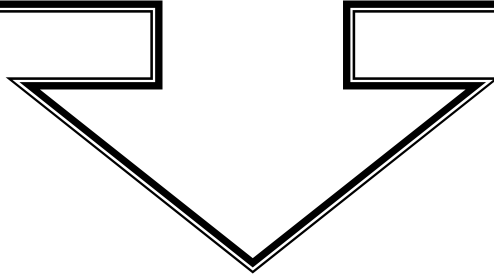


١٢-١ : الوحدة الأولى

# خواص المادة



## خواص المادة

يتناول هذا الفرع من الفيزياء دراسة الظواهر الفيزيائية للأجسام في حجمها الذي تبدو فيه في الحياة وبالتحديد صلة تلك الظواهر بالتكوين الجزيئي للمادة ، وهو فرع وصفي في بدايته ولا يكتمل في مبحثه إلا بالالتحام مع فروع الفيزياء الأخرى في مستوياتها المتقدمة . ولمعرفة المزيد عن تركيب الجسم المادي يمكن إجراء النشاطات الآتية :

### نشاط (١) :

أسكب قطرة من أي عطر ثم أنتظر فترة مناسبة وأختبر وجود رائحة العطر في أي موضع من الغرفة ، تلاحظ أن رائحة العطر انتشرت في جميع أنحاءها. ويمكن تفسير هذا بأن الجزيئات المكونة للعطر في حالة حركة مستمرة تمكنها من الانتشار .

### نشاط (٢) :

أضف حجماً معيناً من الكحول إلي حجم آخر من الماء في مخبر مدرّج ، تلاحظ أن حجم الخليط أقل من مجموع حجمي السائلين ، يفسر هذا النقص بوجود فراغات بين جزيئات الماء تتخللها بعض جزيئات الكحول مما يدل علي أن جزيئات المادة لا تكون متلاصقة وإنما يفصل بعضها عن البعض مسافات صغيرة تعرف بالمسافات الجزيئية .

### نشاط (٣) :

حاول تجزئة قطعة من الصلب تجد أن ذلك يحتاج لآلات معينة وبذل قوة كبيرة حاول تجزئة مقدار من الماء في كوب في عدة أكواب أخري تجد أن ذلك يتم بسهولة يفسر هذا بأن قوى التماسك بين جزيئات الصلب أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء .

ومن النشاطات السابقة يمكن التوصل إلي بعض الفروض المتعلقة بتركيب المادة والتي تعرف بفروض النظرية الجزيئية.

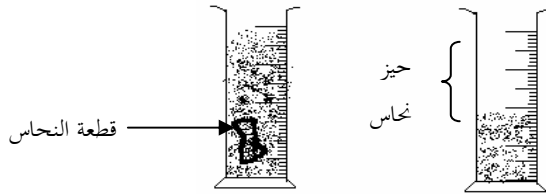
### النظرية الجزيئية للمادة :

- (١) تتركب المادة أياً كانت صلبة أو سائلة أو غازية من دقائق متناهية في الصغر تعرف بالجزيئات . والجزيء هو أصغر جزء من المادة يمكن أن يوجد في حالة انفراد وتوضح فيه كل صفات المادة وخواصها .
- (٢) جزيئات المادة الواحدة متشابهة وتختلف جزيئات مادة عن جزيئات مادة أخرى . مثلاً جزيئات الخشب متشابهة ولها خواص الخشب وجزيئات اللبن من نوع واحد ولها خواص اللبن ، ولكن جزيئات الخشب تختلف عن جزيئات اللبن .
- (٣) جزيئات المادة في حالة حركة مستمرة . حركة جزيئات المواد الصلبة أقل ما يمكن وحركة جزيئات السوائل أكثر قليلاً وحركة جزيئات الغازات أكبر ما يمكن .
- (٤) تزداد حركة الجزيئات بارتفاع درجة حرارة الجسم ، فبتسخين السائل تزداد حركة جزيئاته إلي الحد الذي يتيح لها ترك السائل علي هيئة بخار .
- (٥) توجد بين جزيئات المادة مسافات فاصلة تعرف بالمسافات الجزيئية ، وهي صغيرة جداً في حالة المواد الصلبة ، أكثر قليلاً في السوائل ، أكبر ما يمكن في حالة الغازات
- (٦) توجد قوة جذب متبادلة بين جزيئات المادة تعرف بقوي التماسك الجزيئية (cohesive force) وهي كبيرة جداً في المواد الصلبة ، وصغيرة في السوائل ، وأصغر ما يمكن في الغازات .
- (٧) توجد قوة جذب متبادلة بين جزيئات مادة وجزيئات مادة أخرى تعرف بقوي الالتصاق (Adhesive force) مثل القوي التي تربط بين جزيئات الطباشير والسطح.

### الصفات العامة للمادة :

تشارك المواد الصلبة والسائل والغازية في الصفات الآتية:

#### ١) الحيز :



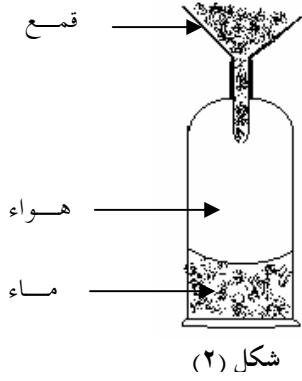
شكل (١)

#### نشاط (١) :

ضع مقداراً مناسباً من الماء في مخبر مدرج ولاحظ دلالته ، ثم أغمر قطعة من النحاس في الماء

- (أو أي مادة صلبة لا تذوب في الماء) ، تجد أن سطح الماء يرتفع لأعلي مما يدل علي أن قطعة النحاس شغلت جانباً من حيز المخبر المدرج كما في الشكل (١) .

### نشاط (٢) :



حاول ملء زجاجة من الماء مستخدماً قمعاً ، تجدد أن الماء لا يدخل إلي الزجاجاة إلا إذا رفع القمع من حين لآخر حتى يسمح للهواء الذي يشغل حيز الزجاجاة بالخروج ، وعندئذ يدخل الماء ليحل محل الهواء الذي خرج كما في الشكل (٢):

من النشاطين أعلاه تجد أن المادة (صلبة ، سائلة ، كانت أو غازية) تشغل حيزاً من الفراغ .

### ٢) عدم التداخل :

#### نشاط (١) :

أذب مقداراً من ملح الطعام في مقدار مناسب من الماء ثم سخن المحلول حتى الغليان واستمر في التسخين حتى يتبخر الماء ويبقى في النهاية ملح الطعام وبهذه الكيفية يتم فصل جزيئات الملح التي كانت مذابة في الماء . وهذا يدل علي أن جزيئات المادة المذابة لا تتداخل مع جزيئات المادة المذيبة وإنما تنتشر بين الفراغات الموجودة بينها.

#### نشاط (٢) :

أخلط قليلاً من الرمل مع قليل من برادة الحديد ثم قرّب مغنطيساً من الخليط ، تجد أن برادة الحديد تنفصل بسهولة من حبات الرمل . مما يدل علي أن جزيئات الرمل لم تتداخل مع جزيئات الحديد.

من النشاطين أعلاه تجد أن: جزيئات مادة ما لا تتداخل مع جزيئات مادة أخرى .

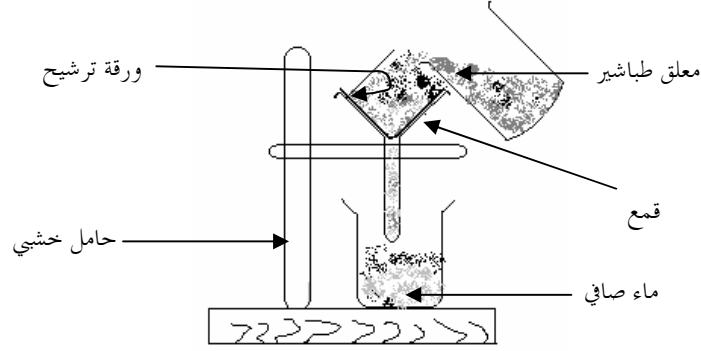
### ٣) المسامية :

#### نشاط (١) :

أسحق قطعة من الطباشير وضع المسحوق في الماء لتحصل على معلق الطباشير في الماء ، ثم صبه فوق ورقة ترشيح في قمع واستقبل الرشيق في كأس . تجد أن الرشيق يكون رائقاً

الوحدة الأولى : (خواص المادة)  
السيرية

(صافياً) مما يدل علي أن ورقة الترشيح بها مسام تسمح بفاذ جزينات الماء ولا تسمح بفاذ دقائق الطباشير كما في الشكل (٣).



شكل (٣)

#### نشاط (٢) :

ضع بلورات من ثاني كرومات البوتاسيوم في كأس به ماء ولاحظ أن لون ثاني كرومات البوتاسيوم ( البرتقالي ) يأخذ في الانتشار تدريجياً في الماء مما يدل علي أن جزينات ثاني كرومات البوتاسيوم انتشرت خلال المسام التي تفصل بين جزينات الماء .

#### نشاط (٣) :

أسكب قطرة من العطر في الغرفة ولاحظ أن رائحة العطر تنتشر بسرعة في جميع أنحاء الغرفة مما يدل علي أن جزينات العطر قد تخللت المسام التي تفصل بين جزينات الهواء. من النشاطات السابق يتضح أن: المادة ( صلبة، سائلة أو غازية) مسامية .

#### (٤) قابلية التجزئة :

#### نشاط (١) :

ضع بلورة من كبريتات النحاس في كأس به ماء ، تشاهد أن اللون الأزرق لكبريتات النحاس يأخذ في الانتشار تدريجياً في الماء دلالة علي أن بلورة كبريتات النحاس قد تفككت إلي جزينات منتشرة في الماء .

الوحدة الأولى (خواص المادة)

### نشاط (٢) :

حاول تجزئة مقدار من الماء أو أي سائل آخر في عدة أكواب تجد أن ذلك يتم بسهولة. ومن البديهي أن قابلية الغازات للتجزئة كبيرة جداً كما يظهر في إمكان شق طريقنا في الهواء بسهولة جداً .

