جامعة الانبار
كلية العلوم التطبيقية - هيت
قسم البيئة

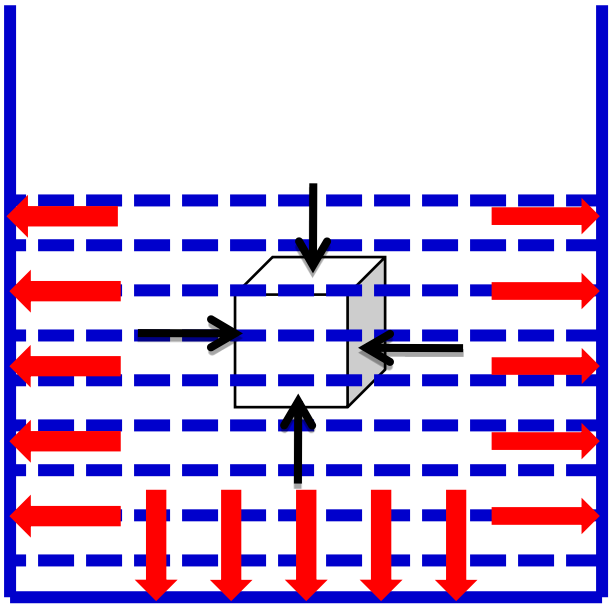
المرحلة الاولى

الفيزياء العامة

المحاضرة الخامسة
داينميكا السوائل : الضغط واللزوجة

مدرس المادة: محمد قاسم طه

مفهوم الضغط :



القوة التي يؤثر بها المائع "سائل أو غاز" على سطح ما (الإناء الذي يحويه أو جسم مغمور فيه) تكون دائماً قوة عمودية علي السطح.

فالمائع الساكن لا يمكن أن يبذل قوة مائلة أو مماسية علي سطح معين، ولكن لا بد أن تكون عمودية علي السطح.

لذلك توصف القوة التي يؤثر بها المائع علي سطح معين عن طريق كمية فيزيائية تسمي الضغط.

ويعرف الضغط P بأنه مقدار القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات من السطح.

ويكتب رياضياً على الصورة:

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

حيث أن A مساحة السطح.

ويقاس الضغط في النظام الدولي للوحدات بوحدة نيوتن/م^2 وتسمي باسكال.

وعملياً تعد هذه الوحدة صغيرة جداً، لذلك يستخدم البار بدلاً منها حيث أن الواحد بار يساوى 10^5 باسكال.

وقيمة الضغط (P) عند نقطة داخل سائل على عمق h من سطحه تعطى من العلاقة:حيث أن ρ هي كثافة السائل، g هي تسارع الجاذبية الأرضية،

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

أما P_0 فهو الضغط الجوي يحسب اعتمادا على كثافة وارتفاء الزئبق ويطبق على جميع الاجسام.

$$P_o = \rho_{Hg} g h_o$$

الضغط الجوي P_o يعرف على أنه وزن عمود من الهواء مساحة مقطعه وحدة المساحات وارتفاعه يعادل سمك الغلاف الجوي.

وقيمة الضغط الجوي تختلف باختلاف الارتفاع، وعند مستوى سطح البحر يساوي الضغط الذي يسببه عمود من الزئبق ارتفاعه 76 سم.

فإذا كانت كثافة الزئبق $13.6\ k\ g/m^3$، فإن قيمة الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر يعطى من:

$$P_o = \rho g h_o = 13.6 \times \underline{1000} \times 9.8 \times 0.76 = 1.013 \times 10^5\ N/m^2$$

$= 1.013 \times 10^5$ باسكال $= 1.013$ بار

مثال (1):

احسب مقدار الضغط الواقع على قاع إناء عمقه 25 cm عندما يكون ممتلئاً:

أ) بالماء ب) بالزئبق

علماً بأن كثافة الماء $1000\ g/m^3$ وكثافة الزئبق $13600\ g/m^3$

الحل:

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

أ) في حالة الماء:

$$P = P_o + 1000 \times 9.8 \times 0.25$$

$$= (P_o + 2450)\quad N/m^2$$

ب) في حالة الزئبق:

$$P = P_o + 13600 \times 9.8 \times 0.25$$

$$= (P_o + 33320)\quad N/m^2$$

إذا كانت قيمة الضغط الجوي معلومة أو أعطيت معلومات لحسابها، يتم التعويض عنها في العلاقتين السابقتين وإلا يترك الناتج كما هو بدلالة الضغط الجوي.

مثال (2):

غواصة تستطيع أن تغوص إلى عمق أقصاه 1000 m تحت سطح البحر. احسب أقصى ضغط يتحمله غلافها الخارجي إذا كان الضغط الجوي يعادل 76 سم زئبق وكثافة ماء المحيط $1.3\ k\ g/m^3$ وكثافة الزئبق $13.6\ k\ g/m^3$.

الحل:

أقصي ضغط تستطيع أن تتحمله الغواصة عبارة عن الضغط الجوي مضاف إليه ضغط عمود الماء الذي طوله 1000 m.

أولاً: حساب الضغط الجوي:

$$P_o = \rho_{Hg}\, g\, h_o$$

$$P_0 = 13.6 \times 1000 \times 9.8 \times 0.76 = 1.013 \times 10^5 \ \ N/m^2$$

ثانياً: حساب ضغط عمود الماء:

$$P_1 = \rho_w\, g\, h$$

$$= 1.3 \times 1000 \times 9.8 \times 1000 = 1.274 \times 10^7 \quad N/m^2$$

ويكون الضغط الكلي هو مجموع كل من P_0 ، P_1:

$$P = P_o + P1 = 1.284 \times 10^7 \quad N/m^2$$

مثال (3):

كرة تتكون من نصفين، نصف قطرها 14 سم، فرغت من الهواء كلياً. احسب القوة اللازمة لفتحها إذا علمت أن الضغط الجوي يعادل 76 سم زئبق وأن كثافة الزئبق $13.6\ k\ g/m^3$.

الحل:

أولاً: حساب الضغط الجوي:

$$P_o = \rho_{Hg}\, g\, h_o$$

$$P_0 = 13.6 \times 1000 \times 9.8 \times 0.76 = 1.013 \times 10^5\ \ N/m^2$$

ثانياً: حساب القوة اللازمة لفتح الكرة:

القوة اللازمة لفتح الكرة لابد أن تكون أكبر من "او علي الأقل تساوي" القوة F التي يؤثر بها الضغط الجوي علي مساحة سطح الكرة. وتحسب قيمة F من العلاقة:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{4\pi r^2} \quad \Longrightarrow \quad F = 4\pi r^2 P$$

$$F = 4 \times \pi \times (0.14)^2 \times 1.013 \times 10^5 = 2.5 \times 10^4 \quad N$$

مثال (4):

سيارة كتلتها 2 طن محمولة على مكبسين دائريين، قطر كل منهما 28 سم. احسب الضغط اللازم لرفع إذا علمت أن الضغط الجوي يعادل 76 سم زئبق وأن كثافة الزئبق $13.6\ k\ g/m^3$.

الحل:

أولاً: حساب الضغط الجوي:

$$P_o = \rho_{Hg}\, g\, h_o$$

$$P_0 = 13.6 \times 1000 \times 9.8 \times 0.76 = 1.013 \times 10^5\ \ N/m^2$$

ثانياً: حساب الضغط الناشئ من وزن السيارة:

$$P_{car} = \frac{F}{A} = \frac{mg}{2\left[\pi r^2\right]} = \frac{2\times 10^3 \times 9.8}{2\times \pi \times (0.14)^2} = 1.59\times 10^5\ \ N/m^2$$

ثالثاً: حساب الضغط اللازم لرفع السيارة:

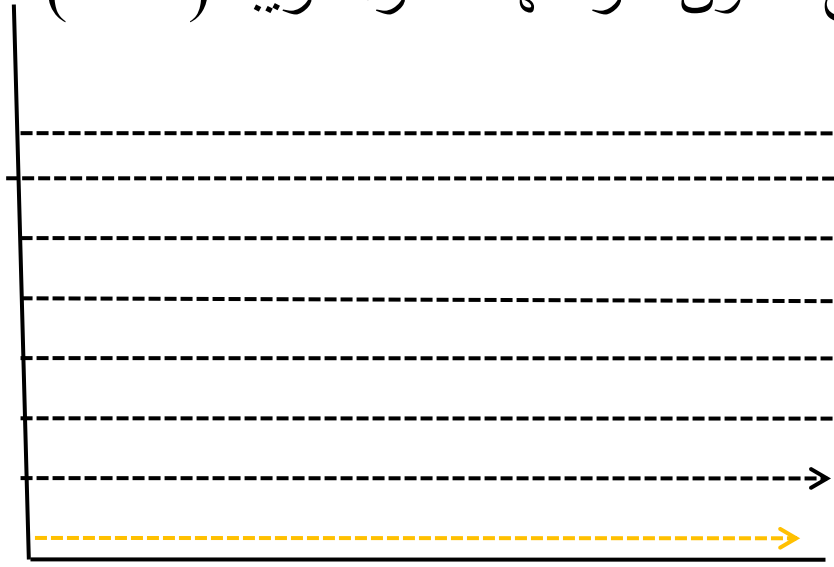
الضغط اللازم لرفع السيارة لابد أن يكون أكبر من "او علي الأقل يساوي" الضغط الكلي P، وتحسب قيمة P من العلاقة:

$$P = P_o + P_{car} \quad \Longrightarrow \quad P = 2.6\times 10^5\ \ N/m^2$$

اللزوجة : Viscosity

اللزوجة هي مقاومة مائع ما للجريان، ومقدار مقاومته لضغط يجبره على التحرك والسيلان. كلما زادت لزوجة مائع ما، قلّت قابليته للجريان. وبالنسبة للسوائل، فإن اللزوجة تكافئ المصطلح الدارج بـ"الثخانة". فالعسل ثخن عال اللزوجة، والماء سلس دني اللزوجة.
تكون جزئيات سائل عالي اللزوجة مرتبطة ببعضها بشكل قوي، وبذلك تكون أقل قدرة على التحرك. ويكبر احتكاكها بالجسم الصلب الملامس لها، ويمكن وصف اللزوجة بأنها احتكاك داخلي بين جزيئات السائل.

وعند انسياب سائل ارتفاعه **h**، نلاحظ وجود تدرج "إنحدار" في سرعة إنسياب طبقته **v**. فنجد سرعة انسياب الطبقة العليا كبيرة نسبياً وتتناقص السرعة في الطبقات التالية حتى نصل إلى الطبقة الأخيرة الملامسة للسطح فتكون سرعتها صفراً تقريباً (ساكنة)، ويوضح الشكل التالي هذه الظاهرة.



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

أما إذا كانت سرعة الطبقة العليا v وسرعة الطبقة السفلى صفر وكان العمق هو h فان

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

ولكي ينساب السائل وتتحرك طبقاته بتدرج في السرعة لابد من التأثير على طبقاته بقوة مماسية يطلق عليها الإجهاد المماسي F/A حيث A هي مساحة مقطع الطبقة التي تؤثر عليها القوة المماسية.

النسبة بين الإجهاد المماسي وبين إنحدار السرعة تساوي مقداراً ثابتاً تتوقف قيمته على نوع السائل ودرجة حرارته

$$\eta = \frac{F/A}{v/h}$$

(معامل اللزوجة η) Viscosity coefficient

مثال (5):

صفيحة رقيقة مستوية مساحتها 2 سم^2، معزولة عن صفيحة أُخرى ثابتة بطبقة من سائل سمكه 1 مم. فإذا أثرت عليها قوة مماسية قدرها 9.8 نيوتن فتحركت بسرعة 24.5 سم/ثانية، احسب معامل لزوجة السائل.

