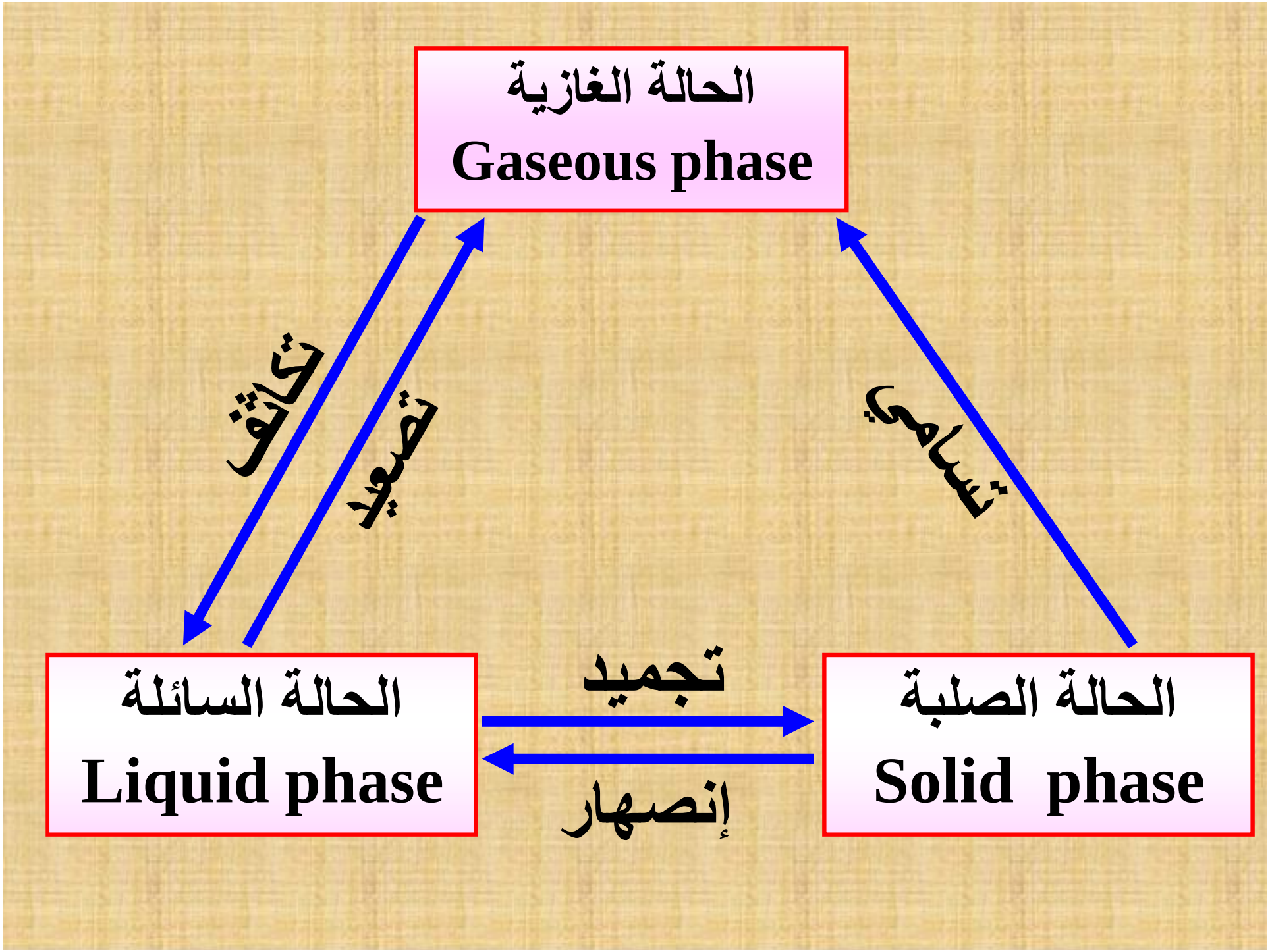
حالات المادة

للمادة ثلاث حالات



وتسمى عملية التحول من إحدى هذه الحالات إلى حالة أخرى

بتغير الحالة


الحالة الغازية
Gaseous phase
تكاثف
تصعيد
تسامي
الحالة السائلة
Liquid phase
تجميد
إنصهار
الحالة الصلبة
Solid phase

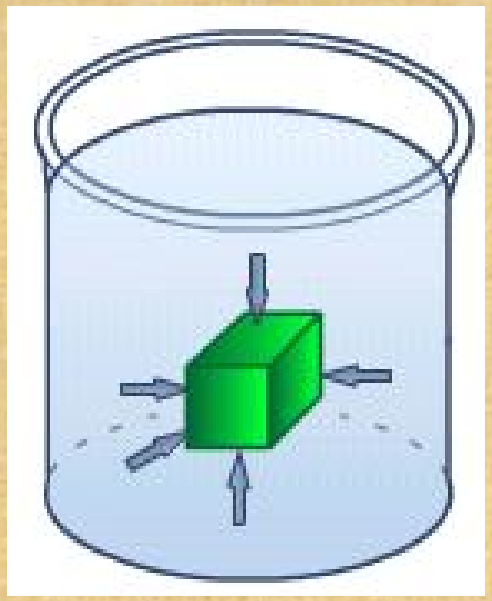
المائع وضغطه

التعرف على المائع

* يتكون المائع من مجموعة من الجزئيات المرتبة عشوائياً
* وتكون القوى بين الجزيئات ضعيفة،
* كما أن المائع يتأثر بسهولة بالقوى الخارجية المؤثرة علية من جوانب الإناء الذي يحويه أو من خارج الاناء
* لذلك لا يكون له شكل محدد.

والأمثلة على الموائع عديدة في حياتنا اليومية، فنحن نتنفس الموائع (الهواء) ونشرب الموائع (الماء والسوائل الأخرى) ويجري المائع (الدم) في عروقنا.