### (٥) القصور الذاتي:

عند وضع قطعة معدنية علي نضد أفقي نجد أن القطعة المعدنية تظل ساكنة في موضعها ما لم يؤثر عليها مؤثر خارجي ، ولا تستطيع من تلقاء نفسها أن تغير من حالتها ..خاصية احتفاظ الجسم بحالته تعرف بالقصور الذاتي .  
من المشاهدات اليومية التي تظهر فيها خاصية القصور الذاتي : اندفاع الراكب في السيارة للأمام إذا توقفت عن الحركة فجأة.

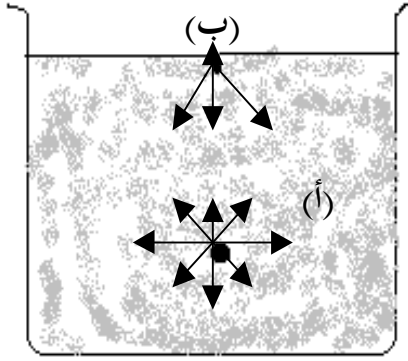
**أسئلة وتمارين:**

- (١) ما هي المادة؟ وما هي حالتها؟
- (٢) أذكر أربعاً من الخواص العامة للمادة .
- (٣) أعط مثلاً من الحياة اليومية بأن المادة تمتاز بخاصية القصور الذاتي .
- (٤) علّل لما يأتي :
  - أ/ المواد الصلبة أكثر تماسكاً من المواد السائلة .
  - ب/ الغازات أكثر قابلية للأنضغاط من المواد الصلبة والسائلة .
  - ج/ عند ذوبان قطعة من السكر في كوب من الماء فإن الزيادة في حجم السائل تكون أقل من حجم قطعة السكر .

## التوتر السطحي للسائل

### نشاط:

أملأ كأساً بالماء ثم ضع علي سطحه ورقة ترشيح عليها دبوس صغير ثم أنتظر فترة من الزمن . ماذا تشاهد؟ هل تغوص ورقة الترشيح ؟ وهل يغوص الدبوس معها أم يستقر علي سطح الماء ؟  
يمكنك من هذا النشاط أن تتوصل إلي أن سطح السائل الساكن يبدو متماسكاً ومشدوداً كما لو كان غشاءً مرناً .



شكل (٤)

إن لسطح السائل خاصية وهي كونه سطحاً متماسكاً ومشدوداً ، تعرف هذه الخاصية بالتوتر السطحي أو الشد السطحي. ومن الطبيعي أن تتساءل عن سبب توتر سطح السائل الساكن وهنا لابد من اللجوء إلي فروض النظرية الجزيئية للمادة ... لتتصور الآن جزئين (أ) ليكون في باطن السائل، (ب) علي سطح السائل كما في الشكل (٤) .

فالجزء (أ) ينجذب إلي كل جزيء من جزيئات السائل الأخرى القريبة منه والمنتشرة حوله بانتظام في جميع الجهات ، ورغم كون هذا الجزيء منجذباً إلي الجزيئات الأخرى المحيطة به إلا أن قوي الجذب المؤثرة تتعادل ويلغي بعضها تأثير بعض لأنها متساوية في المقدار ومتضادة في الاتجاه وبذلك تصبح محصلتها النهائية صفراً .



شكل (٥)

وأما الجزيء (ب) الموجود علي سطح السائل فلا تحيط به الجزيئات من جميع الجهات ، بل من أسفل فقط وبذلك تتسبب الجزيئات المحيطة به من أسفل في جذبه رأسياً لأسفل فقط ، وينطبق هذا علي بقية الجزيئات الموجودة في سطح السائل ، فكل جزيء منها يبدو بفعل قوي جذب الجزيئات له كأنه مجذوب رأسياً لأسفل مما يتسبب في ظهور شد أو توتر في سطح السائل كما في الشكل (٥) .



### ظواهر ناشئة من التوتر السطحي :

(١) قطرات السائل تميل إلى التكور أي تأخذ شكلاً قريباً من شكل الكرة : مثلاً قطرة الزئبق تبدو كرةً كاملةً يمكن دحرجتها على سطح زجاج مثلاً . وتفسير ذلك هو أن التوتر السطحي يعمل على شد سطح قطرة السائل وتقليصه ليأخذ سطح القطرة أقل مساحة ممكنة .

أما السوائل الأخرى غير الزئبق لا يكون شكل قطراتها كرات كاملة لأنه توجد قوى أخرى تعاكس في تأثيرها التوتر السطحي تعرف بقوى الالتصاق فهي تقاوم في عملها قوتي التماسك . وهكذا فإن السائل يؤثر عليه نوعان من القوي :

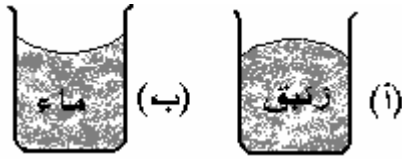
قوي تعمل على شد سطحه وتكويره ، وقوي تعمل على إصاق السائل بالسطح الذي يلامسه أي على منع تكويره .

إن تبليل السائل لسطح ما يعتمد إذن على الموازنة بين هذين النوعين من القوي، فعندما تكون قوي التماسك كبيرة جداً بالمقارنة مع قوي الالتصاق لا تبلل السائل جدار الإناء . أما إذا كانت قوي التماسك ليست كبيرة بالمقارنة مع قوي الالتصاق فإن السائل يبلل السطح الذي يلامسه .

ويمكننا قول الشيء نفسه بالنسبة إلى الشكل الذي تأخذه قطرة السائل. ففي حالة الزئبق تتغلب قوي التماسك كثيراً على قوي الالتصاق وتأخذ قطرة الزئبق شكل الكرة ، أما في حالة الماء فإن قوي التماسك ليست كبيرة جداً بالمقارنة مع قوي الالتصاق ولذلك تأخذ قطرة الماء شكلاً قريباً من شكل الكرة .

### (٢) ظاهرة عدم استواء سطح السائل :

#### نشاط :



يميل سطح الزئبق إلى التحدب      يميل سطح الماء إلى التقعير  
شكل (٦)

ضع كمية من الماء في أنبوبة اختبار وكمية أخرى من الزئبق في أنبوبة أخرى ثم لاحظ الشكل الذي يأخذه سطح السائل الموضوع في كل أنبوبة . يمكنك أن تلاحظ من هذا النشاط أن سطح السائل الساكن الموضوع في أنبوبة الاختبار لا يبدو مستوياً تماماً وأنه

### الوحدة الأولى (خواص المادة)

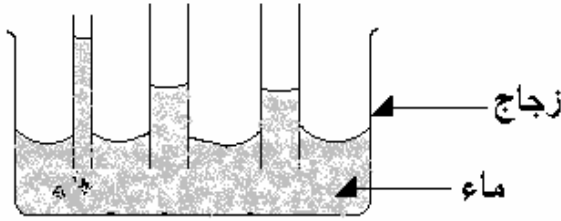
يميل إلى الابتعاد عن الاستواء كلما كان الإناء ضيقاً . ويمكنك أن تلاحظ كذلك أن السوائل علي نوعين : سوائل كالزئبق يميل سطحها إلى التحدب، وسوائل كالماء يميل سطحها إلى التقعر كما في الشكل (٦ أ، ب) .

ففي حالة الزئبق تكون قوي التماسك بين جزيئات الزئبق كبيرة جداً بالمقارنة مع قوي الالتصاق بين جزيئات الزئبق من جهة وجزيئات جدار الإناء من جهة أخرى، ولذلك يميل سطح الزئبق قريباً من جدران الإناء إلى التكور وهكذا يبدو سطح الزئبق في الإناء محدباً، ويزداد وضوح التحدب كلما قل نصف قطر الإناء. أما في حالة الماء فأن قوي الالتصاق بين جزيئات الماء وجدران الإناء قوية إلى حد أنها تجعل شيئاً من الماء يتسلق جدران الإناء ولذلك يظهر سطح الماء قريباً من جدران الإناء كأنه متسلق للجدران وبذلك يبدو مقعراً.

### (٣) الخاصة الشعرية :

#### نشاط :

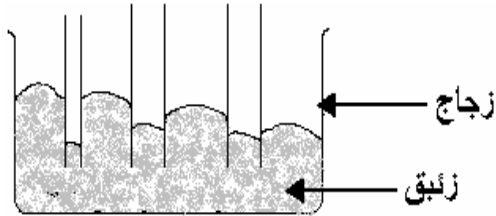
خذ حوضاً وأملأه بالماء الملون ، ثم أحضر مجموعة من الأنابيب مفتوحة الطرفين وذات أطوال متساوية ولكنها مختلفة الأقطار . ضع مجموعة الأنابيب رأسياً في السائل وإلي نفس العمق كما في الشكل (٧) .



شكل (٧)

لاحظ الآن مستوي سطح

الماء بداخل الأنابيب ، هل يتساوى سطح الماء في الأنابيب؟ وهل يتساوي سطح الماء بداخل الأنابيب مع سطحه خارجها؟



شكل (٨)

تلاحظ أن سطح الماء لا يتساوي في الأنابيب ، كما أن سطح الماء بداخل كل من الأنابيب يرتفع عن سطح الماء في الحوض، ويزيد مقدار ارتفاع سطح الماء كلما قل قطر الأنبوبة . ولو أنك كررت نفس العمل مع الزئبق كسائل لوجدت أن سطح

## الفيزياء

الزئبق لا يتساوي في الأنابيب بل تجده منخفضاً (بعكس الماء) ويزيد مقدار الانخفاض كلما قل قطر الأنبوبة كما في الشكل (٨) .

إن ارتفاع (أو انخفاض) السائل في الأنابيب الدقيقة (الشعرية) فوق (أو دون) متسواه يعرف الخاصة الشعرية، أو بالظاهرة الشعرية. ومما يجدر ذكره أن مقدار الخاصة الشعرية يعتمد علي :

(١) قطر الأنبوبة .

(٢) كثافة السائل .

□ حيث يزيد مقدار الخاصة الشعرية كلما قل قطر الأنبوبة والعكس صحيح .

□ ويزيد مقدار الخاصة الشعرية كذلك كلما قلت كثافة السائل.

ومن الظواهر المترتبة علي الظاهرة الشعرية الآتي :

(١) ارتفاع العصارة النباتية إلي أعلي في سيقان النبات .

(٢) تشرّب ورقة النشاف لبقعة الحبر عند ملامستها له .

(٣) ارتفاع الكيروسين في فتيل الفانوس .

