ميكانيكا الموائع السكونية

Hydrostatics

هناك الكثير من التطبيقات والنشاطات في حياة الانسان ذات العلاقة بضغط الموائع ومن الأمثلة على ذلك بناء السدود وصناعة السفن والطائرات والغواصات وحركة المياه وسريان الدم في الأوعية الدموية بالإضافة على حركة السوائل في معظم الأجهزة مثل : محرك السيارة ومكيفات الهواء .

إن قوى التماسك الضعيفة بين جزيئات السوائل والغازات يجعلها سهلة الاستجابة لتأثير القوى الخارجية التي تحاول تغيير شكلها مما يجعلها تتصف بخاصية الجريان (للسوائل) أو الانتشار (للغازات) .

المائع : هو كل مادة تتصف بخاصية الجريان أو الانتشار ويطلق على السوائل والغازات .

١ الضغط

- الضغط :

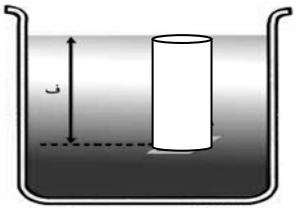
هو القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات

$$\text{ض} = \frac{\text{ق}}{\text{س}}$$

حيث :
ض : الضغط
ق : القوة العمودية على المساحة
س : المساحة

أما وحدة قياس الضغط في النظام الدولي للوحدات S.I. فهي (نيوتن / م^{٢}) وتسمى (باسكال)

ضغط السائل



- ضغط السائل عند نقطة :

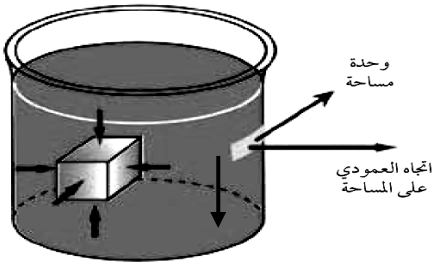
هو ثقل عمود السائل الرأسي الممتد من سطح السائل إلى تلك النقطة والذي يمكن إقامته على وحدة مساحات أفقية تحوي تلك النقطة .

ويعطى بالعلاقة :

$$\text{ض}_{م} = \text{ث} \times \text{ف} \times \text{جـ}$$

حيث :
ض$_{م}$: ضغط السائل
ث : كثافة السائل
ف : عمق النقطة
جـ : تسارع الجاذبية الأرضية ٩,٨ م / ث^{٢}

- يسمى ضغط السائل عند نقطة بضغط المعيار أو الضغط المقاس
- يضغط السائل على جدران الإناء الذي يوضع فيه وعلى قاعدته أما الأجسام المغمورة فيه فإنه يضغط عليها من جميع الاتجاهات .



- مثال ١ :

احسب مقدار ضغط الماء على نقطة تقع في قاع بركة ارتفاع جدارها ٣ م عندما تكون مملوءة تماما بالماء . علما بأن كثافة الماء ١٠٠٠ كجم / م^{٣} وتسارع الجاذبية ٩,٨ م / ث^{٢} .

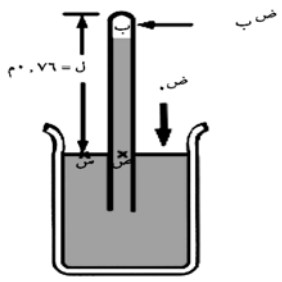
- الحل :

ض$_{م}$ = ث × ف × جـ

= ١٠٠٠ × ٣ × ٩,٨

= ٢٩٤٠٠ باسكال

ضغط الغاز (الضغط الجوي)



يسمى الضغط الجوي عند سطح البحر ودرجة الصفر المئوي بالضغط الجوي المعياري ويرمز له بالرمز ض. ويساوي ١,٠١٣ × ١٠^{٥} باسكال

إن أبسط جهاز يستخدم لقياس الضغط الجوي هو البارومتر الزئبقي أو ما يعرف بتجربة تورشيلي حيث يقاس الضغط الجوي في مكان ما عن طريق موازنته بضغط عمود السائل في المكان نفسه . كما أن هناك أجهزة أخرى لقياس الضغط الجوي منها البارومتر المعدني .

- مثال ٢ :

عند سطح البحر ودرجة الصفر المئوي كان ارتفاع عمود الزئبق في الأنبوبة المغلقة في تجربة تورشيلي ٧٦ سم فإذا كانت كثافة الزئبق ١٣,٦ × ١٠^{٣} كجم / م^{٣} . فما مقدار الضغط الجوي ؟

- الحل :

الضغط الجوي = ضغط عمود السائل

= ث × ف × جـ

= ١٣,٦ × ١٠^{٣} × ٧٦ × ١٠$^{-٢}$ × ٩,٨

= ١٠١٢٩٢,٨ باسكال

ض. = ١,٠١٣ × ١٠^{٥} باسكال

٢ قياس الضغط المطلق (الكلي) عند نقطة تقع داخل سائل

- الضغط المطلق عند نقطة تقع داخل سائل :

هو عبارة عن ضغط السائل عند تلك النقطة مضافا إليه الضغط الجوي .

