كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : ميكانيك الموائع

المحاضرة: الثانية/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2026

4

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

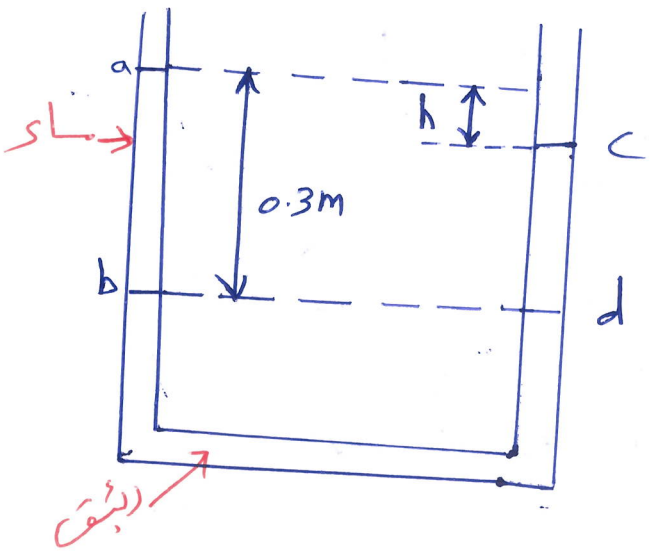
مقرر: ميكانيك الموائع — السنة: الثالثة

المحاضرة: الثانية — د. علي أسد

مثال (1): تحتوي أنبوبة على شكل الحرف U على ماء وزئبق كما في الشكل أدناه. إذا كانت كثافة الزئبق $13550\ kg/m^3$ وكثافة الماء $998 kg/m^3$ أوجد طول العمود h الموضح في الشكل

الحل: نلاحظ من الشكل أن

$$P_a = P_c = P_o$$



وعند b يكون الضغط

$$P_b = P_a + \rho_w g(0.3)$$

وعند d فإن

$$P_d = P_b = P_c + \rho_{Hg} g(0.3-h)$$

وبالتعويض نحصل على

$$P_a + \rho_w g(0.3) = P_c + \rho_{Hg} g(0.3-h)$$

ومنها فإن

$$\rho_w g(0.3) - \rho_{Hg} g(0.3) = -\rho_{Hg} g h$$

$$h = \frac{(\rho_{Hg} - \rho_w)(0.3)}{g} = \frac{(13550-998)(0.3)}{9.8}$$

$$= 0.278\ m$$

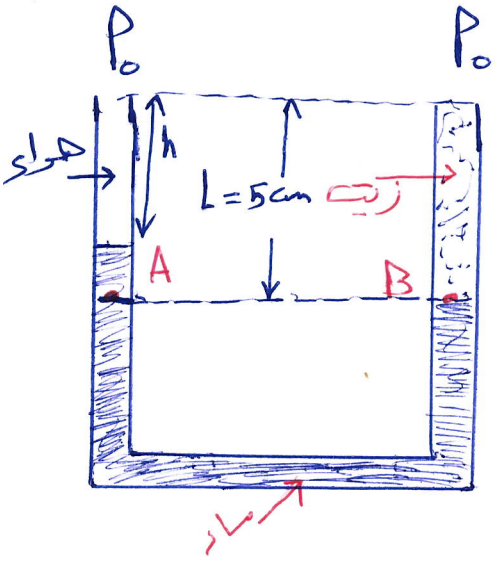
مثال (2): وضع زيت فوق ماء موضوع في أنبوبة على شكل حرف U مأزالت الهواء على الناحية الأخرى كما في الشكل أدناه. أوجد ارتفاع عمود الهواء h وإذا علم الهواء على الأنبوبة اليسرى مما سرعته علماً بأن كثافة الهواء تساوي $\rho_a = 1.29\ kg/m^3$ وكثافة الزيت $\rho_o = 750\ kg/m^3$

