الدرس الرابع:

ميكانيك الموائع (السوائل)

مائع = سائل

* إن قوى الترابط بين الجزيئات الصلبة أقوى من قوى الترابط بين الجزيئات السائلة.

• فسر قدرة السوائل على حرية الحركة والجريان؟!
لأن قوى التماسك ضعيفة نسبياً بين جزيئاته.

• فسر قدرة الغازات والسوائل على إشغال كامل حجم الوعاء الذي تحتويها؟!
لأن الجزيئات غير متماسكة لا تحافظ على شكل معين فتترك لتأخذ شكل الوعاء وهي تستجيب بسهولة للقوى الخارجية التي تحاول تغيير شكلها.

• عرف جسيم السائل (المائع): هو جزء من المائع أبعاده صغيرة جداً بالنسبة لأبعاد المائع وكبيرة بالنسبة لأبعاد جزيئات المائع.

• عرف الجريان المستقر: هو جريان تكون فيه سرعة جسيمات المائع ثابتة مع مرور الزمن من النقطة نفسها من خط الانسياب.

• الجريان المستقر المنتظم: هو جريان تكون فيه السرعة ثابتة في جميع نقاط المائع لمرور الزمن.

الجريان:
- المستقر المنتظم
- المستقر غير المنتظم

الرسم ص 43 من الكتاب

• عرف الجريان المستقر غير المنتظم: هو جريان مستقر تتغير فيه السرعة من نقطة إلى أخرى بمرور الزمن.

• عرف خط الانسياب (الجريان):
هو خط وهمي يبين المسار الذي يسلكه الجسيم المائع أثناء جريانه ويمس هذا الخط متجه السرعة في كل نقطة من نقاطه.

الرسم من الكتاب ص 44

• عرف أنبوب التدفق:
هو أنبوب وهمي يحتوي المائع حيث نأخذ مساحة صغيرة (عمودية) على اتجاه الجريان المستقر للمائع ونرسم على محيط هذه المساحة خطوط الانسياب.

الرسم من الكتاب ص 44

سؤال دورة: عدد مميزات السائل (المائع) المثالي مع الشرح.

1) غير قابل للانضغاط: أي كتلته الحجمية ثابتة مع مرور الزمن.

2) عديم اللزوجة: قوى الاحتكاك الداخلي بين جزيئاته مهملة عندما تتحرك الطبقة بالنسبة للأخرى. أي لا يبذل أي طاقة لإزالة الطبقة المتحركة أثناء الجريان.

3) جريانه مستقر: حركة جسيمات السائل لها خطوط انسياب محددة وسرعة هذه الجسيمات عند نقطة معينة ثابتة مع مرور الزمن.

4) جريانه غير دوراني: لا تتحرك جسيمات السائل المثالي حركة دورانية حول أي نقطة في مجرى السائل.

ملاحظة: سرعة تدفق السائل (المائع) في أنبوب التدفق (الجريان) متساوية في مقطع الأنبوب

Scanned by CamScanner

(أي v تناسب عكساً مع S)

• عرف معدل التدفق الكتلي: (Q) [المطلوب الكتلي]
هو كتلة كمية السائل التي تعبر مقطع الأنبوب في واحدة الزمن ونعبر عنه بالعلاقة:

$$Q = \frac{m \to kg}{\Delta t \to s} \quad \leftarrow kg.s^{-1}$$

• عرف معدل التدفق الحجمي: (Q') [المطلوب الحجمي]
هو حجم كمية السائل التي تعبر مقطع الأنبوب في واحدة الزمن ونعبر عنه بالعلاقة:

$$Q' = \frac{V \to m^3}{\Delta t \to s} \quad \leftarrow m^3.s^{-1}$$

حدوث: استنتج معادلة الاستمرارية.
نفرض v_1 سرعة السائل عبر المقطع S_1.
نفرض v_2 سرعة السائل عبر المقطع S_2.
وبما أن حجم كمية السائل التي عبرت المقطع S_1 تساوي حجم كمية السائل التي عبرت المقطع S_2 خلال المدة الزمنية نفسها (Δt)

$$Q'_1 = Q'_2$$

$$\frac{V_1}{\Delta t} = \frac{V_2}{\Delta t}$$

ولكن: $V = S.x$

$$\frac{S_1.x_1}{\Delta t} = \frac{S_2.x_2}{\Delta t}$$

ولكن: $x = v.\Delta t$

$$\Rightarrow \frac{S_1.v_1.\Delta t}{\Delta t} = \frac{S_2.v_2.\Delta t}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow S_1.v_1 = S_2.v_2$$

أي: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}$ وهي معادلة الاستمرارية

نتيجة: $Q' = S_1.v_1 = S_2.v_2 = const$

• نظرية برنولي للجريان المستقر:

نص النظرية: إن مجموع الضغط والطاقة الحركية لواحدة الحجوم والطاقة الكامنة الثقالية لواحدة الحجوم تساوي مقدار ثابت عند أي نقطة من نقاط خط الانسياب لمائع جريانه مستقر.