## (٤) الظواهر الأسموزية : Osmosis

### نشاط:

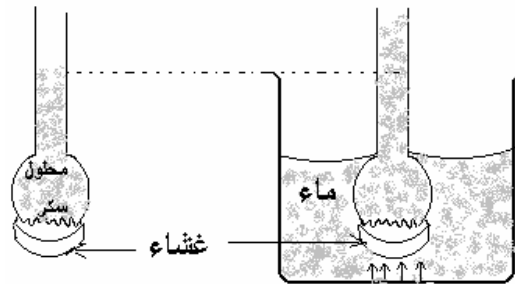
□ خذ قمعاً وثبت علي فتحته الواسعة قطعة من مثانة خروف (أو أي حيوان آخر) ثم أربطها بإحكام حول فتحة القمع .

□ صب في القمع محلولاً مركزاً من السكر ثم ضع القمع في حوض يحتوي علي ماء كما في الشكل (٩)

□ راقب مستوي المحلول داخل القمع خلال عدة أيام.

يمكنك من هذا النشاط أن تلاحظ أن الماء ينتقل من الحوض إلي محلول السكر في

داخل القمع عبر مثانة الحيوان الذي يمثل غشاءً شبه منفذ .



شكل (٩)

#### الوحدة الأولى (خواص المادة)

إن انتقال الماء إلى القمع لا يمكن تفسيره بالخاصة الشعرية لأن القمع ليس أنبوباً شعرياً. إن الماء ينتقل من المحلول المخفف إلى المحلول المركز . إن انتقال الماء مرتبط بإذن بوجود محلولين مختلفين في درجة (قوة) تركيزهما.

فالمحلول كما هو معروف عبارة عن خليط من مادتين سائل مذيب كالماء مثلاً ، ومادة مذابة تسمى المذاب كالسكر مثلاً . ودرجة التركيز تقاس بعد الجرامات من المذاب في حجم معين من المذيب .

وانطلاقاً من هذا المعنى لدرجة تركيز المحلول يمكن القول أن انتقال الماء من المحلول المخفف إلى المحلول المركز هو محاولة للوصول إلى حالة توازن بين المحلولين ، أي إلى حالة تتساوى فيها درجة تركيز المحلولين . وتسمى ظاهرة انتقال الماء من المحلول المخفف إلى المحلول المركز عبر غشاء شبه منفذ بالظاهرة الأسموزية، وبهذا يمكن تعريف الظاهرة الأسموزية بأنها نفاذ جزيئات السائل المذيب خلال الأغشية شبه المنفذة إلى حيث توجد المادة المذابة بتركيز أكبر إذا كان الغشاء المذكور هو الفاصل الوحيد بينهما.

### الأسئلة والتمارين:

- ١) ضع علامة (✓) أمام الإفادة الصحيحة وعلامة (X) أمام الإفادة الخطأ في الآتي :
- (١) سير وتحرك الحشرات الصغيرة فوق سطح الماء دليل علي :
- (أ) قوة التوتر السطحي ( )
- (ب) وجود الخاصية الشعرية ( )
- (ج) قوة دفع الماء لهذه الحشرات ( )
- (د) كل ما ذكر صحيح ( )
- (٢) صعود الماء والأملاح المعدنية إلى أعلي عبر ساق النبات دليل علي :
- (أ) التوتر السطحي ( )
- (ب) مرونة المادة ( )
- (ج) الخاصية الشعرية ( )
- (د) كل ما ذكر صحيح ( )
- (٣) ميل سطح السائل إلى التقعر بسبب تأثير :
- (أ) الخاصية الشعرية ( )
- (ب) التوتر السطحي ( )
- (ج) قوي التماسك بين الجزيئات ( )
- (د) قوي الالتصاق بين جزيئات مادتين ( )
- (٤) الظاهرة الأسموزية هي انتقال المذيب عبر غشاء شبه منفذ :
- (أ) من المحلول المخفف إلي المحلول المركز ( )
- (ب) من المحلول المركز إلي المحلول المخفف ( )
- (ج) من محلول آخر مساو له في درجة التركيز ( )
- (د) كل الاحتمالات المذكورة غير صحيحة ( )
- (٥) الخاصية الشعرية هي :
- (أ) ميل سطح السائل إلي التكور ( )
- (ب) انتقال السائل من محلول لآخر ( )
- (ج) ارتفاع أو انخفاض السائل عن مستواه ( )
- (د) التصاق السائل بجدران الإناء ( )
- ٢) لديك نبتتان وضعت إحداهما في كأس به ماء ووضعت الأخرى في كأس به محلول . أيهما تذبذب قبل الأخرى؟ ولماذا؟

## المرونة

سنحاول معاً في هذا المبحث أن نتعرف علي سلوك المادة عندما تؤثر عليها القوي المختلفة، فالقوي عندما تؤثر علي جسم ما تحدث فيه أحد أو بعض أو كل التغيرات الآتية :

(أ) قد تتسبب في تغيير حالته من سكون أو حركة .

(ب) قد تغير من شكله فتسبب تقوسه أو ليه.

(ج) قد تغير من حجمه أو من أحد أبعاده كالطول مثلاً .

إن اهتمامنا في هذا المبحث هو دراسة سلوك المادة عندما يطرأ عليها تغيير في شكلها أو حجمها أو كليهما معاً بسبب القوي المؤثرة.

ماذا يحدث للمادة التي عانت تغييراً في حجمها وشكلها عندما تزول القوي المؤثرة عليها؟ هل تحتفظ المادة بالتغيير الحاصل فيها ؟ أم تستطيع استعادة شكلها وحجمها الأصليين بعد زوال القوي المؤثرة ؟

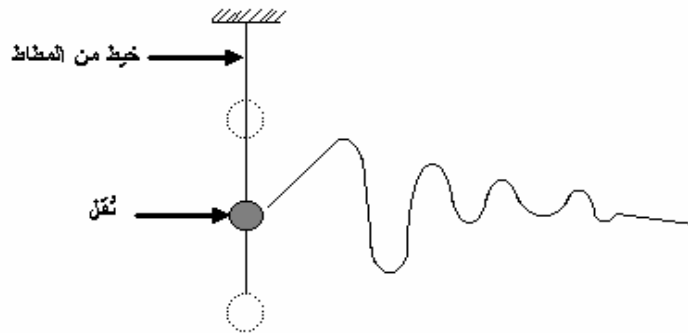
ولكي تتمكن من الإجابة علي هذه التساؤلات يمكن القيام بالنشاطات الآتية:

### نشاط (١) :

(أ) علق ثقلاً مناسباً في أحد طرفي خيط من المطاط وثبت طرفه الآخر ثم أجذب الثقل لأسفل قليلاً تجد أن خيط المطاط يزيد في الطول .

(ب) أترك الثقل تجده يهتز ويستقر في النهاية ويعود خيط المطاط لطوله الأصلي كما في الشكل (١٠) :

مما يدل علي أن خيط المطاط يستطيل تحت تأثير قوة الشد ويستعيد طوله بعد زوال القوة المؤثرة.



شكل (١٠)

**نشاط (٢) :**

بتكرار النشاط (١) باستخدام زنبرك تحصل علي نفس النتيجة .

**نشاط (٣) :**

- (أ) أضغط علي كرة من المطاط (أو بالون مملئ بالهواء ) بين أصابعك بقوة تجد أن الكرة وحجمها يتغيران.
- (ب) أرفع يدك من علي الكرة تجد أنها تستعيد شكلها وحجمها الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة .

**نشاط (٤) :**

- كرر النشاط (٣) مستخدماً كرة من الصلصال (طين) تجد أنها لا تستعيد شكلها أو حجمها الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة بل تحتفظ بالتغيير الذي طرأ عليها.
- من النشاطات السابقة يمكن تصنيف المواد إلي :
- (أ) مواد لها القدرة علي استعادة شكلها وحجمها الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة مثل هذه المواد التي تعرف بالمواد المرنة.
- (ب) مواد تحتفظ بالتغيير الذي طرأ عليها ومثل هذه المواد تعرف بالمواد غير المرنة .
- وبناءً علي ذلك يمكن تعريف المرونة بأنها خاصية استعادة المادة لشكلها أو حجمها الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة عليها .
- وعلي هذا تكون المرونة صفة عامة للمادة ، غير أن المواد تتفاوت في درجة مرونتها علي هذا النحو:
- (أ) مادة مرنة تماماً وهي التي تعود لحالتها الأصلية تماماً .
- (ب) مادة عديمة المرونة وهي التي تحتفظ بكل ما حصل لها من تشوه.
- (ج) مادة شبه مرنة وهي التي تعود إلي حالة قريبة من حالتها الأصلية.

**قانون هوك :**

إن الزنبرك كما لاحظت سابقاً يستجيب بصورة واضحة لقوة الشد المؤثرة عليه . لقد درس روبرت هوك سنة ١٦٧٦م العلاقة بين قوة الشد المؤثرة في سلك (أو ملف زنبركي) والاستطالة الحادثة فيه وتوصل إلي قانون سمي باسمه ينص علي الآتي: ( في حدود مرونة المادة تتناسب الاستطالة الحادثة تناسباً طردياً مع قوة الشد المؤثرة) .

الوحدة الأولى (خواص المادة)

وبصيغة رياضية يمكن كتابة قانون هوك كالاتي :

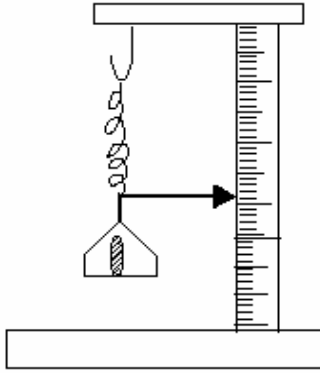
القوة (ق)  $\propto$  الاستطالة (س) .  
أو

$$ق = ث س$$

حيث أن : ق = القوة بالنيوتن .

س = الاستطالة بالمتر .

ث = مقدار ثابت يعرف بمعامل الصلابة ووحدة قياسه هي نيوتن/متر .



شكل (١١)

### استنتاج قانون هوك عملياً :

يستخدم لذلك زنبرك معلق من طرفه العلوي في حامل وطرفه الأسفل ينتهي بكفة توضع عليها الأثقال . هذا الطرف مزود بمؤشر يتحرك بمحاذاة تدريج مسطرة رأسية لقياس الاستطالة كما في الشكل (١١).