الحل: الضغط متساوي عند النقطتين A و B أي $P_A = P_B$

فنجد أن

$$P_A = P_o + \rho_a g h + \rho_w g (L - h)$$

$$P_B = P_o + \rho_o g L$$



بالمساواة

$$P_o + \rho_a g h + \rho_w g (L - h) = P_o + \rho_o g L$$

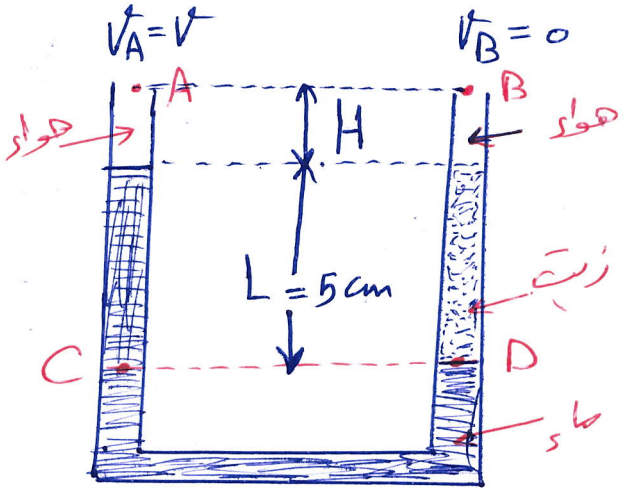
$$(\rho_a - \rho_w) h = (\rho_o - \rho_w) L$$

$$\Rightarrow h = \frac{\rho_w - \rho_o}{\rho_w - \rho_a} L$$

$$= \frac{1000 - 750}{1000 - 1.29} \times 5 = 1.25 \text{ cm}$$

عند مرور الهواء أعلى الأنبوبة اليسرى يتعادل مستوى السائل في الأنبوبتين، ومن معادلة برنولي، نجد للنقطتين A و B أن

$$P_A + \frac{1}{2}\rho_a V^2 + \rho_a g y_A = P_B + \frac{1}{2}\rho_a (0)^2 + \rho_a g y_B$$



و

$$P_C = P_A + \rho_a g H + \rho_w g L$$

و

$$P_D = P_B + \rho_a g H + \rho_o g L$$

ومن مبدأ باسكال نجد أن

$$P_C = P_D$$

وعليه يكون

$$P_B + \rho_a g H + \rho_o g L = P_A + \rho_a g H + \rho_w g L$$

أو

$$P_B - P_A = (\rho_w - \rho_o) g L$$

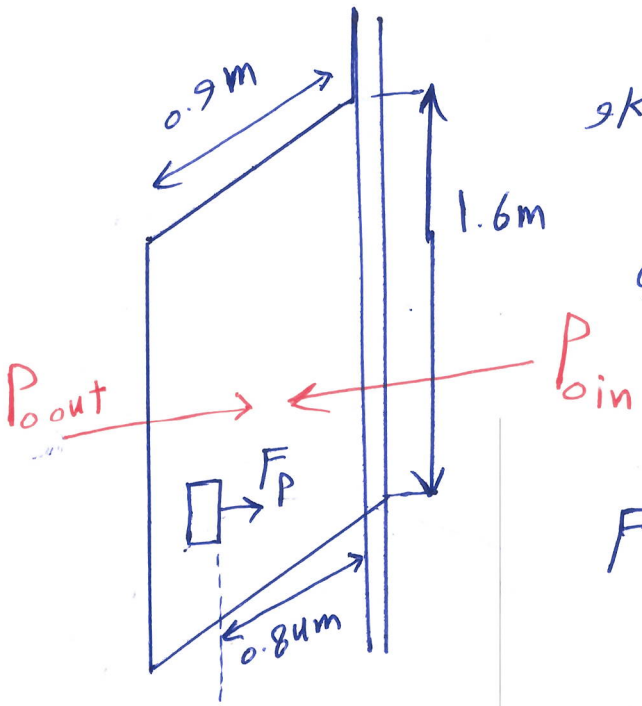
وبالتعويض في المعادلة أعلاه نحصل على

$$\frac{1}{2}\rho_a V^2 = (\rho_w - \rho_o) g L$$

$$V = \sqrt{\frac{2(\rho_w - \rho_o) g L}{\rho_a}} = \sqrt{\frac{2(1000 - 750)(9.8)(0.85)}{1.29}}$$

