

محاضرات فى

خواص المادة

الفرقة الاولى

تربية ابتدائى علوم

(لائحة جديدة)

أ.م.د/ عبدالرازق عبدالنعيم محمود

كلية العلوم - قسم الفيزياء



محاضرات في خواص المادة

إعداد
د. عماد علي أحمد
قسم الفيزياء

رؤية كلية العلوم

التميز في تعليم العلوم الأساسية والبحث العلمي للمساهمة في بناء اقتصاد الوطن

رسالة كلية العلوم

تقديم تعليم مميز في مجالات العلوم الأساسية وإنتاج بحوث علمية تطبيقية تدعم اقتصاد الوطن من خلال إعداد خريجين متميزين طبقاً للمعايير الأكاديمية القومية، وتطوير مهارات وقدرات الموارد البشرية، وتوفير خدمات مجتمعية وبيئية تلبي طموحات مجتمع جنوب الوادي، وبناء الشراكات المجتمعية الفاعلة.

الاهداف الاستراتيجية للكلية

1. التميز في مجالات العلوم الأساسية التطبيقية التي تدعم اقتصاد الوطن.
2. تعزيز قدرات ومهارات الطلاب لتمكينهم من المنافسة إقليمياً وعالمياً.
3. تنمية مهارات وقدرات أعضاء هيئة التدريس والهيئة المعاونة.
4. تطوير البيئة التعليمية والتعلمية بالكلية.
5. رفع كفاءة وفاعلية العملية البحثية بكلية العلوم لتصبح الكلية مركزاً بحثياً متميزاً.
6. بناء القدرة المؤسسية للكلية الإدارية والتنظيمية.
7. تبني الشراكات المجتمعية الفاعلة وبناء جسور التواصل مع المجتمع.
8. تنمية الموارد المالية الذاتية للكلية.

مقدمة

المادة من مصطلحات علم الفيزياء وكذلك علم الكيمياء وتعرف المادة بأنها كل ما له كتلة ويشكل حجماً في الفراغ يمكن رصده، كان ذلك تعريف المادة الذي كان مقبولاً قبولاً عاماً في الفيزياء الكلاسيكية، وعليه فتكون كل المركبات التي نراها في حياتنا و كل العناصر المفردة هي امثلة على المادة، فالماء مركب وهو مادة ، والذهب عنصر و هو مادة. بقي ذلك التعريف للمادة صامدا لفترة زمنية طويلة حتى إستطاع الإنسان إكتشاف مكونات الذرة و أنها ليست أصغر صيغة من المادة فأكتشفت الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات، و إعتبرت أجسام صغيرة من المادة و سميت جسيمات أي أجسام صغيرة، لم يتغير عندها مفهوم المادة بشكل كبير و إن ما نتج هو وجود جسيمات كتلتها و حجمها أقل، و بالتالي أصبح لدينا جسيمات مادية أصغر مما كنا نتوقع.

و لكن تقدم علم الفيزياء وضع تعريف المادة في موضع حرج، فقد نتج مع العلماء وجود مادة تشكل حيز و لها نشاط يمكن رصده و لكنها عديمة الكتلة ، و من أمثلة ذلك الفوتونات و الجلونات ، و مما زاد الامر تعقيدا وضع العالم ألبرت أينشتين لمعادلة يثبت فيها تكافؤ الكتلة و الطاقة، و هذا يعني أن الفوتون مثلا عبارة عن مادة حتى لو لم يكن لديه كتلة فهو يشكل حيزا في الفراغ و له طاقة.

ما زال العلم الحديث يبحث في المادة ، فاليوم نجد نظريات جديدة تبرز تبين أن كل من البروتونات و النيوترونات ليست جسيمات أولية ، بل إنها تتكون من جسيمات أصغر منها ، سميت تلك الجسيمات المفترضة بالكواركات ، و على الرغم من عدم إمكانية البشر حتى يومنا هذا من رصد كوارك واحد مفرد ، إلا أنّ فرضية وجوده حلت معضلات حقيقية كان علماء الذرة يحيرون فيها!

إنّ فهم المادة و تعريفها مقترن بالنظرية التي توصفها، فوفق نظرية أينشتين فلا يوجد فرق جوهري بين المادة والطاقة ، وحسب معادلات نظريته حول الطاقة فإنه يمكن تحويل المادة إلى طاقة والعكس ، كذلك فوفق نظرية ميكانيك الكم فإنّ المادة على مستوى الجسيمات تسلك سلوكاً غريباً فهي تتصرف كدالة موجية غير محدّدة المكان!

المادة إما أن تكون في الحالة الصلبة أو الحالة السائلة أو الحالة الغازية وفقا لنوع القوى التي تربط بين جزيئات المادة. فعندما تكون قوى الترابط قوية فان المادة تتواجد في حالتها الصلبة وعندما تكون قوة الترابط متوسطة فان المادة تتواجد في حالتها السائلة وعندما تكون هذه القوة ضعيفة جدا يكون ذلك مميزا للحالة الغازية للمادة.

هذا وتوجد حالة رابعة للمادة يطلق عليها حالة البلازما. وتتكون البلازما من خليط من الأيونات السالبة والموجبة مع الذرات المتعادلة في درجات حرارة عالية جدا. و تعد الشمس والنجوم مثلا لحالة البلازما.

وتعتمد كل حالة من حالات المادة على الضغط ودرجة الحرارة. ويمكن أن تتحول المادة من إحدى صورها إلى صورة أخرى تحت تأثير هاذين العاملين. فمثلا لو انخفضت درجة حرارة الماء (حالة سائلة) لتحول إلى جليد (حالة صلبة) وهذا التحول له تأثير كبير على تركيب المادة وبالتالي على خصائصها. حيث أن تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة يكون مصاحبا بزيادة في الحجم و بذلك يحدث ما يسمى بالانزلاق الأرضي وغيره من المخاطر.

خصائص المادة :

- الخصائص الميكانيكية: (معامل يونج، والمرونة، ومقاومة الشدّة، ومقاومة الانضغاط، ومقاومة القصّ، ومقاومة الخضوع، وقابليّة الطرق،

- والانفعال عند الاثهار، والمتانة، وشدة تحمل الصدمة، وقابلية اللحام، والكثافة، واللزوجة، وسرعة الانفجار، والرجوعية).
- الخصائص الكهربائية: (الناقلية الكهربائية، والسماحية، وثابت العازل، وشدة العزل، والثوابت الكهروضغطية).
 - الخصائص الحرارية: (الموصل الحراري، ومعامل الانتشار، والانبعائية، ومعامل التمدد الحراري، والحرارة النوعية، وحرارة التبخر، وحرارة الانصهار، والاشتعال، وضغط البخار، ودرجة الحرارة الحرجة، ونقطة الانصهار، ودرجة حرارة الاشتعال الذاتي).
 - الخصائص المغناطيسية: (المغناطيسية المسايرة، والمغناطيسية المعاكسة، والمغناطيسية الحديدية، والمغناطيسية الحديدية المضادة).
 - الخصائص الضوئية: (انكسار الضوء، وانعكاس الضوء، وسرعة الضوء، والتداخل، وحيود الضوء).
 - الخصائص الصوتية: (انكسار الصوت، وامتصاص الصوت، وانعكاس الصوت، وسرعة الصوت).
 - الخصائص الإشعاعية: (عمر النصف، وأشعة بيتا، والأشعة السينية، أشعة جاما، واشعاع شيرينكوف).
 - الخصائص الذرية.
 - الخصائص الفيزيائية.
 - الخصائص التصنيعية.
 - الخصائص البيولوجية.
 - الخصائص البيئية.

[1]

مفهوم المادة وخصائصها

المادة هي كل ما له كتلة يشغل حيزا من الفراغ

وطبقا لهذا المفهوم فكل ما يحيط بنا من اشياء هي عبارة عن مواد مثل القلم، الكتاب، الكوب، الملح، السكر، الهواء، الماء.....الخ.

وكل هذه المواد اعيد تختلف عن بعضها ببعض الخصائص او الميزات فقد تختلف تلك المواد عن بعضها في اللون او الطعم او الرائحة ومن المواد التي ليس لها طعم او لون او رائحة مميزة يمكننا ان نميز بينهما من خلال مجموعة اخرى من الخصائص مثلا:

الكثافة - درجة الغليان - درجة الانصهار - المرونة - النشاط الكيميائي - التوصيل الكهربائي - التوصيل الحراري..... وغيرها.

عند دراسة المادة وجدا انها اما ان تكون متجانسه او غير متجانسه و تتكون المادة من وحدات بنائيه صغيرة تسمى الجزيئات ومفردها الجزيء ويلاحظ ان الجزيء يتكون من وحدات بنائيه اصغر تسمى ذرات ويلاحظ ان جزيئات المادة الواحدة اذا كانت متجانسه تكون متشابهه وجزيئات المادة اذا كانت غير متجانسه تكون غير متشابهه.

ونلاحظ ان المادة عندما يحدث لها التغير يكون تغير كيميائي او تغير فيزيائي.

■ التغير الكيميائي : هو التغير الذي يحدث في تركيب المادة وينتج عنه مواد جديدة

■ التغير الفيزيائي : هو التغير الذي يحدث في تركيب المادة ولا ينتج عنه مواد جديدة ابيحدث في مظهر المادة فقط.

ولابد هنا التنويه عن بعض المفاهيم المتربطة بالمادة مثل الكتلة والكثافة والوزنالخ.

الكتلة: هي كمية المادة الموجودة في جسم ما. وهي ترتبط بالجسم فقط ولا تتغير بتغير المكان.

الوزن: ما هو الا قياسا لقوة الجاذبية المطبقة على هذا الجسم. وعليه فان الوزن عبارة عن قوة، وبما ان القوة هي حاصل ضرب الكتلة والعجلة. بالتالي فوزن جسم ما هو الا حاصل ضرب الكتلة والعجلة الذي تحدثه الجاذبية (عجلة الجاذبية الارضية مثلا) وعليه يتغير وزن الجسم بتغير المكان، فعلى سبيل المثال، تزن الأجسام على سطح القمر أقل مما تزنه على سطح الأرض بسبب نقص الجاذبية. وفيما يلي جدول يوضح مقارنة بين الكتلة والوزن:

وجه المقارنة	الكتلة	الوزن
التعريف	هي كمية المادة الموجودة في الجسم بغض النظر عن حجمه أو القوى المؤثرة عليه.	قياس قوة الجاذبية المؤثرة على الجسم.
تأثير الجاذبية	تبقى الكتلة ثابتة في أي مكان و زمان	يرتبط وزن جسم ما بجاذبية المكان الذي يتواجد فيه
وحدة القياس	جرام او مضاعفاته	داين او مضاعفاته
وسيلة القياس	يتم قياس الكتلة باستخدام ميزان عادي، ميزان ثلاثي الأذرع، ميزان الرفع أو ميزان إلكتروني.	يتم قياس الوزن باستخدام ميزان ذي نابض (الميزان الزنبركي)
نوع الكمية	كمية قياسية	متجهة أو مشتقة

الحجم: هو مقدار الحيز او المكان الذي يشغله الجسم. وحدة قياسه سم³ او م³. ويمكن حساب الحجم على حسب شكل المادة فكل مادة لها شكل معين يكون لها قانون يحسب الحجم مكعب، متوازي مستطيلات، اسطوانة،..... الخ. اما اذا كانت ليس للمادة شكل محدد او كونها سائلة يمكن استخدام المخبر المدرج كإداة لقياس الحجم.

الكثافة: كتلة وحدة الحجم من المادة، أو هي كتلة ١ سم³ من المادة. فالكثافة هي العلاقة بين حجم المادة وكتلتها. وتعطى من خلال العلاقة التالية:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

وعليه فان وحدة قياس الكثافة هي جم/سم³.

مثال: في تجربةٍ لتعيين كثافة سائل عملياً سُجلت النتائج التالية:

- كتلة الكأس الزجاجي فارغة = ٧٥ جم.
- كتلة الكأس وبها السائل = ١٣٥ جم.
- حجم السائل في المخبر المدرج = ١٠٠ سم³

احسب كثافة السائل.

الحل:

كتلة السائل = كتلة الكأس وبها السائل - كتلة الكأس فارغة

$$\text{كتلة السائل} = ١٣٥ - ٧٥ = ٦٠ \text{ جم.}$$

والآن نطبق قانون الكثافة:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \frac{60}{100} = 0.6 \text{ جم}^3/\text{سم}^3$$

ومن المواضيع الفيزيائية الشهيرة و المرتبطة بمفهوم كثافة المادة هو طفو المواد او غوصها داخل الماء فلو وضعنا مجموعة موادٍ في حوضٍ مملوءٍ بالماء، كعملةٍ معدنية، ومسمار، وقطعةٍ ثلج، وقطعةٍ خشب، وقطعةٍ فلين، وقطرةٍ زيت، فهل تطفو تلك الموادُ على سطحِ الماء أم تغوص فيه؟
بعضُ الموادِ تطفو، والبعض الآخر يغوص، والذي يحدد أيها يطفو وأيها يغوص هي خاصية الكثافة. فالمواد الأقل كثافة من الماء تطفو، والمواد الأكثر كثافة من الماء تغوص.

في الجدول التالي الكثافة لبعض المواد المشهور وشائعة الاستخدام:

المادة	الكثافة kg/m^3	المادة	الكثافة kg/m^3
هواء	1.2	ثلج	920
ثاني أكسيد الكربون	1.98	ألومنيوم	2700
ماء	1000	النحاس	8890
ماء البحر	1025	حديد	7860
الغول الإثيلي	790	ذهب	19300
الجلسرين	1260	فضة	10500
الزئبق	13600	الخشب	500 - 1000

تدريب:

إذا كانت كتلة ٥ سم^٣ من الماء تساوي ٥٠ جم، فأجب عمّا يلي:

١. احسب كثافة الماء.
٢. المادة (س) مادة مجهولة، حجم ٥ جم منها يساوي ٢٥ سم^٣، فهل تطفو هذه المادة فوق سطح الماء أم تغوص؟
٣. المادة (ص) مادة مجهولة، حجم ٢٢ جم منها يساوي ٢,٢ سم^٣، فهل تطفو هذه المادة فوق سطح الماء أم تغوص؟

القوة: إن إحساسنا بالقوة ينتج من خلال ملاحظتنا للأثر الذي تحدثه القوة عندما تؤثر على الاجسام المختلفة.

إن القوة تحدث في الجسم تأثيرا واحدا او اكثر من التأثيرات التالية:

١. قد تتسبب في حركة الجسم فتقله من موضعه او تحدث فيه دورانا.

٢. قد تغير من شكل الجسم.

٣. قد تغير من حجم الجسم او من أحد أبعاده.

وبناء على ما سبق يمكن تعريف القوة على النحو الآتي:

القوة: هي ذلك المؤثر الذي إذا أثر على جسم ما فإنه يسبب تغيرا في شكل الجسم أو موضعه او في إتجاهه أو حركته.

هناك أنواع مختلفة من القوى مثل الشد والضغط والدفع والسحب والاحتكاك.....الخ. بل واتسع مفهوم القوة في علم الفيزياء ليشمل انواعا مختلفة مثلا القوة الكهربائية والمغناطيسية والقوى النووية، وحدة قياس القوة في النظام العالمى هي النيوتن.

تدريب: كرة حديدية كتلتها ٧٥٠ جم ، إذا كان عجلة الجاذبية الارضية

٩,٨ متر/ثانية^٢، وعجلة الجاذبية القمرية ١,٦ متر/ثانية^٢. اوجد ما يلي:

١. وزن الكرة على سطح الارض.

٢. وزن الكرة على سطح القمر.

٣. كتلة الكرة على سطح القمر.

☒ حالات المادة:

هناك العديد من الحالات التي تقوم عليها المادّة. وفيما يلي ندرس حالات المادة الثلاثة الشهيرة الصلبة والسائلة والغازية نقدم اولا الخصائص العامة لكل حالة وبعدها نتناول من كل حالة بعض الخصائص المشهورة بها والاكثر تطبيقا في حياتنا العملية:

الحالة الصلبة



- ✓ تتحرك دقائقها حركة موضعية اهتزازية.
- ✓ لها شكل ثابت.
- ✓ لها حجم ثابت.
- ✓ غير قابلة للانضغاط.
- ✓ طاقتها الحركية منخفضة.