الضغط Pressure



إذا وضع جسم في مائع كما في الشكل التالي:
فإن المائع يؤثر بقوة عمودية على سطح الجسم من جميع الجهات، كما يؤثر بقوى عمودية على جدران الإناء أيضاً وإذا كانت القوة المؤثرة عمودياً على سطح الجسم force (F) و area (A) هي مساحة سطح الجسم فإن الضغط Pressure (P) يعرف على أنه:

" القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات "

وبذلك يكون الضغط :

$$\text{Pressure}\,(P) = \frac{\text{Force}\,(F)}{\text{Area}\,(A)}$$

ويمكن استنتاج وحدة قياس الضغط بأنها :

$$\text{وحدة الضغط} = \frac{\text{وحدة القوة}}{\text{وحدة المساحة}} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{م}^2}$$

وبذلك تكون وحدة قياس الضغط هي (نيوتن/ م٢)

وسميت هذه الوحدة (باسكال) نسبة للعالم الفرنسي الشهير.

والباسكال وحدة صغيرة جداً لذلك يلزم تعريف مضاعفات للباسكال.

١ بار = ١٠٠.٠٠٠ باسكال = ١٠^{5} باسكال .

١ ملي بار = ١٠٠ باسكال.

مثال (١) :

احسب الضغط الذي تولده أسطوانة من الرصاص على سطح المنضدة، إذا علمت أن نصف قطرها ١ سم وارتفاعها ١٠ سم وأن كثافة الرصاص = ١٢ جم / سم٣.

الحل

حيث أن: القوة = الوزن = الكتلة × عجلة الجاذبية الأرضية

Force (F) = weight (w) = mass (m) x gravity (g)

أي أن القوة المؤثرة عمودياً على سطح المنضدة هي وزن الأسطوانة

وزن الأسطوانة = الكتلة × العجلة = (p نق٢×الإرتفاع × ث × العجلة)

= ٣.١٤ ×(٠.٠١)٢ (٠.١) (١٢×١٠٠٠) ×٩.٨

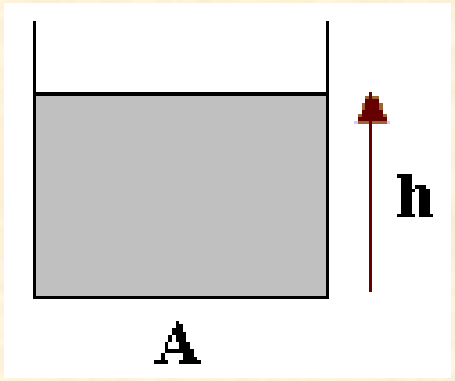
= ٣.٦٩٣ نيوتن

$$\text{Pressure (P)} = \frac{\text{Force (F)}}{\text{Area (A)}} = \frac{weight(W)}{Area(A)} = \frac{3.693}{3.14 \text{ x } 10^{-4}}$$

$$= 11760 \text{ N/m}^2 \text{ (Paskal)}$$

$$= 0.1176 \text{ Bar}$$

الضغط داخل السائل الساكن



نلاحظ في الشكل التالي:

سائل ساكن موضوع في وعاء مساحة قاعدته (A) ومعرض للهواء الجوي ارتفاع السائل في الاناء (h) وكثافته (r). إن السائل يؤثر بقوة عمودية على قاع الإناء، وهذه القوة هي وزن السائل (W).

وزن السائل = الكتلة × العجلة

حيث :

العجلة : سرعة السقوط الحر

الكتلة : كتلة السائل.

وزن السائل = (حجم السائل × كثافته) × العجلة

= (المساحة × الإرتفاع × الكثافة) × العجلة

وينتج عن هذه القوة ضغطاً مقداره (P)،

وهو القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات .

$$P = \frac{F}{A} = \frac{W}{A} = \frac{h \times A \times r \times g}{A} = h \times r \times g$$

ويسمى هذا الضغط بضغط معيار السائل

وبما أن السائل معرض للهواء الجوي فيكون الضغط الكلي (والذي يسمى أحياناً الضغط المطلق).

الضغط الكلي = الضغط الجوي × الإرتفاع × الكثافة × العجلة

Total P = P^{l} x h x r x g

حيث P^{l}= الضغط الجوي.

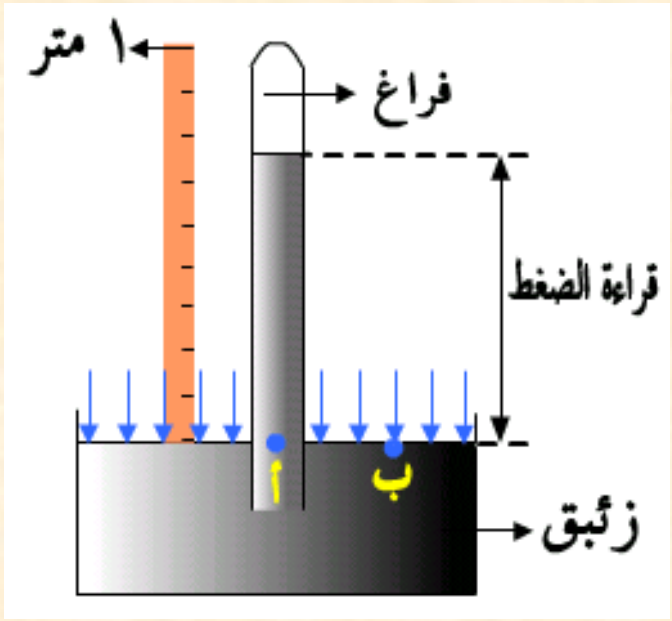
قياس الضغط الجوي

يعرّف الضغط الجوي على أنه "وزن عمود الهواء الممتد من سطح الأرض وحتى آخر طبقات الغلاف الجوي والمؤثر على وحدة المساحات".

