الباب الخامس

- المرونة ELASTICITY
- تدلنا سرعة رجوع الأجسام إلى حالتها الأصلية بعد إزالة القوى المؤثرة علي ما تتمتع بها هذه الأجسام من مرونة و تسمى هذه المواد بالأجسام المرنةويشترط أن لاتكون القوة المؤثرة كبيره لدرجة تتخطى حد مرونة المادة وإلا تحتفظ هذه المادة بجزء من التغير بعد زوال القوة المؤثرة .

- قانون هــوك : إذا أثرنا بقوة شد أو ضغط علي جسم مــا فأن هذه القوة ستحدث تغيراً في أبعاد الجســم الطبيعيــة و سيكون علينا الآن دراسة العلاقة بين القوة و التغير في أبعاد الجسم ٠ العالم روبرت هــوك أول من درس العلاقة بــين قوة الشد والاستطالة التي تنتج عنها في جسم ما ٠

- **عناصر المرونـــــــــة**
- ١ - الإجهاد (STRESS) هو القوى التي تؤثر علي المادة المرنة فتحدث فيها تغيرا في الشكل أو الحجم ، و الإجهـــاد قد يكون إجهاد ضغط أو شـــد ويقاس الإجهاد بمقدار القـــوة التي تؤثر علي وحدة المساحات و تكـــون عموديـــة علـــي الانفعال الحادث في الجسم المرن.

$$\frac{F}{A} \quad dyn/cm^2$$

- ٢-الانـــفـــعال : و هو التغير النسبي في شـــكل أو حجـــم المادة المرنة نتيجة للقوة أو الأجهاد المؤثر فيها ٠ ويقـــاس الأنفعال عن طريق المعادلة الأتية :
- **التغير في الطول أو الحجمالانفعـــال =الطـــول أو الحجـــم الأصلي**
- **و يوجد ثلاثة أنواع للانفعال أيضا هي :
- **الانفعال الطولي : و هو التغيير الحادث في طـــول المـــادة المرنة في اتجاه تأثير الإجهاد فإذا فرضنا وجـــود ســـلك مرن طوله (L) سم و مثبت من طرفة العلـــوي كمـــا فـــي الشكل ، و إذا أثرنا بقوة شد تعمل رأسيا إلي أسفل فأنـــه يمكن التعبير عن استطالة السلك بالمقدار (DL) ويكون :
- **التغير في الطولDLالانفعال الطولي ==الطول الأصليL**

معاملات المرونة

أ- معامل يونج للمرونة : و يعرف بأنة النسبة بين الإجهاد الطولي الذي يؤثر في المادة المرنة وبين الانفعال الطولي الحادث فيها أي أن:

الإجهاد الطوليمعامل يونج للمرونة =الانفعال الطولي

داين في اتجاه عمودي علي مقطع سلك مثبت من Fفإذا أثرت قوة مقدارها Aالطول الأصلي للسلك ، L) حيث DLالطرف الأخر و كانت الاستطالة الحادثة(فإن: (Y)مساحة مقطعه و رمزنا لمعامل يونج بالرمز

(DL/L)داين/سم٢الانفعال الطوليYمعامل يونج ===(F/A)الإجهاد الطولي

٢- معامل المرونة الحجمى : و يعرف بأنة النسبة بين الإجهاد الحجمي المؤثر في المادة المرنة و بين الانفعال الحجمي الناتج و يعبر عنة رياضيا بالعلاقة :

القوة العمودية علي وحدة المساحاتمعامل المرونة الحجمي =النقص في الحجم بالنسبة للحجم الأصلي

- **٣ - معامل المرونة للقـــص : و يعرف بأنة النسبة بـــين إجهاد القص الذي يؤثر علي المادة المرنة وبـــين انفعـــال القص الناتج فإذا رمزنا لمعامل مرونة القـــص بـــالرمز N فإنه يمكن التعبير عنة بالمعادلة :**
- **القوة المماسية المـــؤثرة علـــى وحـــدة المســـاحةF/AN ==زاوية القص qووحدات هذه المعاملات هي دائما وحدة القوة علي وحدة المساحة إذ أن الانفعال نسبة لا وحدة له.**

- **نسبة بواسون**
- إذا أثرت قوة شد لأسفل علي سلك مثبت من اعلي فأننا نشاهد :
- حدوث استطالة في اتجاه قوة الشد .
- حدوث تقلص في نفس الوقت لقطر السلك .
- ولقد استطاع بواسون أن يثبتٍ أن الاستطالة الحادثة لسلك مرن فى إتجاه قوة الشد تتناسب طردياً مع التقلص المستعرض في قطر السلك والنسبة بين الإستطالة والتقلص المستعرض تتوقف على طبيعة المادة المرنة و تسمي هذه النسبة الثابتة (نسبة بواسون).