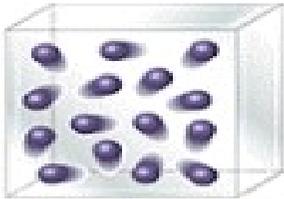
الحالة السائلة



- ✓ تتحرك دقائقها حركة انتقالية ودائمة وعشوائية.
- ✓ تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه.
- ✓ لها حجم ثابت.
- ✓ صعبة الانضغاط.
- ✓ قابلة للجريان.
- ✓ طاقتها الحركية عالية.

الحالة الغازية

- ✓ تتحرك دقائقها حركة انتقالية ودائمة وعشوائية وسريعة وفي خطوط مستقيمة وفي كافة الاتجاهات.
- ✓ تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه.
- ✓ حجمها غير ثابت ويعتمد على حجم الوعاء الذي توضع فيه.
- ✓ قابلة للانضغاط بسهولة.
- ✓ تمتاز بخاصية الانتشار.
- ✓ طاقتها الحركية عالية جداً.



[2]

التوتر السطحي

هي احد خواص السوائل المشهورة جدا وتميز سطح السائل فيما يلي نتعرض لهذه الظاهرة من حيث معناها الفيزيائي، تفسيرها العلمي، تجربة عملية لتوضيحها، تطبيقاتها او وجودها في حياتنا اليومية.

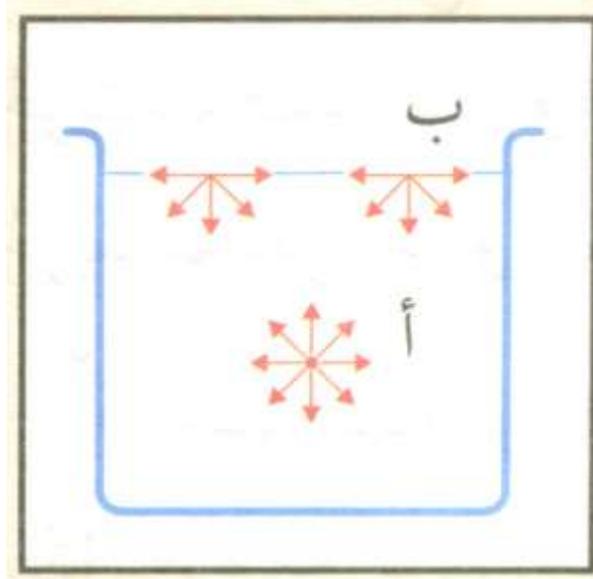
تقدم ظاهرة التوتر السطحي تفسيراً لكثير من الظواهر الشائعة في حياتنا والتي يظهر فيها سطح السائل كأنه غشاء مرناً مشدوداً. فعلي سبيل المثال:

- بعض الحشرات الخفيفة يمكنها الوقوف والسير فوق سطح الماء دون أن تبتل.
- نستطيع أن نضع قطعة نقود برفق لتطفو فوق سطح الماء، بالرغم من أن وزنها أكبر بكثير من قوة الدفع لأرخميدس.
- نستطيع أن نضع قطعة نقود برفق لتطفو فوق سطح الماء، بالرغم من أن وزنها أكبر بكثير من قوة الدفع لأرخميدس.
- قطرات المطر أو قطرات الماء الساقطة من الصنبور تأخذ شكلاً كروياً.
- إمكانية عمل فقاعات من الصابون بينما لا يمكن القيام بعمل فقاعات باستخدام الماء النقي وحده.

تنشأ ظاهرة التوتر السطحي عن قوى التماسك وقوى التلاصق بين الجزيئات عند سطوح السوائل وهي خاصية سطحية لا وجود لها داخل السائل.

ويمكننا فهم هذه الظاهرة، من المعروف أن السائل يتكون من جزيئات تتجاذب مع بعضها. و يتعرض الجزيء في داخل السائل إلى قوى جذب من الجزيئات التي تحيط به من جميع الجهات. و يتأثر الجزيء بقوى الجذب

النتيجة عن الجزيئات الموجودة داخل كرة يكون الجزىء فى مركزها و يمثل نصف قطرها مدى قوة الجذب بين الجزيئات و يساوى $1,6 \times 10^{-6}$ متر و بالنسبة للجزىء الموجود فى باطن السائل تكون القوى المؤثرة عليه متزنة أى تكون محصلتها مساوية صفرا. أما إذا اقترب الجزىء الممثل بمركز الكرة من سطح السائل، فإن القوى المؤثرة على هذا الجزىء تصبح غير متوازنة و السبب فى ذلك هو أن جزء من نصف الكرة العلوى يمتد الآن فوق سطح السائل و بذلك يكون عدد الجزيئات الجاذبة فيه أقل من تلك الموجودة فى النصف الأسفل و تكون هناك محصلة لقوة الجذب إلى داخل السائل.

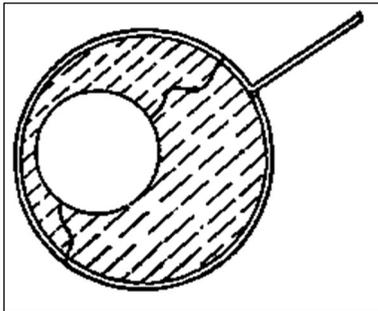
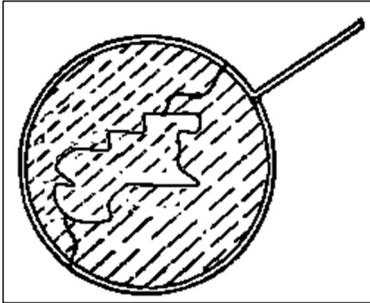


و كلما زاد اقتراب الجزىء من سطح السائل فإن حالة عدم الإتيان تزداد حتى تبلغ قيمتها العظمى عندما يكون الجزىء على سطح السائل. و لذلك فإن الجزيئات الموجودة على سطح السائل تتعرض إلى قوى جذب كبيرة فى اتجاه داخل السائل. هذه القوى تجعل سطح السائل يميل إلى التقلص ليصغر فى المساحة . ومن ذلك يتضح أنه لزيادة سطح السائل لابد من بذل شغل لكى

ندفع ببعض الجزيئات من داخل السائل إلى سطحه و هذا الشغل سيبدل ضد القوى الجاذبة التي تجذب هذه الجزيئات إلى داخل السائل. ويعرف الشغل المبذول لزيادة مساحة سطح سائل ما بمقدار وحدة المساحات بمعامل التوتر السطحي .

ولذلك يعرف التوتر السطحي بأنه الشغل اللازم لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار وحدة المساحات، وذلك عند درجة حرارة وضغط ثابتين.

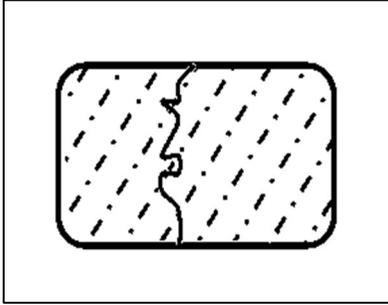
وحدات التوتر السطحي في النظام الدولي هي جول/متر^٢ وفي النظام الفرنسي هي إرج/سم^٢. وتعتمد قيمة التوتر السطحي على نوع السائل ودرجة الحرارة والضغط. فيقل معامل التوتر السطحي بزيادة أي من درجة الحرارة أو الضغط.



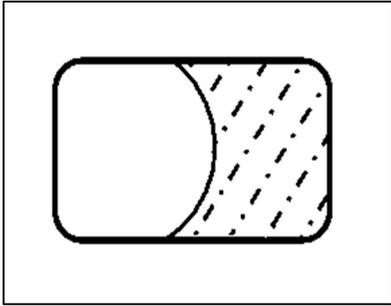
ولإظهار قوى التوتر السطحي عملياً نحضر سلكاً معدنياً على شكل حلقة، ونثبت بداخله خية من خيط خفيف، فعندما نغمر السلك في محلول صابون ثم نرفعه، يتكون غشاء رقيق من الصابون داخل الحلقة وتأخذ خية الخيط أي شكل.

فإذا قطعنا الغشاء داخل الخية فقط نجد أنها تأخذ في الحال الشكل الدائري، وذلك لأن قوى التوتر السطحي تؤثر عمودياً على كل أجزاء الخية فتجعلها

بذلك دائرية الشكل .



وفي تجربة مشابهه، إذا أحضرنا سلكاً علي هيئة مستطيل وثبتنا عليه خيط ثم غمرناه في محلول الصابون ورفعناه بخفة نجد تكوين غشاء رقيق من محلول الصابون على هذا المستطيل ونشاهد أن الخيط يأخذ أي شكل.



أما إذا نفذنا جسماً مدبباً في أحد جانبي الغشاء لينقشع جزء من الغشاء فأنا نشاهد أن الخيط يأخذ شكلاً مقوساً.

والسبب في أن الخيط في الحالة الأولى يأخذ شكلاً غير منتظم هو أن أي جزء من الخيط

الرفيع واقع تحت تأثير قوتين متساويتين ومتضادتين في الإتجاه على كل من سطحي الغشاء. أما في الحالة الثانية فإن الخيط يأخذ شكل القوس لوجود قوى التوتر السطحي والتي تؤثر عمودياً على أجزاء الخيط من جهة واحدة، وتعمل هذه القوي على أن تصبح مساحة الغشاء أصغر ما يمكن.

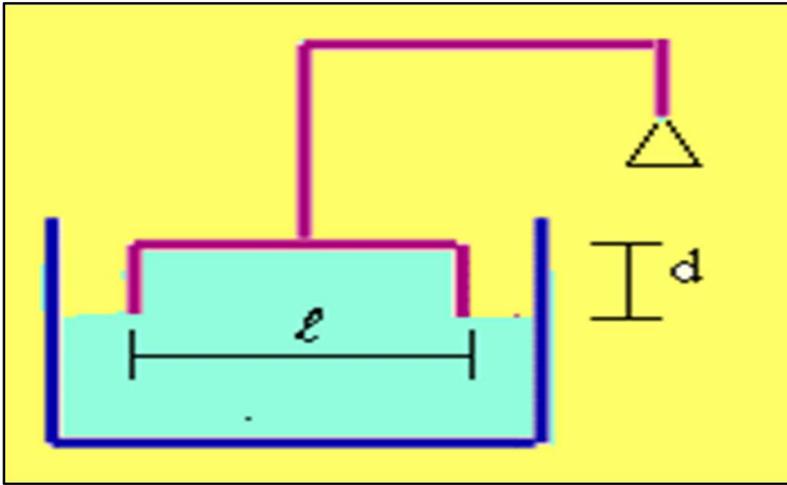
من التجريبتين السابقتين نجد أن: أي خط على سطح السائل يكون واقعاً تحت تأثير قوتين متساويتين مقداراً ومتضادتين اتجاهاً.

ويعرّف التوتر السطحي بأنه القوة المؤثرة عمودياً على وحدة الأطوال من أي خط من خطوط سطح السائل، عندما تكون هذه القوة موازية للسطح.

وحدات التوتّر السطحي في النظام الدولي هي نيوتن/متر وفي النظام الفرنسي هي داين/سم . لاحظ أن كل من جول/متر² و نيوتن/متر متطابقين، وبالمثل يكون إرج/سم² متطابق مع داين/سم.

تجربة لتعيين التوتر السطحي:

هناك تجربة بسيطة لقياس قوة التوتر السطحي لسائل تقوم على أساس هذا التعريف البسيط . لنفرض أن لدينا قطعة سلك على شكل حرف U ربطت قاعدتها بخيط مثبت في ميزان ثم غمرت داخل السائل المراد إيجاد التوتر السطحي له. عند رفع هذا السلك تدريجياً وببطء إلى أعلى، نلاحظ أنه قد تكونت طبقة رقيقة من السائل داخل السلك. كما بالشكل التالي:



معنى ذلك أن المساحة الأصلية لسطح السائل قد زادت بمقدار $2l \times d$ حيث ترمز l إلى طول السلك، d إلى عرض طبقة السائل، والمعامل 2 مرجعه إلى وجود سطحين للسائل. الشغل اللازم لزيادة مساحة السطح هو:

$$W = 2ld\gamma$$

وباستخدام الميزان الحساس يمكن تعيين الكتلة m التي سببت قوة الشد على السلك قبل تكون الغشاء الرقيق من السائل داخله. قيمة قوة الشد F الناتج عن تكون هذا الغشاء هي:

$$F = m g$$

وحيث أن هذه القوة F قد رفعت السلك مسافة d فإن الشغل المبذول هو:

$$W = F \times d = m \times g \times d$$

وهذا الشغل يساوي الشغل اللازم لزيادة مساحة السطح أي أن:

$$m g d = 2 l d \gamma$$

$$\gamma = m g / 2 l$$

فيما سبق وضحنا ظاهرة التوتر السطحي لسائل بمفرده كقطرة المطر، والآن نلقى الضوء على سائل موجود داخل إناء. هنا لابد من تعريف نوعي القوة التي تعتمد عليها تلك الظاهرة وهما:

- قوى التماسك: هي القوى المؤثرة بين جزيئات السائل مع بعضها البعض
- قوى التلاصق: هي القوى المؤثرة بين جزيئات السائل وبين جزيئات جدران الإناء الذي يحوي هذا السائل .

وايضا نحتاج لتعريف مهم جدا هو ما يطلق عليها زاوية التماس وهي:

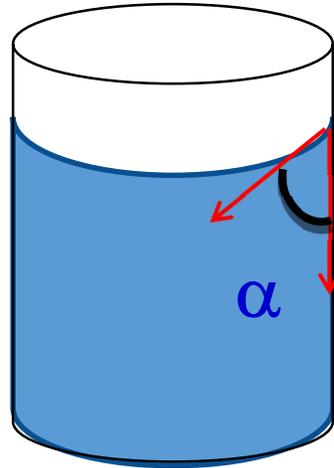
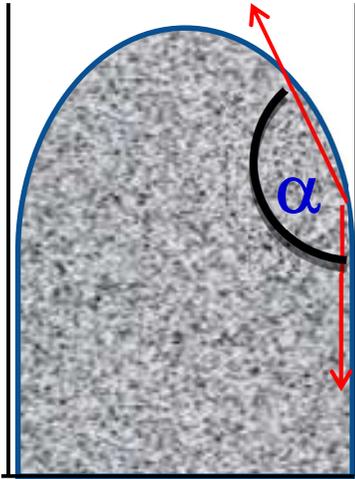
- زاوية التلامس "التماس" α : هي زاوية داخل السائل تكون محصورة بين جدار الإناء والتماس لسطح السائل.

وتتوقف زاوية التلامس α على نوع السائل ونوع مادة الإناء والوسط الموجود فوق السائل. حيث و قد تكون زاوية التماس أكبر من ٩٠ درجة كما في حالة الزئبق و الزجاج (١٣٧ درجة) و قد تكون أقل من ٩٠ درجة كما في حالة الماء و

الزجاج غير النظيف أما إذا كان الزجاج نظيفاً فإن زاوية التماس مع الماء تساوي الصفر و يقال أن الماء يببل الزجاج تماماً. وبناء على كل ما سبق فإن جزيئات السائل التي تكون عند السطح وقريبة من جدار الإناء فإنها تتعرض لقوة أخرى هي قوة التلاصق مع مادة الإناء. وهناك حالتين هما:

أولاً: محصلة قوى التلاصق > من محصلة قوى التماسك

١. فإن سطح السائل يأخذ شكلاً مقعراً.
٢. يكون في هذه الحالة السائل مببل لمادة الإناء.
٣. زاوية التماس "التماس" α حادة.
٤. كما هو الحال في حالة الزجاج والماء وأيضا النحاس والزئبق.