### طريقة إجراء النشاط :

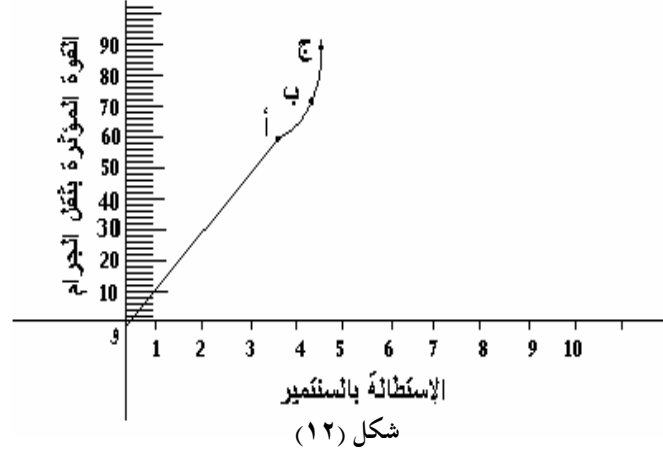
- (١) سجل قراءة المؤشر علي التدريج في حالة عدم وجود أثقال في الكفة.
- (٢) ضع ثقلاً مناسباً وليكن ١٠ ثقل جرام وسجل قراءة المؤشر علي التدريج لرأسي (الفرق بين القراءتين الأولى والثانية يساوي مقدار الاستطالة الحادثة).
- (٣) كرر العمل السابق عدة مرات بزيادة الثقل الموضوع في الكفة بالتدريج وعين في كل مرة قراءة التدريج الرأسي المحاذية للمؤشر.
- (٤) دون النتائج كما في الجدول الآتي :

القوة (ق) بثقل الجرام	الاستطالة (س) بالسنتيمترات
١ ق	١ س
٢ ق	٢ س
٣ ق	٣ س
...	...



الفيزياء

(٥) من نتائج الجدول السابق أرسم علاقة بيانية بين القوة المؤثرة (علي المحور الأفقي) والاستطالة الحادثة (علي المحور الرأسي)، تحصل علي الخط البياني الموضح بالشكل (١٢) :



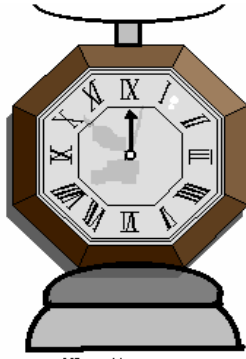
- الشكل (١٢) يمثل قانون هوك بالرسم البياني ومن الشكل (١٢) يتضح الآتي:
- (أ) يكون الجزء (وَأ) خطاً مستقيماً مما يدل علي أن الاستطالة تتناسب طردياً مع قوة الشد المؤثرة. أي أن الزنبرك يتبع قانون هوك تماماً في هذا الجزء .
- (ب) النقطة (أ) تمثل حد المرونة أي الحد الأعلى للقوة المؤثرة علي الزنبرك دون أن يفقد مرونته وقد سميت بذلك لأن الزنبرك لا يخضع بعدها لقانون هوك ولا يستعيد بعدها طولها الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة .
- (ج) يكون الجزء (أب) من الخط البياني منحنياً في الاتجاه الذي يدل علي أن الاستطالة الحادثة أكبر من مثيلاتها في الجزء (وَأ) . تعرف النقطة (ب) بنقطة الاستسلام أو الإذعان .
- (د) يكون الجزء (ب ج) من الخط البياني دالاً علي أن أي زيادة صغيرة في قوة الشد تحدث استطالة كبيرة وعند النقطة (ج) يأخذ الزنبرك في الاستطالة بدون زيادة في قوة الشد حتى ينقطع . وتعرف النقطة (ج) بنقطة القطع أو نقطة الكسر .

الوحدة الأولى (خواص المادة)

**بعض التطبيقات العملية لقانون هوك :**

**الميزان الزنبركي والميزان الضاغط :**

تبني فكرة عمل الميزان الزنبركي على قانون هوك حيث يقيس الميزان الزنبركي الأوزان باستخدام استطالة الزنبرك . فهذا الزنبرك يحتاج إلي نفس القوة لكي يعطي نفس الاستطالة في أي مكان .



ميزان زنبركي (ضاغط)



ميزان زنبركي (شد)

وكما تقدر الأوزان بفكرة استطالة الزنبرك يمكن تقديرها أيضا بفكرة انكماشه وذلك باستخدام الميزان الضاغط كما في الشكل (١٣) . والجدير بالذكر أن الميزان الزنبركي يستخدم في قياس وزن الجسم . بينما يستخدم الميزان المعتاد (ذو الكفتين) في قياس كتلة الجسم .

شكل (١٣)

### الأسئلة والتمارين:

- (١) عرف المادة المرنة وأعط مثلاً عليها؟.
- (٢) اذكر قانون هوك ثم وضح كيف يمكن تمثيله بالرسم البياني؟.
- (٣) ما هو المقصود بكل من :
  - (أ) حد المرونة:
  - (ب) نقطة الاستسلام :
  - (ج) قطة القطع:
- (٤) زنبرك طوله ١٥ سم أثرت عليه قوة شد فأصبح طوله ٢٠ سم ما مقدار تلك القوة إذا كان ثابت الصلابة ١ نيوتن /متر.
- (٥) زنبرك طوله ٢٥ سم أثرت عليه قوة مقدارها ٠,٠٠٩ نيوتن فأصبح طوله ٢٨ سم وعندما أزيلت هذه القوة عاد الزنبرك لطوله الأصلي .وعندما أثرت عليه قوة مقدارها ٠,٠٩ نيوتن وصل حد المرونة أحسب :
  - (أ) ثابت الصلابة لهذا الزنبرك .
  - (ب) أكبر طول يصله الزنبرك دون أن يفقد مرونته .
- (٦) سلك معدني طوله متر و حد مرونته ٢ نيوتن في موضع رأسي ومثبت من الطرف الأعلى وتعرض طرفه الأسفل لقوة شد مقدارها نصف نيوتن فاستطال بمقدار واحد سنتيمر أحسب :
  - (أ) ثابت الصلابة لهذا السلك .
  - (ب) طول السلك عندما تصبح القوة المؤثرة عليه ١,١ متر .

## الضغط

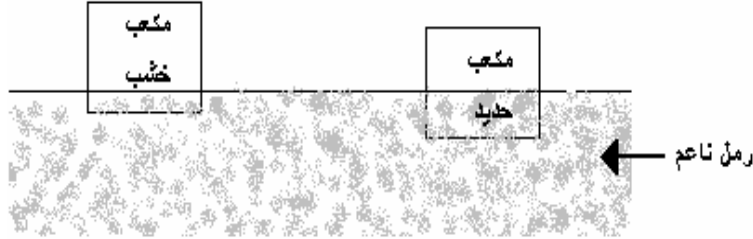
### معنى الضغط:

عندما تحمل ثقلًا فوق راحة يدك ، فإنك تشعر بضغط هذا الثقل علي يدك ، ويفسر هذا بأن الأرض تجذب هذا الثقل نحو مركزها بقوة تعادل وزن الثقل ، وعليه يصبح ضغط الثقل علي اليد ليعادل وزنه .

ولدراسة العوامل المؤثرة في مقدار الضغط يمكن إجراء النشاطين الآتين:

### نشاط (١):

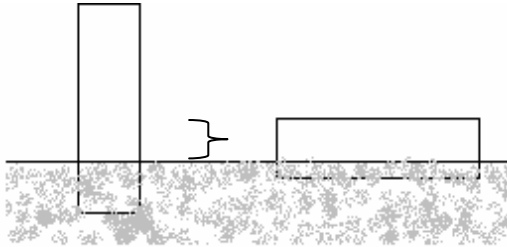
خذ مكعبين متساويين في الحجم أحدهما من الحديد والآخر من الخشب وعين وزن كل منهما . ثم ضع المكعبين برفق علي سطح رمل ناعم ولاحظ المسافة التي يغوصها كل من المكعبين في الرمل . تجد أن مكعب الحديد الأكبر وزناً يغوص مسافة أطول من تلك التي يغوصها مكعب الخشب الأقل وزناً كما في الشكل (١٤)



شكل (١٤)

### نشاط (٢):

خذ متوازي مستطيلات من الزجاج ، ثم ضعه علي سطح الرمل الناعم بحيث يكون أصغر أوجهه مساحةً هو الملامس لسطح الرمل . كرر ذلك بالنسبة لوجه متوازي المستطيلات



شكل (١٥)

الأكبر مساحةً ولاحظ المسافة التي يغوصها في كل حالة كما في الشكل (١٥) تجد أن المسافة التي يغوصها متوازي المستطيلات في الحالة الأولى أطول من المسافة التي يغوصها في الحالة الثانية .

ومن النشاطين السابقين يمكن استنتاج الآتي :

يتوقف مقدار الضغط الذي يؤثر به الجسم علي السطح علي :

(١) وزن الجسم ( ثقل الجسم )

(٢) مساحة السطح الذي تؤثر عليه القوة الضاغطة . وقد سميت القوة المؤثرة علي وحدة المساحات بالضغط .

القوة	=	الضغط
المساحة		

ومما يجدر ذكره أن القوة الضاغطة تتوزع بالتساوي علي جميع النقاط التي يكون منها السطح .

**وحدات قياس الضغط:**

المعـنى	الوحدة
عندما تقاس القوة بالنيوتن والمساحة بالمتر المربع.	(١) نيوتن/متر <sup>٢</sup>
عندما تقاس القوة بالداين والمساحة بالسنتيمتر المربع.	(٢) داين/سم <sup>٢</sup>
عندما تقاس القوة بثقل جرام والمساحة بالسنتيمتر المربع.	(٣) ثقل جرام/سم <sup>٢</sup>

### الضغط الجوي

**قياس الضغط الجوي :**

ما هو منشأ الضغط الجوي ؟ وكيف يمكن قياسه ؟ وكيف يستفيد الإنسان من الضغط الجوي في إنجاز أعمال مفيدة له ؟ فكيف ( علي سبيل المثال ) يساعدنا الضغط الجوي في سحب المياه من الآبار ؟

لعلك تذكر في المبحث السابق إننا قلنا أن الضغط الذي يحدثه الجسم علي سطح ما ينشأ بسبب ثقل الجسم المؤثر علي السطح . إن الشيء نفسه يمكن قوله عن الضغط الجوي ، فالضغط الجوي علي سطح ما ينشأ من ثقل الهواء المؤثر علي السطح . وعلي هذا بالإمكان تعريف الضغط الجوي في نقطة ما بأنه وزن عمود الهواء الرأسي الذي يمكن إقامته علي وحدة المساحات والذي يمتد من تلك النقطة إلي نهاية وجود الهواء .

