المفردات النظرية والعملية لمادة ميكانيك موائع / ثالث مكائن

الجزء النظري : ميكانيك موائع Fluid Mechanics

أهداف المادة : الالمام بأساسيات علم الموائع وتطبيقاته العملية ومن ضمنها المكائن والمعدات والمحركات.

تعريف الطالب بخواص الموائع وكيفية حساب الضغط في الموائع الساكنة وحساب التصريف في الموائع المتحركة بالاضافة إلى معرفة أنواع الجريان وحساب خسائر الجريان في الأنابيب.

المفـــــــــردات النظـــــــــرية	
الأسبوع	تفـــــاصـــيل المفـــــردات
الأول	مقدمة عامة : المائع وعلاقته بميكانيك الموائع
الثانـــي	خواص الموائع الفيزيائية ، اللزوجة ، الأنضغاطية
الثـــالث	الشد السطحي ، الخاصية الشعرية
الرابـــع	الهايدروستاتيك مفهومه كعلم ، الضغط
الخامـــس	المعادلات الأساسية لتوازن السوائل ، الضغط المطلق وضغط المقياس
الســـادس	أجهزة قياس الضغط
الســـابع	القوى المؤثرة على السطوح المستوية
الثـــامن	حركة أو جريان الموائع ، التصريف
التاســـع	معادلات التوازن الكلية للموائع (معادلة الاستمرارية ، معادلة برنولي)
العاشـــر	تطبيقات معادلة برنولي : أنبوب فينتوري
الحادي عشر	أنبوب بيتوت ، مقياس الفوهة الحادة
الثاني عشر	تجربة لينولدز ، رقم رينولدز ، فقدان الشحنة (الطاقة الميكانيكية) نتيجة للأحتكاك في الأنابيب
الثالث عشر	المضخات عملها وأنواعها : المضخة الطاردة المركزية
الرابع عشر	مضخات الازاحة الموجبة (المضخات الترددية ، المضخات الدواراة)

المصادر :

١ ـ ميكانيك الموائع / ياسين الطحان – جامعة الموصل / كتاب منهجي

كتب مساعدة:

٢ ـ ميكانيك الموائع / كامل الشماع – جامعة البصرة / قسم الهندسة الميكانيكية ١٩٩٠

2- Fundamentals of Fluid Mechanics by BRUCE R. Munson and Donaldf. Young Sixth Edition (2009)

المائع Fluid : هي المادة التي يتغير شكلها باستمرار عند تعرضها لاجهاد قص ويمتلك خاصية الجريان (للسوائل) وخاصية الانتشار (للغازات) ويمتلك صفات ثابتة مثل الكثافة الكتلية والوزنية والنسبية وكذلك اللزوجة وغيرها من الصفات.

ميكانيك المائع Fluid mechanics : هو ذلك العلم من الميكانيك الذي يدرس المائع في حالة الحركة والسكون ويعتمد أساسا على نفس المبادئ المستخدمة في ميكانيك المواد الصلبة ، ويمكن تقسيمه الى قسمين :

١- **ميكانيك الموائع الساكنة (استاتيكا الموائع Static Fluids)** : وهي تمثل دراسة القوى المؤثرة على الموائع في حالة سكون ويمتلك تطبيقات واسعة في تصميم وصناعة السفن وبناء السدود والبوابات والمضخات وأجهزة الضغط.

٢- **ميكانيك الموائع المتحركة (ديناميكية الموائعDynamic Fluids)** : وهي دراسة الموائع إثناء الحركة وله تطبيقات واسعة في مجال الطاقة الكهربائية والحرارية وجريان الموائع في الأنابيب المختلفة وخير مثال على ذلك جريان الدم في أوعية وشرايين جسم الانسان.

خواص الموائع :

1- الكثافة الكتلية mass density (ρ) : هي كتلة وحدة الحجم من المادة

الكثافة الكتلية = الكتلة / الحجم $\qquad \rho = \frac{m}{V} \quad \left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

$$\boldsymbol{\rho_{water} = 1000\ \frac{Kg}{m^3} = 1\ \frac{gm}{cm^3}}\ ,\ \boldsymbol{\rho_{mercury} = 13600\ \frac{Kg}{m^3} = 13.6\ \frac{gm}{cm^3}}$$

2- الوزن النوعي: (الكثافة الوزنية) Specific weight (γ) هي وزن وحدة الحجم من المادة.