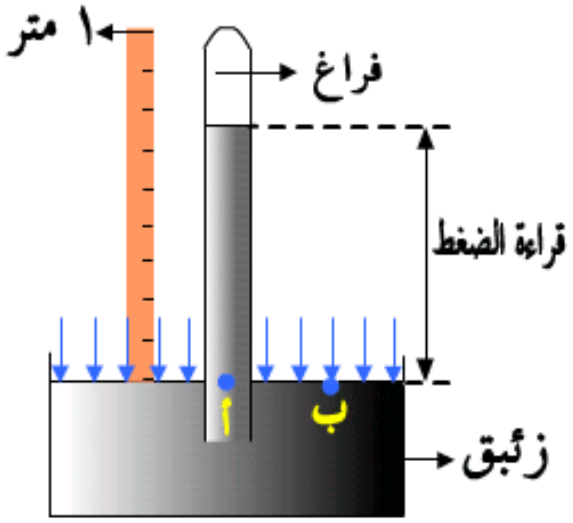
ويمكن قياس الضغط الجوي باستخدام البارومیتر الزئبقي أو البارومیتر المعدني.

أ- البارومیتر الزئبقي

هي أداة تستخدم لقياس الضغط الجوي. والبارومیتر هو أنبوبة زجاجية طويلة مفتوحة من أحد الطرفين تملأ بالزئبق ثم تنكّس في حوض به زئبق كما في الشكل .



وإذا وُضع البارومیتر عند مستوى سطح البحر فإن مستوى الزئبق في الأنبوبة سينخفض حتى يصل إرتفاعه (من مستوى سطح الزئبق في الحوض) إلى ٧٦ سم . وسيترك فراغاً فوق سطح الزئبق يحوي بخار الزئبق والذي عادة ما يكون ضغطه صغيراً جداً إلى درجة يمكن إهماله . ويسمى هذا الفراغ "فراغ تورشيللي".



والآن ماذا نستطيع أن نقول عن علاقة ضغط النقطة (أ) بضغط النقطة (ب) ؟؟؟

وبما أن النقاط على نفس المستوى الأفقي .

إذاً الضغط عند (ب) = الضغط عند (أ)

النقطة (ب) تقع تحت تأثير الضغط الجوي في حين أن النقطة (أ) تقع تحت تأثير ضغط ٧٦ سم زئبق.

الضغط الجوي = الضغط عند النقطة (أ) × كثافة الزئبق × عجلة الجاذبية الأرضية

= ٠.٧٦ × (١٣.٦ × ١٠٠٠) × ٩.٨١

= ١٠١٣٩٦.١٦ باسكال

= ١.٠١٣٩٦١٦ بار

وبذلك نستطيع القول أنه يمكن التعبير عن قيم الضغط الجوي بقيم متعددة :

الضغط الجوي = ٧٦ سم زئبق

= ٧٦٠ ملم زئبق

= ١٠١٤٠٠ باسكال

= ١.٠١٤ بار

<u>والسؤال الآن:</u> لماذا يستخدم الزئبق في الأنبوب ؟

نظراً لعدة أسباب :

١- كثافة الزئبق عالية لذلك يكون ارتفاع عمود الزئبق يساوي (٧٦ سم) في حين أنه إذا استخدم الماء يكون ارتفاع العمود يساوي (١٠م) وهذا غير عملي أثناء الإستخدام.

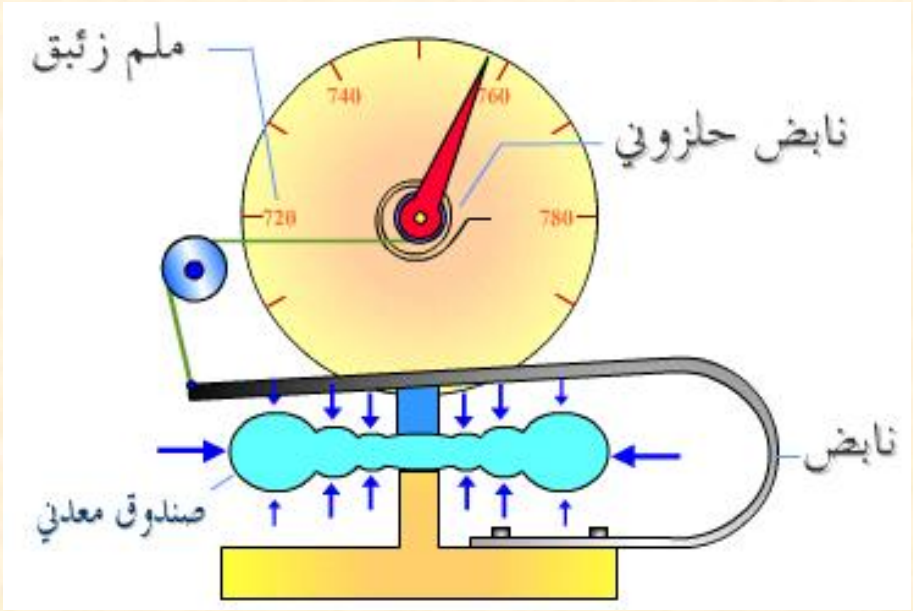
٢- درجة غليان الزئبق عالية جداً ولذلك فإن تبخره قليل .

٣- قوى التماسك بين ذرات الزئبق أعلى من قوى التلاصق بينه وبين الزجاج لذا تكون القراءة دقيقة في حين أن قوى التماسك بين جزيئات الماء أعلى من قوى التلاصق بينها وبين الزجاج فتكون هناك نسبة خطأ في القراءة .

٤- لونه مميز يمكن رؤيته من خلال الزجاج .

ب- البارومیتر المعدني

نظراً لصعوبة التعامل عملياً مع البارومیتر الزئبقي قام العلماء بتصميم البارومیتر المعدني والذي تقل دقته عن البارومیتر الزئبقي. إلا أنه تميز بسهولة قراءته وسهولة حمله .