نتيجة: يتغير ضغط المائع كلما ازدادت سرعته أي: (p تناسب عكساً مع v).

حدوث: الاستنتاج الرياضي لمعادلة برنولي:

المقطع الأول: مساحته S_1 - الضغط عنده p_1 - سرعة الجريان فيه v_1 - الارتفاع z_1.

المقطع الثاني: مساحته S_2 - الضغط عنده p_2 - سرعة الجريان فيه v_2 - الارتفاع z_2.

العمل الكلي المبذول لتحريك كتلة من السائل من المقطع الأول إلى المقطع الثاني:

$$W_T = W_W + W_1 + W_2$$

W_T: عمل قوة الثقل

$W_W = -mg(z_2 - z_1)$: عمل محرك (موجب) لأن $\vec{F}_1$ المقطع S_1 تؤثر بقوة لها جهة الجريان.

$W_1 = F_1.\Delta x$
$= p_1.S_1.\Delta x_1$
$= p_1.\Delta V_1$

W_2: عمل رالب (مقاوم) لأن المقطع تأثر بقوة $\vec{F}_2$ عكس جهة الجريان.

$W_2 = -F_2.\Delta x$
$= -p_2.S_2.\Delta x_2$
$= -p_2.\Delta V_2$

Scanned by CamScanner

ملاحظة: ΔV_1 تقسط ΔV_2 على كتلة الماء

نقسم على ΔV

$$\Rightarrow W_T = -mg(z_2 - z_1) + p_1 \cdot \Delta V - p_2 \cdot \Delta V$$

ولكن: حسب مبرهنة الطاقة.

$$W_T = \Delta E_K$$

$$= E_{K_2} - E_{K_1} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = -mg(z_2 - z_1) + p_1 \cdot \Delta V - p_2 \cdot \Delta V$$

$$\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = -mgz_2 + mgz_1 + p_1 \cdot \Delta V - p_2 \cdot \Delta V$$

$$\frac{1}{2} m v_2^2 + mgz_2 + p_2 \cdot \Delta V = \frac{1}{2} m v_1^2 + mgz_1 + p_1 \cdot \Delta V$$

ولكن: $m = \rho \cdot \Delta V$

$$\frac{1}{2} \rho \cdot \Delta V \cdot v_2^2 + \rho \cdot \Delta V \cdot g \cdot z_2 + p_2 \cdot \Delta V =$$

$$\frac{1}{2} \rho \cdot \Delta V \cdot v_1^2 + \rho \Delta V \cdot g \cdot z_1 + p_1 \cdot \Delta V$$

نقسم على ΔV:

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + p_2 = \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 + \rho \cdot g \cdot z_1 + p_1$$

معادلة برنولي:

$$p + \rho g z + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{const}$$

ملاحظة: معادلة برنولي تمثل شكل من أشكال حفظ الطاقة.

ملاحظات: [1] الحد $\rho g z$ يمثل الطاقة الكامنة الثقالية (طاقة الوضع) لواحدة الحجوم من السائل.

[2] يمثل الحد $\frac{1}{2} \rho v^2$ الطاقة الحركية لواحدة الحجوم من السائل.

[3] $1 \cdot Pa = 1 \frac{N}{m^2} = 1 \cdot \frac{Nm}{m^3} = 1 \frac{J}{m^3}$

حالة خاصة: إذا كان الأنبوب أفقياً: $z_1 = z_2$

[4] $p_1 \frac{m}{\rho} + \frac{1}{2} m v_1^2 = p_2 \frac{m}{\rho} + \frac{1}{2} m v_2^2$

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2)$$

• تطبيقات على معادلة برنولي:

[1] سكون المائع، ومعادلة المانومتر:

يمكن أن نحصل على معادلة المانومتر من معادلة برنولي بفرض أن المائع ساكن في الأنبوب أي أنّ $v_1 = v_2 = 0$ نعوض في معادلة برنولي فنجد:

$$p_1 - p_2 = \rho g z_2 - \rho g z_1 = \rho \cdot g(z_2 - z_1) = \rho \cdot g \cdot h$$

وهذه معادلة المانومتر (قانون الضغط في الموائع الساكنة).