الوزن النوعي $= \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}}$ $\qquad \gamma = \frac{W}{V} \quad \left(\frac{N}{m^3}\right)$

$$\because \gamma = \frac{W}{V} \implies \quad \gamma = \frac{mg}{V} = \rho\, g$$

أي ان

الكثافة الوزنية = الكثافة الكتلية x التعجيل الأرضي

3- الحجم النوعي Specific volume (Vs): هو الحجم الذي تشغله وحدة الكتلة

$$\text{الحجم النوعي} = \frac{\text{الحجم}}{\text{الكتلة}} \quad V_s = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \left(\frac{m^3}{Kg}\right)$$

4- الكثافة النسبية Relative density (S)

أو الثقل النوعي **Specific Gravity (S.G)**: هي النسبة بين كثافة المادة الى كثافة الماء النقي عند درجة الحرارة القياسية.

$$\text{الكثافة النسبية} = \frac{\text{الكثافة الكتلية للمادة}}{\text{الكثافة الكتلية}} \quad ، \quad S.G = \frac{\rho}{\rho_w}$$

اللزوجة Viscosity : وهي احدى خواص المائع (السوائل والغازات) والتي تتحكم بمعدل جريان او انسياب المائع وتعتبر مقياس لمدى مقاومة المائع لقوى القص التي تحاول تحريف شكل المائع .

إجهاد القص shear stress(τ): هو مركبة القوة المماسة والمسلطة على مساحة مقطع السطح

$$\tau = \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{A}} \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

انحدار السرعة أو معدل الأنفعال القصي(e):هو تغير السرعة (dv) بالنسبة للمسافة(dy) بين طبقتين من مائع ويتناسب تناسبا طرديا مع اجهاد القص.

$$e = \frac{dv}{dy} \left(\frac{1}{s} \right) : rate\ of\ shear\ deformation$$

$$\tau \propto \frac{dv}{dy} \implies \tau = \mu \frac{dv}{dy} \implies \mu = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} = \tau \frac{dy}{dv}$$

معامل اللزوجة الديناميكية Dynamic viscosity (μ): هي النسبة بين إجهاد القص وانحدار السرعة او معدل الانفعال القصي $\left(\mu = \frac{\tau}{e}\right)$.

$$\mu = \tau \frac{dy}{dv} \left(\frac{N}{m^2} s\right) = pa.s \quad , \qquad 1pa.s = 10\ poises$$

اللزوجة الكينماتيكية Kinematic viscosity (υ): وهي النسبة بين اللزوجة الديناميكية والكثافة الكتلية

$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{m^2}{s}\right) \qquad 1\frac{m^2}{s} = 10^4\ stock$$

الانضغاطية Compressibility (K) : تعرف الانضغاطية بدلالة معامل المرونة الحجمي (E) حيث تساوي مقلوب معامل المرونة الحجمي أي ان: $K = \frac{1}{E}\left(\frac{m^2}{N}\right)$

معامل المرونة الحجمي Elasticity (E): هو مقياس التغير في حجم كتلة ثابتة من المادة عندما تتعرض الى ضغط .

$$\Delta P\ \alpha\ \frac{\Delta V}{V} \quad \Rightarrow \quad \Delta P = -E\frac{\Delta V}{V} \quad \Rightarrow \quad E = -\frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}} = -\frac{(P_2 - P_1)}{\left(\frac{V_2 - V_1}{V_1}\right)}\left(\frac{N}{m^2}\right)$$

ويمكن ايجاد تعريف معامل المرونة الحجمي الآني بدلالة الكثافة الكتلية وكما يلي:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \Rightarrow \quad \frac{d\rho}{dV} = -\frac{m}{V^2} = -\frac{\rho V}{V^2} = -\frac{\rho}{V}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{d\rho}{dV} = -\frac{\rho}{V} \Rightarrow -\frac{d\rho}{\rho} = \frac{dV}{V}$$

$$\because\ E = -\frac{dP}{\frac{dV}{V}} \Rightarrow E = -\frac{dP}{-\frac{d\rho}{\rho}} \Rightarrow \boxed{E = \rho\frac{dP}{d\rho}}$$

الشد السطحي surface tension:

تعود ظاهرة الشد السطحي في السوائل إلى قوى التجاذب بين جزيئات السائل والتي تسمى بقوى التماسك وقوى التجاذب بين جزيئات السائل والإناء الموجود به وتسمى بقوى التلاصق.