ثانياً: محصلة قوى التلاصق < من محصلة قوى التماسك

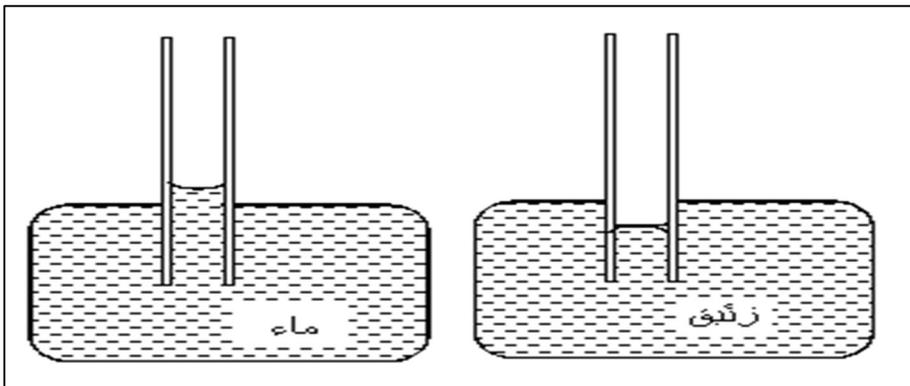
١. فإن سطح السائل يأخذ شكلاً محدباً.
٢. يكون في هذه الحالة السائل غير مببل لمادة الإناء.
٣. زاوية التماس α منفرجة.
٤. كما في حالة الزجاج والزئبق.

الخاصية الشعرية

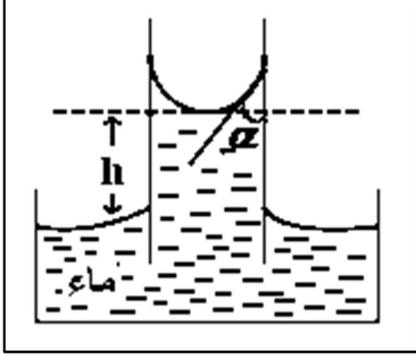
تلعب ظاهرة الخاصية الشعرية دورا هاما في سريان الماء في النباتات الحية. فهي التي تمكن جذور النبات من امتصاص الماء بما فيه من مواد مغذية ذائبة من التربة. كما أن الخاصية الشعرية هي التي تجعل الماء يسرى إلى سطح التربة خلال الفتحات الشعرية بين حبيبات التربة. و في المناطق الجافة يحاول المزارعون الإقلال من فقد التربة للرطوبة و ذلك بأن يجعلوا التربة السطحية أقل تماسكا و بالتالي تتسع الفتحات الشعرية على السطح و يقل سريان الماء إلى أعلى أي تحتفظ الأرض بالماء فترة أطول.

من الأمثلة الأخرى على الخاصية الشعرية هي أنك إذا غمرت طرف فوطة في الماء و تركتها فترة ستجد أن الماء يرتفع ببطء إلى أعلى الفوطة. كما أن الكيروسين يرتفع في شريط مصباح الكيروسين بالخاصية الشعرية.

إذا غمرنا طرف أنبوبة زجاجية ذات قطر داخلي صغير رأسيا في سائل فإننا نلاحظ تغير ارتفاع السائل في الأنبوبة الشعرية و يعتمد ذلك على زاوية التماس بين السائل و الزجاج. فإذا كانت زلوية التماس حادة كما في حالة الماء في الزجاج (المفروض أنها في حالة الزجاج النظيف و الماء النقي تساوى الصفر) فإن الماء يرتفع في الأنبوبة الشعرية أما إذا كانت الزاوية أكبر من ٩٠ درجة كما في حالة الزئبق و الزجاج فإن السائل ينخفض في الأنبوبة الشعرية.



وفي حالة السوائل المبللة لمادة الأنبوبة الشعرية، يعتمد ارتفاع السائل h داخل الأنبوبة الشعرية على:



١. نوع السائل

✓ كثافته ρ .

✓ معامل توتره السطحي γ

✓ زاوية التماس α .

٢. نصف قطر الأنبوبة الشعرية r .

ولإيجاد العلاقة بين نصف قطر الأنبوبة r والارتفاع h ، نحسب أولاً:

حجم السائل المرتفع في الأنبوبة الشعرية $= \pi r^2 h$

كتلة السائل المرتفع في الأنبوبة = الحجم \times الكثافة

$$\pi r^2 h \rho =$$

وزن عمود السائل المرتفع في الأنبوبة = الكتلة \times عجلة الجاذبية الأرضية

$$\pi r^2 h \rho g =$$

وزن عمود السائل هذا يتزن مع قوة التوتر السطحي F المسببة لارتفاعه:

$$F = 2\pi r \gamma \cos \alpha$$

وكما هو معلوم أن زاوية التماس α في حالة الزجاج النظيف والماء النقي

تساوى تقريباً الصفر، وبالتالي فإن:

$$\cos \alpha = 1$$

فتصبح قوة التوتر السطحي F مساوية:

$$\therefore F = 2\pi r \gamma$$

وبمساوتها بوزن عمود الماء نحصل علي:

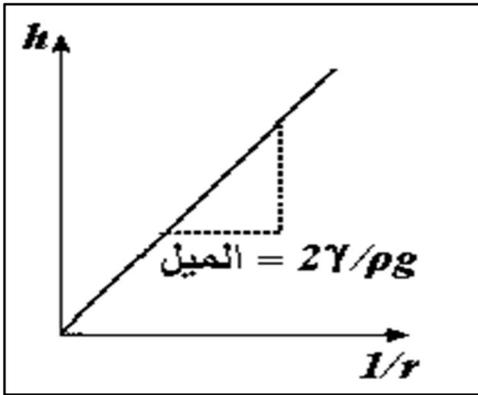
$$\therefore 2\pi r \gamma = \pi r^2 h \rho g$$

ومنها:

$$h = 2\gamma / r \rho g$$

تجربة لتعيين التوتر السطحي بطريقة الأنابيب الشعرية:

نغمر أنبوباً شعرياً نظيفاً (نصف قطره r معلوم) بشكل رأسي في كأس يحوي السائل المراد تعيين توتره السطحي. نقيس الارتفاع h بين سطح السائل في الكأس ومستوى السائل في الأنبوبه الشعريه. نكرر ما سبق عدة مرات لقيم مختلفة من r .



نرسم العلاقة بين h علي المحور الرأسي وبين $1/r$ علي المحور الأفقي لتحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي $2\gamma/\rho g$. بمعلومية كل من ρ كثافة السائل، g عجلة الجاذبية الأرضية، نعين معامل التوتر السطحي للسائل γ .

تمرين

أنبوبة شعرية قطرها ٠,٥ ملم وضعت رأسياً داخل حوض به سائل توتره السطحي ٠,٠٣ نيوتن/متر، فإذا كان السائل مبلل كلياً لمادة الأنبوبة، وكثافته ٨٠٠ كجم/متر^٣، احسب ارتفاع السائل داخل الأنبوبة الشعرية.

التوتر السطحي في الحياة اليومية:

- تقدم ظاهرة التوتر السطحي تفسيراً لكثير من الظواهر الشائعة في حياتنا والتي يظهر فيها سطح السائل كأنه غشاء مرناً مشدوداً. فعلي سبيل المثال:
- بعض الحشرات الخفيفة يمكنها الوقوف والسير فوق سطح الماء دون أن تبتل. لأن سطح الماء يعمل كغشاء رقيق مرن يحاول أن يمنع أي جسم من أختراقه . ولمقاومة البعوض ترش فوق المستنقعات وبرك المياه بعض المواد التي تقلل من التوتر السطحي للماء "مثل الزيت أو الكيروسين"، حتى لا تستطيع البعوضة أن تقف علي سطح الماء وتضع بيضها. وحتى لا تستطيع يرقات البعوض أن تتعلق بسطح الماء فتغوص وتغرق.
 - تسوية فوهات الأنابيب الزجاجية : عند قطع انبوبة زجاجية يقوم صانع الزجاج بتسخين فوهتها إلى درجة الانصهار حيث تعمل خاصية التوتر السطحي للزجاج المنصهر على جذب الأجزاء الحادة فيستدير طرف الأنبوبة بشكل منتظم.
 - قدرة الصابون و المنظفات الصناعية على التنظيف: عند سكب ماء نقي على لوح من الزجاج مغطى بطبقة دهنية تلاحظ أن الماء ينتشر عليه على هيئة قطرات متقطعة بسبب كبر معامل التوتر السطحي للماء . ولكن عند إضافة الصابون الى الماء يعطى محلولاً معامل التوتر السطحي له أقل لذلك عند سكبه على اللوح الزجاجي السابق ينتشر على سطحه ويبلله تماماً فيتمكن بذلك الصابون من ازاله البقع.

استئلة :

- ١- ما المقصود بالخاصة الشعرية، وكيف يمكن تفسيرها؟
- ٢- أيهما أكثر قدرة على امتصاص العرق صيفاً، الملابس القطنية أم الحريرية، ولماذا؟
- ٣- ما العوامل التي يعتمد عليها ارتفاع السائل في الأنابيب الشعرية؟

[3]

ميكانيكا الموائع

ميكانيكا الموائع هو العلم الذى يدرس ميكانيكا السوائل والغازات أو بمعنى آخر العلم الذى يدرس الموائع فى الحركة والسكون . ويعتمد أساسا على نفس المبادئ المستخدمة فى ميكانيكا المواد الصلبة
يمكن تقسيم ميكانيكا الموائع الى قسمين :

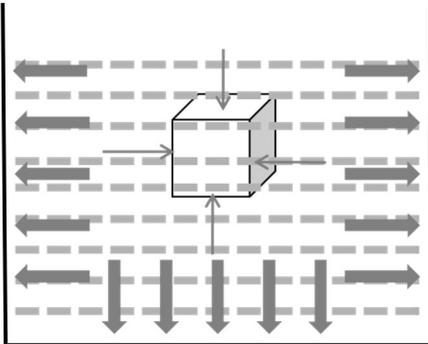
✘ استاتيكا الموائع : وهى دراسة القوى الممثلة على الموائع فى حالة السكون

✘ ديناميكا الموائع : وهى دراسة الموائع أثناء الحركة

إن أهمية ميكانيكا الموائع تتضح تماما عندما نفكر فى الدور الذى تلعبه فى حياتنا اليومية . ففى مجال التكييف والتبريد هناك الماء المثلج الذى يسخن خلال المواسير ، والهواء البارد يدفع بواسطة المراوح خلال مجارى الهواء لتكييف المنازل. والكهرباء التى نستخدمها وطرق توليدها من المساقط المائية التى تدفع الماء خلال التوربينات التى تولد الطاقة الكهربائية . أو من الطاقة الحرارية من البخار الذى يدفع خلال التوربينات البخارية لتوليد الطاقة الكهربائية ، وسياراتنا التى نقودها الاطارات الهوائية تعطى السيارات التعليق ، الوقود يسخن عبر أنابيب .. بل إن حياتنا اليومية تعتمد على الموائع . فسريران الدم فى أوردتنا وشراييننا هو عملية ميكانيكا الموائع.

✘ الضغط فى الموائع:

من الممكن أن يؤثر الجسم الصلب على سطح ما بقوة ويكون اتجاه هذه القوة فى جميع الاتجاهات. بينما القوة التى يؤثر بها



السائل على سطح ما (الإناء الذي يحويه أو جسم مغمور فيه) لابد أن تكون قوة عمودية.

لذلك كان من الأفضل وصف القوة المؤثرة في حالة السؤال بفكرة الضغط. حيث أن الضغط P هو مقدار القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات من السطح.

وتكتب رياضيا على الصورة:

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

حيث أن A مساحة السطح.

ويقاس الضغط في النظام العالمي للوحدات بوحدة نيوتن/م² وتسمي **باسكال**. وعمليا تعد هذه الوحدة صغيرة جدا، لذلك يستخدم البار بدلا منها حيث أن الواحد باريساوى 10^5 باسكال.

وقيمة الضغط عند نقطة داخل سائل تعطى من العلاقة:

$$P = P_0 + \rho g h$$

حيث أن ρ هي كثافة السائل، g هي تسارع الجاذبية الأرضية ، h العمق، أما P_0 فهو الضغط الجوي.

إذا كانت كثافة الزئبق 13.6 جم/سم³ وارتفاعه عن سطح البحر 76 سم ، فإن الضغط الجوي يعطى من:

$$P_0 = \rho g h$$

$$P_0 = 13.6 \times \underline{1000} \times 9.8 \times 0.76 = 1.013 \times 10^2 \text{ N/m}^2$$

تدريب: غواصة تستطيع أن تغوص إلى عمق أقصاه 1000 m تحت سطح البحر.

احسب أقصى ضغط يتحمله غلافها الخارجي إذا كان الضغط الجوي يعادل 75 سم زئبق وكثافة ماء المحيط 1.3 gm/cm^3 وكثافة الزئبق 13.6 gm/cm^3 .

اللزوجة

هي خاصية للمادة تتسبب في وجود قوى مقاومة أو احتكاك بين طبقات السائل تعوق انزلاقها فوق بعضها البعض أو هي مقاومة السوائل للانسياب بفعل قوى من نوع قوى الاحتكاك، وتقل لزوجة السائل بزيادة قابليته للانسياب والعكس صحيح. تعريف اخر : هي مقاومة السائل للجريان. او مقاومة السائل لحركة الاجسام داخله.

وبصفة عامة هي خاصية من خواص المادة تتحكم بمعدل سريانه ولا تقتصر على السوائل فقط بل أن للغازات لزوجة وبهذه الخاصية يتعين سهولة إنسياب المائع .

ومن تجارب اللزوجة وجد ان:

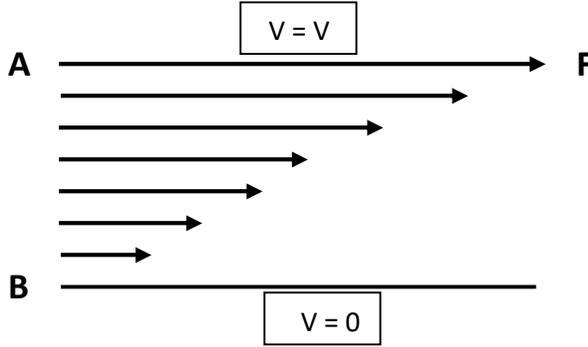
• بعض الموائع تكون قابليتها للانسياب والحركة كبيرة وتكون مقاومتها لحركة الأجسام الصلبة فيها صغيرة فتكون ذات لزوجة صغيرة (مثل الماء- الكحول).

• بعض الموائع تكون قابليتها للانسياب والحركة صغيرة وتكون مقاومتها لحركة الأجسام الصلبة فيها كبيرة فتكون ذات لزوجة كبيرة (مثل العسل- الجليسرين).

✘ تفسير خاصية اللزوجة:

إذا كان السطحان A و B يحصران بينهما طبقة رقيقة من سائل ثم أثر في السطح A بقوة F لتحريكه بسرعة صغيرة وثابتة V بالنسبة للسطح الساكن B

فيلاحظ أن السائل بين اللوحين يتحرك في هذه الحالة وكأنه مكون من صفائح أو طبقات. كما هو موضح في الشكل التالي:



تتناقص سرعتها بالبعد عن اللوح A وتكون سرعة الطبقة الممتزة على السطح A مساوية لسرعته أي v بينما تنعدم سرعة الطبقة الممتزة على السطح B يسمى هذا النوع من الجريان والذي يتحقق في حالة السرعات البطيئة (أي في حالة التدفق الصغير) بالجريان الصفائحي أو الانسيابي، أما إذا كانت السرعة v كبيرة تكون سرعة الجريئات عشوائية ويسمى الجريان في هذه الحالة بالجريان المضطرب.

وقد وجد أن سبب هذه الظاهرة هو الاحتكاك بين طبقات السائل. وأن السائل يتحرك عند التأثير على طبقاته بقوة مماسية. ولكل سائل معامل لزوجة خاص به تتوقف قيمته على نوع السائل ودرجة حرارته.

ويمكن استنتاج معامل اللزوجة على النحو التالي:

يسمى مقدار التغير في السرعة Δv خلال وحدة المسافات Δh بانحدار (تدرج) السرعة.

$$\text{انحدار السرعة} = \frac{\Delta v}{\Delta h}$$

أما إذا كانت سرعة الطبقة العليا v وسرعة الطبقة السفلى صفر وكان العمق هو h فإن المعادلة السابقة تكتب على الصورة:

$$\text{انحدار السرعة} = \frac{v}{h}$$

أما القوة المماسية المحركة للطبقة العليا فسوف نستخدم بدلا منها تعبيراً أكثر دقة وهو الإجهاد المماسي F/A حيث A هي المساحة التي تؤثر عليها القوة. ويتناسب الإجهاد المماسي اللازم لحدوث حركة نسبية في كثير من السوائل مع انحدار السرعة، أي أن:

$$\frac{F}{A} \propto \frac{v}{h} \quad \therefore \frac{F}{A} = \eta \frac{v}{h}$$

وحيث η ثابت التناسب وهو معامل اللزوجة. وتتوقف قيمة معامل اللزوجة لسائل على نوع السائل ودرجة حرارته.

$$\therefore \eta = \frac{F/A}{v/h} = \frac{N/m^2}{m \cdot sec/m} = N \cdot sec/m^2$$

ويقاس معامل اللزوجة في النظام الدولي للوحدات بوحدة نيوتن.م/ث. أما في نظام CGS داين.م/ث.سم^٢ وتشتهر هذه الوحدة باسم البواز. وهنا يمكننا تعريف معامل اللزوجة كما يلي:

معامل اللزوجة هو القوة المماسية المؤثرة على وحدة المساحات فينتج عنها فرق في السرعة مقداره الوحدة بين طبقتين من السائل المسافة

العمودية بينهما الوحدة .