الضغط الجوي = وزن عمود الهواء بطول الغلاف الجوي
---

## الوحدة الأولى (خواص المادة)

ومن خلال التعريف السابق يلزم لحساب وزن عمود الهواء المقام علي وحدة المساحات معرفة مقدارين رئيسيين هما :

(١) طول عمود الهواء (٢) كثافة الهواء

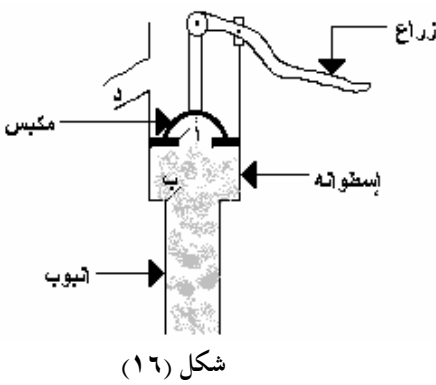
وبما أن طول عمود الهواء في الغلاف الجوي يصعب تحديده بدقة ، وبما أن كثافة الهواء تختلف من مكان لآخر ومن وقت لآخر فهي الأخرى يصعب تحديدها بدقة ولكل هذا يصعب تعيين قيمة الضغط الجوي في نقطة ما عن طريق إيجاد وزن عمود الهواء الراسي المقام علي وحدة مساحة عند تلك النقطة ، ولكن بالإمكان تعيين قيمة الضغط الجوي بموازنته بضغط عمود من سائل ما في نفس المكان . وقد استخدم الزئبق ( ذو الكثافة الكبيرة ) لتحقيق ذلك الغرض في جهاز يعرف بالبارومتر . ومما يجدر ذكره أن الضغط الجوي يتغير من مكان لآخر حسب الارتفاع من سطح الأرض . وقد وجد أن الضغط الجوي عند سطح البحر في الظروف العادية يساوي وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦ سم /زئبق ويقل هذا المقدر بالارتفاع عن سطح البحر .

٧٦ سم / زئبق =  $13,6 \times 76 = 1033,6$  سم / ماء . أي أن الضغط الجوي يستطيع أن يتحمل وزن عمود من الماء طوله ١٠٣٣,٦

## تطبيقات علي الضغط الجوي :

### (١) المضخة الماصة : Lift Pump

تستخدم المضخة الماصة لرفع الماء من الآبار من عمق أقصاه عشرة أمتار . تتألف



المضخة الماصة في أبسط صوره من الأجزاء الأساسية الآتية:

أ/ أنبوب طويل متصل باسطوانة .

ب/ مكبس محكم الاتصال بجدران الاسطوانة.

ج/ ذراع لتحريك المكبس .

د/ صمامان (أ) ، (ب) الأول بالمكبس

والثاني عند فتحة الأنبوب كما في

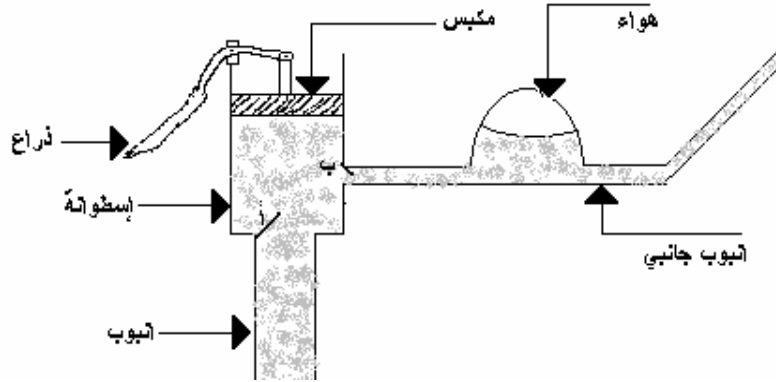
الشكل (١٦).

### فكرة عمل المضخة الماصة:

- عند تحريك الذراع لأعلي يتزل المكبس في الاسطوانة لأسفل فيزداد ضغط الهواء ويفتح صمام المكبس (أ) فيخرج الهواء .
- وعند تحريك الذراع لأسفل يتحرك المكبس لأعلي فيقل الضغط في الاسطوانة فيفتح صمام الأنبوب (ب) لأن ضغط الهواء في الأنبوب أكبر من ضغط الهواء في الأسفل الأمر الذي يؤدي إلي ارتفاع بعض الماء في الأنبوب ... وهكذا باستمرار حركة الذراع لأعلي وأسفل يستمر ارتفاع الماء في الأنبوب حتى يمتلئ كل الأنبوب والاسطوانة ويخرج من الفتحة الجانبية (د) .

### (٢) المضخة الكابسة : Force Pump

- وتستخدم لسحب الماء من الآبار ورفعها إلي مستويات عليا. وتتألف المضخة الكابسة في أبسط صوره من الأجزاء الأساسية الآتية:
- ١ / أنبوب طويل متصل باسطوانة .
  - ٢ / مكبس محكم الاتصال بجدران الاسطوانة .
  - ٣ / ذراع لتحريك المكبس .
  - ٤ / أنبوب جانبي يحتوي علي تجويف يحصر كمية من الهواء .
  - ٥ / صمامان (أ) عند فتحة الأنبوب الطويل ، (ب) عند فتحة الأنبوب الجانبية كما في الشكل (١٧).



شكل (١٧)

الوحدة الأولى (خواص المادة)

**فكرة عمل المضخة الكابسة :**

- سحب الماء من داخل البئر يتم بنفس فكرة عمل المضخة الماصة.
- عند تحريك الذراع لأسفل يتحرك المكبس لأعلي فيقل الضغط داخل الاسطوانة ويفتح صمام (أ) ويغلق (ب) وعندئذ يدخل مزيد من الماء إلى الاسطوانة .
- وعند تحريك الذراع لأعلي يتحرك المكبس لأسفل فيزيد الضغط داخل الاسطوانة ويغلق الصمام (أ) ويفتح الصمام (ب) فيرتفع الماء في الأنبوب الجانبية إلى أعلي بسبب القوة المؤثرة عليه.



الأسئلة والتمارين :

- (١) ما هو الضغط؟ وما هي العوامل المؤثرة في مقداره؟
- (٢) علل لما يأتي :
  - أ/ تصنع رؤوس الفؤوس لتكون ذات أطراف حادة.
  - ب/ الجمال أكثر قدرة علي السير في الرمال من غير الدواب الأخرى .
  - ج/ إطارات الشاحنات (سيارات النقل الثقيل) أعرض من إطارات السيارات الخاصة.
- (٣) قطعة معدنية وزنها ٥٠٠ ثقل جرام وضعت علي سطح منضدة ، علي شكل مربع ضلعه ٢٥ سم . ما مقدار الضغط الناشئ عنها عند ملامستها لسطح المنضدة؟
- (٤) سكين وزنها ١,٥١ نيوتن فإذا كانت مساحة طرفها الحاد ٠,٥ سم<sup>٢</sup> أحسب الضغط الذي تؤثر به عندما تلامس جسمًا.

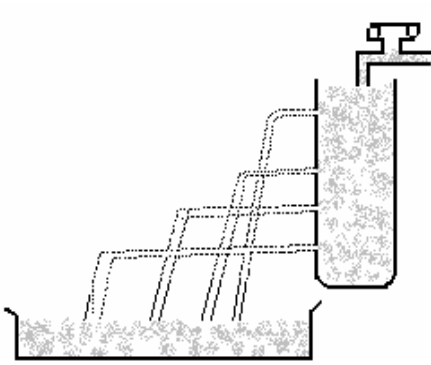
## ضغط السوائل

لعلك لاحظت مما سبق أن وضع جسم صلب علي سطح ما ينشأ عنه ضغط في كل نقطة من نقاط السطح ولعلك تتساءل هل للسائل ضغط علي قاع الإناء؟ وكيف يقدر؟ وهل للسائل ضغط علي جدران الإناء الذي يحتويه؟ وما هي العوامل التي تؤثر في مقدار ذلك الضغط؟ وقبل الإجابة عن تلك التساؤلات إليك النشاطين التاليين.

### نشاط (١) :

- خذ أنبوباً مفتوحاً من الطرفين ، وأحضر قطعة مطاط ولفّة حيط . ثم شد قطعة المطاط وسد بها إحدى فتحتي الأنبوب ثم صب كمية من الماء في الأنبوب .
- ماذا يحدث لشكل قطعة المطاط؟ هل للسائل ضغط؟ وعلي ماذا يعتمد ضغط السائل؟
- كرر العمل السابق باستخدام سائل آخر (زيت ، أو كبروسين مثلاً) ماذا تلاحظ.

### نشاط (٢) :



شكلاً (١٨)

خذ علبة معدنية طويلة ، وأعمل فيها ثقباً علي ارتفاعات مختلفة ثم أملاًها ماءً كما في الشكل (١٨) .

هل يندفع الماء من جميع الثقوب بالقوة نفسها؟ هل يوجد ضغط علي جدران العلبة؟ هل يضغط السائل في اتجاه واحد أم في جميع الاتجاهات؟

من النشاطين السابقين يمكن أن نتوصل

إلي الآتي :

١/ للسائل ضغط علي قاع وجدران الإناء الموضوع فيه مما يدل علي أن ضغط السائل في جميع الاتجاهات .

٢/ يعتمد مقدار ضغط السائل علي :

أ/ ارتفاع عمود السائل (عمق السائل) بحيث (يزيد ضغط السائل بزيادة ارتفاع عمود السائل) .

ب / كثافة السائل ( يزداد ضغط السائل بزيادة كثافته ) .