ض = ض. + ضم

حيث :
ض : الضغط الكلي (المطلق)
ض. : الضغط الجوي
ضم : ضغط السائل

- مثال ٣ :

براد الشاي الموضح بالرسم مساحة قاعدته ٠,٠٢٥ م^{٢} وارتفاع الشاي به ١٥ سم أما كثافة الشاي فهي ١١٠٠ كجم / م^{٣} احسب مقدار القوة الضاغطة الكلية المؤثرة على قاعدة البراد ؟

- الحل :

أولا نحسب الضغط الكلي (المطلق) على قاعدة البراد :

ض = ض. + ضم

= ض. + (ث × ف × جـ)

= ١,٠١٣ × ١٠^{٥} + (١١٠٠ × ١٥ × ١٠$^{-٢}$ × ٩,٨)

= ١٠٢٩١٧ باسكال

الآن نحسب القوة الضاغطة الكلية :

ض = $\frac{ق}{س}$ حيث :

ق = ض × س

= ١٠٢٩١٧ × ٠,٠٢٥

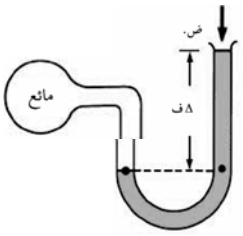
= ٢٥٧٢,٩٢٥ نيوتن

المانومتر

- يستخدم جهاز المانومتر لقياس ضغط مائع محصور

تركيبه :

أنبوب على شكل حرف U يوضع فيه سائل مناسب ثم يوصل أحد طرفيه بالمائع المحصور المراد قياس ضغطه ويترك الطرف الآخر للأنبوب مفتوحا ليتحرك السائل فيه بحرية حتى يستقر

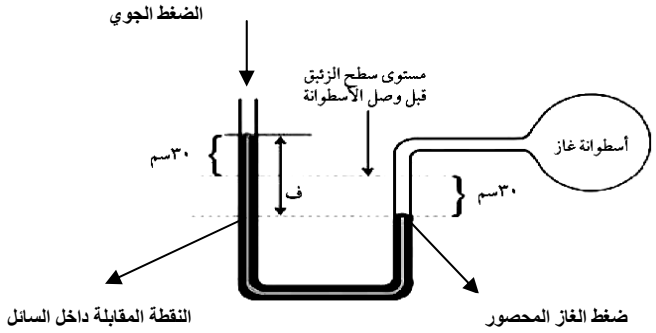


فكرته :

عندما يستقر السائل في الانبوبين يكون ضغط الغاز المحصور مساويا للضغط المطلق عند النقطة المقابلة داخل السائل في الطرف الآخر للأنبوب .

- مثال ٤ :

مانومتر زئبقي وصل أحد طرفيه باسطوانة غاز كما في الشكل احسب الضغط المطلق للغاز المحصور في الاسطوانة . علما بأن الضغط الجوي ١,٠١٣ × ١٠ ^{٥} باسكال و كثافة الزئبق ١٣,٦ × ١٠ ^{٣} كجم / م ^{٣} .



الحل :

ضغط الغاز المحصور

= الضغط المطلق عند النقطة المقابلة داخل السائل في الطرف الآخر

= الضغط الجوي + ضغط السائل عند تلك النقطة

= ض. + ض$_{م}$

= ض. + (ث × ف × جـ)

= ١,٠١٣ × ١٠ ^{٥} + (١٣,٦ × ١٠ ^{٣} × ٦٠ × ١٠ $^{-٢}$ × ٩,٨)

= ١٨١٢٦٨ باسكال

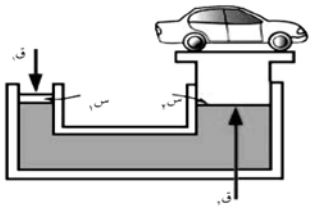
٣ مبدأ باسكال

- نص المبدأ :

(إذا سلط ضغط إضافي على سائل محصور فإن هذا الضغط سوف ينتقل إلى جميع نقاط السائل بالتساوي) .

تطبيقات على مبدا باسكال :

- المكبس الهيدروليكي :



قانونه :

$$\frac{ق_1}{س_1} = \frac{ق_2}{س_2}$$

أما النسبة $\frac{س_2}{س_1}$ أو $\frac{ق_2}{ق_1}$

فهي الفائدة الميكانيكية للمكبس الرافع الهيدروليكي

- مثال ٥ :

احسب القوة اللازمة لرفع سيارة كتلتها ٣٠٠٠ كجم باستعمال مكبس هيدروليكي مساحة مقطع اسطوانتيه ١٥ سم^2 ، ٢٠٠٠ سم^2

- الحل :

عند الاتزان : $\frac{ق_1}{س_1} = \frac{ق_2}{س_2}$

إذن : $ق_1 = \frac{س_1 \times ق_2}{س_2}$

$ق_1 = \frac{١٥ \times ٢٩٤٠٠}{٢٠٠٠} = ٢٢٠,٥$ نيوتن

أما الفائدة الميكانيكية فهي :

$\frac{س_2}{س_1} = \frac{٢٠٠٠}{١٥} = ١٣٣,٣$

إن حجم السائل يبقى ثابتا بسبب كثافته التي تكون ثابتة في جميع أجزائه المختلفة (أي غير قابل للانضغاط) ولذلك فهو ينقل القوى المؤثرة عليه عبر أجزائه المختلفة دون أن يغير في مقدار القوة المؤثرة عليه . وأول من اكتشف هذه الظاهرة هو الفرنسي باسكال لذا أطلق على هذه الظاهرة اسم مبدأ باسكال .