ويتكون البارومیتر من صندوق معدني مرن الجوانب محكم الغلق يحتوي على هواء بضغط منخفض فكلما كان الضغط أعلى تُضغط جوانبه للداخل كما في الشكل وبذلك يتحرك المؤشر مشيراً إلى قيمة الضغط .

ملاحظة : تتم معايرة البارومیتر المعدني باستخدام البارومیتر الزئبقي .

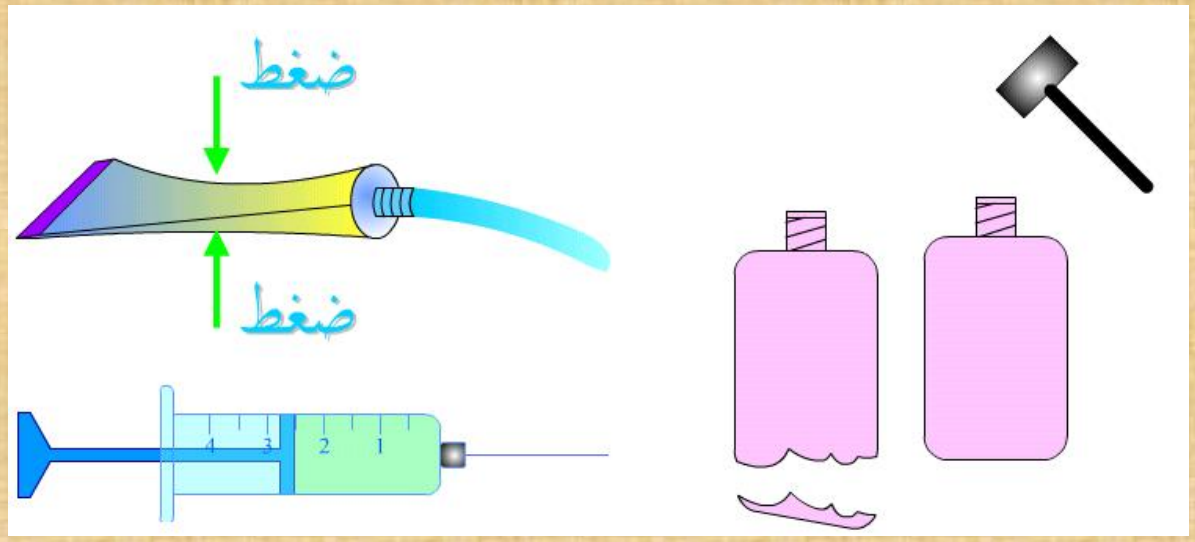
مبدأ باسكال

مشاهدات يومية

١. خروج مادة معجون الأسنان من الأنبوب عند الضغط عليه .

٢. المحقن الطبي .

٣. قد يحدث أحياناً أن تضرب بقوة صغيرة نسبياً على فوهة زجاجة فينكسر قاع الزجاجة .



كل الظواهر السابقة تتعلق بمبدأ يسمى " مبدأ باسكال " والذي ينص على ما يلي:

"إذا سُلط ضغط إضافي عمودي على سائل محصور ، فإن هذا الضغط ينتقل إلى جميع أجزاء السائل وفي جميع الاتجاهات بالتساوي" .