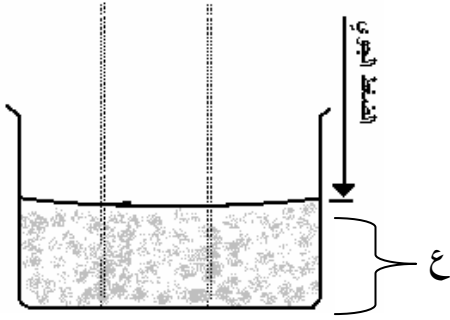
الفيزياء

٣/ يمكن تقدير ضغط السائل عند أي نقطة في باطنه بوزن عمود السائل فوق هذه النقطة .  
فإذا كانت هذه النقطة في قاع الإناء :

$$\text{ضغط السائل علي قاع الإناء} = \text{وزن عمود السائل فوق وحدة المساحة}$$
$$= \text{ع} \times \text{ث}$$

حيث أن : ع = ارتفاع عمود السائل فوق قاع الإناء .  
ث = كثافة السائل

هل يتأثر قاع الإناء بضغط السائل وحده ؟



شكل (١٩)

لعلك تدرك أن وحدة المساحات من قاع الإناء تحمل فوقها عمود السائل كما تحمل أيضا عمود الهواء فوق سطح السائل . لهذا يكون الضغط الكلي عند قاع الإناء مساوياً لضغط السائل ومضافاً إليه الضغط الجوي كما في الشكل (١٩) .

من الشكل (١٩) يتضح :

$$\text{الضغط الكلي عند نقطة من قاع الإناء} = (\text{ع} \times \text{ث} + \text{ض}) \text{ ثقل جراماً}$$
$$\text{حيث أن : ع} \times \text{ث} = \text{ضغط السائل}$$
$$\text{ض} = \text{الضغط الجوي}$$

مثال: (١)

مخبر مدرج مساحة قاعدته ١٥ سم وضعت كمية من الزئبق ارتفاعها ١٠ سم أحسب  
(دون اعتبار للضغط الجوي) :

(أ) الضغط المؤثر علي قاعدة المخبر الناشئ من الزئبق .

(ب) الضغط المؤثر علي قاعدة المخبر إذا ملء بالماء لنفس الارتفاع علماً بأن كثافة الزئبق ١٣,٦ جم/سم<sup>٣</sup> وكثافة الماء ١ جم/سم<sup>٣</sup> .

∴ الضغط علي قاعدة المخبار = ع × ث

- حيث أن : ع = ارتفاع السائل ، ث = كثافة السائل .  
 (أ) الضغط الناشئ من الزئبق =  $13,6 \times 10 = 136$  ثقل جرام.  
 (ب) الضغط الناشئ من الماء =  $1 \times 10 = 10$  ثقل جرام .

مثال (٢):

أعد حل المثال السابق آخذاً في الاعتبار مقدار الضغط الجوي الذي يساوي ٧٥ سم/زئبق .

(أ) الضغط الكلي = ضغط عمود الزئبق + الضغط الجوي

$$13,6 \times 75 + 13,6 \times 10 =$$

$$1020 + 136 =$$

$$1156 = \text{ثقل جرام}$$

(ب) الضغط الكلي = ضغط عمود الماء + الضغط الجوي

$$13,6 \times 75 + 1 \times 10 =$$

$$1020 + 10 =$$

$$1030 = \text{ثقل جرام}$$

القوة الضاغطة الكلية علي قاع إناء به سائل:

مما سبق

∴  $\frac{\text{الضغط} = \text{القوة الضاغطة}}{\text{المساحة}}$

∴ القوة الضاغطة = الضغط × المساحة

= (ع × ث + ض) س ثقل جرام

حيث أن :

ع ≡ عمق السائل ، ، ث ≡ كثافة السائل

ض ≡ الضغط الجوي ، ، س ≡ المساحة

**مثال :**

أحسب مقدار الضغط الكلي وكذلك القوة الضاغطة الكلية علي قاع صهريج مساحة قاعدته ١٠ متر مربع إذا كان ارتفاع الماء فيه ٥ أمتار علماً بأن الضغط الجوي ٧٥ سم /زئبق وكثافة الزئبق ١٣,٦ جم /سم<sup>٣</sup> ، وكثافة الزئبق ١ جم / سم<sup>٣</sup> .

الضغط الجوي = ارتفاع الزئبق x كثافة الزئبق

$$= ١٣,٦ \times ٧٥ = ١٠٢٠ \text{ ثقل جرام}$$

ضغط الماء = ارتفاع الماء x كثافة الماء

$$= ١ \times ٥٠٠ = ٥٠٠ \text{ ثقل جرام}$$

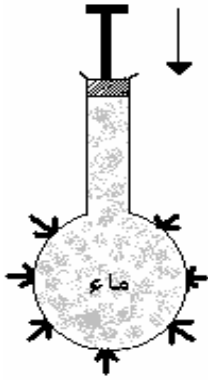
∴ الضغط الكلي = ١٠٢٠ + ٥٠٠ = ١٥٢٠ ثقل جرام

∴ القوة الضاغطة الكلية = الضغط الكلي x المساحة

$$= ١٥٢٠ \times ١٠٠٠٠٠ = ١٥٢٠٠٠٠٠٠ \text{ ثقل جرام}$$

$$= ١٥٢٠٠٠ \text{ ثقل كجم.}$$

**انتقال الضغط في السوائل:**



شكل (٢٠)

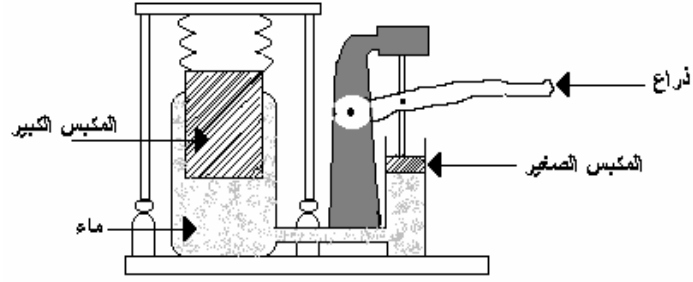
لبيان انتقال الضغط في السوائل يمكن استخدام إناء كالمبين بالشكل (٢٠). عندما يدفع المكبس لداخل الإناء يضغط علي سطح الماء فيخرج الماء مندفعاً من جميع الثقوب الموزعة علي سطح الكرة ممل يدل علي أن ضغط السائل ينتقل في جميع الجهات وبنفس المقدار، وقد بلور العالم باسكال هذه النتيجة في صورة خاصة تعرف باسم (قاعدة باسكال) حيث تنص : (إذا استحدثت ضغط عمودي علي سطح سائل انتقل هذا الضغط بتمامه إلي كل مساحة من السائل مساوية لهذا السطح أيّاً كان اتجاهها وموضعها في السائل) الشكل (٢٠) .

**المكبس المائي ( الهيدروليكي ) : Hydraulic Press :**

يعتبر المكبس المائي أحد الطبقات الهامة لقاعدة باسكال .

### تركيب المكبس المائي:

في أبسط صورة يتركب المكبس المائي من أنبوبة ذات شعبتين إحداهما مساحة مقطعها  $1\text{ س}$  سنتيمتر مربع والأخرى متسعة مساحة مقطعها  $2\text{ س}$  سنتيمتر مربع ، والشعبتان تملآن بالماء إلى ما يقرب من ثلثيهما ثم تزود كل منهما بمكبس محكم كما في الشكل (٢١) .



شكل (٢١)

### فكرة عمل المكبس المائي :

إذا أثرت علي المكبس الصغير قوة مقدارها  $1\text{ ق}$  داین ، فإن الضغط الذي تؤثر به هذه القوة علي وحدة المساحات يتعين من العلاقة :

$$\text{الضغط علي وحدة المساحة من المكبس الصغير} = \frac{1\text{ ق}}{1\text{ س}} = 1\text{ داین/سم}^2 .$$

وتبعاً لقاعدة باسكال فإن هذا الضغط ينتقل بتمامه إلي المكبس الكبير ، ولهذا فإن القوة  $2\text{ ق}$  التي يجب أن تؤثر علي المكبس الكبير يمكن تحديدها بالآتي :

$$\text{القوة } 2\text{ ق علي المكبس الكبير} = \text{الضغط الواقع عليه} \times \text{مساحة المكبس الكبير}$$

$$2\text{ ق} = \frac{1\text{ ق} \times 2\text{ س}}{1\text{ س}}$$

أو يمكن كتابتها كالتالي :

$$\frac{1\text{ ق}}{1\text{ س}} = \frac{2\text{ ق}}{2\text{ س}}$$

حيث أن :

$$\begin{aligned} 1\text{ ق} &\equiv \text{القوة المؤثر علي المكبس الصغير} \\ 2\text{ ق} &\equiv \text{القوة المؤثر علي المكبس الكبير} \\ 1\text{ س} &\equiv \text{مساحة المكبس الصغير} \\ 2\text{ س} &\equiv \text{مساحة المكبس الكبير} \end{aligned}$$

### الأسئلة والتمارين:

- ١/ ما هي العوامل التي تؤثر في مقدار ضغط السائل؟
- ٢/ لماذا تكون جدران السدود التي تحبس الماء سميكة؟
- ٣/ لماذا يوضع خزان المياه (الصهريج) في البلدة في أعلي مكان فيها؟
- ٤/ أذكر نص قاعدة باسكال .
- ٥/ سائل كثافته  $0,78 \text{ جم/سم}^3$  ما مقدار الضغط الناتج في نقطة علي عمق  $50 \text{ سم}$  من السطح متجاهلاً الضغط الجوي مرة وآخداً في الاعتبار الضغط الجوي مرة أخرى علماً بأن الضغط الجوي يساوي  $75 \text{ سم/زئبق}$  . وأن كثافة الزئبق  $13,6 \text{ جرام/سم}^3$  .
- ٦/ ما مقدار العمق الذي يمكن لغواص أن يصل إليه في ماء البحر علماً بأن السسترة التي يرتديها تتحمل ضغط مقداره  $25,75$  ثقل كجم وأن كثافة ماء البحر  $1,03 \text{ جم/سم}^3$  ((تجاهل الضغط الجوي)).
- ٧/ مكبس مائي مساحة مكبسه الصغير  $20 \text{ سم}$  مربع ومساحة مكبسه الكبير  $4000 \text{ سم}$  مربع أثرت علي مكبسه الصغير قوة مقدارها  $5$  ثقل كجم ما مقدار القوة الناتجة علي المكبس الكبير .