✘ تعيين معامل اللزوجة بطريقة ستوكس

لقد درس ستوكس حركة الأجسام في السوائل اللزجة غير القابلة للانضغاط وافترض أن حركة الجسم في المائع هي حركة منتظمة وعمودية وجريان السائل حول الجسم هو جريان صفائحي غير مضطرب. أن القوة التي تعيق حركة الجسم في السائل تتناسب مع سرعة الجسم أي أن قوة الإعاقة الناتجة عن لزوجة السائل هي:

$$F_d = f v$$

ويسمى f بمعامل الاحتكاك ويعتمد على لزوجة السائل والأبعاد الخطية للجسم المتحرك (نصف القطر في حالة الجسم الكروي) ولذلك فإن:

$$f = k \eta r$$

حيث η هي معامل اللزوجة لسائل، r نصف قطر الجسم الكروي.

و K ثابت يعتمد على هندسة الجسم وفي حالة الجسم الكروي يكون $K =$

6π وعليه فإن الصورة النهائية لقوة الإعاقة الناتجة عن لزوجة السائل تكون

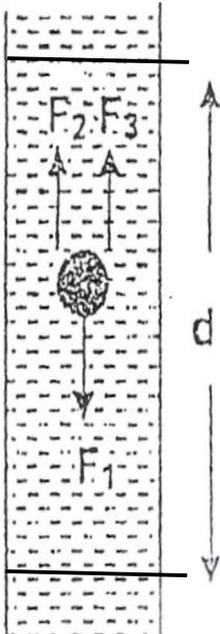
على الصورة التالية:

$$F_d = 6\pi \eta r v$$

تسمى معادلة الأخيرة بقانون ستوكس في اللزوجة.

يمكن استخدام نظرية ستوكس لتعيين معامل

اللزوجة لسائل وذلك بدراسة حركة كرة خلال السائل



علماً بأن جريان السائل حول الكرة يجب أن يكون صفائحيًا، وباعتبار الشكل التالى فان هناك ثلاث قوى تؤثر فى الكرة هى:

١. قوة وزن الكرة واتجاهها للأسفل:

$$F_1 = mg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s g$$

حيث ρ_s هى كثافة الكرة.

٢. قوة دفع السائل للكرة واتجاهها للأعلى:

وهى تساوى وزن السائل المزاح (ارشميدس)

$$F_2 = mg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_l g$$

حيث ρ_l هى كثافة الكرة.

٣. قوة الاعاقة الناتجة عن لزوجة السائل واتجاهها للأعلى:

$$F_3 = 6\pi \eta r v$$

يلاحظ أن القوتين (١) و (٢) ثابتتان أما القوة الثالثة فتعتمد على سرعة الكرة وتكون هذه السرعة غير ثابتة في بداية الحركة بل تزداد بتسارع متناقص وزيادتها تزداد القوة F_3 حتى تتزن القوى المؤثرة في الكرة وتصبح عند ذلك حركة الكرة منتظمة وسرعتها ثابتة ويكون عند ذلك:

$$F_1 = F_2 + F_3$$

وبالتعويض والاختصار يمكن الحصول على العلاقة التالية:

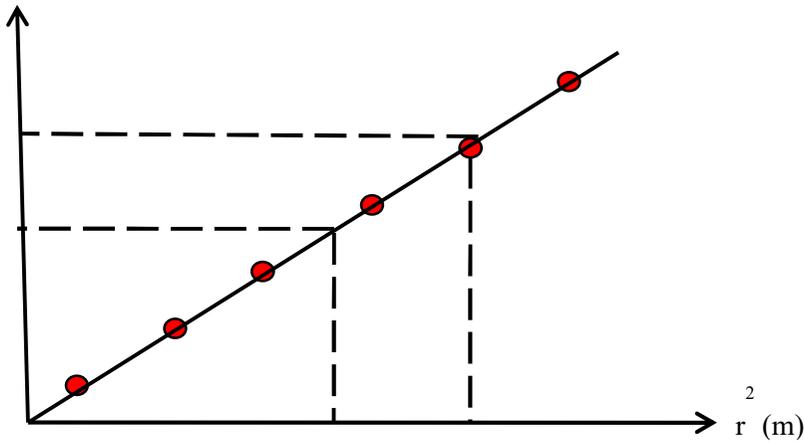
$$V = \frac{2}{9}(\rho_s - \rho_l) \frac{g}{\eta} r^2$$

وعملياً يمكن إيجاد معامل لزوجة سائل على النحو التالي:

نعتبر الشكل السابق وهو عبارة عن أنبوبة بها سائل المراد تعيين معامل لزوجته. نحضر كرة معلومة نصف قطرها (يمكن قياس نصف القطر باستخدام الميكرومتر) ونسقطها في السائل. عندما تصل الكرة إلى العلامة الأولى الموجودة على جدار الأنبوبة نبدأ في تسجيل الزمن حتى تصل إلى العلامة الثانية. نقيس المسافة بين العلامتين وبذلك يمكن إيجاد السرعة (خارج قسمة المسافة على الزمن). نكرر الخطوات السابقة لكرور أخرى مختلفة في أنصاف أقطارها.

نرسم العلاقة البيانية بين السرعة V على المحور y وبين مربع نصف قطر الكرة r^2 على المحور x ، نحصل على خط مستقيم يمر بنقطة الأصل. كما هو بالشكل.

V (m/sec)



بحساب ميل الخط المستقيم slope (فرق الصادات على فرق السينات).
وبمعرفة كثافة الكرة والسائل يمكن الحصول على معامل اللزوجة من
العلاقة المقابلة.

$$\eta = \frac{2}{9} (\rho_s - \rho_l) \frac{g}{slope} r^2$$

☒ العوامل المؤثرة على اللزوجة

ان لزوجة السوائل بإرتفاع درجة حرارتها تقل بينما تزيد لزوجة الغازات
بإرتفاع درجة الحرارة تزداد. وذلك لأنه عند ارتفاع حرارة السائل تزيد
المسافات بين الجزيئات فيقل الاحتكاك بينها ومن ثم تقل اللزوجة. بينما
تزيد عدد للتصادمات بين جزيئات الغاز مما يسبب زيادة في الاحتكاك ومن
ثم زيادة اللزوجة.

☒ تطبيقات اللزوجة:

التزييت والتشحيم (الغرض منه):

١. تقليل الحرارة المتولدة عن الاحتكاك.
٢. حماية أجزاء الألة من التآكل.
٣. تقليل الاحتكاك الذي يستهلك طاقة.

• مميزات الزيت اللازم للتزييت:

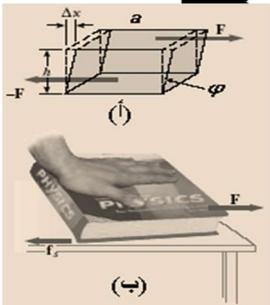
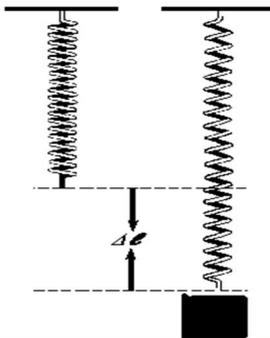
١. لزوجته عالية ليلتصق بشدة بأجزاء الألة ولا ينساب بدورانها.
٢. يختلف زيت الألة صيفاً عنه شتاءً فتقل اللزوجة بارتفاع درجة الحرارة

تدريب: احسب السرعة النهائية لكرة فلزية قطرها ٢ مم، سقطت في سائل كثافته ١,٣ جم/سم^٣. إذا علمت أن كثافة الكرة تساوي ٨ جم/سم^٣ ومعامل لزوجة السائل ٧,٣ بواز.

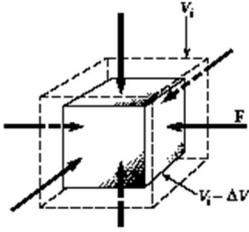
[4]

المرونة

تمهيد: إذا أثرت قوة خارجية على جسم، فإنه يستجيب لهذه القوة فيتحرك تحت تأثيرها بسرعة وتسارع ما ويقطع مسافة معينة خلال زمن معين. ولكن في بعض الأحيان يكون الجسم مثبتاً بطريقة أو بأخرى، فعندما تؤثر عليه قوة خارجية لا تحركه ولكن تغير من شكله. التغير الحادث في شكل الجسم يتناسب مع القوة المسببة لذلك. وهذا التغير يكون إما في طول الجسم أو في شكله أو حجمه. كالأمثلة التالية:



- عند التأثير على زنبرك مثبت في حائط بقوة شد فإنه لا ينتقل من مكانه ولكنه يستطيل.
- عند التأثير على وجهين متقابلين لمكعب أو كتاب بإزدواج فإن شكل المكعب أو الكتاب سيتغير.



- عند التأثير على جميع أوجه مكعب بضغط P فإن حجم المكعب سيتناقص.

وعند زوال القوة المؤثرة على الجسم يكون هناك ثلاثة احتمالات يمكن على أساسها تقسيم الاجسام كالتالى:

يستعيد الجسم حالته السابقة تماماً، أي يستعيد شكله وحجمه الأصلي تماماً.	جسم تام المرونة
يستعيد الجسم جزء من حالته السابقة أي يستعيد شكله وحجمه جزئياً.	جسم مرن
لا يستعيد الجسم لا شكله ولا حجمه الأصلي ويحتفظ بتغيرهما دائماً.	جسم عديم المرونة "لدن"

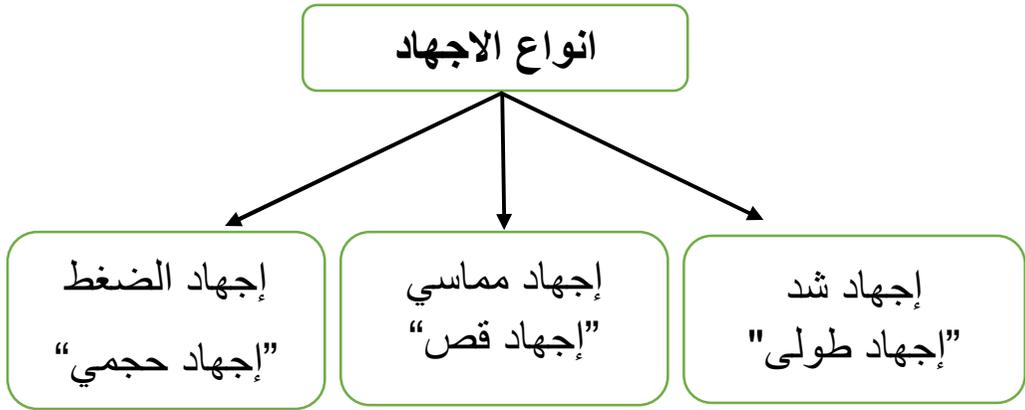
المرونة: خاصية للأجسام تمكنها من استعادة شكلها وحجمها الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة عليها.

ولكى نتمكن من دراسة تلك الخاصية لابد من استنتاج تعبيراً رياضياً يعبر عنها يسمى معامل المرونة يمكن استنتاجه كما يلي:

اولاً تسمى القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات بمفهوم الاجهاد. ورياضياً يكتب على الصورة:

$$\text{الاجهاد} = \frac{F}{A} = \frac{N}{m^2} \text{ نيوتن مترمربع}$$

اي ان وحدة قياس الاجهاد نيوتن / م². وطبقا للامثلة السابقة التي تعبر عن انواع القوة المسببة تبعا للتغير الحادث في الطول او الحجم او الشكل فان الاجهاد له ثلاث انواع كما يلي:



اما النسبة بين التغير الحادث في الجسم عند التأثير عليه بقوى خارجية إلى أبعاد الجسم الأصلية يعرف فيزيائيا بمفهوم الانفعال. وليس له وحدة قياس حيث انه نسبة من نفس النوع. وايضا تبعا لتقسيم الاجهاد يقسم ايضا الانفعال الى ثلاث انواع هي كالتالي:

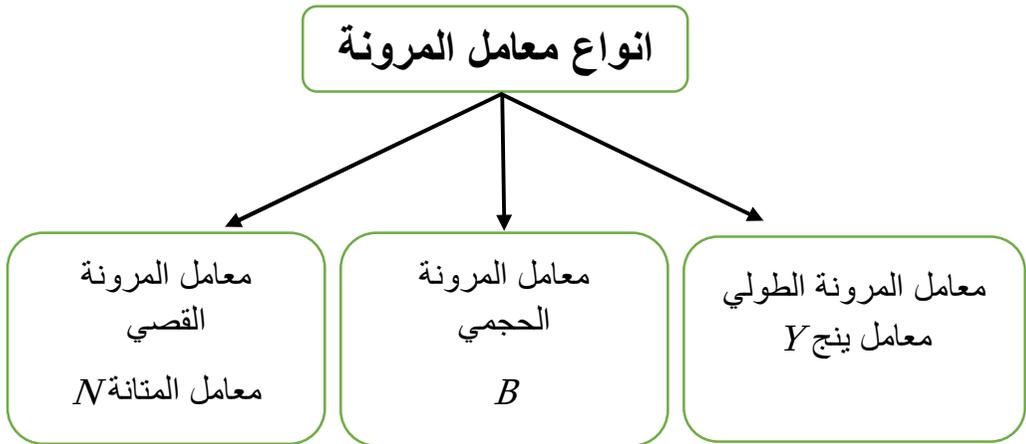
الانفعال الطولي	وهو النسبة بين التغير في طول الجسم Δl والطول الأصلي l_0 .
الانفعال القصي	يساوى ظل الزاوية ϕ الناشئة من التأثير على الجسم

بقوي مماسية.	
هو عبارة عن التغير في الحجم ΔV إلى الحجم الأصلي V .	الانفعال الحجمي

وبمعرفة كلا من مفهومى الاجهاد والانفعال يمكن تعريف معامل المرونة:

معامل المرونة: هو النسبة بين الإجهاد والانفعال تسمى معامل المرونة. ووحدة قياسه هي وحدة قياس الاجهاد وهي نيوتن/م².