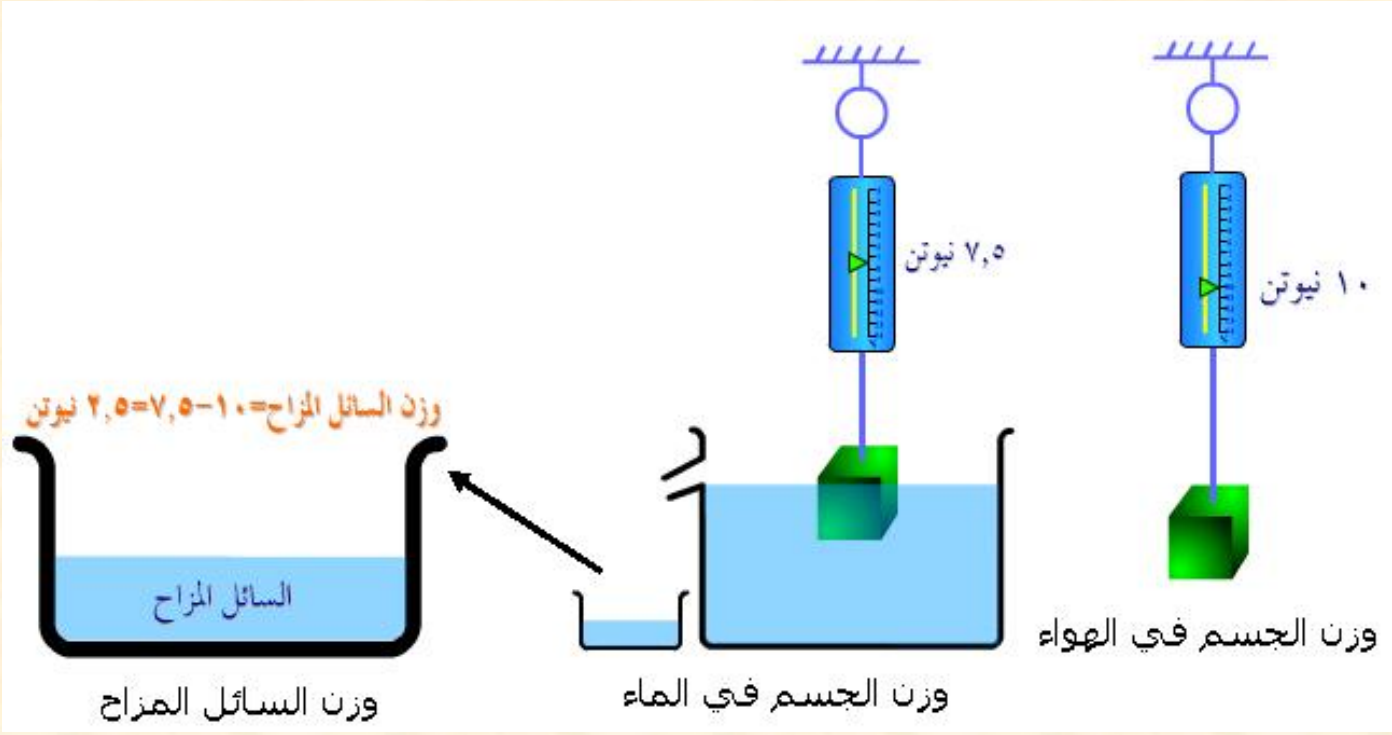
قاعدة أرشميدس

هل تساءلت يوماً كيف تطفو السفينة المصنوعة من الفولاذ على سطح الماء؟ وكيف تغوص الغواصات تحت الماء؟ ولماذا تشعر بأنك أخف وزناً وأنت تسبح تحت الماء؟

للتعرف على ذلك إتبع التالي:

علق جسماً باستخدام ميزان زنبركي وسجل قراءة الميزان .

أحضر حوض فيه ماء كالموضح في الشكل مع دورق إزاحة وأغمر الجسم المعلق بالميزان الزنبركي ثم أوجد وزن الماء المزاح وسجله. ماذا تلاحظ ؟



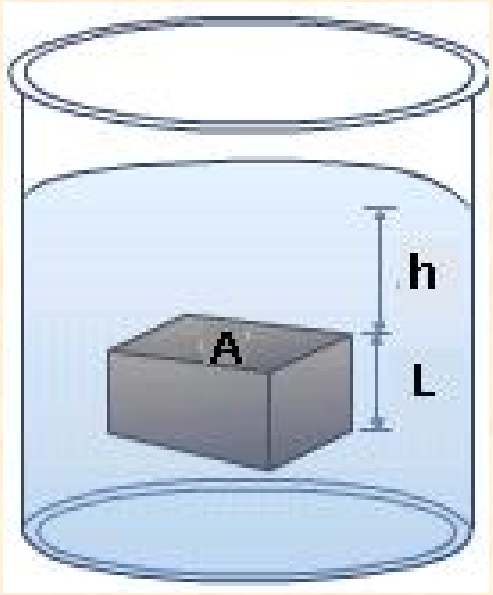
ما هي الإستنتاجات التي حصلت عليها ؟

عند غمر الجسم بالماء ينقص وزنه.
ينقص وزن الجسم بمقدار قوة دفع الماء له (قوة الطفو).
حجم الماء المزاح = حجم الجزء المغمور من الجسم أو الجسم كله
قوة الطفو = وزن الماء المزاح
قوة الطفو = وزن الجسم الحقيقي – وزن الجسم الظاهري

كل الإستنتاجات السابقة يمكن تلخيصها في قاعدة أرشميدس التي تنص على

"إذا غمر جسم في سائل فإنه يفقد من وزنه بمقدار وزن السائل المزاح ."

استنتاج التعبير الرياضي لقاعدة أرشميدس:



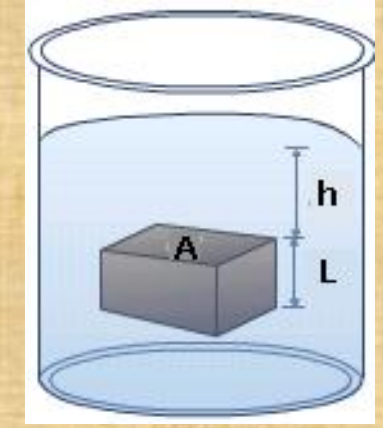
لو قمنا بغمر جسم على شكل متوازي مستطيلات مساحة سطحه العلوي والسفلي (A) وارتفاعه (L) في سائل ما كثافته (r) وغاص الجسم إلى عمق مقدراه (h) من سطح السائل إلى السطح العلوي للجسم.

ماذا نستنتج ؟

القوة التي يؤثر بها السائل على السطح السفلي للجسم أكبر منها على سطحه العلوي، ومحصلة هاتين القوتين هي قوة إلى أعلى تعمل على دفع الجسم إلى أعلى (قوة الطفو) وهي المسؤولة عن نقصان وزن الجسم عند غمره في السائل.

قوة الطفو = القوة المؤثرة على السطح السفلي للجسم – القوة المؤثرة على السطح العلوي للجسم

= الضغط على السطح السفلي – الضغط على السطح العلوي



= (h+L) r g A – h r g A

= L r g A + h r g A – h r g A

= L r g A

وحيث أن (A) مساحة الجسم المغمور ، (L) إرتفاع الجسم المغمور

حجم الجسم المغمور = حجم السائل وبضربه × كثافة السائل = كتلة السائل

أي أن قوة الطفو = كتلة السائل × عجلة الجاذبية الأرضية = وزن السائل المزاح

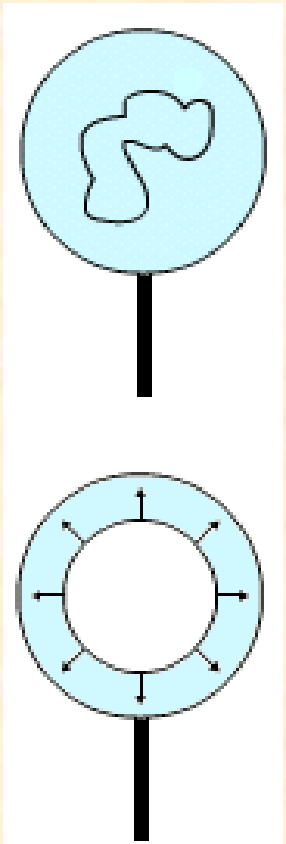
وزن الجسم في السائل (الوزن الظاهري) = وزن الجسم في الهواء – وزن السائل المزاح