## قاعدة أرشميدس

لعلك لاحظت أثناء سباحتك أن الماء يدفعك من أسفل إلى أعلى . وشعرت بذلك بأنك أخف وزناً . ولعلك لاحظت أيضاً أن وزن الأجسام وهي مغمورة في الماء أقل من وزنها في الهواء . وأن بعض الأجسام إذا غمرت في الماء فإن الماء يدفعها لتستقر طافية علي سطحه . هذه الملاحظات وغيرها تؤكد أن السوائل تدفع الأجسام التي تنغمر فيها إلى أعلى بقوة تعرف بقوة دفع السائل .

ولتعيين قوة دفع السائل للجسم المغمور فيه يمكن إجراء النشاط الآتي :

- خذ جسماً وليكن اسطوانة معدنية وعلقه في طرف ميزان زنبركي وسجل وزنه في الهواء .
  - أغمر الجسم بأكمله في الماء وسجل وزنه الجديد .
- تلاحظ أن وزن الجسم نقص مما يدل علي وجود قوة دفع تؤثر علي الجسم من أسفل لأعلي وتعمل علي تقليل وزنه أي أن :

$$\text{قوة دفع السائل} = \text{وزن الجسم في الهواء} - \text{وزنه وهو مغمور تماماً في السائل}$$

وكان أرشميدس هو أول من توصل إلي هذه الحقيقة ووضع ذلك في قاعدة سميت باسمه وتنص علي : (كل جسم مغمور كلياً أو جزئياً في سائل فإنه يواجه قوة دفع من أسفل لأعلي تعادل وزن السائل المزاح) .

العوامل التي تؤثر في مقدار قوة دفع السائل للجسم :

∴ قوة دفع السائل للجسم = وزن السائل المزاح

$$= \text{حجم السائل المزاح} \times \text{كثافة السائل}$$

$$= \text{حجم السائل المغمور} \times \text{كثافة السائل}$$

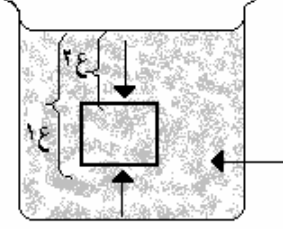
$$\therefore \text{قوة دفع السائل للجسم} = \text{حجم الجسم المغمور} \times \text{كثافة السائل}$$

ومن هذه العلاقة يتضح أن قوة دفع السائل تتوقف علي :

$$١/ \text{حجم الجسم المغمور} \quad ٢/ \text{كثافة السائل} .$$

ولا تتوقف علي كتلة الجسم أو وزنه .





شكل (٢٢)

### إثبات قاعدة أرشميدس نظرياً :

أفرض أن اسطوانة معدنية مساحة مقطعها  $S$  سنتيمتر مربع مغمورة في سائل كما في الشكل (٢٢) علي اليسار ، فإنها تتعرض لثلاثة ضغوط :

(١) ضغط جانبي يؤثر علي السطح الجانبي ،

وبديهي أن الضغط الذي يؤثر علي السطح الجانبي للأسطوانة في اتجاه يعادله الضغط الذي يؤثر عليه في الجانب المقابل لأنهما في اتجاهين متضادين لذلك يكون الضغط الجانبي صفراً.

(١) ضغط رأسي يؤثر علي القاعدة السفلي ومقداره  $(h_1 \times S \times \rho)$  إلي أعلي .

∴ القوة الضاغطة علي القاعدة السفلي =  $h_1 \times S \times \rho$  إلي أعلي

(٣) ضغط رأسي يؤثر علي القاعدة العليا للأسطوانة مقدارها  $(h_2 \times S \times \rho)$  إلي أسفل.

∴ القوة الضاغطة علي القاعدة العليا =  $h_2 \times S \times \rho$  إلي أسفل

بما أن القوتين الرأسيتين تعملان في اتجاهين متضادين إذاً محصلتهما = الفرق بينهما.

$$\therefore \text{القوة الضاغطة الرأسية الكلية} = h_1 \times S \times \rho - h_2 \times S \times \rho$$

$$= (h_1 - h_2) \times S \times \rho$$

$$= \text{ارتفاع الأسطوانة} \times \text{مساحة المقطع} \times \text{كثافة السائل}$$

$$= \text{حجم الأسطوانة} \times \text{كثافة السائل}$$

ويكون اتجاهها من أسفل إلي أعلي ويطلق عليها اسم قوة الدفع .

∴ قوة دفع السائل = حجم الجسم  $\times$  كثافة السائل .

الوحدة الأولى (خواص المادة)

### تطبيقات علي قاعدة أرشميدس :

#### إيجاد الثقل النوعي لجسم صلب :

يعرف الثقل النوعي لمادة ما بأنه النسبة بين كتلة حجم معين من المادة إلي كتلة حجم مساوٍ له من الماء . أي أن:

$$\frac{\text{كتلة حجم معين من المادة}}{\text{كتلة نفس الحجم من الماء}} = \text{الثقل النوعي}$$

وكما تعلم إذا غمر جسم في الماء تماماً فإنه يزيح حجماً مساوياً له من الماء ، وهذا الماء المزاح يعادل قوة دفع الماء التي يواجهها الجسم .

$$\text{:. الثقل النوعي} = \frac{\text{كتلة حجم معين من المادة ( وزن الجسم في الهواء )}}{\text{كتلة نفس الحجم من الماء ( وزن الماء المزاح )}}$$

$$\text{:. الثقل النوعي للجسم الصلب} = \frac{\text{وزن الجسم في الهواء}}{\text{قوة دفع الماء علي الجسم}}$$

#### إيجاد الثقل النوعي لسائل:

تعتمد الفكرة علي اختيار جسم ينغمر في كلٍ من الماء والسائل المراد إيجاد الثقل النوعي له . وفي هذه الحالة فإن الجسم يزيح حجماً متساوياً لكلٍ من الماء والسائل .

$$\text{أي أن : الثقل النوعي للسائل} = \frac{\text{كتلة حجم السائل المزاح}}{\text{كتلة الماء المزاح}}$$

$$\text{:. الثقل النوعي للسائل} = \frac{\text{قوة دفع السائل}}{\text{قوة دفع الماء}}$$

## الطفو

من الظواهر المألوفة أنه إذا ألقيت قطعة من الخشب في الماء، فأما تطفو فوق سطح الماء، وإذا ألقيت قطعة من الحديد فإنها تغوص في الماء. وتفسير هذه الحقيقة نظرياً كما يأتي:

إذا وضع جسم في سائل فإنه يكون متأثراً بقوتين:

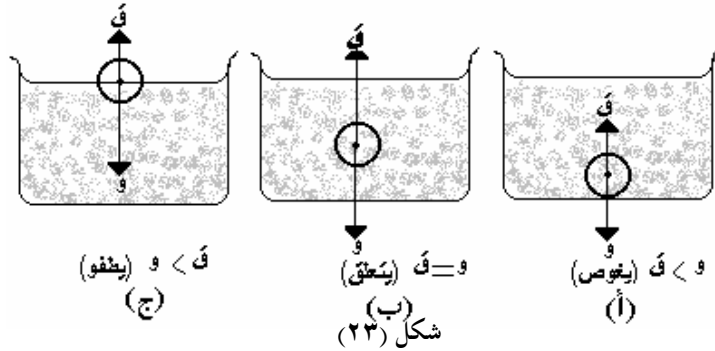
(١) وزن الجسم لأسفل (و).

(٢) قوة دفع السائل لأعلي (ق).

وحيث أن هاتين القوتين تعملان في اتجاهين متضادين فأن الجسم يستقر في اتجاه

محصلتهما، علي النحو الآتي:

- إذا كان وزن الجسم أكبر من قوة دفع السائل يغوص الجسم حتى يصل إلي القاع.
- وإذا كان وزن الجسم يساوي قوة دفع السائل يتعلق الجسم في باطن السائل.
- وإذا كان وزن الجسم أقل من قوة دفع السائل يطفو الجسم فوق سطح السائل. كما في الشكل (٢٣، أ، ب، ج).



أو يمكن تفسير الحقائق أعلاه بمقارنة كثافة الجسم وكثافة السائل علي النحو الآتي:

- إذا كانت كثافة الجسم أكبر من كثافة السائل يغوص الجسم حتى يصل إلي القاع.
- وإذا كانت كثافة الجسم مساوية لكثافة السائل يتعلق الجسم في باطن السائل.
- وإذا كانت كثافة الجسم أقل من كثافة السائل يطفو الجسم بحيث يظهر منه جزء فوق سطح السائل.

## قانون الطفو:

(إذا طفا جسم في سائل فإنه يزيج مقداراً من السائل يكون وزنه مساوياً لوزن الجسم).

ويمكن التعبير عن قانون الطفو بصيغة رياضية كالاتي :

$$\begin{aligned} \text{وزن الجسم الطافي} &= \text{وزن السائل الذي يزيحه الجزء المغمور من الجسم} \\ \text{حجم الجسم الطافي} \times \text{كثافته} &= \text{حجم الجزء المغمور من الجسم} \times \text{كثافة السائل} \end{aligned}$$

مثال :

قطعة من الفلين حجمها ٤٠ سنتمترًا مكعباً تطفو فوق الكحول . كم يكون حجم الجزء المغمور منها فيه علماً بأن كثافة الفلين ٠,٢٤ جم/سم<sup>٣</sup> وكثافة الكحول ٠,٨ جم/سم<sup>٣</sup> .

∴ حجم الجسم × كثافته = حجم الجزء المغمور × كثافة السائل .

$$٤٠ \times ٠,٢٤ = ح \times ٠,٢٨ \text{ جم/سم}^٣$$

$$\therefore ح = \frac{٠,٢٤ \times ٤٠}{٠,٢٨} = ١٢ \text{ سم}^٣$$

٠,٨

∴ حجم الجزء المغمور من قطعة الفلين = ١٢ سم<sup>٣</sup> .