حيث :

$ق_1$: القوة المؤثرة على المكبس الصغير

$س_1$: مساحة سطح الاسطوانة الصغرى

$ق_2$: القوة المؤثرة على المكبس الكبير

$س_2$: مساحة سطح الاسطوانة الكبرى

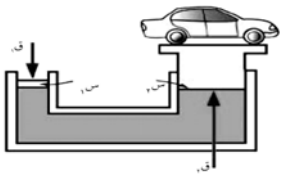
هنا لا نحتاج إلى التحويل من سم^2 إلى م^2 لأنها موجودة في الطرفين أي أن $س_1$ و $س_2$ لها نفس الوحدة

$ق_2$: القوة المؤثرة على المكبس الكبير وهي لابد ان تكون أكبر أو على الأقل مساوية لثقل السيارة . أي أن :

$ق_2 = ك \times جـ$

$= ٣٠٠٠ \times ٩,٨$

$= ٢٩٤٠٠$ نيوتن



- **تمرين ١ :**

إذا كانت مساحة المكبس الكبير في آلة لرفع السيارات تساوي ٠,١٢٦ م^{٢} وكانت كتلة السيارة المطلوب رفعها تساوي ٢٠٠٠ كجم ومساحة المكبس الصغير تساوي ٠,٠٠١٢٦ م^{٢} فاحسب :

القوة اللازمة للتأثير على المكبس الصغير حتى ترتفع السيارة .

- **الحل :**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

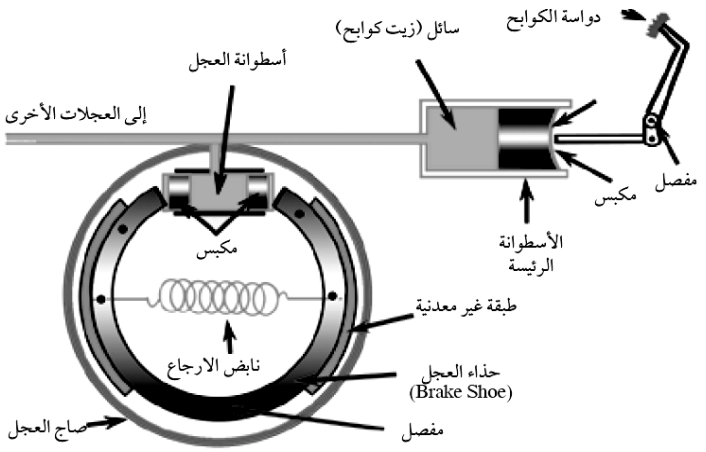
.....

.....

.....

- **الكوابح (الفرامل الهيدروليكية) :**

وضح آلية عمل الكوابح ؟ وماذا يحدث إذا نقص السائل المستخدم في نظام كابح السيارة أو كانت به فقاعات هوائية ؟



٤ قاعدة أرخميدس

- نص القاعدة :

(يتعرض الجسم المغمور كليا أو جزئيا في مائع لقوة دفع تدفعه رأسيا إلى أعلى يساوي مقدارها ثقل المائع الذي يزيحه هذا الجسم)

وللتعبير عن هذه القاعدة رياضيا :

- الحالة الأولى : إذا غمر الجسم كليا في السائل فإن قوة دفع السائل له تساوي ثقل السائل المزاح .

أي أن :

$$ق_{الدفع} = كَ \times جـ$$

$$= ثَ \times حَ \times جـ$$

وهناك صيغة رياضية أخرى لحساب قوة دفع السائل :

$$ق_{الدفع} = و - وَ$$

- تمرين ٢ :

كرة معدنية وزنها ٩٨٠ نيوتن غمرت كليا في سائل فأصبح وزنها ٣٨٠ نيوتن فإذا علمت أن حجم الكرة ٠,١ م^{٣} . فاحسب :

١ – قوة دفع السائل للكرة

٢ – كثافة السائل

- الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ملاحظة هامة :

في هذا الدرس هناك تشابه بين الرموز الخاصة بالمائع (سائل أو غاز) والرموز الخاصة بالجسم المغمور جزئيا أو كليا فيه لذلك سوف نميز الرموز الخاصة بالمائع بوضع شرطة (فتحة) فوقها .

حيث :

كَ : كتلة السائل المزاح

ثَ : كثافة السائل

حَ : حجم السائل المزاح

جـ : تسارع الجاذبية الأرضية ٩,٨ م / ث^{٢}

و : ثقل الجسم في الهواء

وَ : ثقل الجسم في السائل

الحالة الثانية : إذا كان الجسم الصلب طافيا على سطح السائل الساكن فإن جزء منه سوف يكون مغمورا في السائل كما في حالة البواخر والمراكب التي تطفو على سطح الماء وفي هذه الحالة تكون قوة دفع السائل مساوية لثقل الجسم .

التوضيح :

- إذا غمر جسم في سائل وترك فإن هذا الجسم سيكون تحت تأثير وزنه إلى أسفل وقوة دفع السائل عليه إلى أعلى . فإذا كانت كثافة السائل أكبر من معدل كثافة الجسم فإن قوة الدفع تكون أكبر من وزن الجسم وبالتالي يتحرك الجسم إلى أعلى حتى يلامس سطح السائل وما أن تبدأ أجزاء من الجسم بالبروز فوق سطح السائل حتى تتناقص قوة الدفع إلى أن تصبح مساوية لوزن الجسم في الهواء .

علل : ما أن تبدأ أجزاء من الجسم بالبروز فوق سطح السائل حتى تتناقص قوة الدفع إلى أن تصبح مساوية لوزن الجسم في الهواء .

أي أن :

$$ق_{الدفع} = ك \times جـ$$

$$= ث \times ح \times جـ$$

حيث :
ك : كتلة الجسم
ث : كثافة الجسم
ح : حجم الجسم

ومساوية في نفس الوقت لثقل السائل الذي يزيحه الجزء المغمور من الجسم :

$$ق_{الدفع} = ثَ \times حَ \times جـ$$

حيث :
ثَ : كثافة السائل
حَ : حجم السائل المزاح

بعدها يتوقف الجسم عن الصعود ويستقر على سطح السائل مع بقاء جزء منه مغمور في السائل .