وزن الجسم الظاهري = حجم الجسم × كثافته × العجلة ـ حجم السائل × كثافته ×العجلة

وحيث أن حجم الجسم = حجم السائل المزاح

وزن الجسم الظاهري = حجم الجسم × العجلة (كثافة الجسم _ كثافة السائل)

التوتر السطحي

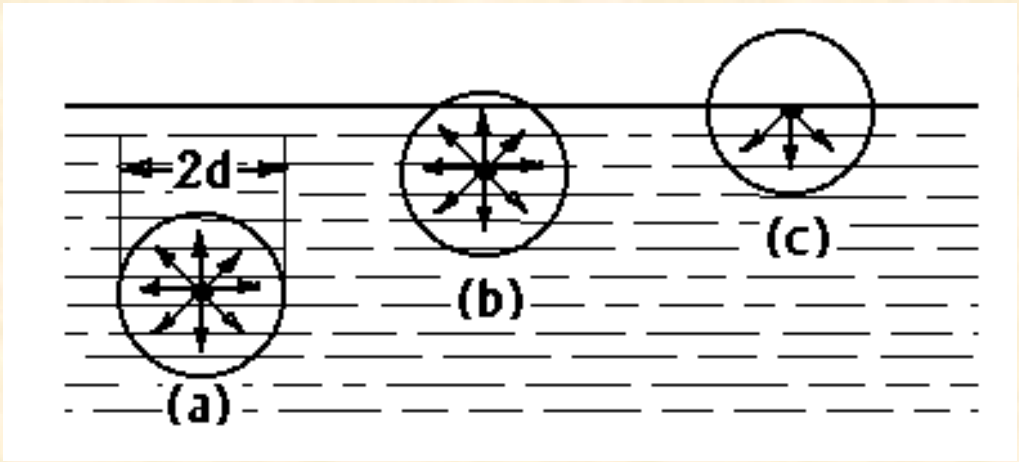


مشاهدات :

١- ما الذي يجعل الإبرة تطفو على سطح الماء عندما تضعها برفق ؟؟

٢- كيف تستطيع الحشرات السير على سطح الماء؟

وللحديث عن منشأ هذه القوى :



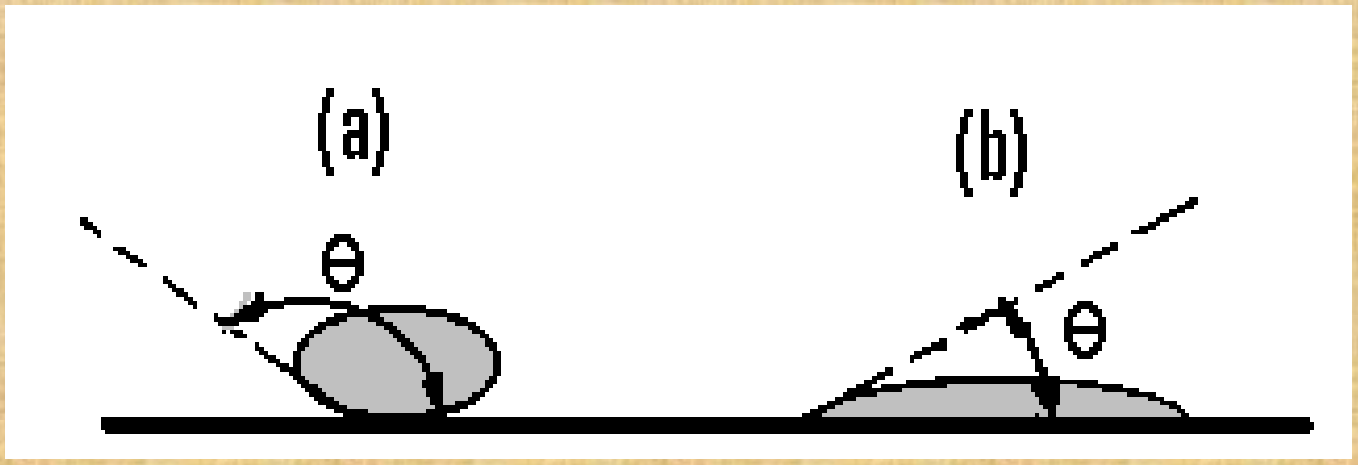
و يتوقف التوتر السطحي علي درجة الحرارة ، ووحدة التوتر السطحي هي داين/سم و يعرف التوتر السطحي بأنه: **القوي التي تؤثر عموديا علي وحدة الأطوال من خط مستقيم يحتويه السطح المعرض للسائل .**

زاوية التلامس

حينما يتقابل سائل مع سطح جسم صلب فإنه يصنع معه زاوية معينة تتوقف قيمتها علي طبيعة كل من السائل و سطح الجسم الصلب الملامس له و تسمي هذه الزاوية (زاوية التلامس) أي أن زاوية التلامس: **هي الزاوية التي تقع داخل السائل بين سطح الجسم الصلب المغمور فيه السائل و بين المماس لسطح السائل عند تقابله مع سطح الجسم الصلب.**