ويعرف الشد السطحي على انه القوة المؤثرة عموديا على وحدة الأطوال من السائل أي ان $\sigma = \frac{F}{L}\ (\frac{N}{m})$

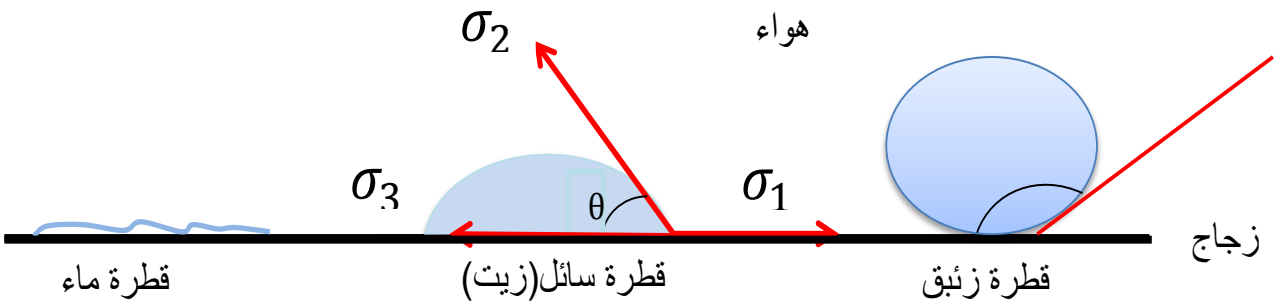
الضغط داخل قطرة سائل يزداد بنقصان نصف قطر القطرة ويزداد بزيادة الشد السطحي $\mathbf{p} = \frac{2\sigma}{r}$

الخاصية الشعرية وزاوية التلامس وعلاقتها بالشد السطحي : Capillarity

هي ظاهرة ارتفاع أو انخفاض السوائل في الأنابيب الشعرية ويعتمد هذا الارتفاع أو الانخفاض على قطر الأنبوب وطبيعة السائل والنسبة بين قوى التماسك وقوى التلاصق لجزيئات السائل مع جدار الأنبوب ويتوقف ارتفاع السائل داخل الانبوبة الشعرية عندما تكون مركبة قوة الأفقية مساوية إلى وزن عمود السائل داخل الأنبوب.

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\gamma r}$$

زاوية التلامس (θ): هي الزاوية المحصورة بين المماس لسطح السائل وجدار الأنبوبة وتساوي صفر في حالة الزجاج والماء النقي لذلك ينتشر الماء على سطح الزجاج، بينما لجميع السوائل تكون الزاوية حادة (أقل من 90^o) حيث قوى التلاصق أكبر من قوى التماسك بينما تزيد عن ذلك في حالة الزئبق فقط حيث يكون شكل سطح الزئبق محدب وتكون الزاوية منفرجة (140^o) حيث قوى التلاصق أقل من قوى التماسك.



معادلة يونك $youngs\ equation$ $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_2 \cos\theta$

$$\sigma_2 \cos\theta = \sigma_1 - \sigma_3 \Rightarrow \cos\theta = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_2}$$

زاوية تلامس يونك $\Rightarrow\ \theta = \cos^{-1}\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_2}\right)$

والسائل يبلل الزجاج $if\ \sigma_1 > \sigma_3 \ \Rightarrow\ cos\theta = (+) \ \Rightarrow\ \theta < 90^o$

والسائل لا يبلل الزجاج $if\ \sigma_1 < \sigma_3 \ \Rightarrow\ cos\theta = (-) \ \Rightarrow\ \theta > 90^o$