- التوتر السطـــحي
- SURFACE TENSION
- توجد بين جزيئات المواد المختلفة قوى قوية تتميز بمـــدي قصير أي أن تأثير هذه القـــوي لا يظهـــر إلا إذا اقتربـــت الجزيئات من بعضها جدا ٠ و هناك تجارب بسيطة عديدة تدل علي وجود هذه القوي ذات المدى القصير ٠
- فإذا أتينا بلوح من الزجاج و قربناه من سطح ســـائل دون أن يلمسه فأننا لا نلاحظ و جـــود أي تجـــاذب مهمـــا زاد اقترابهما من بعضهما ، و لكن إذا لامـــس لـــوح الزجـــاج سطح السائل فأننا نلاحظ أن السائل يلتصق بقـــوة كبيـــرة بسطح اللوح الزجاجي.

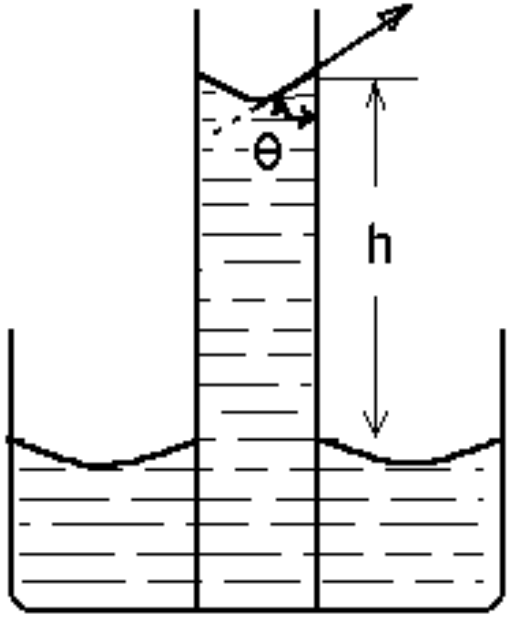
- كما أننا نلاحظ أيضا أنة إذا و ضعت قطرة من الزئبق علي سطح أفقي فإننا نلاحظ أنها تأخذ شكلا كرويا بدلا من أن تنتشر كطبقة رقيقة علي السطح تحت تأثير الجاذبية الأرضية و هذا يدلنا على أن شدة قوة التجاذب بين جزيئات الزئبق يجعلها تقاوم فعل الجاذبية
- وهذه القوي الجزيئية ، أي التي توجد بين جزيئات السائل تؤدي إلي وجود كثير من الظواهر كالخاصية الشعرية (ارتفاع السوائل في الأنابيب ذات المقاطع أو أنصاف الأقطار الصغيرة كما هو الحال عند ارتفاع الماء في التربة و في سيقان النباتات .

- **<u>زاويـــة التلامـــس</u>**
- **حينما يتقابل سائل مع سطح جسم صلب فأنة يصنع معــه زاوية معينة تتوقف قيمتها علي طبيعة كل من الســائل و سطح الجسم الصلب الملامس له و تسمي هذه الزاويــة (زاوية التلامس) أي أن زاوية التلامس: هي الزاوية التي تقع داخل السائل بين سطح الجســم الصلب المغمور فيــه السائل و بين المماس لسطح السائل عند تقابله مع ســطح الجسم الصلب.**
- **و زاوية التلامس تكون قيمتها قريبة من الصفر في الحالة التي يبلل السائل فيها الجسم الصلب.**

الخاصـــة الشـعرية

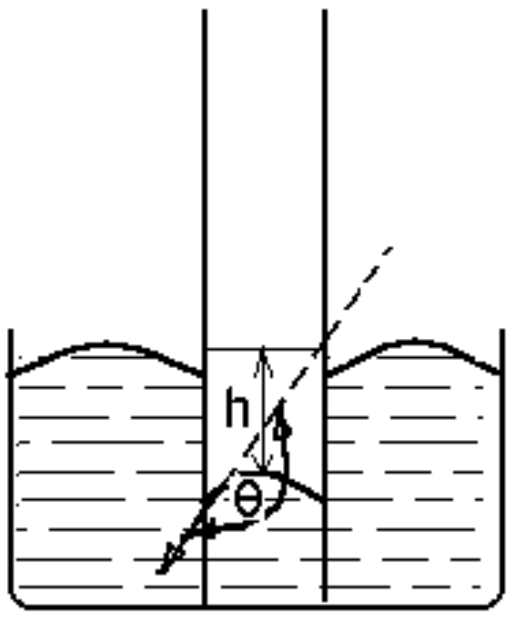
إذا و ضعنا أنبوبة زجاجية قطرها الداخلي صغير (أنبوبة شعرية) في وضع رأسي بحيث غمر طرفها السفلي في حوض به سائل فأننا نلاحظ ارتفاع أو إنخفاض السائل داخل هذه الأنبوبة عما هو عليه فى الحوض و تسمي هذه الظاهرة بالخاصية الشعرية .