$$= 13.8 \text{ m/s}$$

مثال (3): من داخل طائرة وعلى ارتفاع 9km من الأرض حاول أحد الركاب فتح باب الطائرة. إذا كانت أبعاد الباب هي 0.9m X 1.6m ويفتح إلى الداخل بفرض أن الضغط داخل الطائرة يساوي الضغط الجوي على ارتفاع 1.5km وأن الراكب يقبض على مقبض الباب الذي يبعد مسافة 0.84m من مفصل الباب. ما هي القوة اللازم بذلها بواسطة الراكب لكي يفتح الباب؟



الحل: معطيات: الضغط الجوي على ارتفاع 9km يساوي

$$P_{o\,out} = 30.09 \text{ KPa}$$

والضغط الجوي على ارتفاع 1.5km يساوي

$$P_{o\,in} = 84.31 \text{ KPa}$$

قوة الضغط على الباب هي:

$$F = (P_{o\,in} - P_{o\,out}) A = (84.31 - 30.09) 10^3 (0.9 \times 1.6)$$

$$= 7.8 \text{ kN}$$

وتؤثر هذه القوة على منتصف الباب. القوة اللازم بذلها بواسطة الراكب لفتح الباب يجب أن تؤثر عند مقبض الباب وتحصل عليها بأخذ العزوم حول مفصل الباب حيث نحصل على

$$F \times \frac{0.9}{2} = F_p \times 0.84$$

ومنها نحصل على قوة الراكب

$$F_p = F \times \frac{0.45}{0.84} = 7.8(10^3)(0.535)$$
$$= 4.17\ kN$$

3 اللزوجة: تعبر اللزوجة عن المقاومة التي يلقاها المائع عندما يتحرك حراً. تنشأ هذه القوة نتيجة للاحتكاك بين طبقات السائل المختلفة حركة المائع عن الجسم الصلب. فالمائع يتكون من طبقات متراصة فوق بعضها البعض. عندما تؤثر قوة خارجية على المائع، تنزلق هذه الطبقات فوق بعضها البعض فيتشوه شكل المائع ويبدأ بالانسياب.

عند حركة طبقتين متجاورتين المسافة بينهما dy وفرق السرعة بينهما هو dv فإن قوة الاحتكاك بينهما

$$F \propto A \quad , \quad F \propto dv \quad , \quad F \propto \frac{1}{dy}$$

أو على الصورة العامة

$$F \propto A \frac{dv}{dy}$$

ومنها نجد أن

$$F = \eta A \frac{dv}{dy}$$

حيث η ثابت يُعرف بمعامل اللزوجة ويُعرف المقدار $\frac{dv}{dy}$ بمقدار السرعة.

يعتمد معامل اللزوجة η على درجة الحرارة. فيقل معامل اللزوجة للسوائل بزيادة درجة الحرارة حيث تسهل زيادة درجة الحرارة على تفكيك جزيئات السائل، فتسهل حركة الطبقات وبالتالي تنقص قوة الاحتكاك بين هذه الطبقات.

من ناحية أخرى تزداد اللزوجة للغازات مع زيادة درجة الحرارة حيث تعمل زيادة درجة الحرارة على زيادة التصادمات بين جزيئات الغاز المتحركة في اتجاهات عشوائية وبالتالي تزيد سرعاتها وتزيد قوة الاحتكاك بينها.

نعرف إجهاد القص على مائع بأنه مقدار القوة العاقمة على مساحة كل طبقة أي

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

وبالتالي

$$\tau = h \frac{dv}{dy}$$

نعرف h بمعامل اللزوجة الديناميكي حيث ترتبط بالقوة المؤثرة على المائع. ونقاس h بوحدة $[h] = Pa.s$ وفي نظام وحدات الـ cgs بوحدة البواز (Poise).