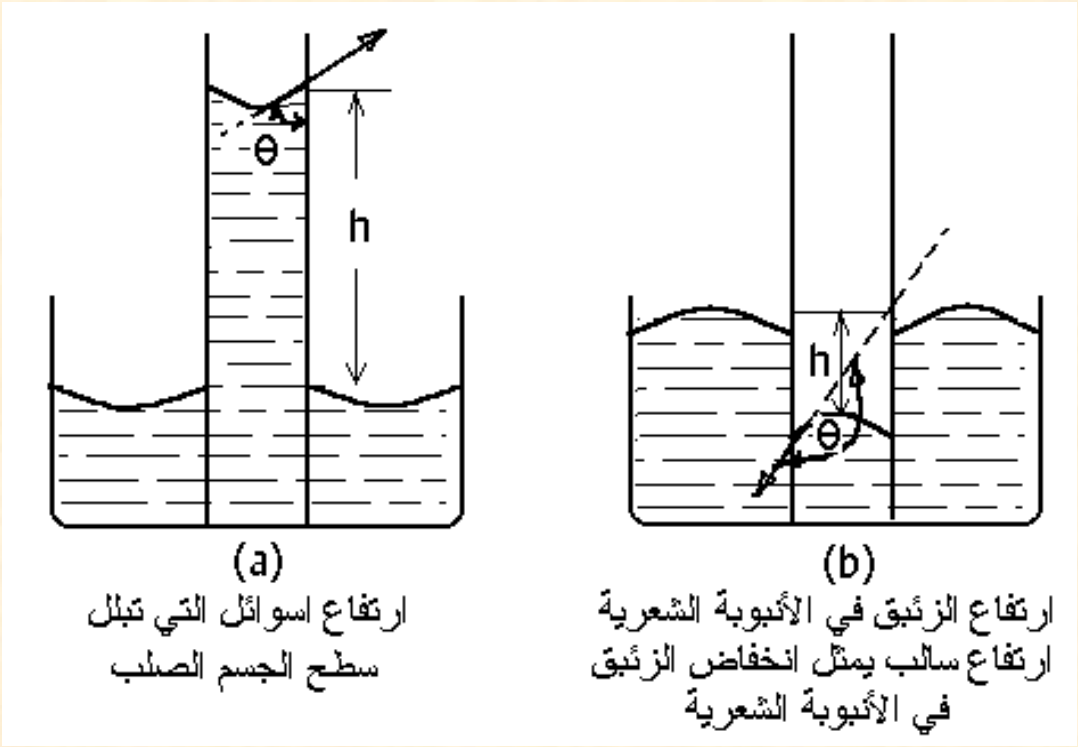
و زاوية التلامس تكون قيمتها صفر في الحالة التي يبلل السائل فيها الجسم الصلب.

و في هذا الشكل نري قطرتين من سائلين مختلفين وضعتا علي لوح من البرافين :



الخاصية الشعرية

إذا و ضعنا أنبوبة زجاجية قطرها الداخلي صغير (أنبوبة شعرية) في وضع رأسي بحيث غمر طرفها السفلي في حوض به سائل فأننا نلاحظ تغير ارتفاع السائل داخل هذه الأنبوبة و تسمي هذه الظاهرة بالخاصية الشعرية .



(a)
ارتفاع اسوائل التي تبلل سطح الجسم الصلب

(b)
ارتفاع الزئبق في الأنبوبة الشعرية
ارتفاع سالب يمثل انخفاض الزئبق في الأنبوبة الشعرية

فإذا كان السائل من السوائل المبللة للزجاج المصنوعة منه الأنبوبة أي أن زاوية التماس بين سطح السائل و جدار الزجاج أقل من ٩٠ فأننا سنلاحظ أن السائل سيرتفع داخل الأنبوبة كما هو الحال في حالة الماء.

يرتفع الماء داخل الأنبوبة الشعرية تحت تأثير قوة التوتر السطحي (أي التجاذب بين جزيئات سطح التماس بين السائل و بين جزيئات الوعاء الصلب المجاورة). و يستمر الارتفاع حتى تتعادل هذه القوة مع وزن عمود السائل الذي ارتفع داخل الأنبوبة فوق مستوي السائل خارج الأنبوبة كما في الشكل السابق.

لنفرض أن r هو نصف قطر الأنبوبة الشعريــة و r هي كثافة السائل و T هي قوة التوتر السطحي و q هي زاوية التماس و h هو ارتفاع السائل داخل الأنبوبة عن السطح خارجها.

قوة الوتر السطحي T على سنتيمتر واحد من محيط التماس بين سطح السائل و الجدار الداخلي للأنبوبة لها اتجاه يصنع زاوية التماس q مع الاتجاه الرأسي. إذن مركبتها في الاتجاه الرأسي تساوي TCos q ، محيط التماس 2pr. \ قوة الجذب إلى أعلى تساوي 2pr TCos q .

في حالة ثبات مستوى السائل داخل الأنبوبة تتعادل هذه القوة مع وزن عمود السائل المرتفع و الذي يساوي كتلة اسطوانة من السائل ارتفاعها (h) ونصف قطرها (r) وهو : p r² h r g

أي أن $2\pi r\, T\cos\theta = \pi r^2 h \rho g$

$$T = \frac{r h \rho g}{2\cos\theta} = \text{dyn/cm}$$

التطبيقات من الناحية الزراعية

الضغط

الأراضي: استخلاص محلول التربة باستخدام طلمبة سحب الهواء.
قياس ثوابت الرطوبة عند تعرضها لضغوط مختلفة

الكيمياء: يستخدم التبخير تحت الضغوط المنخفضة.
دراسة حالات المادة

الميكنة: قياس إنضغاط التربة بعد مرور الآلات الزراعية عليها.
يقاس ضغط المياه في طلمبات الري بأنواعها لقياس معدل التصرف
مقياس هام في شبكات الري بالرش والتنقيط.

البساتين: يستخدم Vacuum كطريقة للإستخلاص والترشيح للعينات.
قياس الصلابة في ثمار الفاكهة بوقوعها تحت ضغوط معينة.

التوتر السطحي

الأراضي: إضافة مادة ناشرة على العناصر الغذائية لتقليل التوتر السطحي وزيادة تلامس العناصر الغذائية مع الورقة النباتية.

وقاية النبات: كذلك في المبيدات يضاف المواد الناشرة للمبيد لرفع كفاءة استخدامه.

الخاصية الشعرية

الأراضي: تفسر التمليح الثانوي بالتربة.

النبات: تفسر صعود العصارة داخل العناصر الناقلة لنسيج الخشب.