[2] نظرية تورشيلي:

• استنتج سرعة تدفق سائل من فتحة جانبية (صغيرة) واقعة على جانب أرخص الخزان.

(الرسم من الكتاب ص 48)

حسب معادلة برنولي:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g z_2$$

وبما أنّ الفتحة الجانبية والسطح الحر مفتوحان للضغط الجوي الخارجي

$$\Rightarrow p_1 = p_2 = p_0$$

p_1: الضغط عند السطح الحر، p_2: الضغط عند الفتحة، p_0: الضغط الجوي

$$p_0 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_0 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g z_2$$

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g z_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g z_2$$

Scanned by CamScanner

$\Rightarrow \frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 = \frac{1}{2}v_2^2 + gz_2$

ولكن $v_1 \approx 0$:

$gz_1 = \frac{1}{2}v_2^2 + gz_2 \Rightarrow \frac{1}{2}v_2^2 = gz_1 - gz_2$

$v_2^2 = 2g(z_1 - z_2) \Rightarrow$ بذر:

$v = \sqrt{2g(z_1 - z_2)} = \sqrt{2gh}$

• أنبوب متقوري:

فسر أنّ الضغط في الاختناق أقل من الضغط في الجذع الرئيسي للأنبوب؟ (الرسم من الكتاب ص 49)

حسب معادلة برنولي:

$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$

$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2$

$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho [v_2^2 - v_1^2]$

ولكن: $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$

$\Rightarrow v_2 = \frac{S_1 v_1}{S_2}$

$\Rightarrow P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho \left[\frac{S_1 v_1}{S_2} - v_1^2\right]$

$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho \left[\frac{S_1}{S_2} - 1\right] v_1^2$

لدينا: $S_2 > S_1$ عوكس

$\Rightarrow P_1 > P_2$

* جناح الطائرة وقوة الرفع:

وضح كيف ترتفع الطائرة للأعلى؟

عندما تقلع الطائرة فإنّ الهواء يندفع من حول الجناحين من الأعلى والأسفل بشكل مماثل جريان سائل في أنبوب.

وتكون سرعة جريان الهواء من الأعلى أكبر من الأسفل.

لأنّ خطوط الجريان تتكثف حسب ميل الجناح وتهبط فتكون الضغط بالأسفل (أكبر) من الأعلى.

التعليل: (حسب علاقة متقوري) تناسب عكسي بين ρ و v وهذا الفرق في الضغط يؤدي إلى رفع الطائرة.

- تسمى قوة دفع الضغط بقوة الرفع

• أنبوب بيتوت:

- يستخدم لقياس سرعة جريان سوائل في أنبوبة معينة

نعتبر أن السرعة بين نقطتين تكون معدومة $v_2 = 0$

ونستفيد من فرق الضغط بين النقطتين الذي يقاس بالمانومتر.

$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$

$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2$ (برنولي)

$\Rightarrow P_2 - P_1 = \frac{1}{2}\rho v_1^2$ ..... (1)

ولكن: $P_2 - P_1 = \rho' g h$ ..... (2)

ρ' كثافة السائل في المانومتر

فرق الضغط في المانومتر

من (1) و (2) نجد:

$v_1 = \sqrt{\frac{2\rho' g h}{\rho}}$

Scanned by CamScanner

• أختبر نفسي :

1) A) تزداد وفق B) مبدأ برنولي.

2) C) غير قابل للانضغاط وعديم اللزوجة

3) C) $4v_1$

السؤال الثاني: 1) حسب معادلة الاستمرارية

$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$ السرعة تناسب عكساً مع مساحة مقطع النهر.

لذلك تزداد السرعة عندما تتقلص المساحة وتتقلص السرعة عندما تزداد المساحة.

2) لأنّ ضغط الهواء خارج النّوافذ أقل منه داخل السيارة وبالتالي يخرج الهواء من داخل السيارة نحو الخارج ويخرج معه السّائل.

3) خلل الأسنان ليس في كل نقطة يحتاج سرعة جسيم السائل في تلك النقطة، تقاطع خطوط الانسياب يعني وجود أكثر من سرعة للجسيم بالمكان نفسه وباتجاهات مختلفة بالوقت ذاته وهذا غير ممكن.