- الحالة الثالثة : إذا غمر الجسم كليا في الهواء فإن قوة دفع الهواء له تساوي ثقل ما أزاحه ذلك الجسم من الهواء وإذا بقي معلقا في الهواء فإن قوة دفع الهواء له تكون مساوية لثقل الجسم ومساوية في نفس الوقت لثقل ما أزاحه ذلك الجسم من الهواء .

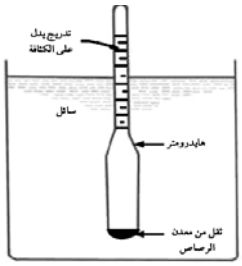
٥ تطبيقات على قاعدة أرخميدس :

- الهيدرومتر

هو جهاز يستخدم لقياس كثافة السوائل

الأساس العلمي :

صنع الهيدرومتر اعتمادا على نظرية طفو جسم صلب على سطح سائل



علل : يشير التدريج السفلي في الهيدرومتر إلى أعلى كثافة يقيسها ويشير التدريج الأعلى إلى أدنى كثافة يقيسها .

تركيبه :

يتكون من انتفاخ زجاجي يحتوي على كرات من الرصاص تساعد على اتزان الجهاز في الوضع الرأسي وساق طويل ذي قطر صغير وثابت مدرج بوحدات الكثافة بحيث يشير التدريج السفلي أعلى كثافة يقيسها الهيدرومتر ويشير التدريج الأعلى إلى أدنى كثافة يقيسها .

- السفينة

تحوي السفينة تجويفا كبيرا ولهذا السبب يكون حجمها كبيرا ومتوسط كثافتها أقل بكثير من كثافة الماء لذا فإنها تطفو على سطح الماء . وإذا حدث ثقب في جسم السفينة وتسرب الماء إلى داخلها فإن وزن حمولتها يأخذ بالازدياد وكذلك متوسط كثافتها ، وتبدأ في الغوص في الماء وتغرق في النهاية .

يوجد على مقدمة السفيتة خطان (تسمى خطوط التحميل) ويرمز لها بـ S أي الصيف و W أي الشتاء . فهل تختلف حمولة السفينة المسموح بها بين الصيف والشتاء ؟ أو بين البحر والنهر ؟ ولماذا ؟

تمرين ٣ :

سفينة كتلتها ١٢٠٠ × ١٠ ^{٣} كجم تسير في ماء بحر كثافته ١٠٣٠ كجم / م ^{٣} ، عبرت إلى ماء نهر كثافته ١٠٠٠ كجم / م ^{٣} . احسب أيهما أكبر حجم الجزء المغمور من السفينة عندما كانت في البحر أم عندما أصبحت في الماء العذب .

الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

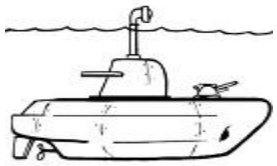
.....

الغواصة

آلية عملها :

تحتوي الغواصة على خزانات كبيرة تنتشر في أماكن مختلفة فيها ويمكن ملؤها بالماء وتفريغها للتحكم في صعودها وهبوطها فبوساطة المضخة يتم إدخال الماء إلى الخزانات أو إخراجه منها . وعندما تملأ الخزانات بالماء يزداد متوسط كثافة الغواصة ليصبح أكبر من كثافة الماء ، فتهبط إلى الأعماق . وعند تفريغ الخزانات من الماء يقل متوسط كثافة الغواصة فترتفع إلى أعلى وعندما يتساوى متوسط كثافة الغواصة وكثافة الماء فإنها تبقى معلقة في الماء ...

سميت بذلك لقدرتها على الغوص في أعماق البحار والمحيطات والاختفاء فيها .



الغواصة محكمة الإغلاق وتحوي أجهزة تكييف حتى تكون الحياة فيها بشكل شبه طبيعي

- البالون

يملأ البالون بغاز كثافته أقل من كثافة الهواء (هيدروجين - هيليوم) حتى تكون قوة دفع الهواء له أكبر من ثقل البالون فيرتفع نحو الأعلى . مع مراعاة أن تكون كتلة غشاء البالون قليلة .

ما سبب توقف البالون عند وصوله إلى ارتفاع معين ؟

- المنطاد

فكرته مشابهة لفكرة البالون .

ميكانيكا الموائع المتحركة

Hydrodynamics

نفترض عند دراستنا للموائع مائعا مثاليا (أي غير موجود في الطبيعة) لأن الموائع الحقيقية يصعب التعامل معها رياضيا .

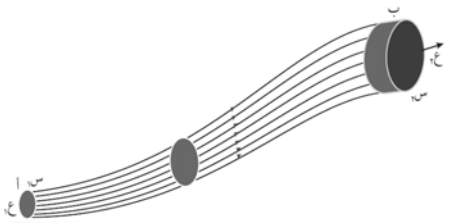
من أهم خصائص المائع المثالي :

١ – غير قابل للانضغاط (وهذا خاص بالسوائل)

٢ – عديم اللزوجة

٣ – جريانه منتظم

٦ معادلة الاستمرارية



النظام المفتوح :
هو النظام الذي يسمح بتبادل الطاقة والكتلة مع الوسط المحيط به .