نعرف الموائع أيضاً بمعامل اللزوجة الحركي $\nu = \frac{h}{\rho}$ ويقاس بوحدة $[\nu] = m^2/s$ ويتضح تغير درجة الحرارة

توصل العالم ستوكس تجريبياً إلى أن قوة الاحتكاك (اللزوجة) التي تعانيها كرة نصف قطرها r عندما تسقط بسرعة v في مائع معامل لزوجته h هي

$$F = 6\pi h r v$$

مثال (4): تنساب طبقة من ماء لزوجته $1.12 \times 10^{-3}\ N.s/m^2$ إلى أسفل سطح مستوى مائل بسرعة

$$v = 2\left(\frac{2y}{h} - \frac{y^2}{h^2}\right)$$

أوجد اتجاه ومقدار إجهاد القص الذي يؤثر الماء على السطح إذا كان $h = 0.1\ m$

الحل: يعطى اجهاد القص بالعلاقة

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy}$$

وبالتعويض عن $y = 0$ عند السطح نحصل على

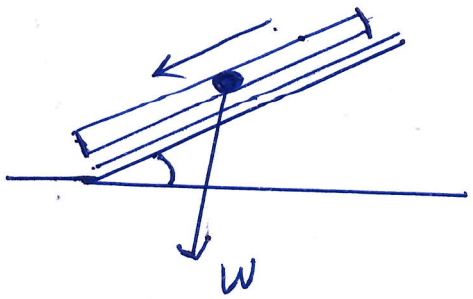
$$\tau = 2\eta\left(\frac{z}{h} - 2\frac{y}{h^2}\right) = 2\eta\left(\frac{z}{h} - 2\frac{0}{h^2}\right)$$

$$= \frac{u\eta}{h} = \frac{u(1.12\times10^{-3})}{0.1} = 0.0448\ N/m^2$$

مثال (5): ينزلق لوح أبعاده $1m \times 1m$ ووزنه $25N$ إلى أسفل مستوى مائل بزاوية 20° بسرعة $2cm/s$ كما موضح في الرسم أدناه فيفصل اللوح عن السطح غشاء من زيت لزوجته $0.05\ N.s/m^2$ أوجد سمك هذا الغشاء

الحل: بتحليل قوة الوزن في اتجاه المستوى نحصل على $W\sin 20 = 25\sin 20$ والذي يعادل قوة اجهاد القص

إذاً: $F = \tau A = \eta \frac{dv}{dy} A$



$$25\sin 20 = \eta \frac{dv}{dy} A$$

حيث dy هو سمك الغشاء و dv فرق السرعة (مع العلم أن المستوى الأسفل ساكن) بالتعويض نحصل على:

$$dy = \frac{\eta\, dv}{25\sin 20} A = \frac{0.05(0.02)}{25(0.34)} 1\times1 = 0.00017\ m$$

$$= 0.117\ m$$

مثال (6): غُطي توزيع سرعة مائع الزيت عام لزوجته $\eta = 0.02\ Ns/m^2$ بالعلاقة

$$v = 100y(0.1 - y)$$

إذا كانت المسافة بين اللوحين 0.01m فأحسب مقدار اجهاد القص عند الجدران

الحل:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = \eta (10 - 200y)$$

عند الجدران $y = 0$ و $y = d = 0.01$ وبالتالي يكون اجهاد القص على الترتيب

$$\tau_1 = \eta (10 - 200y) = 0.01 (10 - 0)$$
$$= 1 N/m^2$$

$$\tau_2 = \eta (10 - 200y) = 0.01 (10 - 200(0.01))$$
$$= 0.08 N/m^2$$

4 عدد رينولدز:

يعتبر هذا العدد ذو أهمية في دراسة وتصنيف الموائع. يعبر هذا العدد عن نسبة القوة القصورية إلى قوة اللزوجة، أي

$$Re = \frac{\rho V D}{\eta}$$

حيث D تمثل بعد طول مناسب للمائع و V سرعته و η معامل اللزوجة المركبة. ويحدد هذا العدد فيما إذا كانت حركة طبقات المائع صفائحية أم مضطربة.