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.



(a)

ارتفاع اسوائل التي تبلل سطح الجسم الصلب



(b)

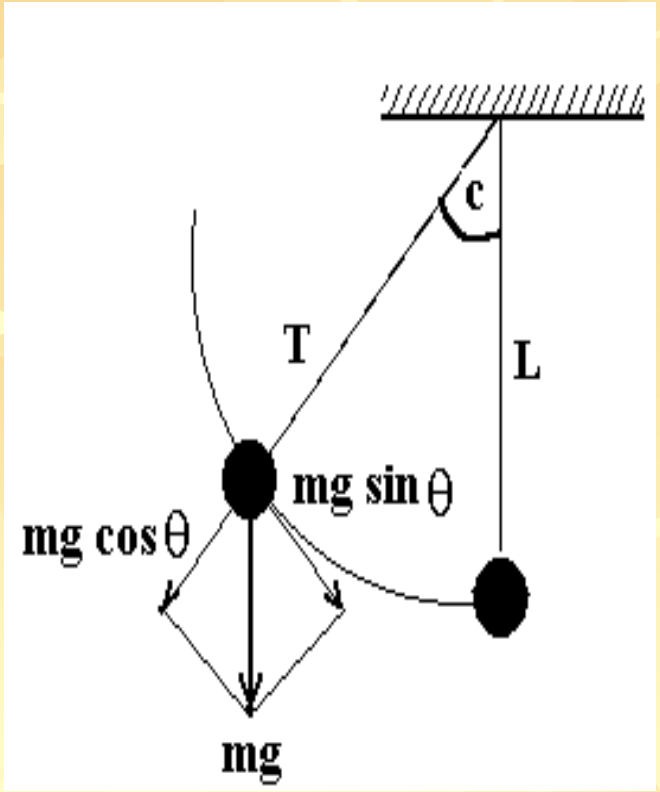
ارتفاع الزئبق في الأنبوبة الشعرية

ارتفاع سالب يمثل انخفاض الزئبق في الأنبوبة الشعرية

- **الحركة التوافقية**
- **هناك أجسام تتحرك تحت تأثير قوة ثابتة مثل حركة جسم يسقط تحت تأثير الجاذبية الأرضية مثلا ، و في هذه الحالة تكون العجلة المؤثرة على هذه الأجسام ثابتة أثناء الحركة و هناك نوع أخر من الحركة تتغير فيه القوة و العجلة بتغير مكان الجسم المتحرك و أبسط هذه الأنواع هو الحركة التوافقية البسيطة .**

البندول البسيط

- يتكون البندول البسيط من كرة صغيرة الحجم معلقة في أحد طرفي خيط غير مرن خفيف الوزن و مثبت من طرفه الأخر في نقطة تعليق. إذا تركنا الخيط لكي يسكن فأننا نلاحظ أنة يأخذ و ضعا راسيا في حالة اتزانه و توقفه عن الحركة.
- إذا شدت الكرة جانبا بعض الشيء ثم تركت فأننا نلاحظ أن كرة البندول تتذبذب حول وضع الاتزان. و المطلوب هو معرفة ما إذا كانت هذه الحركة من نوع الحركة التوافقية البسيطة أم لا.



- و تكون قوة الاسترداد في هذه الحالة هي :
- $F = - MG \ SIN \ q$ .....(1)
- والإشارة السالبة هنا تشير إلى أن اتجاه القوة F هو عكس الاتجاه الذي تزيد فيه الزاوية q.
- و من المعادلة (١) نرى أن قوه الاسترداد لا تتناسب مع q و لكنها تتناسب مع SINq و لذا لا نستطيع أن نقول أن الحركة في هذه الحالة حركة توافقية بسيطة ، و لكن إذا كانت الزاوية q صغيرة فإننا نستطيع أن نقول أن SINq تساوي تقريبا الزاوية q و في هذه الحالة تكون قوة الاسترداد :
- $F = MA \quad F = - MG$ وحيث أن
- $MA \ \backslash$

و العجلة $a = -\ = -\ W2\ X$.....(2)

تساوى

والمعادلة (٢) $\therefore W =$ $\therefore W2 =$

Tهي شرط الحركة التوافقية البسيطة ويكون الزمن الدوري مساويا.

$\therefore$

و هكذا نرى أنة في حالة الإزاحة (أو الزوايا) الصغيرة فان الزمن الدوري للبندول البسيط لا يتوقف علي سعة الذبذبة و) وإنما يتوقف على طول البندول .mلا علي كتله الكره (