- نص معادلة الاستمرارية :

كمية المائع الداخله عند المقطع (١) خلال زمن معين يساوي كمية المائع الخارجة عند المقطع (٢) خلال نفس الزمن

أي أن :

$$س_١ \times ع_١ = س_٢ \times ع_٢$$

حيث :
$س_١$: مساحة المقطع (١) الذي يدخل منه المائع
$ع_١$: سرعة دخول المائع من المقطع (١)
$س_٢$: مساحة المقطع (٢) الذي يخرج منه المائع
$ع_٢$: سرعة خروج المائع من المقطع (٢)

المقدار ($س_١ \times ع_١$) يساوي المقدار ($س_٢ \times ع_٢$) ويساويان مقدار ثابت يعرف بحجم التدفق أو(التصريف) خلال وحدة الزمن ويقاس بوحدة : $م^٣ / ث$

- مثال ٦ :

أنبوبة الماء الموضحة بالرسم مساحة مقطعها عند (أ) ٢ $سم^٢$ ومساحة مقطعها عند (ب) ٤ $سم^٢$. فإذا علمت أن سرعة دخول الماء عند (أ) تساوي ٨ م/ ث . فكم تكون سرعة خروج الماء عند (ب)

الحل :

من معادلة الاستمرارية :

$$س_١ \times ع_١ = س_٢ \times ع_٢$$

ملاحظة : هنا لا نحتاج إلى التحويل من $سم^٢$ إلى $م^٢$ لأنها موجودة في الطرفين أي أن $س_١$ و $س_٢$ لها نفس الوحدة

$$ع_٢ = \frac{س_١ \times ع_١}{س_٢}$$

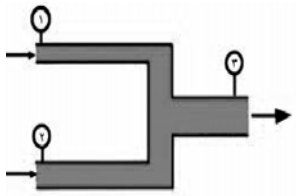
$$= \frac{٢ \times ٨}{٤} = ٤ \text{ م/ ث}$$

- تمرين ٤ :

احسب سرعة التدفق (ع١ ، ع٢) من طرفي أنبوبة مساحة مقطعي الدخول والخروج فيها على الترتيب (٠,٠٧١ م٢ و ٠,٠٠٧٩ م٢) . إذا علمت أن حجم التدفق (التصريف) يساوي ٠,٠١٥ م٣ / ث .

- الحل :

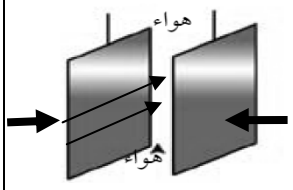
- تمرين ٥ :



يسري سائل في أنبوبتين مساحة مقطع الأولى ٠,٢٥ م٢ وسرعة السريان فيها ١٩ م/ ث ومساحة مقطع الثانية ٠,٥ م٢ وسرعة السريان فيها ١٠ م/ ث وفي النهاية تصبان في انبوبة واحدة مساحة مقطعها ١ م٢ كما هو موضح في الشكل . احسب سرعة السريان في الأنبوبة الكبيرة .

- الحل :

٧ مبدأ برنولي



- نص المبدأ :

ضغط المائع المثالي يقل إذا زادت سرعته

نص المعادلة :

مجموع الشغل والطاقة الحركية وطاقة الوضع لوحدة الحجوم يساوي مقدار ثابت

الصيغة الرياضية للمعادلة :

$$ض + \frac{١}{٢} ث ع^{٢} + ث ف جـ = ثابت$$

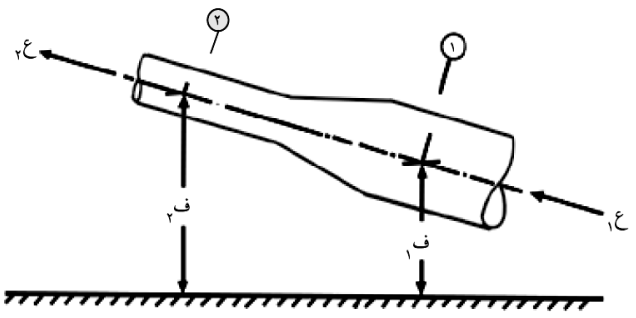
وتستخدم هذه المعادلة عند حل المسائل على الصورة :

$$ض_{١} + \frac{١}{٢} ث ع_{١}^{٢} + ث ف_{١} جـ = ض_{٢} + \frac{١}{٢} ث ع_{٢}^{٢} + ث ف_{٢} جـ$$

حيث :
ض : الضغط
ث : الكثافة
ع : السرعة
ف : الارتفاع
جـ : تسارع الجاذبية الأرضية ٩,٨ م / ث^{٢}

مثال ٧ :

احسب فرق الضغط بين طرفي الأنبوب (ض$_{١}$ − ض$_{٢}$) إذا كان عند المقطع (١) : (س$_{١}$ = ٠,٥ م^{٢}) و (ف$_{١}$ = ١ م) و (ع$_{١}$ = ٠,٠١٦ م/ ث) وعند المقطع (٢) : (س$_{٢}$ = ٠,٢٥ م^{٢}) و (ف$_{٢}$ = ٢ م) . علما بأن كثافة الماء ١٠٠٠ كجم / م^{٣} .



- الحل :

لحساب (ض$_{1}$ – ض$_{2}$) نحسب أولا ع$_{2}$ من معادلة الاستمرارية :

س$_{1}$ × ع$_{1}$ = س$_{2}$ × ع$_{2}$

$$\Leftarrow \quad ع_{2} = \frac{س_{1} \times ع_{1}}{س_{2}}$$

$$= \frac{٠,٥ \times ٠,٠١٦}{٠,٢٥} = ٠,٠٣٢ \text{ م/ ث}$$

الآن نعود لمعادلة برنولي : أكمل الحل ...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تطبيقات على مبدأ برنولي

- من أهم التطبيقات على مبدأ برنولي :

١ – مقياس فنتوري

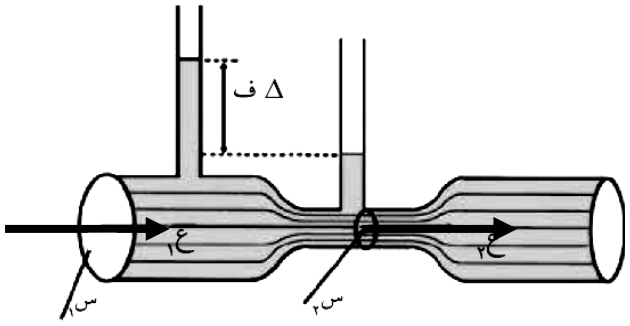
٢ – المرذاذ

٣ – المازج في السيارات (الكاربوريتور)

٤ – قوة الرفع في الطائرات

٨ مقياس فنتوري

مقياس فنتوري هو جهاز يستخدم لقياس سرعة التدفق (التصريف) لمائع معين من خلال أنبوب ما ويعتمد عمله على مبدأ برنولي .