وطبقا لمعامل المرونة ثلاث انواع كما يلى:



وفي يلى نعطي تعريفا بسيط لكل معامل من معاملات المرونة وكذا كتابته بطريقة رياضية:

معامل المرونة الطولى "معامل ينج Y":

اكتشف العالم ينج أن النسبة بين الإجهاد والإنفعال في مرحلة المرونة للمادة المرنة تساوي دائم مقدار ثابت للمادة الواحدة. بمعنى أن الحديد له قيمة

مميزة عن النحاس عنه في الذهب و هكذا وسى هذه النسبة بمعامل ينج ويكتب على الشكل التالى:

$$Y = \frac{\text{الاجهاد الطولى}}{\text{الانفعال الطولى}} = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

معامل المرونة الحجمي ومعامل الانضغاطيه

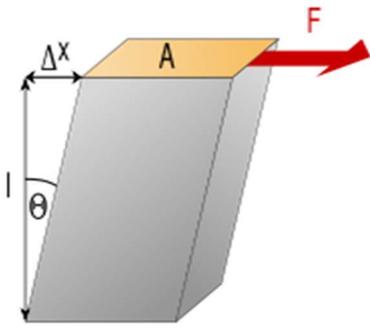
يعرف بانه النسبه بين الاجهاد الحجمي والانفعال الحجمي، فاذا اثرت قوة F على مساحة A من جسم صلب فان الاجهاد المؤثر على الجسم "الضغط" يعطى بالعلاقة $p = \frac{F}{A}$ ونتيجة لهذا الضغط يتغير حجم الجسم بمقدار ΔV وعليه يكتب معامل المرونة الحجمية على الصورة التالية:

$$B = - \frac{P}{\Delta V/V}$$

والاشارة السالبة هنا تدل على ان حجم الجسم يقل مع زيادة الضغط. و يسمى مقلوب معامل المرونة الحجمي بمعامل الانضغاطية.

$$K = \frac{1}{B} = - \frac{\Delta V/V}{P}$$

معامل المرونة القصي "معامل المتانة" N



يعرف القص بأنه التغير في شكل الجسم دون تغير في حجمه ويحدث ذلك تحت تأثير إجهاد مماس ومعامل القص عبارة عن نسبة إجهاد القص الى الانفعال القص الحادث بتأثيره ويقدر إجهاد القص

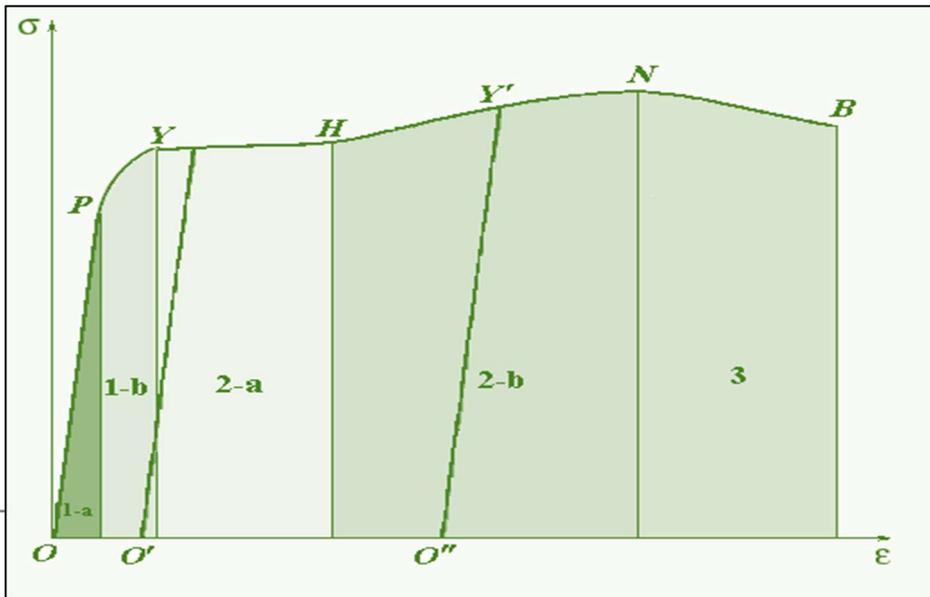
بالقوة السطحية المؤثرة في وحدة المساحات من سطح الجسم ويقدر إنفعال القص بزواوية القص فاذا كانت F هي القوة المؤثرة على مساحة مقطع مكعب

A لتحدث زاوية إنحراف في الطبقات بمقدار θ ويكون:

$$N = \frac{\text{الاجهاد القص}}{\text{انفعال القص}} = \frac{F/A}{\theta}$$

منحني الاستطالة:

العلاقة بين الإجهاد الطولي والانفعال الطولي لمادة مرنة من الأمور الهامة في الفيزياء لمعرفة طبيعة المواد وخواصها الميكانيكية. كما بالشكل التالي ويمكن



تقسيم شكل هذه العلاقة إلى عدة مناطق كالآتي:

(١) منطقة المرونة: في المنطقة (١) يكون السلك في هذه المنطقة تام المرونة. وتنقسم تلك المنطقة في بعض المواد إلى منطقتين:

(a) منطقة التناسب: في المنطقة (1-a) يتبع السلك قانون هوك. وتسمى النقطة P بحد التناسب.

(b) في المنطقة (1-b) عند زيادة الإجهاد عن حد التناسب P يظل السلك تام المرونة ولكن لا يتبع قانون هوك أي أن العلاقة بين الإجهاد والانفعال تكون غير خطية.

(٢) منطقة التشوه اللدن: إذا زاد الإجهاد عن إجهاد النقطة Y التي تسمى بنقطة الإذعان أو الخضوع نجد أن السلك يفقد مرونته. وتنقسم تلك المنطقة في بعض المواد "مثل الحديد الصلب" إلى منطقتين:

(a) منطقة الإذعان أو الخضوع: يكون الانفعال كبيراً لأي زيادة صغيرة في الإجهاد، فيكون الميل قريباً من الصفر.

(b) منطقة التصلد الانفعالي: بعد النقطة H لا بد من زيادة الإجهاد بقيمة كبيرة نسبياً للحصول على انفعال محسوس. يكون السلك سهل الكسر عند ثنيه أو طرقه.

(٣) منطقة الاختناق والإخفاق: يمكن زيادة الإجهاد حتى النقطة N التي تمثل أقصى إجهاد يتحملة السلك وتسمى بنقطة الاختناق.

(٤) ولكن إذا زاد الإجهاد عن إجهاد النقطة N زيادة طفيفة يبدأ السلك في الاختناق فتتناقص مساحة مقطعه a سريعاً في منطقه عند منتصف

السلك تقريباً، ويستمر النقص في مساحة المقطع حتى ينكسر السلك عند نقطة الكسر B.

قانون هوك:

ينص قانون هوك على أنه: قبل حد المرونة فان مقدار الاستطالة الحادثة في قضيب أو زنبرك يتناسب طردياً مع مقدار قوة الشد المؤثرة.

$$F \propto \Delta L \quad \therefore F = K \Delta L$$

حيث K ثابت التناسب ويسمي ثابت الزنبرك ويمكن تعريفه كما يلي:

ثابت الزنبرك هو عبارة عن القوة اللازمة لإحداث تغير في الطول مقداره الوحدة. وعليه وحدة قياسه نيوتن/م او دايين/سم.

من تعريف معامل المرونة الطولى او معامل ينج الذى يكتب رياضيا كما يلي:

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L} = \frac{F L}{\Delta L A}$$

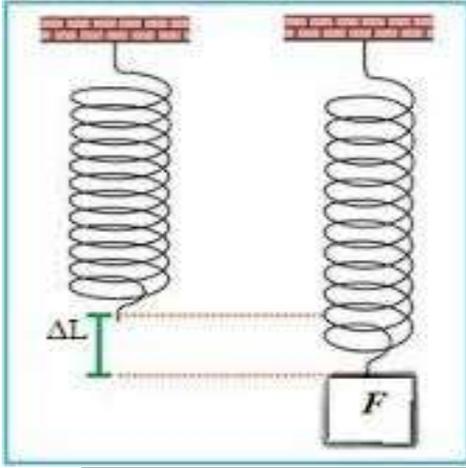
بالتعويض عن $\frac{F}{\Delta L}$ بثابت الزنبرك k نحصل على العلاقة التى تربط ثابت الزنبرك بمعامل ينج.

$$Y = K \frac{L}{A}$$

وايضا عادةً ما يكتب قانون هوك بواسطة قوة الارجاع على الصورة:

$$F = -k \Delta l$$

ومعني الإشارة السالبة أنه بزيادة الاستطالة تزيد قوة الارجاع التي تحاول أن تعيد الجسم إلي وضعه الأصلي.



حد المرونة : إذا تجاوزت القوى المؤثرة على الجسم الصلب هذا الحد -
مهما كان نوعه - أكسبته تشوهاً دائماً

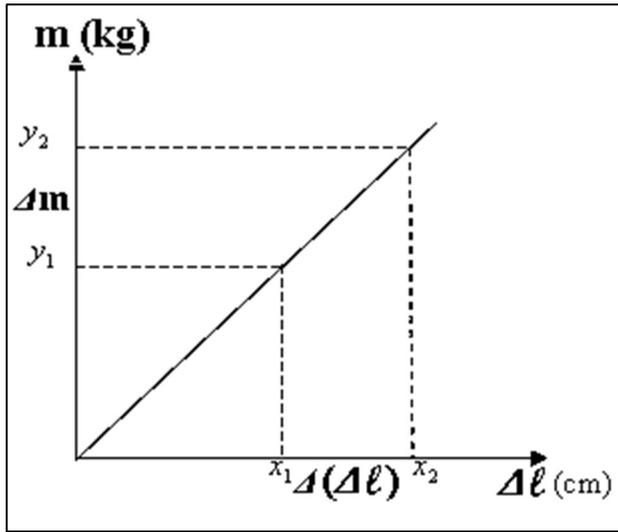
تحقيق قانون هوك عملياً وتعيين ثابت الزنبرك:

في داخل معاملنا يمكننا تحقيق قانون هوك عملياً عن طريق نعلق كتلاً مختلفة m في طرف الزنبرك ثم نحدد في كل مرة استطالة الزنبرك عند الاتزان. وبالأخذ في الاعتبار العلاقة السابقة ويمكن كتابتها على الصورة التالية:

$$K = \frac{F}{\Delta L} = \frac{mg}{\Delta L} \quad \rightarrow \quad m = \frac{K}{g} \Delta L$$

وتم التعويض عن القوة المؤثرة بحاصل ضرب الكتلة في عجلة الجاذبية الأرضية.

نرسم العلاقة بين الكتلة علي المحور الرأسي وبين الإستطالة Δl علي المحور



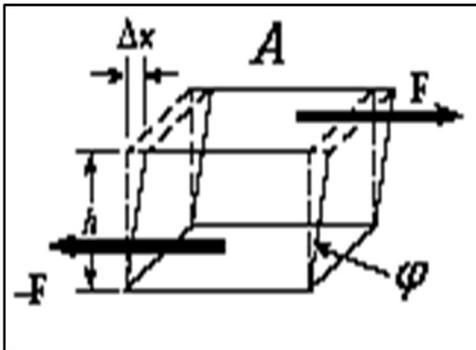
الأفقي، فنحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وهذا يحقق قانون هوك وميله يساوي k/g . من ميل الخط الناتج نحسب ثابت الزنبرك k .

تمارين

(١) في تجربة لقياس معامل ينج للفلوآذ، علق جسم وزنه 10 كيلو نيوتن بسلك من الفلوآذ طوله 4 متر ومساحة مقطعه 1 سم² فزاد طول الجسم بمقدار 0.1 سم احسب كل من:

٣- معامل ينج

١- الإجهاد ٢- الانفعال



(٢) مكعب طول ضلعه 10 سم، تؤثر فيه قوة قص قدرها 1000 كيلو نيوتن، مما سبب إزاحة قدرها 0.03 سم للجانب العلوي بالنسبة للجانب السفلي. احسب قيمة معامل القص.

(٣) اسقطت كره من الرصاص حجمها $0.5 m^3$ فغطست إلى عمق حيث

ضغط الماء $2 \times 10^7 \frac{N}{m^2}$ فإذا كان معامل الحجم للرصاص هو

7.7×10^9 فاحسب الانضغاطيه للكره؟

(٤) عند دراسة قانون هوك ندرس العلاقة بين

الكثافه والحجم

الاجهاد والانفعال

السرعه والزمن

التسارع و الزمن

(٥) الاجسام التي تحتفظ بالتشوه بعد زوال القوه

مرن تام المرونه عديم المرونه شاد السلوك

(٦) الاجسام التي تستعيد حالتها السابقه جزئيا بعد زوال القوه

مرن تام المرونه عديم المرونه شاد السلوك

(٧) الانضغاطيه.....

مقلوب معامل الحجم

مقلوب مربع معمل الحجم

يساوي معامل الحجم

يساوي مربع معامل الحجم

(٨) معامل يونج يرتبط بالتغير في.....

الطول الشكل الحجم السرعه

(٩) معامل القص يرتبط بالتغير في.....

الطول الشكل الحجم السرعه

(١٠) معامل الحجم يرتبط بالتغير في

الطول الشكل الحجم السرعه

(١١) معامل يونج ينطبق فقط على

الجوامد السوائل الغازات الجوامد والسوائل

(١٢) معامل القص ينطبق فقط على

الجوامد السوائل الغازات الجوامد والسوائل

(١٣) معامل الحجم ينطبق فقط على

الجوامد السوائل الجوامد والسوائل والغازات الجوامد والسوائل

[5]

الغازات

تتكون الغازات من جزيئات صغيرة ومتباعدة كثيرا عن بعضها اذ يقدر معدل المسافة بين الجزيئات بعشرة امثال قطر الجزيئة . وتكون سرعتها مقارنة لسرعة الصوت في الهواء . ان تباعد جزيئات الغاز عن بعضها البعض بمسافات اكبر من اقطار هذه الجزيئات ادى الى انعدام الاحتكاك الداخلي بينها، والى هذا السبب ايضا تعزى قابلية الغازات على الانكماش لكونها لاتتملك شكلا محددًا ولا حجما ثابتا , اذ تملأ جزيئات الغاز كل انحاء الوعاء الذي توضع فيه.

- **الغاز المثالي:** هو الغاز الذي تكون جزيئاته متناهية في الصغر ، تامة المرونة، ينعدم بينها الاحتكاك لأنها لاتؤثر في بعضها البعض بأية قوى. ان الغاز المثالي غير موجود في الحقيقة.
- **الغاز الحقيقي:** هو الغاز الذي جزيئاته صغيرة ومتباعدة عن بعضها البعض. وعند الظروف الاعتيادية من ضغط ودرجة حرارة تقترب خواص الغاز الحقيقي من خواص الغاز المثالي.

● تتميز جميع الغازات بالخواص الفيزيائية التالية:

- ✓ تأخذ شكل وحجم افناء الموجودة فيه.
- ✓ ان جميع الغازات قابلة للضغط.
- ✓ تختلط الغازات مع بعضها البعض بشكل تام عند وجودها في غناء واحد.
- ✓ كثافة الغازات اقل بكثير من كثافة المواد الصلبة والسائلة.

● النظرية الحركية للغازات

- تعتمد النظرية الحركية للغازات على الفرضيات الرئيسية التي يمكن اجمالها في النقاط التالية:-
١. تتكون الغازات من جزيئات متناهية في الصغر (كتلة نقطية) أي انها تملك كتلة ولا تملك حجم.
 ٢. اهمال القوى المؤثرة بين جزيئات الغاز، ماعدا لحظة التصادم.
 ٣. تكون حركة الجزيئات عشوائية ومستمرة وبخطوط مستقيمة بين التصادمات.
 ٤. تكون جزيئات الغاز تامة المرونة ، وكذلك التصادم بين الجزيئات يكون مرنا.

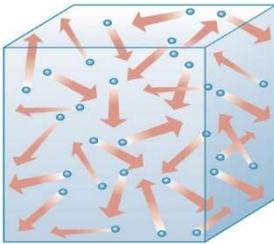
٥. درجة حرارة الغاز هي المقياس لمتوسط الطاقة الحركية التي تمتلكها جزيئاته نتيجة لحركتها.

- عدد افوجادرو: تحتوي الحجم المتساوية للغازات جميعها على نفس عدد الجزيئات بشرط ان تكون تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة. لذلك فإن عدد افوكادرو من جزيئات الغاز تشغل نفس الحجم تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة، وبالتحديد فان المول الواحد من اي غاز تحت الظروف القياسية من ضغط ودرجة حرارة سوف يشغل الحجم نفسه والذي مقداره 22.4 لتر.

$$N_A = 6.022 \times 10^{26} \text{ particle/ kg.mole}$$

$$N = n N_A$$

حيث ان: عدد جزيئات الغاز N ، عدد المولات n ، عدد افوجادرو N_A
النظرية الحركية . الجزيئية للغازات هي نظرية تفسر صفات وخواص الغازات مثل: ضغط، درجة حرارة وحجم، مع الأخذ بعين الاعتبار المبنى الجزيئي للغازات وتركيبها المجهرى. هذه الصفات مشتركة لكل الغازات.
لكي نفهم المصطلحات ضغط، حجم ودرجة حرارة غاز، يجب أن نعرف أولاً عدة مبادئ وأسس هامة للنظرية الحركية. الجزيئية للغازات:



- جسيمات الغاز (جزيئات أو ذرات) تتحركة بحركة سريعة، عشوائية ومستمرة.
- البعد بين الجسيمات كبير جداً مقابل حجمها (تسلك الجسيمات كنقاط صغيرة جداً في الفراغ)

استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسر كلا من :

انتشار الغازات : نظرا لكون الفراغات بين الجزيئات كبيرة جدا وقوي التجاذب بين الجزيئات معدومة تقريبا فتكون حرية حركة هذه الجزيئات و الانتشار في كل مكان وفي كل اتجاه

التبخر : التبخر يكون في جميع درجات الحرارة أي أن هناك جزيئات تكون نشطة فتكون لها طاقة تمكنها من أن تفلت من قوي التجاذب وتصبح حرة الحركة مثل الغازات وكلما زادت درجة الحرارة زادت عدد الجزيئات هذه.