الحل:

باستخدام العلاقة التالية يمكن حساب معامل لزوجة السائل.

$$\eta = \frac{F/A}{v/h} \quad \Longrightarrow \quad \eta = \frac{F\,h}{v\,A}$$

$$\eta = \frac{9.8 \times 1 \times 10^{-3}}{24.5 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-4}} = 200 \quad \text{N.sec/m}^2$$

مثال (6):

صفيحة رقيقة مستوية مساحتها 100 سم^2، يفصلها عن سطح أفقي طبقة من سائل سمكه 2 ملم. احسب السرعة التي تتحرك بها الصفيحة إذا أثرت عليها قوة مماسية قدرها 50 نيوتن. إذا علمت أن معامل لزوجة السائل 0.4 نيوتن. ثانية/متر^2.

الحل:

باستخدام العلاقة التالية يمكن حساب السرعة المطلوبة.

$$\eta = \frac{F/A}{v/h} \quad \Longrightarrow \quad v = \frac{F\,h}{A\,\eta}$$

$$v = \frac{50 \times 2 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-4} \times 0.4} = 25 \quad \text{m/sec}$$

تعيين معامل اللزوجة η لسائل (طريقة ستوكس):

بعد لحظات من سقوط كرة معدنية في السائل المراد تعين معامل لزوجته η، فإنها تتزن (تتحرك بسرعة منتظمة) تحت تأثير ثلاثة قوى هي:-

1) قوة وزن الكرة (قوة الجاذبية الأرضية) ويكون اتجاهها لأسفل:

$$F_1 = m\,g = V_S\,\rho_S\,g \quad \Longrightarrow \quad F_1 = \frac{4}{3}\pi r^3\,\rho_S\,g$$

2) قوة دفع السائل للكرة (قوة دفع أرشميدس) وتكون إلى أعلى:

$$F_2 = V_S\,\rho_l\,g \quad \Longrightarrow \quad F_2 = \frac{4}{3}\pi r^3\,\rho_l\,g$$

3) قوة لزوجة السائل (قوة ستوكس) وتكون إلى أعلى: $F_3 = 6\pi\eta r\,v$

حيث أن m كتلة الكرة، r نصف قطر الكرة، V_s حجم الكرة، v السرعة الحدية لسقوط الكرة، ρ_s كثافة مادة الكرة، ρ_l كثافة السائل.

من القوى الثلاثة السابقة نستنتج أن:

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

مثال (7):

احسب السرعة النهائية لكرة فولاذية قطرها 2 مم، سقطت في سائل كثافته 1.3 جم/سم^3. إذا علمت أن كثافة الكرة تساوي 8 جم/سم^3 ومعامل لزوجة السائل 7.3 بواز.

الحل:

باستخدام العلاقة التالية يمكن حساب السرعة المطلوبة.

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

$$= \frac{2}{9} \times (8 - 1.3) \times \frac{980}{7.3} \times (0.1)^2 \quad = 2 \quad \text{cm/sec}$$

مثال (8):

أُسقطت كرة فولازية قطرها 2 مم، وكثافتها 7.8 جم/سم^3 في مخبار طويل ملئ بزيت كثافته 0.94 جم/سم^3، وبعد أن بلغت الكرة سرعتها الحدية قطعت مسافة 20 سم خلال 4 ثوان. احسب معامل لزوجة الزيت.

الحل:

باستخدام العلاقة التالية يمكن حساب معامل لزوجة الزيت.

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

$$= \frac{2}{9}(7.8-0.94)\frac{980}{20/4}(0.1)^2 \quad = 2.99 \text{ بواز}$$