4) حسب معادلة الاستمرارية:

$$S_a \cdot v_a = S_b \cdot v_b$$

* عندما توجه فوهته للأسفل: سرعة جريان الماء تزداد كلما اقترب من سطح الأرض $(v_b > v_a)$ فيتقلص مقطع الماء المتدفق $(S_b < S_a)$

* عندما توجه فوهته للأعلى: سرعة جريان الماء تتقلص كلما ابتعد عن سطح الأرض $(v_b < v_a)$ فيزداد مقطع الماء المتدفق $(S_b > S_a)$

5) حسب معادلة الاستمرارية:

$$S_a \cdot v_a = S_b \cdot v_b$$

$S_b < S_a \Rightarrow v_b > v_a$ لكتب الحبر

6) إن فوهة الخراطيم ضيقة لذا تزداد سرعة الماء فتزداد طاقته الحركية لذا يصل إلى ارتفاعات أعلى ومسافات أطول.

7) لكي يندفع الغاز منزلي بسرعة كبيرة.

8) نغلق جزءاً من فتحة الخراطيم لكي تتقلص المساحة فتزداد سرعة جريان الماء فتزداد طاقته الحركية لذا يصل إلى ارتفاعات أعلى ومسافات أطول.

9) لكي تستوي الضغط بين أسفل سقف البيت وأعلاه لأنّ اختلاف الضغط الكبير بين أسفل وأعلى السقف بسبب زيادة سرعة الرياح في الخارج تتولد عنه قوة دافعة نحو الأعلى تؤدي إلى تتخ سقف البيت.

السؤال الأول:

1) $Q' = \frac{V}{\Delta t} = \frac{0,6}{300} = 2 \times 10^{-3}\ m^3 \cdot s^{-1}$

2) $Q' = S \cdot v \Rightarrow v = \frac{Q'}{S}$

$= \frac{2 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-4}} = 4\ m \cdot s^{-1}$

3) $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$

$S_1 \cdot v_1 = \frac{1}{4} S_1 \cdot v_2 \Rightarrow v_2 = 4v_1$

$= 4 \times 4 = 16\ m \cdot s^{-1}$

مركز أونلاين التعليمي .. اللاذقية 0955186517

Scanned by CamScanner

المسألة الثانية:

[1] $Q' = S_1 . v_1$

$\Rightarrow v_1 = \frac{Q'}{S_1} = \frac{5\times10^{-3}}{10\times10^{-4}} = 5\ m.s^{-1}$

$Q' = S_2 . v_2$

$\Rightarrow v_2 = \frac{Q'}{S_2} = \frac{5\times10^{-3}}{5\times10^{-4}} = 10\ m.s^{-1}$

[2] نطبق نظرية برنولي بين الوجهين:

$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$

$P_1 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g h + P_2$

$P_1 = \frac{1}{2}\times1000(100-25) + 1000\times10\times20 + 10^5$

$= 37500 + 200000 + 100000$

$\Rightarrow P_1 = 3,375\times10^5\ Pa$

[3] حساب العمل المنتج:

$W = -mgz + (P_1 - P_2)\Delta V$

$\Rightarrow m = \rho . V = 1000\times100\times10^{-3} = 100\ kg$

$W = -2\times10^{-4} + 2,375\times10^4 = 3750\ J$

المسألة الثالثة:

[1] $Q' = S . v$

$= 10\times10^{-4}\times0,5 = 5\times10^{-4}\ m^3.s^{-1}$

[2] $Q' = 25\,Q_1' = 25\ S_1 . v_1$

$\Rightarrow v_1 = \frac{Q'}{25\,S_1} = \frac{5\times10^{-4}}{25\times0,1\times10^{-4}} = 2\ m.s^{-1}$

المسألة الرابعة:

[1] $v_1 = \frac{Q'}{S_1} = \frac{5\times10^{-5}}{125\times10^{-6}}$

$\Rightarrow v_1 = 2\ m.s^{-1}$

[2] $v_2 = \frac{Q'}{S_2} = \frac{5\times10^{-5}}{4\times10^{-6}} = 125\ m.s^{-1}$

المسألة الخامسة:

$Q' = Q_1' + Q_2' + Q_3'$

$Q' = \frac{V}{\Delta t}$ معدل التدفق الكلي.

معدل تدفق الصنبور الأول:

$Q_1' = \frac{V}{t_1} = \frac{V}{1}$

معدل تدفق الصنبور الثاني:

$Q_2' = \frac{V}{t_2} = \frac{V}{\frac{1}{2}} = 2V$

معدل تدفق الصنبور الثالث:

$Q_3' = \frac{V}{t_3} = \frac{V}{\frac{1}{4}} = 4V$

$\Rightarrow \frac{V}{t} = V + 2V + 4V$

$\frac{1}{t} = 1 + 2 + 4 \Rightarrow \frac{1}{t} = 7 \Rightarrow$

$\Rightarrow t = \frac{1}{7}\times3600\ s$

انتهى الدرس ♥...

أ. فارس جبل & أ. أمل أحرات ♥...

Scanned by CamScanner