الرمل مادة صلبة تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه. وذلك لان قوي الترابط بين جزيئات الرمل تكون ضعيفة.

ذوبان الملح في الماء: لان الملح دخلت بين جزيئات الماء .

ثبات حجم السائل وتغير شكله : لان قوي التجاذب بها اقل منها في الحالة الصلبة وبالتالي لا تسمح هذه القوي بتغير في الحجم ولكن تسمح بتغير في الشكل.

قوانين الغازات

هي علاقات رياضية بسيطة بين حجم الغاز ودرجة حرارته وضغطه وكميته
ضغط الغاز: هي القوة التي يبذلها الغاز لكل وحدة مساحة من سطح الإناء
الموضوع فيه، ويقاس حسب نظام SI بوحددة الباسكال (Pa).
نضغط الغازات علي اي سطح تكون على اتصال به وذلك جزئيات الغاز في
حالة حركة مستمرة بالرغم من وجود محيط غازي حول الانسان إلا انه
لايشعر بوجود هذا الضغط وذلك لانه مهياً فسيولوجيا لضغط الهواء تماما
كالسماك في البحر لايؤثر عليه ضغط الماء. اما وحدة قياس الضغط هي
الباسكال Pa والتي تساوي نيوتن/م².

● **الضغط الجوي:** تخضع ذرات وجزيئات الغازات الموجودة في الغلاف الجوى للجاذبية الأرضية كبقية المواد وبالتالي فإن كثافة الغاز تقل كلما زاد الارتفاع عن مستوى سطح الأرض، ولقد اوضحت القياسات ان حوالى ٥٠٪ من كثافة الغلاف الجوى تقل بالارتفاع لمسافة ٦,٤ كم عن سطح الأرض وتقل بمقدار ٩٠٪ بالارتفاع لمسافة ١٦ كم، وتقل بنسبة ٩٩٪ بالارتفاع لمسافة ٢٢ كم.

وللغلاف الجوى المحيط بالأرض ضغط يعرف بالضغط الجوى وهو عبارة عن مقدار القوة الضاغطة على الأرض وبعبارة أخرى هو وزن الغلاف الجوى مقسوما على مساحة السطح الواقع تحت هذا الوزن، وقيمة الضغط الجوى بوحدة SI هي مقدار وزن عمود من الهواء مساحة مقطعه ١ م^٢. وقيمة هذا الضغط تعتمد على كل من الموقع، ودرجة الحرارة وظروف الطقس.

العلاقة بين الضغط والحجم: قانون بويل

درس العالم روبرت بويل سلوك الغازات وفي احدى تجاربه درس العلاقة بين ضغط وحجم الغاز . واتضح ان هناك عكسية بين الضغط والحجم عند ثبوت درجة الحرارة فعند زيادة الضغط يقل الحجم وعرفت هذه العلاقة فيما بعد بقانون بويل والذي ينص على أنه:

قانون بويل: يتناسب حجم كمية معينة من اى غاز تناسباً عكسياً مع الضغط عند ثبوت درجة الحرارة.

ويمكن التعبير عن ذلك بالعلاقة الرياضية التالية:

$$P \propto \frac{1}{V}$$

ومن الممكن استبدال علامة التناسب بمقدار ثابت وتصبح العلاقة كالتالي:

$$P = K \frac{1}{V} \quad \rightarrow \quad PV = K$$

وهذا يعني ان حاصل ضرب ضغط كمية معينة من الغاز في حجمه عند ثبوت درجة الحرارة يساوى دائما مقدار ثابت.

ومن الجدير بالذكر انه عند مضاعفة الضغط فان الحجم يتغير بشكل كبير لكمية معين من الغاز وبتبوت درجة الحرارة فان الحجم من الممكن ان لايتغير لفترة طويلة، ولكن حاصل ضرب الضغط في الحجم يعطي عادة مقدار ثابت ويمكن التعبير عن ذلك بالعلاقة الرياضية التالية:

$$P_1 V_1 = K = P_2 V_2$$

حيث ان V_1, V_2 هي الحجم عند الضغط P_1 و P_2 على الترتيب.

العلاقة بين درجة الحرارة والحجم: قانوني شارل وجاي لوساك

قام كلا من جاكوس شارل وجوزيف جاي لوساك بدراسة تأثير درجة الحرارة على حجم الغاز وتوصلا الى انه عند ثبوت الضغط فان حجم كمية معينة من الغاز يزداد بارتفاع درجة الحرارة ويقل بإنخفاض درجة الحرارة.

وعليه ان حاصل ضرب درجة حرارة الغاز في حجمه يساوى مقدار ثابت. ولقد وجد انه برسم العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز نحصل على خط مستقيم وعند مد هذا الخط ليتقاطع مع محور الحجم عند القيمة صفر وجد ان درجة الحرارة تساوى -273,15م. وعند ضغط آخر مختلف تم الحصول على خط مستقيم اخر للعلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة وبمد هذا الخط وجد انه يتقاطع مع محور الحجم عند درجة حرارة تساوى -

٢٧٣,١٥م أيضا كما هو موضح في الشكل التالي، مع ملاحظة ان التغيير في الضغط يكون ضمن مدى معين من درجات الحرارة لانه عند درجات الحرارة المنخفضة جدا يبدأ الغاز بالتحول للحالة السائلة. وفي عام ١٨٤٨م اوضح العالم لورد كلفن ان درجة الحرارة -٢٧٣,١٥م هي اقل درجات الحرارة المعروفة وأطلق عليها درجة الصفر المطلق.

يتغير حجم الغاز الكثيف خطياً مع درجة الحرارة عند ثبوت P قانون شارل). المنحنيات تنتمي إلى نفس الغاز، ولكن عند ضغوط مختلفة

١

200

200

ويمكن التعبير عن قانون شارل رياضياً بالعلاقة التالية:

$$V \propto T \quad \rightarrow \quad V = k T \quad \rightarrow \quad \frac{V}{T} = k$$

حيث K مقدار ثابت، وعرفت هذه المعادلة بقانون شارل وجاى لوساك

قانون شارل: ينص على ان حجم كمية معينة من الغاز يتناسب تناسباً طردياً مع درجة الحرارة المطلقة عند ثبوت الضغط.

واختصار تعرف بقانون شارل.

وعند تغير الحجم ودرجة الحرارة لكمية معينة من الغاز عند ضغط ثابت فان:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

حيث ان V_1, V_2 هي الحجوم عند الضغط T_1 و T_2 على الترتيب.

كما يوضح ايضا قانون شارل انه لكمية معينة من الغاز وعند ثبوت الحجم فان ضغط الغاز يتناسب تناسباً طردياً مع درجة الحرارة.

$$P \propto T \quad \rightarrow \quad P = C T \quad \rightarrow \quad \frac{P}{T} = C$$

وبالمثل فان:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

حيث ان P_1, P_2 هي ضغط الغاز الاول والثاني على التوالي، و T_1 و T_2 هما درجتى الحرارة المطلقة للغاز الاول والثاني على التوالي.

العلاقة بين الحجم والكمية: قانون أفوجادرو

وجد العالم الايطالى اميدو افوجادرو عام ١٨١١ انه عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة فان الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوى على نفس العدد من الجزيئات (أو الذرات فى حالة الغازات احادية الذرة) وهذا يعنى ان حجم اى غاز يجب ان يعتمد على عدد مولاته الجزيئية الموجودة. اى ان

$$V \propto n \quad \rightarrow \quad V = k n$$

حيث n عدد المولات و k ثابت التناسب

وتعرف هذه المعادلة بقانون أفوجادرو:

قانون افوجادرو ينص على انه عند ثبوت لاضغط ودرجة الحرارة فان حجم الغاز يتناسب تناسباً طردياً مع عدد مولاته.

معادلة الغاز المثالي: القانون العام للغازات

من قوانين الغازات السابقة:

قانون بويل: $V \propto \frac{1}{P}$ عند ثبوت كلا من n, T

قانون شارل: $V \propto T$ عند ثبوت كلا من n, P

قانون أفوجادرو: $V \propto n$ عند ثبوت كلا من T, P

وعليه يمكن تجميع تلك القوانين في علاقة رياضية واحدة كما يلي:

$$V \propto \frac{nT}{P}$$

$$\therefore V = R \frac{nT}{P} \rightarrow PV = nRT$$

حيث R الثابت العام للغازات وتعرف هذه المعادلة بمعادلة الغاز المثالي وتجمع

المتغيرات الأربعة الحجم والضغط ودرجة الحرارة والكمية.

والغاز المثالي هو الغاز الذي تنطبق عليه معادلة الغاز المثالي ويتميز الغاز

المثالي بعدم تآثر جزيئاته بعضها ببعض، وفي الحقيقة هو غاز متخيل وغير

حقيقي وتم افتراضه لإيجاد معادلة مناسبة يمكن عن طريقها حل العديد من

المشكلات المتعلقة بالغازات.

وقبل تطبيق تلك المعادلة على الغازات الحقيقية يجب الإشارة إلى قيمة الثابت

R عند درجة حرارة الصفر المئوي (273,15 كلفن) وواحد ضغط جو. ووجدت

التجارب العلمية انه تحت هذه الظروف فان حجم واحد مول من الغاز يساوى ٢٢,٤١٤ لتر.

وعليه وبالتعويض فى معادلة الغاز المثالى:

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{(1 \text{ atm.})(22.414 \text{ L})}{(1 \text{ mol})(273.15 \text{ K})}$$

$$= 0.082057 \cong 0.0821 \text{ atm.} \frac{\text{L}}{\text{mol}} \cdot \text{K}$$

وباستخدام تلك المعادلة يمكننا حساب المتغيرات (الضغط والحجم ودرجة الحرارة وكذا عدد المولات) للغاز بمعلومة ثلاث متغيرات منها يمكن إيجاد الرابع اى ان:

$$R = \frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} \quad \text{قبل التغيير}$$

$$R = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \quad \text{بعد التغيير}$$

ومنها:

$$\frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} = \frac{P_1 V_1}{n_1 T_1}$$

وعندما تكون $n_1 = n_2$ فان

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

ومن القانون العام للغازات يمكننا حساب كثافة الغاز كالتالى:

بترتيب معادلة الغاز المثالى على الصورة:

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

وعدد المولات n يساوى النسبة بين كتلة الغاز بالجرام (m) و كتلة الغاز المولية (M) اى ان:

$$n = \frac{m}{M}$$

وبالتعويض عن n نجد ان:

$$\frac{m}{MV} = \frac{P}{RT}$$

وحيث الكثافة تساوى الكتلة مقسومه على وحدة الحجم: $d = \frac{m}{V}$

بالتالى نحصل على العلاقة التالية:

$$d = \frac{MP}{RT}$$

وتختلف جزئيات الغاز عن الجزيئات الموجودة فى الحالة الصلبة أو السائلة بان المسافات بينها كبيرة جدا وبالتالى فان كثافة الغازات منخفضة جدا مقارنة بالحالة السائلة والصلبة لذلك فان وحدة كثافة الغازات هى الجرام لكل لتر g/L بدلا من g/cm^3 .

تطبيقات على قوانين الغازات

- قابلية الغازات للانضغاط : لوجود مسافات كبيرة تفصل جزئيات الغاز عن بعضها البعض فانه يمكن ضغط الغاز لحجم اقل بسهولة كبيرة.
- ان ضغط الغاز ناتج عن اصطدام جزئياته بجدار الاناء الحاوى له ومعدل الاصطدام او عدد تصادمات الجزئيات بالجدار فى الثانية يعتمد على كثافة الغاز اى عدد الجزئيات فى وحدة الحجم فبالتالى انخفاض حجم الغاز يؤدى الى كثافته ومعدل الاصطدامات ولهد

السبب فان ضغط الغاز يتناسب عكسيا مع الحجم اى كلما انخفض الحجم زاد الضغط والعكس صحيح.

- نظرا لان معدل الطاقة الحركية لجزيئات الغاز تعتمد على درجة الحرارة اى كلما ارتفعت درجة الحرارة كلما ارتفع معدل الطاقة الحركية ويؤدى ذلك الى زيادة عدد تصادمات جزيئات الغاز بجدار الاناء الحاوى له وبالتالي يزداد الضغط ايضا ويزداد حجم الغاز حتى يتم معادلة الضغط الثابت.

تدريب

- ما الكتلة المولية لغاز كتلته $0.427g$ وحجمه $125mL$ عند درجة حرارة C^0 20 وتحت ضغط $0.980atm$
- ما كثافة عينة من غاز الأمونيا NH_3 ، إذا كان الضغط $0.928 atm$ ودرجة حرارة 63.0^0C
- غاز كثافته $2.0g/L$ تحت ضغط $1.50atm$ وعند درجة حرارة 27^0C ، احسب الكتلة المولية لهذا الغاز

[6]

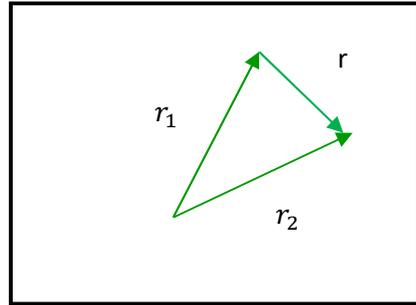
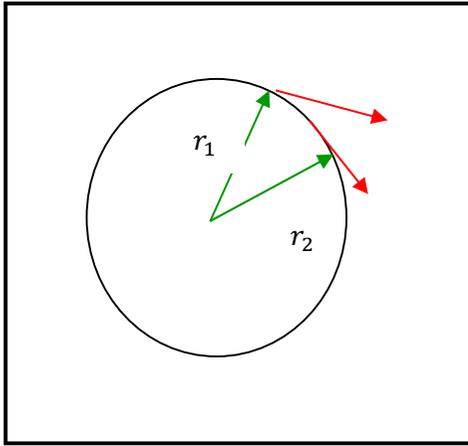
الحركة التوافقية البسيطة

الحركة الدورانية: عندما يدور جسم متماسك أي أنه ثابت الحجم والشكل حول محور فيه المحور العمودي على سطحه فإن جميع نقاطه تقطع مسافات مختلفة في زمن متساوي. والتي نصفها بالحركة الدورانية وتعرف على أنها حركة جسم أو جسيم بسرعة ثابتة المقدار حول دائرة نصف قطرها r ، وعلية نقول أن نقطة قريبة من المركز الجسم المتماسك تتحرك بسرعة

خطية أصغر عن تلك التي تتحرك بها نقطة بعيدة عن المركز، لذا هنا نتعامل مع الإزاحة الزاوية والسرعة الزاوية والعجلة الزاوية (التسارع المركزي).

الإزاحة الزاوية :

تقاس في النظام العالمي للوحدات بالوحدة النصف قطرية radian ورمزها rad تعرف الوحدة النصف قطرية rad بأنها الزاوية المركزية المقابلة لقوس مساوي في الطول لنصف قطر الدائرة.



طول محيط الدائرة = $2\pi \times r$

حيث r هو نصف القطر عليه تكون اللفة أو الدورة الكاملة تساوي 360° أي أن :

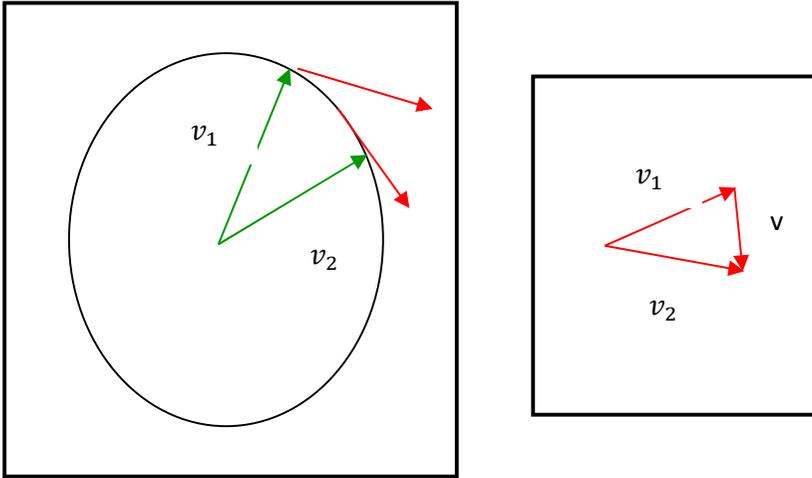
$$1 \text{ rad} = \frac{360}{2\pi} = (57.31)^\circ$$

السرعة الزاوية (ω) :

السرعة الزاوية لجسم يتحرك في مسار دائري حول محور معين هي معدل تغير إزاحته الزاوية بالنسبة للزمن. ووحدها هي rad/s

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \theta f$$

حيث f هو التردد ويساوي عدد اللفات أو الدورات في الثانية.