قانونه :

$$ع_{١} = س_{٢} \sqrt{\frac{٢\ \Delta\ ض}{ث\ (\ س_{١}^{٢} - س_{٢}^{٢}\ )}}$$

حيث :

ع١ : سرعة سريان السائل من مقطع الدخول

س١ : مساحة مقطع دخول السائل

س٢ : مساحة مقطع الاختناق

أما فرق الضغط للسائل فيعطى بالعلاقة المعروفة :

$$\Delta\ ض = ث \times \Delta\ ف \times جـ$$

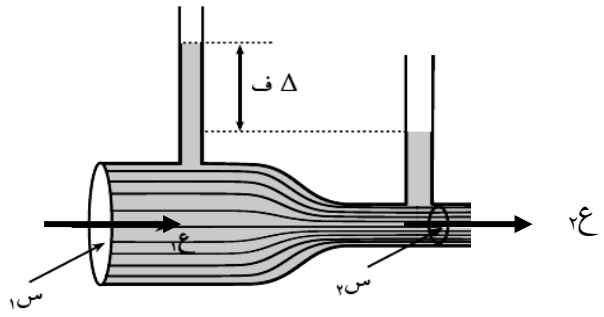
- مثال ٨ : $\frac{٩}{٤٤}$

مقياس فنتوري مساحة مقطع دخول السائل فيه ٠,٥ م^{٢} ومساحة الاختناق ٠,١ م^{٢} يتدفق من خلاله سائل كثافته ٩٠٠ كجم / م^{٣} فإذا كان الفرق بين مستويي السائل في الأنبوبين ٣٠ سم فاحسب :

١ – سرعة تدفق السائل عند مقطع الدخول

٢ – سرعة تدفق السائل عند الاختناق

٢ – تصريف السائل



- الحل :

١ – من العلاقة الخاصة بمقياس فنتوري :

$$ع_{١} = س_{٢} \sqrt{\frac{٢ \Delta ض}{ث (س_{١}^{٢} - س_{٢}^{٢})}}$$

لكن لابد أن نحسب أولا فرق الضغط :

$$\Delta ض = ث \times \Delta ف \times جـ$$

$$= ٩٠٠ \times ٣٠ \times ١٠^{-٢} \times ٩,٨ = ٢٦٤٦ \text{ باسكال}$$

الآن نعود للعلاقة الخاصة بمقياس فنتوري :

$$ع_{١} = ٠,١ \sqrt{\frac{٢ \times ٢٦٤٦}{٩٠٠ (٠,٥^{٢} - ٠,١^{٢})}}$$

$$= ٠,٤٩٥ \text{ م/ث}$$

٢ – من معادلة الاستمرارية :

$$س_{١} \times ع_{١} = س_{٢} \times ع_{٢}$$

$$\Leftarrow ع_{٢} = \frac{س_{١} \times ع_{١}}{س_{٢}}$$

$$= \frac{٠,٥ \times ٠,٤٩٥}{٠,١} = ٢,٤٧٥ \text{ م/ث}$$

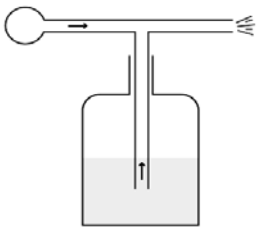
٣ – أما تصريف السائل (حجم التدفق) :

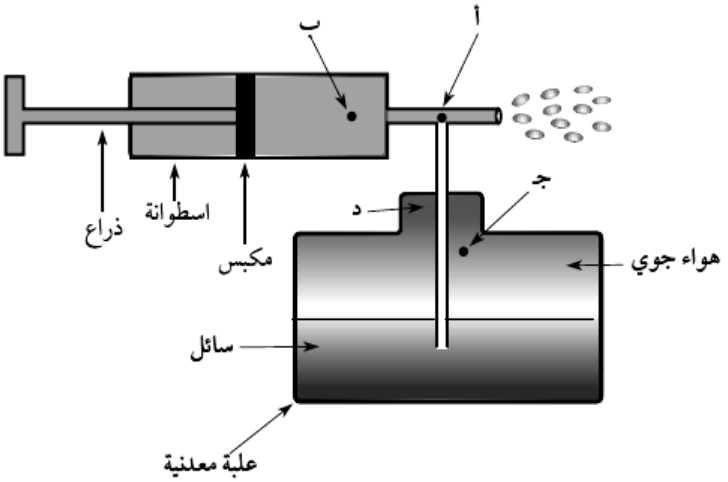
$$س_{١} \times ع_{١} = ٠,٥ \times ٠,٤٩٥$$

$$= ٠,٢٤٧٥ \text{ م}^{٣}/\text{ث}$$

وكذلك من $س_{٢} \times ع_{٢}$ نحصل على نفس النتيجة

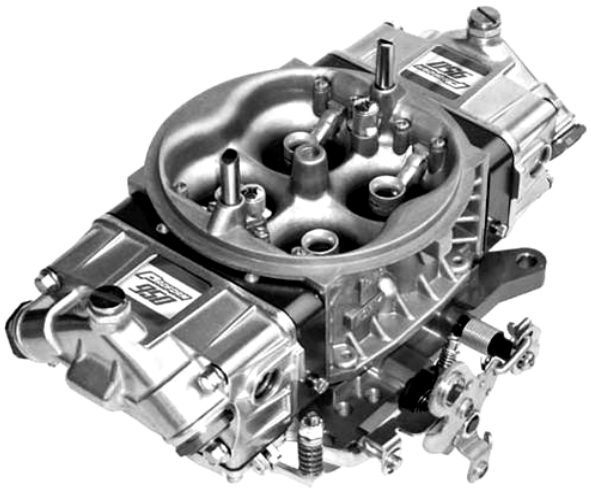
٩ المرذاذ :