أسئلة على المحاضرة الثانية

ما هي حالات المادة وما هي التغيرات الممكن حدوثها للمادة؟ موضحا التغيرات برسم تخطيطي؟

فرق بين عملية التبخير Evaporation والغليان Boiling؟

عرف المائع؟ مع ذكر أمثلة في حياتنا اليومية؟

عرف الضغط؟ مع ذكر المعادلة الرياضية المعبرة عنه؟ ثم استنتاج وحدة قياسه؟

وضح العلاقة بين وحدات قياس الضغط المختلفة "نيوتن/م^{2} – باسكال – بار"؟

إحسب الضغط الذي يولده متوازي مستطيلات من الحديد على سطح المكتب علما بأن طوله = عرضه = ٢٠سم وإرتفاعه ٤٠سم وكثافة الحديد = ٧.٨٦ جم/سم^{٣} وذلك إذا وضع في وضع رأسي وإذا وضع في وضع أفقي؟

إذا كان لديك مكعبات متساوية الحجم من كل من الألومنيوم والزنك والرصاص و البلاتينيوم طول ضلع المكعب = ٢٠سم. إحسب الضغط الذي يسببه كل منها على سطح أفقي. مستعينا بالجدول التالي:

Some Metals Density Table

METAL	DENSITY [g/cm^3]	METAL	DENSITY [g/cm^3]
Aluminum	2.71	Lead	11.35
Copper	8.50	Nickel	8.86
Iron	7.86	Zinc	6.70
Gold	19.31	Platinum	21.45
Nickel	8.8	Silver	10.5

وضح المعادلة التي يمكن من خلالها حساب الضغط الكلي للسائل؟

كيف تحول الكثافة بوحدة (جم / سم٣) إلى (كجم / م٣)؟

إحسب الضغط الذي يسببه إناء اسطواني الشكل نصف قطره ٣٠ سم موضوع على منضدة إذا وضع به ماء بإرتفاع ٣٠سم وإذا وضع به كحول بنفس الإرتفاع وإذا وضع به زيت نباتي بنفس الإرتفاع أيضا مستعينا بالجدول التالي علما بأن الضغط الجوي ١ بار:

Liquid	DENSITY [g/cm^3]	Liquid	DENSITY [g/cm^3]
alcohol	0.87	water	1.00
Vegetable oil	0.91		

ويلاحظ في معادلة حساب الضغط أنه لكي ينتج الضغط بوحدة باسكال (نيوتن / م٢) يجب أن تكون : الكثافة بوحدة (كجم/ م٣) طول عمود السائل بوحدة (م) وسرعة السقوط الحر (العجلة) بوحدة (م/ ث٢)

عرف الضغط الجوي؟ وكيف يمكن قياسه؟

لماذا يستخدم الزئبق في جهاز البارومیتر الزئبقي ؟

إذا كان الضغط الجوي = ٧٦ سم زئبق عبر عنه بـ ملم زئبق – الباسكال – البار؟

متى يزيد أو يقل الضغط الجوي؟

وضح الفكرة الأساسية لجهاز البارومتر المعدني والبارومتر الزئبقي؟

بماذا ينص مبدأ باسكال؟ موضحا مشاهدات يومية عليها؟

بماذا تنص قاعدة أرشميدس؟ وما هي المشاهدات التي تتبع هذه القاعدة؟

استنتج التعبير الرياضي لقاعدة أرشميدس؟

ما هي المشاهدات التي من خلالها تستدل على وجود التوتر السطحي؟ وكيف تثبت وجود التوتر السطحي بتجربة بسيطة؟

عرف التوتر السطحي موضحا وحدة حسابه والعوامل المؤثرة عليه؟

كيف تفسر القوة التي تنشأ عن التوتر السطحي؟

ما هي زاوية التلامس؟ موضحا بشكل تخطيطي نوعين مختلفين من السوائل لهما زوايا تلامس مختلفة؟ و ما هو التطبيق العملي لها؟

باستخدام الأنبوبة الشعرية استنتج التعبير الرياضي التوتر السطحي؟

ما هي التطبيقات الزراعية على الظواهر الفيزيائية التالية: الضغط – التوتر السطحي – الخاصية الشعرية؟

إلى أي ارتفاع يمكن أين يرتفع الماء في مواسير مياه أحد المباني إذا كانت قيمة الضغط في الدور الأرضي طبقا لقراءة مقاييس الضغط هي ٣×١٠^٥ باسكال؟

الحل:

الضغط = الإرتفاع × الكثافة × عجلة الجاذبية

$$P = h \times r \times g \qquad h = \frac{P}{r \times g}$$

$$h = \frac{2.0 \times 10^{7}\ \text{Pa}}{1900\ \text{kg m}^{-3} \times 9.8\ \text{ms}^{-2}} = 30.6\ \text{m}$$

قالب معدني كتلته ٤٠ كجم وحجمه ٥٠٠٠ سم٣ يظل معلقا في زيت كثافته النسبية ٠.٧٦ بواسطة حبل. احسب قوة الطفو B والشد في الحبل T.

الحل:

قوة الطفو B على القالب = وزن الزيت المزاح

وزن الزيت المزاح = حجم الزيت المزاح × كثافة الزيت × عجلة الجاذبية الأرضية

= 0.005 m3 x 0.76 x 103 kg m-3 x 9.8 m s-2 = 37.2 N

B = 37.2 N

الشد في الحبل T = وزن القالب – قوة الطفو B

T = (40 x 9.8) N – B = 392 – 37.2 = 354.8 N

قطعة من سبيكة وزنها في الهواء ٣٨٠ نيوتن ووزنها مغمورة في الماء ٣٢٠ نيوتن احسب حجمها وكثافتها النسبية؟

الحل

قوة الطفو = وزن الماء المزاح

$$380\ N - 320\ N = 103\ kg\ m{-}3 \times V \times 9.8\ m\ s{-}2$$

$$V = 6.1x\ 10\text{-}3\ m3$$

الكثافة النسبية = وزن السبيكة ÷ وزن نفس الحجم من الماء

$$\text{Relative density} = 380 / (380 - 320) = 6.3$$