العجلة الزاوية (التسارع المركزي) (α):

بالرجوع للشكل السابق الذي يمثل الإزاحة الزاوية , والشكل السابق الذي يمثل السرعة الزاوية , نستطيع حساب مقدار التسارع المركزي لجسم ما , حيث أن الزاوية بين r_2, r_1 هي الزاوية نفسها بين

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta v}{v} \text{ فأن وهكذا فإن } v_2, v_1$$

وبقسمة الطرفين على الزمن Δt ينتج:

$$\frac{\Delta v}{v \Delta t} = \frac{\Delta r}{r \Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, v = \frac{\Delta r}{\Delta t} \text{ حيث أن}$$

لذا فإن :

$$\frac{a}{v} = \frac{v}{r}$$

بضرب طرفين بوسطين:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

a_c يعبر عن التسارع المركزي والذي يشير اتجاهه إلى مركز الدائرة دائماً , ومقداره يساوي حاصل قسمة مربع السرعة على نصف قطر دائرة الحركة.

وبما أن التسارع الجسم الذي يتحرك في مسار دائري يكون دائماً في اتجاه المركز, فلا بد أن تكون القوة المحصلة نحو مركز الدائرة أيضاً وهذه القوة تسمى بالقوة المركزية.

كذلك فإن قانون نيوتن الثاني يمكن تطبيقه في الحركة الدائرية المنتظمة على النحو التالي:

$$F_{\text{المحصلة}} = m a_c$$

القوة المحصلة المركزية تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في تسارعه المركزي. ونستطيع التعويض بقيمة التسارع المركزي في المعادلة:

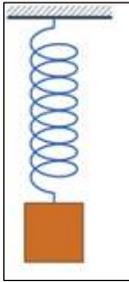
$$F = m \frac{v^2}{r}$$

الحركة الدورية: هي الحركة التي تكرر نفسها في فترات زمنية متساوية

الحركة التوافقية البسيطة هي حركة دورية تتحرك جيئة وذهاباً مروراً بمستوي معين يسمى بمستوي الاتزان. ذو هي الحركة التي تكرر نفسها كل فترة زمنية، وتكون سعة اهتزاز الحركة ثابتة، تتناسب العجلة مع إزاحة الجسم من موضع الاتزان و يكون اتجاهها دائماً إلى موضع الاتزان.

الحركة التوافقية البسيطة

هي حركة اهتزازية تتناسب فيها القوة المعيدة (قوة الارجاع) طردياً مع الإزاحة الحادثة للجسم وتكون دائماً في اتجاه معاكس لها.



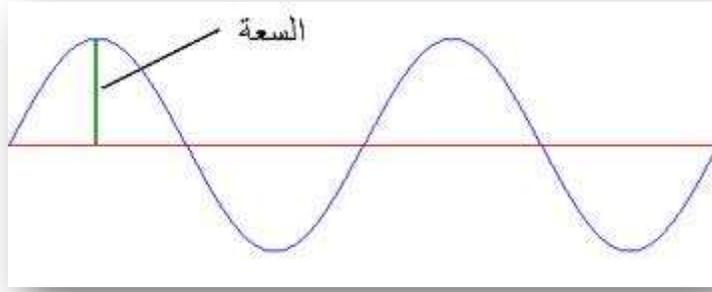
قوة الارجاع: هي قوة مساوية للقوة المؤثرة من حيث المقدار و عكسها من حيث الاتجاه. وعليه تتناسب طردياً مع إزاحة الجسم المهتز وتعاكسها في الاتجاه.

شروط الحركة التوافقية البسيطة

- مقدار قوة الارجاع تتناسب طردياً مع الإزاحة الحادثة للجسم.
 - اتجاه قوة الارجاع عكس اتجاه إزاحة الجسم.
- كل حركة توافقية بسيطة تعتبر حركة اهتزازية دورية وليس العكس .

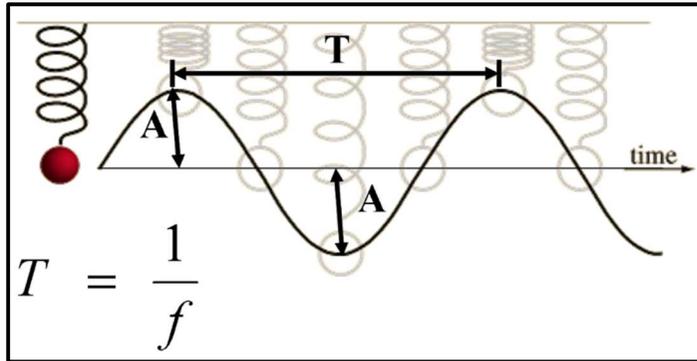
و توصف هذه الحركة بمجموعة من المفاهيم منها:

السعة A: هي نصف المسافة التي تفصل بين أبعد نقطتين يصل إليهما الجسم المهتز. أو أكبر إزاحة للجسم عن موضع سكونه (إتزانه).



التردد f : هو عدد الاهتزازات الكاملة الحادثة في الثانية الواحدة. يقاس بوحدة الهرتز (Hz).

الزمن الدوري T : هو زمن دورة كاملة، ويقاس بوحدة الثانية (s).



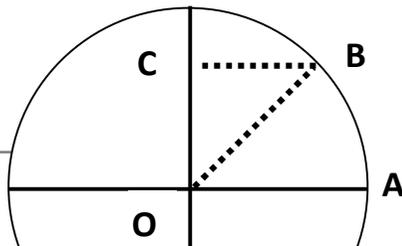
السرعة

الزاوية ω : وهي مقدار الزاوية التي يمسخها نصف القطر في الثانية الواحدة. يقاس بوحدة الراديان/ثانية (rad/s).

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

معادلة الحركة التوافقية البسيطة

تمثل بحركة مسقط متجه موضع نقطة تتحرك علي محيط دائرة ، علي قطر ثابت فيها. وتوضح بالشكل المقابل:



ومن هندسة الشكل نجد ان

$$x = r \sin(\theta)$$

باستخدام السرعة الزاوية حيث $\theta = \omega t$

$$\therefore x(t) = r \sin(\omega t)$$

هذه المعادلة تعطى إزاحة الجسم في الحركة التوافقية البسيطة عند أي زمن. اما السرعة عند أي زمن يمكننا الحصول عليها من تفاضل المعادلة السابقة بالنسبة للزمن أي:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = r\omega \cos(\omega t)$$

بتفاضل مرة أخرى نحصل على العجلة عند أي زمن :

$$a(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2} = -r\omega^2 \sin(\omega t)$$

وبالاستعانة بالمعادلات السابقة يمكننا الحصول على الصورة النهائية لمعادلة الحركة التوافقية البسيطة وهي:

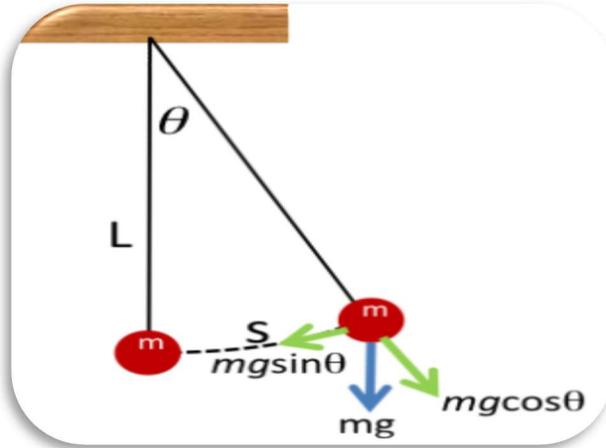
$$a(t) = -\omega^2 x(t)$$

تطبيق على الحركة التوافقية البسيطة

البندول البسيط

البندول البسيط هو عبارة عن ثقل مربوط في أحد طرفي خيط رفيع بينما يثبت الطرف الآخر من الخيط في نقطة ثابتة.

بتحريك البندول حركة بسيطة (لاتزيد عن 10°) يعود الي موضع الاتزان بتأثير مركبة الثقل $F = -\sin\theta$ وهي سالبة لأن مركبة القوة تكون باتجاه عكس الازاحة (X).



باستخدام البندول البسيط داخل المعامل الطلابية يمكننا الاتي:

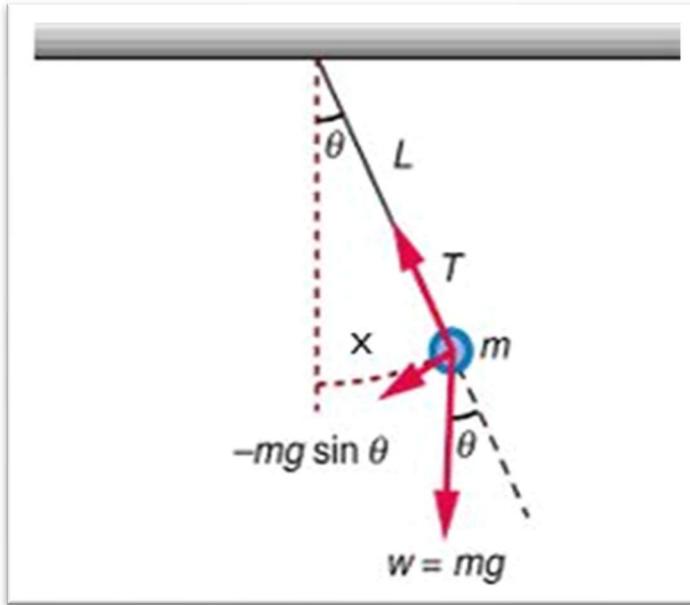
- دراسة حركة البندول البسيط واثبات انها حركة توافقية بسيطة.

- ايجاد عجلة الجاذبية الارضية.

إذا علقت كتلة واثرت عليها قوة بحيث تتحرك هذه الكتلة حول موضع سكونها

حركة اهتزازية فان هذا المهتز يسمى " البندول " وإذا كانت هذه الكتلة صغيرة

كالكرة المعدنية "نقطة مادية " فان هذا البندول يسمى البندول البسيط.



شكل (١)

إذا كانت كتلة كرة البندول (m) وازيحت هذه الكرة في اتجاه السهم المبين في الشكل (١) وتصور وضع البندول وهو (مزاج) عن موضع السكون بإزاحة مقدارها θ من الاتجاه الراسي فان وزن البندول الى أسفل (mg) يمكن تحليله الى مركبتين الأولى ($mg \sin \theta$) في الاتجاه العمودي و $mg \cos \theta$ في اتجاه الخيط ويلاحظ ان مركبة القوة ($mg \sin \theta$) تعمل في اتجاه مضاد لاتجاه القوة المسببة لحركة البندول وهذه الحركة هي التي تعمل على ارجاع البندول مرة اخرى في اتجاه موضع السكون ومن ثم فان:

$$F = -mg \sin \theta$$

$$ma = -mg \sin \theta$$

حيث (a) العجلة التي يتحرك بها البندول.

وإذا كانت الزاوية θ صغيرة (في حدود ٥ درجات)

$$\sin \theta = \theta$$

ومن تعريف الزاوية القطرية = القوس / نصف القطر

$$\theta = \frac{X}{L}$$

وبالتعويض عن $\sin \theta$ في (١) فان:

$$ma = -m g X/L$$

$$a = - (g /L) X$$

$$a = -\text{Constant} .X$$

اي ان العجلة تتناسب مع الازاحة، اي ان هذه الحركة هي حركة توافقية بسيطة ومقارنة ذلك بقانون الحركة التوافقية البسيطة.

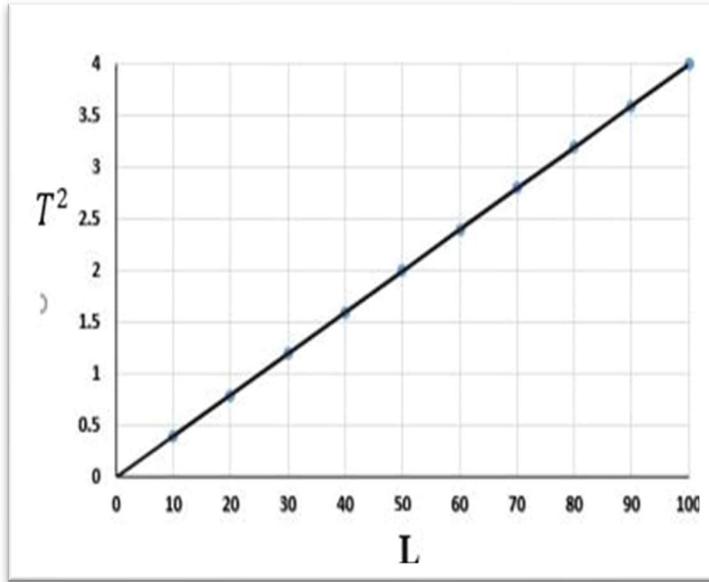
$$a = -w^2.X$$

يمكن استنتاج قيمة الثابت $w = \sqrt{g/L}$ ولما كانت $w = 2\pi/T$

$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L$$

وهذه العلاقة تمثل خط مستقيم. عند رسم العلاقة بين T^2 على المحور الراسي، L على المحور الافقى ويكون ميل الخط المستقيم $4\pi^2 / g$ ومعلومية قيمة النسبة التقريبية π يمكن ايجاد قيمة عجلة الجاذبية.



العوامل التي يتوقف عنها الزمن الدوري للبندول :

- ١- طول الخيط L
 - ٢- عجلة الجاذبية الأرضية g
- ولا يتأثر الزمن الدوري للبندول بكتلة ثقل البندول ولا بسعة الحركة
شرط ألا تزيد زاوية الاهتزاز عن 10°

[7]

الوحدات و الأبعاد

علم الفيزياء هو العلم الذى يبحث فى الخواص الطبيعية للأجسام, والخاصة الطبيعية تتميز بأن لها أبعاد محددة تقاس بوحدات خاصة محددة. ويبحث هذا العلم فى الكشف عن الظواهر الفيزيائية المختلفة ثم الكشف عن القوانين العلمية التى تخضع لها. وعند التعامل مع الظواهر الفيزيائية وقوانينها فأننا نمر بثلاث خطوات:

١. ملاحظة الظاهرة الفيزيائية.
٢. ربطها بمقادير فيزيائية يمكن قياسها.
٣. تفهم العوامل التى تتحكم فيها واستنباط القوانين العلمية لذلك.

ولما كانت الظروف الفيزيائية والقوانين العلمية المتعلقة بها موجودة فى المواد الحية وغير الحية لذا فان علم الفيزياء يتدخل إلى درجة كبيرة مع علوم الأحياء ومع علوم الكيمياء وعلم الفيزياء الحيويه وغيرها حيث أن هذه العلوم أصبحت متكاملة مع بعضها بعد التطور السريع فى أبحاث العلوم الذرية

والجزئية وقبل الخوض في هذه الخواص ليجب أن نشير إلى وحدات القياس المتبعة وتحديدها حتى يمكننا أن نحكم على خاصية طبيعية كذلك حتى يمكن التوصل إلى معادلة الأبعاد التي هي الأساس عند التعرف على سلامة القوانين المختلفة وصحتها الفيزيائية.

تحدد أي كمية طبيعية بعاملين اثنين هما العدد والوحدة . أي أنه لا يمكن ذكر أعداد أو أرقام مجردة دون تحديد الوحدة التي تقاس بها تلك الكمية. الكميات الفيزيائية: هي التي تبني هيكل الفيزياء و بها نكتب المعادلات و القوانين الفيزيائية ، من هذه الكميات : القوة – الزمن – السرعة – الكثافة – درجة الحرارة – الشحنة و غير ذلك.