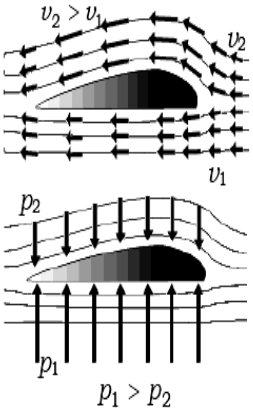
يعد المرذاذ تطبيقا على مباشرا على مبدأ برنولي أو بصورة ادق على مقياس فنتوري وهو يستخدم في بعض زجاجات العطور وعبوات المنظفات البيتية وبعض عبوات المبيدات الحشرية ، حيث يرش المائع الذي فيه على شكل قطرات صغيرة (رذاذ) موزعة على مساحات كبيرة . ويعتمد مبدأ عمله على اندفاع الهواء من أنبوب واسع إلى أنبوب ضيق ، وينتج عن ذلك زيادة سرعة الهواء ، ومن ثم انخفاض الضغط فوق سطح السائل داخل الأنبوب ، فيرتفع السائل نحو الأعلى ويندفع الرذاذ محمولا على دقائق الهواء المندفع من الفتحة الصغيرة .

المازج في السيارات (الكاربوريتور):



ويعمل بطريقة مشابهة للطريقة التي يعمل بها المرذاذ

قوة الرفع في الطائرات :



لقد صممت أجنحة الطائرة لتجعل سرعة انسياب الهواء فوق الجناح أكبر من سرعة انسيابه تحت الجناح وهذا – حسب مبدأ برنولي – يجعل الضغط فوق الجناح أقل من الضغط تحت الجناح فيعمل الفرق بينهما على رفع الطائرة إلى أعلى .

القانون المستخدم لحساب قوة الرفع في الطائرات :

$$ق = س \times \Delta ض$$

س : مساحة الجناحين

Δ ض : فرق الضغط بين أسفل وأعلى الجناحين

وهي تحسب كالتالي :

$$\Delta ض = \frac{١}{٢} ث (ع_{٢}^{٢} - ع_{١}^{٢})$$

حيث :

ث : كثافة الهواء

$ع_{٢}$: سرعة الهواء فوق جناح الطائرة

$ع_{١}$: سرعة الهواء تحت جناح الطائرة

- مثال ٩ :

إذا علمت أن سرعة الهواء فوق جناح الطائرة ٤٠٠ م/ ث سرعة الهواء تحته ٣٠٠ م/ ث وأن مساحة الجناحين معا = ٨ م^{٢} . احسب قوة الرفع على هذه الطائرة إذا علمت أن كثافة الهواء ١,٣ كجم / م^{٣} .

- الحل :

$$ق = س \times \Delta ض$$

ولكن لابد أولا من حساب Δ ض :

$$\Delta ض = \frac{١}{٢} ث (ع_{٢}^{٢} - ع_{١}^{٢})$$

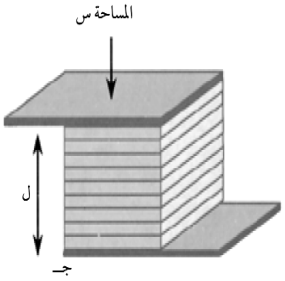
$$= \frac{١}{٢} \times ١,٣ \times (٤٠٠^{٢} - ٣٠٠^{٢})$$

$$= ٤٥٥٠٠ \text{ باسكال}$$

إذن : $ق = س \times \Delta ض$

$$= ٨ \times ٤٥٥٠٠ = ٣٦٤٠٠٠ \text{ نيوتن}$$

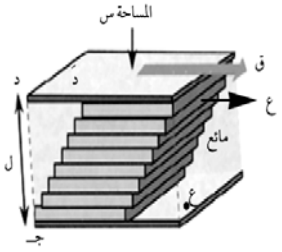
١٠ اللزوجة



- جريان الموائع نوعان :

١ – جريان انسيابي :

وهو الذي يكون خاليا تماما من الاحتكاك . وهوخاص بالمائع المثالي وغير موجود في الطبيعة .



٢ – جريان طبقي :

وهو الذي يوجد فيه احتكاك بين جدار الوعاء وطبقة المائع الملامسة له مما يقلل من سرعة جريانها قياسا بباقي طبقات المائع الأبعد عن جدار الوعاء .

مثل : جريان الدم في العروق - جريان الزيت في الآلات – جريان العسل .

- اللزوجة :

هي مقياس لمقدار قوة الاحتكاك الداخلي بين طبقات المائع مع بعضها البعض أثناء الجريان .

- أسبابها :

١ – قوى التماسك بين جزيئات المائع نفسه .

٢ – قوى التلاصق بين جزيئات المائع وجزيئات جدران الوعاء الذي يجري بداخله هذا المائع .

- لزوجة السوائل تقل بزيادة درجة الحرارة أما لزوجة الغاز فتزداد بزيادة درجة الحرارة لأن ذلك يؤدي إلى تزايد التصادمات بين جزيئات الغاز فتزداد مقاومته وإعاقته للحركة (لزوجته)

- هناك عامل آخر يؤدي إلى انخفاض لزوجة السوائل غير درجة الحرارة وهو وجود الشوائب فوجود دقائق الكربون مثلا في زيت المحركات يقلل من لزوجتها .