### تطبيقات عملية علي قانون الطفو :

#### ١/ استخدام الطفوني تعيين كثافة جسم صلب أو سائل :

تتلخص الفكرة في اختيار جسم صلب منتظم المقطع مساحة مقطعه س سنتيمر مربع ( يفضل من الخشب أو الفلين ) بحيث يطفو رأسياً في السائل . ثم نقيس ارتفاع الجسم وليكن ١ع سنتيمر ، وارتفاع الجزء المغمور من الجسم في السائل وليكن ٢ع سنتيمر ، وبتطبيق قانون الأجسام الطافية يكون :

$$\text{وزن الجسم الطافي} = \text{وزن السائل المزاح}$$

$$س \times ١ع \times ١ث = س \times ٢ع \times ٢ث$$

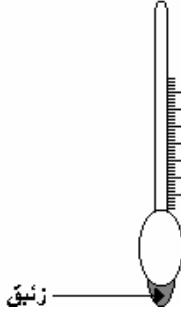
$$\therefore ١ع \times ١ث = ٢ع \times ٢ث$$

حيث أن :

$$١ع \equiv \text{ارتفاع الجسم كله} ، \quad ١ث \equiv \text{كثافة الجسم} .$$

$$٢ع \equiv \text{ارتفاع الجزء المغمور من الجسم} ، \quad ٢ث \equiv \text{كثافة السائل} .$$

## ٢ / الهيدرومتر :



شكل (٢٤)

وهو عبارة عن أنبوبة طويلة ورقيقة مسدودة من أعلي وتنتهي من أسفل بانتفاخ به قليل من كرات الرصاص أو الزئبق لكي يستقر رأسياً عند وضعه في أي سائل يراد قياس كثافته . الأنبوبة الطويلة مدرجة بحيث تدل علي كثافة السائل مباشرة . وعند ما يراد قياس كثافة السائل يوضع الهيدرومتر في السائل ليطفو رأسياً فيه وعند ما يستقر تؤخذ قراءة التدريج الحاذي لسطح السائل فتدل علي كثافته كما في الشكل (٢٤).

## ٣ / السفن :

من الملاحظ أن السفن الضخمة تطفو فوق الماء رغم كونها مصنوعة من الحديد ورغم أنها تحمل أثقالاً كبيرة من البضائع ، بينما يغوص مسمار من الحديد في الماء وربما يتسائل المرء عن السبب والسبب يعود كما علمت سابقاً لقوة دفع الماء الكبيرة علي السفينة بسبب تحويرها (حجمها) الكبير جداً الذي يجعل قوة دفع الماء علي السفينة أكبر من وزنها فتطفو . ومن الجدير بالذكر أنه كلما زادت حمولة السفينة أزداد حجم الجزء المغمور منها وعليه يكون لكل سفينة حمولة معينة لا يصح أن تتجاوزها وإلا تعرضت للغرق . وقد وضعت خطوط علي جانب السفينة تمثل حدود الأمان حسب الظروف المختلفة ، أول من نجح في عمل هذه الخطوط العالم صمويل بليمسول سنة ١٨٩٠ م .

## ٤ / الغواصة :

هي عبارة عن سفينة مغلقة من جميع الجهات يمكنها أن تسير تحت الماء أو أن تطفو علي سطحه . يوجد بداخل الغواصة أحواض ضخمة عند ما تمتلئ بالماء يزيد وزن الغواصة فتأخذ في الهبوط تحت سطح الماء ، وعندما تفرغ الأحواض من الماء يقل وزن الغواصة فتطفو .

## ٥ / الأحواض العائمة :

هي أحواض ضخمة من الحديد تستطيع أن تعوم فوق سطح الماء والغرض منها هو حمل السفينة المراد إصلاح أي خلل في الجزء المغمور منها أو انتشال السفن الغارقة في الماء . فكرة عمل الأحواض العائمة هي نفس فكرة عمل الغواصة ، وهي عندما يملأ فراغ الأحواض بالماء تغوص داخل الماء وعندئذ تدفع السفينة لتستقر فوقه ثم يفرغ الماء تدريجياً

الوحدة الأولى (خواص المادة)

فيأخذ الحوض في الصعود حتى يطفو فوق الماء حاملاً معه السفينة المراد إصلاحها ، وبعد ذلك يملأ فراغ الأحواض بالماء مرة أخرى فيغوص تحت الماء ثم تدفع السفينة خارجه .

#### ٦/ أطواق النجاة :

وهي عبارة عن أكياس من القماش لا يسمح بنفاذ الماء محشوة بقطع من الفلين .

#### فائدة أطواق النجاة :

عندما يتعلق بها شخص فإنهما يصبحان بمثابة جسم واحد حجمه كبير فتزداد بالتالي قوة دفع الماء عليهما إلي الحد الذي يجعل الشخص يطفو بسهولة فوق سطح الماء .

#### تطبيق قاعدة أرشميدس علي الغازات (البالون) :

إن الغازات مثل السوائل ، فكما للسوائل ضغط ، للغازات ضغط أيضاً ، وعلي ذلك يكون وزن الجسم في الهواء أقل من وزنه في الفراغ بمقدار قوة دفع الهواء للجسم التي يتوقف مقدارها علي :

(أ) حجم الجسم

(ب) كثافة الهواء أو الغاز .

وبناءً علي ذلك فإن قاعدة أرشميدس وقانون الطفو يمكن تطبيقهما علي الهواء والغازات كما يطبقان علي السوائل.

#### البالون :

عبارة عن غلاف علي شكل كرة كبيرة مصنوع من قماش حريري مدعم بالمطاط . يملأ البالون بغاز كثافته أقل من كثافة الهواء كغاز الهيدروجين أو الهيليوم . تتعلق بالبالون كبنية للركاب بواسطة حبال متينة تتدلي من شبكة تغطي البالون . تزود هذه الكبنية ببعض أكياس من الرمل وبوصلة .

#### صعود البالون وهبوطه :

يثبت البالون بحبال تتصل بأوتاد ، ثم يملأ بالهيدروجين أو الهيليوم ، وعندئذ تكون قوة دفع الهواء عليه أكبر من وزنه لذلك إذا نزع اتصاله بالأرض يرتفع إلي أعلي إلي ارتفاع معين ، وإذا أريد له الارتفاع إلي مستوي أعلي من ذلك تلقي بعض أكياس الرمل ليقل وزنه ويزداد ارتفاعه لأعلي . وعندما يراد للبالون الهبوط يسمح للغاز الذي يملأه بالتسرب التدريجي فيقل حجم البالون فيهبط تدريجياً لأسفل .

## القوة الرافعة للبالون :

القوة الرافعة للبالون = قوة دفع الهواء علي البالون - وزن البالون وما به من غاز

مثال:

بالون حجم مستودعه ١٥٠٠ متراً مكعباً ، مملوء بغاز الهيليوم . فإذا كان وزن البالون وهو فارغ ١٣٠ ثقل كجم أحسب قوة رفع البالون علماً بأن كثافة الهيليوم ٠,١٨ جرام /لتر وكثافة الهواء ١,٣ جرام/ لتر ، وكم تكون قوة رفع البالون عندما يركب فيه شخصان وزنهما ١٥٠ ثقل كجم (واحد متر مكعب = ١٠٠٠ لتر) .

$$\text{وزن الهيليوم الذي يملأ البالون} = ١٥٠٠ \times ١٠٠٠ \times ٠,١٨ =$$

$$= ٢٧٠٠٠٠ \text{ ثقل كجم}$$

$$= ٢٧٠ \text{ ثقل كجم}$$

$$\text{وزن البالون} + \text{وزن الغاز الذي يملأه} = ١٣٠ + ٢٧٠ =$$

$$= ٤٠٠ \text{ ثقل كجم}$$

$$\text{قوة دفع الهواء علي البالون} = \text{حجم البالون} \times \text{كثافة الهواء}$$

$$= ١٥٠٠ \times ١٠٠٠ \times ١,٣ =$$

$$= ١٩٥٠ \text{ ثقل كجم}$$

$$\therefore \text{قوة رفع البالون} = \text{قوة دفع الهواء عليه} - \text{وزنه وما به من ماء}$$

$$= ١٩٥٠ - ٤٠٠ =$$

$$= ١٥٥٠ \text{ ثقل كجم}$$

$$\text{وزن البالون والشخصين} = ٤٠٠ + ١٥٠ = ٥٥٠ \text{ ثقل كجم}$$

$$\text{قوة رفع البالون الجديدة} = ١٩٥٠ - ٥٥٠ =$$

$$= ١٤٠٠ \text{ ثقل كجم} .$$

**الأسئلة والتمارين :**

- ١/ ما هي العوامل المؤثرة في قوة دفع السائل؟
- ٢/ علل لماذا يغوص مسمار من الحديد في الماء بينما تطفو السفينة الكبيرة المصنوعة من نفس المادة؟
- ٣/ صف طريقة صعود وهبوط البالون ثم بين ما هو المقصود بالقوة الرافعة للبالون؟
- ٤/ بين متي يطفو الجسم فوق سطح السائل ومتي يغوص بداخله؟
- ٥/ يزن جسم في الهواء ٣٢٠ ثقل جرام ويزن وهو مغمور تماماً في الكحول ٢٨٠ ثقل جرام فإذا كان حجم الجسم ٥٠ سم<sup>٣</sup> فما هي كثافة الكحول؟
- ٦/ قطعة من النحاس كتلتها ٢٢٠ جرام علق في ميزان زنبركي بحيث تنغمر تماماً في الماء فما مقدار وزنها وهي مغمورة تماماً في الماء علماً بأن كثافة النحاس والماء ٨, ٨, ١٠ جرام/سم<sup>٣</sup> علي الترتيب؟
- ٧/ قطعة من الزجاج وزنها في الهواء ٣٠ ثقل جرام ووزنها وهي مغمورة تماماً في الماء ١٨ ثقل جرام ووزنها وهي مغمورة تماماً في الكيروسين ٦٤, ٢٠ ثقل جرام أحسب كثافة كل من الزجاج والكيروسين علماً بأن كثافة الماء ١ جرام / سم<sup>٣</sup> .
- ٨/ جسم حجمه ٣٠٠ سم<sup>٣</sup> وكثافة مادته ٠,٧٥ جرام/سم<sup>٣</sup> أحسب مقدار حجم ما يظهر منه إذا وضع أولاً في ماء، وثانياً في الجليسيرين علماً بأن كثافة الماء والجليسيرين ١, ٢٥ جرام /سم<sup>٣</sup> علي الترتيب .
- ٩/ بالون حجمه ١٠٠٠ متراً مكعباً مملوءاً بغاز الهيدروجين فإذا كان وزن المادة المصنوع منها ١٢٠ ثقل كجم هل يستطيع هذا البالون حمل ستة أشخاص وزن الواحد منهم ٨٠ ثقل كجم علماً بأن كثافة الهواء والهيدروجين ١,٢٩، ٠,٠٩ جرام /سم<sup>٣</sup> .