تصنيف الكميات الفيزيائية:

- الكميات القياسية scalar quantities: يعبر عنها بمقدار فقط, رقم يبين المقدار (درجة الحرارة, الكتلة, الشغل), ويمكن إضافة إشارة إلى المقدار كدرجة الحرارة سالبة أو موجبة (د = - ١٥ درجة مئوية).
- الكميات المتجهة vector quantities: أما الكمية المتجهة فيعبر عنها بمقدار واتجاه (الإزاحة, القوة, العزم), مقدار المتجه يعبر عنه كما يعبر عن الكمية القياسية ويضاف عليه اتجاه تلك الكمية (الإزاحة = ١٠ م في الاتجاه الموجب للمحور السيني).

وتنقسم الكميات الفيزيائية إلى:

كميات أساسية: هي الكتلة و الطول و الزمن و يرمز لها (T , L , M) على الترتيب.

كميات مشتقة: هي كميات مشتقة من الكميات الأساسية مثل الحجم و السرعة و العجلة و غير ذلك من الكميات.

• أنظمة القياس:

النظام الدولي ISU: متر – كيلوجرام – ثانيه (M K S system) و أحياناً يسمى بالنظام الفرنسي المطلق أو سنتيمتر – جرام – ثانيه (C G S system).
النظام البريطاني: قدم – باوند – ثانيه (F B S).

وحدات القياس الأساسية

الكمية	الوحدة بالنظام الدولي (ISU)	الوحدة بالنظام البريطاني (FBS)
الكتلة (Mass)	كيلوجرام (Kg)	باوند
الطول أو المسافة (Length)	متر (M)	قدم
الزمن (Time)	ثانية (S)	ثانية

وحدات القياس المشتقة

الكمية	الوحدة بالنظام الدولي (ISU)	الوحدة بالنظام البريطاني (FBS)
المساحة	متر ² (m^2)	قدم ²

الحجم	متر ^٣ (m^3)	قدم ^٣
الكثافة = الكتلة / الحجم	Kg/m^3	باوند / قدم ^٣
قوة	نيوتن (N)	ثقل باوند (LB)
الضغط = قوة / مساحة	N/m^2 (باسكال)	ثقل باوند / قدم ^٢

الوحدات المعيارية: هي وحدات القياس المتفق عليها عالمياً والمستخدمه في النظام الدولي للوحدات

فتحدد أي كمية طبيعية بعاملين اثنين هما العدد والوحدة . أي أنه لا يمكن ذكر أعداد أو أرقام مجردة دون تحديد الوحدة التي تقاس بها تلك الكمية.

✘ المتر العياري: (معيار الطول) أول من استخدمه كمعيار للطول الفرنسيون وهو المسافة بين علامتين محفورتين عند نهايتي ساق من سبيكة من البلاتين - الايريديوم محفوظة عند درجة الصفر سليزيوس في الكتب الدولي للموازين والمقاييس بالقرب من باريس .

معلومة إضافية: اتفق العلماء علي استبدال المتر العياري بثابت ذري فهو يساوي ١٦٥.٠٧٦٣,٧٣ من الأطوال الموجية للضوء الأحمر - البرتقالي المنبعث في الفراغ من ذرات نظير عنصر الكريبتون-٨٦ في أنبوبة تفريغ كهربائي بها غاز الكريبتون

✘ الكيلو جرام العياري: (معيار الكتلة) يساوي كتلة اسطوانة من سبيكة (البلاتين-الايريديوم) ذات الأبعاد المحددة محفوظة عند صفر سليزيوس في الكتب الدولي للموازين والمقاييس بالقرب من باريس .

✘ **الثانية: (معيار الزمن):** تم تحديدها في العصور القديمة فقد كان الليل

والنهار واليوم الوسيلة للحصول علي مقياس ثابت وسهل لوحدة الزمن

$$\text{اليوم} = 24 \times 60 \times 60 = 86400 \text{ ثانية}$$

الثانية: تساوي $\frac{1}{86400}$ من اليوم الشمسي المتوسط .

معلومة إضافية: اتفق العلماء علي استبدال الثانية بثابت ذري وهي الثانية

بساعة السيزيوم الذرية وهياالفترة الزمنية اللازمة لينبعث من ذرة السيزيوم

١٣٣ عدد من الموجات يساوي 9192631700 موجة .

أهمية استخدام الساعات الذرية:-

١- تتميز بالدقة المتناهية

٢ - دراسة عدد كبير من المسائل الهامة مثل:

- تحديد مدة دوران الأرض حول نفسها (تحديد زمن اليوم)

- مراجعات لتحسين الملاحة الأرضية والجوية

- تدقيق رحلات سفن الفضاء لاكتشاف الكون

أبعاد الكميات الفيزيائية

من التقسيم السابق يتضح أن أى كمية مركبة يستدل عليها بمعرفة الكميات

الثلاث الأساسية ولذا فإن أبعاد أى كمية طبيعية تعرف بدلالة العلاقة التي

تربطها بالكميات الأساسية وسنرمز للطول بالرمز L والزمن بالرمز T والكتلة .

M

ولعرفة اعتماد بعد أى كمية طبيعية A على الأبعاد الأساسية T , L , M وكذلك على وحدات قياسها فانه يستعان بما يسمى " بمعادلة الأبعاد " التي تكتب عادة باستخدام أقواس مربعة على الصورة :

$$[A] = [L]^{\alpha} [M]^{\beta} [T]^{\delta}$$

وفيها تكون الأسات α, β, δ كسور او اعداد صحيحة موجبة أو سالبة.

حساب أبعاد بعض الكميات الفيزيائية

بُعد الكمية الفيزيائية	الكمية الفيزيائية
$[\rho] = \frac{M}{L^3} = ML^{-3}$	الكثافة (ρ) = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$
$[v] = \frac{L}{T} = LT^{-1}$	السرعة الخطية (v) = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$
$[\omega] = \frac{LT^{-1}}{L} = T^{-1}$	السرعة الزاوية (ω) = $\frac{\text{السرعة الخطية}}{\text{نصف قطر الدوران}}$
$[a] = \frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$	العجلة (a) = $\frac{\text{السرعة الخطية}}{\text{الزمن}}$
$[F] = M \times LT^{-2} = MLT^{-2}$	القوة (F) = الكتلة \times العجلة
$[W] = MLT^{-2} \times L = ML^2T^{-2}$	الشغل (W) = القوة \times المسافة
$[P] = \frac{ML^2T^{-2}}{T} = ML^2T^{-3}$	القدرة (P) = $\frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$

نظرية الأبعاد و تطبيقاتها:

تحتم نظرية الأبعاد على أن يكون طرفا المعادلات الرياضية متجانسين من حيث الأبعاد. لذلك نجد أن من فوائد الأبعاد ما يلي:

١. التحقق من صحة القوانين الفيزيائية.
٢. اشتقاق وحدات الثوابت التي تعتمد عليها العلاقات الرياضية المختلفة.
٣. التحويل من وحدات النظام الدولي (النظام الفرنسي) إلى النظام البريطاني (النظام الإنجليزي).

اختبار صحة القوانين (تحقيق تجانس الأبعاد للمعادلة)

بحيث يكون طرفي المعادلة لهم نفس الأبعاد لاحظ أن : وجود نفس معادلة الأبعاد علي طرفي المعادلة لا يضمن صحتها , ولكن اختلافها علي طرفي المعادلة يؤكد خطأها .

مثال : اثبت صحة العلاقة : طاقة الحركة = $\frac{1}{2}$ الكتلة \times مربع السرعة
($KE = \frac{1}{2} mv^2$) , إذا علمت أن معادلة أبعاد الطاقة $E = ML^2T^{-2}$.

$$1 - \text{معادلة أبعاد الطرف الأيمن} = ML^2T^{-2}$$

$$2 - \text{معادلة أبعاد الرف الأيسر} = \text{الكتلة} \times \text{مربع السرعة} = M \times (LT^{-1})^2 = ML^2T^{-2}$$

.. معادلة أبعاد الطرف الأيمن = معادلة أبعاد الطرف الأيسر

.. العلاقة صحيحة

مثال : أحد الأشخاص أقترح أن حجم الاسطوانة يتعين من العلاقة:

$$Vol = \pi r h \quad \text{حيث } r \text{ نصف قطر قاعدة الاسطوانة , } h \text{ ارتفاع الاسطوانة.}$$

١ - معادلة أبعاد الطرف الأيمن $Vol = L^3$

٢- معادلة أبعاد الرف الأيسر $\pi r h = L \times L = L^2$ (لاحظ أن π ثابت عددي

ليس له وحدات)

.. معادلة أبعاد الطرف الأيمن \neq معادلة أبعاد الطرف الأيسر

.. العلاقة غير صحيحة (خطأ)

مثال: تخضع حركة جسم تحت تأثير الجاذبية للعلاقة التالية:

($V_f = V_i + gt$) حيث g هي عجلة الجاذبية الأرضية ، الزمن t ، السرعة V_f ،

النهائية ، V_i السرعة الابتدائية .

اثبت صحة هذه العلاقة باستخدام معادلات الأبعاد

١ - معادلة أبعاد الطرف الأيمن $V_f = LT^{-1}$

٢- معادلة أبعاد الرف الأيسر =

$$T = V_i + g_t \times (LT^{-2}) + LT^{-1} = 2 LT^{-1} = LT^{-1}$$

.. معادلة أبعاد الطرف الأيمن = معادلة أبعاد الطرف الأيسر

.. العلاقة صحيحة

مثال : باستخدام معادلة الأبعاد اثبت مدى صحة العلاقة الآتية والتي تربط

بين زمن الذبذبة للبندول البسيط وبين طول خيطه .

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

حيث: T زمن الذبذبة ، L طول خيط البندول ، g عجلة الجاذبية الأرضية.

الحل : أبعاد الطرف الأيسر في القانون هي T

أبعاد الطرف الأيمن يمكن كتابتها كما يلي (بعد استبعاد المقدار الثابت 2π).

$$\left(\frac{L}{LT^{-2}} \right)^{\frac{1}{2}} = [T^2]^{\frac{1}{2}} = T$$

ومن ثم يتضح أن طرفي القانون متساويان مما يحقق صحة القانون المعطى.

التحقق من المقادير الثابتة التي تدخل ضمن أى كمية طبيعية.

وعلى سبيل المثال للتأكد من الثابت 2π في مثال البندول البسيط السابق

الذكر، فبتطبيق نظرية الأبعاد يمكن التعرف على حقيقة هذا الثابت.

نكتب قانون البندول البسيط على الصورة الآتية :

$$T = a \left(\frac{L}{g} \right)^{\frac{1}{2}}$$

حيث a كمية ثابتة. وبتعيين أبعاد طرفي المعادلة نجد أن :

$$T = a \left\{ \frac{L}{LT^{-2}} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

ويتضح من هذا أن المقدار a كمية عددية فقط لا أبعاد لها وقد وجد عمليا

أن قيمة هذا العدد الثابت هو 2π .

تعيين أبعاد كمية فيزيائية مجهولة:

هناك العديد لهذا التطبيق سنتناوله بالدراسة لتعيين البعد (والوحدة

القياسية) لبعض الكميات حين التصدى لها ومن أمثلة ذلك معاملات المرونة

ومعامل اللزوجة وغيرها من الكميات الفيزيائية الأخرى.

الكشف عن قانون فيزيائى جديد:

يمكن تطبيق قانون المعادلة البعدية فى الكشف عن قانون فيزيائى جديد يربط بين عدد من الكميات الفيزيائية والمثال الأتى يوضح نظرية المعادلة البعدية لاستنتاج معادلة ضغط السائل فى الأنابيب الراسية.

مثال : إذا وضع سائل فى أنبوبة راسية ، اوجد ضغط هذا السائل وبمعلومية ارتفاع السائل فى الأنبوبة وكثافة السائل وعجلة الجاذبية الأرضية.

الحل : نفرض ضغط السائل P وارتفاع السائل فى الأنبوبة h وكثافة السائل ρ وان عجلة الجاذبية الأرضية g .

وحيث أن الضغط يتوقف على هذه العوامل الثلاثة فيمكن كتابة معادلة الأبعاد كما يلى :

$$P = ha \cdot \rho b \cdot gc$$

حيث كل من a , b , c مقادير عددية ثابتة يمكن تعيين قيمة كل منها وذلك بالتعويض عن أبعاد الكميات الأربعة فى المعادلة السابقة.

بعد الطرف الأيسر من المعادلة السابقة هو :

$$ML^{-1}T^{-2}$$

بعد الطرف الأيمن من المعادلة السابقة هو :

$$L^a \cdot (ML^{-3})^b \cdot (LT^{-2})^c = L^a \cdot M^b \cdot L^{-3b} \cdot L^c T^{-2c}$$

$$= L^{a-3b+c} \cdot M^b \cdot T^{-2c}$$

وعليه تكتب المعادلة البعدية كالأتى:

$$= L^{a-3b+c} \cdot M^b \cdot T^{-2c} ML^{-1}T^{-2}$$

بمساواة أساس طرفي المعادلة البعدية نجد أن :

$$a = 1, b = 1, c = 1$$

$$P = h \cdot \rho \cdot g$$

أى أن الضغط يتناسب طردياً مع كل من ارتفاع السائل في الأنبوبة وكثافة السائل وعجلة الجاذبية الأرضية.
١. كميات (مقاييس) أساسية أو أولية:

١. الطول (Length) L

٢. الزمن (Time) T

٣. الكتلة (Mass) M

٣. القوة (Force) F

$$F = M \cdot g = M.LT^{-2}$$

٢. كميات (مقاييس) مشتقة:

وتشمل أي خاصية سواء طبيعية أو ميكانيكية خلاف الكميات الأساسية الثلاثة السابقة، وهي ذات أبعاد مركبة ومشتقة من الأبعاد الأساسية L, T, M مثل:

L^2	١. المساحة (Area)
L^3	٢. الحجم (Volume)
LT^{-1}	٣. السرعة (Velocity)
LT^{-2}	٤. العجلة (Acceleration)
L^3T^{-1}	٥. التصريف (Discharge)
MLT^{-2}	٦. القوة (Force)
$ML^{-1}T^{-2}$	٧. الضغط (Pressure)
ML^2T^{-2}	٨. الطاقة (Energy)
ML^2T^{-3}	٩. القدرة (Power)
ML^{-3}	١٠. الكثافة (Density)

ML ⁻¹ T ⁻¹	١١. اللزوجة الديناميكية (Dynamic Viscosity)
L ² T ⁻¹	١٢. اللزوجة الكينماتيكية (Kinematic Viscosity)
ML ⁻² T ⁻²	١٣. الوزن النوعي (Specific weight)
ML ⁻¹ T ⁻²	١٤. إجهاد القص (Surface tension)

١. أي من المعادلات التالية تعتبر معادلات تجريبية (غير متجانسة بعدياً) :

$$1. V = \frac{C_u}{n} R^{2/3} S \quad 2. h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad 3. Q = \alpha y^\beta$$

حيث أن :

الميل S	سرعة التدفق V	ثابت β, α, f, n, C_u
المحيط المبلل P	مساحة المقطع A	نصف القطر الهيدروليكي $\left(R = \frac{A}{P}\right)$
قطر الأنبوب D	طول الأنبوب L	ضاغط $h_f = \frac{\text{Pressure}}{\gamma}$
الميل S	عمق الماء γ	عجلة الجاذبية g
	الوزن النوعي γ	التصرف Q

الحل

$$1. V = \frac{C_u}{n} R^{2/3} S$$

$$V = \frac{L}{T} = LT^{-1} \quad \leftarrow \text{أولاً الطرف الأيسر}$$

$$\frac{C_u}{n} R^{2/3} S = \frac{1}{1} \cdot L^{2/3} \cdot 1 = L^{2/3} \quad \leftarrow \text{ثانياً الطرف الأيمن}$$

بما أن الطرف الأيسر \neq الطرف الأيمن

٣. حدد ما إذا كانت العلاقة التالية صحيحة من حيث الأبعاد أم لا.

$$v^2 = v_0^2 + 2a$$

المحتويات

الصفحة	الموضوع	م
٢	مقدمة.....	*
٥	مفهوم المادة وخصائصها.....	[1]
١١	التوتر السطحي.....	[2]
٢٢	ميكانيكا الموائع.....	[3]
٢٤	اللزوجة.....	
٣١	المرونة.....	[4]
٤٢	الغازات.....	[5]
٥٣	الحركة التوافقية البسيطة.....	[6]
٦٣	الوحدات والابعاد.....	[7]