تطبيقات على اللزوجة

- السرعة القصوى المثلى للسيارة

تعمل السيارة أثناء حركتها على بذل شغل لمقاومة قوة الاحتكاك مع جزيئات الهواء، حيث تتناسب هذه القوة طردياً مع سرعة السيارة وذلك بسبب خاصية اللزوجة للهواء.

وبعد حد معين من السرعة تصبح قوة الاحتكاك متناسبه طردياً مع مربع السرعة وقد وجد بالتجارب العملية أن قوة الاحتكاك متناسبة مع مربع السرعة إذا تجاوزت سرعة السيارة ١٢٠كم/ ساعة مما يلزم السيارة ببذل شغل أكبر (استهلاك وقود أكثر)، لذلك من أجل تقليل استهلاك الوقود يفضل عدم تجاوز هذا الحد من السرعة.

- قياس سرعة ترسب الدم

يقصد به قياس السرعة النهائية لسقوط كريات الدم الحمراء خلال سائل البلازما. ففي بعض الأمراض مثل الحمى الروماتزمية وروماتزم القلب والنقرص تتلاصق كرات الدم الحمراء فيزداد حجمها وبالتالي تقل سرعة ترسيبها، بينما في أمراض أخرى مثل الأنيميا واليرقان تتكسر كرات الدم فيقل حجمها وتزداد سرعة ترسبها.
وبالتالي يمكن للطبيب أن يكتشف مثل هذه الأمراض من خلال قياس سرعة سقوط كرات الدم الحمراء خلال البلازما.

- استخدام الزيوت في التشحيم

ينبغي تشحيم أو تزييت الآلات المعدنية التي تحتك أجزاؤها مع بعضها مثل محركات السيارات من وقت لآخر حيث تؤدي عملية التشحيم إلى :
- نقص كمية الحرارة المتولدة أثناء الاحتكاك.
- حماية أجزاء الآلة من التآكل.

ونلاحظ أننا نستخدم مواد خاصة للتشحيم وهي تلك المواد التي تتصف بدرجة عالية من اللزوجة وذلك حتى تلتصق بالأجزاء المتحركة وتؤدي الغرض منها.

١١ معامل اللزوجة (م ل)

- يعرف رياضيا بأنه النسبة بين إجهاد القص وممال السرعة .

أي أن :

$$\text{م}_{\text{ل}} = \frac{\text{إجهاد القص}}{\text{ممال السرعة}}$$

حيث :

$$\text{إجهاد القص} = \frac{\text{ق}}{\text{س}} \qquad \text{وحدته : نيوتن / م}^{٢}$$

$$\text{ممال السرعة} = \frac{\Delta \text{ع}}{\text{ل}} \qquad \text{وحدته : م / ث / م}$$

وعليه :

$$\text{معامل اللزوجة (م}_{\text{ل}}\text{)} = \frac{\text{ق} \times \text{ل}}{\Delta\text{ع} \times \text{س}} \qquad \text{وحدته : بوازييه}$$

إجهاد القص :
هو النسبة بين القوة الأفقية الموازية للسطح ومساحة السطح .

ممال السرعة :
هو النسبة بين التغير في السرعة للطبقة العلوية وسمك المادة اللزجة (السائل)

- تمرين ٦ :

صفيحة مستوية مساحتها ٢٠٠ سم^{٢} يقصلها عن سطح افقي طبقة من الزيت سمكها ٠,٢ سم . احسب معامل لزوجة الزيت إذا علمت إذا تحركت الصفيحة بسرعة ١٠ م / ث تحت تأثير قوة مماسية مقدارها ٥٠ نيوتن .

- الحل :

قانون ستوكس

- نص القانون :

(تتناسب قوة مقاومة المائع لكرة تسقط سقوطا حرا فيه تناسبا طرديا مع معامل لزوجة هذا المائع وقطر الكرة وسرعتها)

صيغته الرياضية :

$$ق_{اللزوجة} = ٦ \pi \times م_{ل} \times نق \times ع$$

- تمرين ٧ :

احسب السرعة النهائية (الحدية) التي تصعد بها فقاعة هواء نصف قطرها ٠,٠٠١٠ م من خلال سائل معامل لزوجته ١٥ بوازييه وكثافته تساوي ٩٠٠ كجم/ م^{٣} إذا علمت أن كثافة فقاعة الهواء ١,٣ كجم/ م^{٣} .

- الحل :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

اختيار الزيت المناسب للآلات والمحركات يقتضي معرفة معامل اللزوجة لهذا الزيت واعتمادا على قانون ستوكس يمكن حساب معامل اللزوجة للمائع .

حيث :

π : النسبة التقريبية ط وهي تساوي تقريبا ٣,١٤

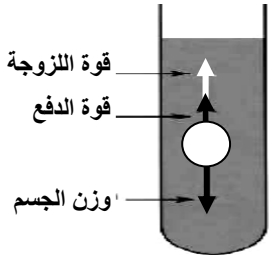
م$_{ل}$: معامل اللزوجة

نق : نصف قطر الكرة

ع : السرعة النهائية (الحدية)

وزن الجسم اتجاهه دائما إلى الأسفل وقوة الدفع (الطفو) إلى الأعلى أما قوة اللزوجة فاتجاهها هو عكس اتجاه حركة الجسم داخل المائع .

الحالة (١) : إذا كانت الكرة المغمورة في المائع تتحرك إلى أسفل



الحالة (٢) : إذا كانت الكرة المغمورة في المائع تتحرك إلى أعلى