

דף נוסחאות זרימה (ביחידות M.K.S.)

$$\delta = SG = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} : \text{צפיפות יחסית}$$

$$A_{\text{גזר}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 : \text{שטח חתך של כדור} \quad \rho = \frac{m}{v} : \text{צפיפות} \quad F_b = V \rho g : \text{כח ציפה}$$

מערכות "שיווי משקל יחסי":

$$\left(\frac{dz}{dx} \right) = -\frac{a_x}{g} = \text{tg} \alpha : \text{פני שטח המואצים בכיוון אופקי}$$

$$\left[\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{sec}^2} \right] dp = \rho(-g \cdot dz + \omega^2 \cdot r \cdot dr) : \text{זורם רוטט סובב}$$

$$\text{ספיקה משקלית: } \dot{m} = \rho v A = Q \rho \quad (\text{כאשר } \rho = \text{צפיפות החומר, } v = \text{מהירות, } A = \text{שטח החתך}).$$

$$\tau_x = \frac{F_y}{A} = \tau_o + k \cdot \left(-\frac{dv_y}{dx} \right)^n : \text{מאמץ גזירה}$$

מאמצי גזירה עבור נוזלים שונים:

$$r_0 = \frac{2l\tau_0}{\Delta P}, \quad \tau = \mu \left(-\frac{dv}{dx} \right) : \text{נוזל ניוטוני}$$

$$\tau = \tau_0 + \mu \left(-\frac{dv}{dx} \right) : \text{נוזל בינגהם}$$

$$\mu_a = \frac{\tau}{\left(-\frac{dv}{dx} \right)} : \text{נוזל פסאודופלסטי}$$

משוואת ההידרוסטטיקה עבור נוזל ניוטוני (בלתי דחיס):

n	k	τ_o	סוג הזורם
1	μ	0	ניוטוני
1	μ	τ_o	בינגהם
$0 < n < 1$		0	פסאודופלסטי
$1 < n < \infty$		0	דיליטנטי

$$\Delta Z = h = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad P_a - P_b = \rho g(Z_b - Z_a) : \text{עומד הידרוסטטי}$$

$$P_a = P_{atm} + \rho g h_a$$

$$P_a = P_{atm} - \rho g h_a$$

$$\text{tg} \theta = \frac{a_x}{g}$$

$$Z = Z_o + \frac{(\omega r)^2}{2g}$$

חישוב הלחץ בפיאזומטר רגיל (כמו Bourdon):

חישוב הלחץ בפיאזומטר מסוג שפופרת U (כמו Open End manometer):

חישוב זווית הזורם במיכל מאיץ אופקית:

חישוב גובה הזורם במיכל המסתובב סביב צירו:

הנחות יסוד בנוגע לבעיות הידרודינמיקה:

א. מצב עמיד. נזל ניוטוני בלתי דחיס.

זרימה אחידה.

משוואת הרציפות:

$$\sum_{in} (\rho v A)_{in} = \sum_{out} (\rho v A)_{out}$$

$$\bar{v} = \frac{Q}{A} : \text{מהירות ממוצעת של זורם} \quad v_1 = v_2 \cdot \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 : \text{ממשוואת הרציפות כתלות בקטרי הצינורות נקבל}$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{\bar{v}_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{\bar{v}_2^2}{2g}$$

משוואת ברנולי בהזנחת כוחות חיכוך:

$$v = \sqrt{2gh}$$

במקרה והלחצים והגבהים שווים:

$$\text{Re} = \frac{\rho \bar{v} d}{\mu} = \frac{\bar{v} d}{\nu} = \frac{4 \dot{m}}{\pi \mu d} \quad \text{מספר ריינולדס :}$$

($\text{Re} < 2100$ - זרימה למינרית, $\text{Re} > 4000$ - זרימה טורבולנטית)

$$1_{cp} = 0.01_{poise} = 0.001_{pa \cdot sec} \quad \text{יחידות הצמיגות :}$$

$$\mu = A e^{\frac{B}{T}} \quad \text{צמיגות עבור נוזלים (תלות אמפירית בטמפרטורה) :}$$

$$\mu = a T^b \quad \text{צמיגות עבור גאזים (תלות אמפירית בטמפרטורה) :}$$

$$\mu_a = k \cdot \left(-\frac{dv}{dx} \right)^{n-1} \quad \text{צמיגות מדומה (} \mu_{apparent} \text{) :}$$

$$\tau = \frac{\Delta P}{\Delta L} \cdot \frac{r}{2} \quad \text{מאמץ גזירה עבור נוזל בצינור גלילי :}$$

$$v_{max} = \frac{\Delta P}{4L\mu} R^2 \quad v_r = \frac{\Delta P}{4L\mu} \cdot (R^2 - r^2) \quad \text{מהירות שכבת נוזל בצינור גלילי :}$$

$$Q = \frac{\pi}{8\mu} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L} \cdot R^4 \quad \text{חישוב ספיקה עבור נוזל בצינור גלילי (משוואת Hagen poiseille) (נוזל ניוטוני בלבד) :}$$

$$v_{ave} = \frac{Q}{A} = \frac{\Delta P R^2}{8L\mu} \quad v_{max} = \frac{\Delta P R^2}{4L\mu} \quad \bar{u} = \frac{1}{2} u_{max}$$

$$\Delta P = \frac{32 \bar{u} \mu}{g_c \cdot d^2} \cdot \Delta L \quad \text{הלחץ כתלות באורך הצינור :}$$

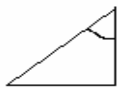
$$v_r = \frac{2L}{\Delta P K^{\frac{1}{n}} \cdot \left(\frac{1}{n} + 1 \right)} \cdot \left[\left(\frac{r \Delta P}{2L} - \tau_o \right)^{\frac{1}{n} + 1} - \left(\frac{R \Delta P}{2L} - \tau_o \right)^{\frac{1}{n} + 1} \right] \quad \text{פילוג מהירויות של זורם בצינור גלילי :}$$

$$\frac{\bar{u}}{u_{max}} = \left[1 - \left(\frac{r}{r_w} \right)^2 \right]^{\frac{1}{n}}, \quad 6 \leq n \leq 10, \quad n = 1.8 \log[\text{Re}(u = u_{max})] - 1.7 \quad \text{2. עבור זרימה טורבולנטית :}$$

$$\Delta P = 0.241 \cdot \frac{\Delta L \cdot Q^{1.75} \cdot \mu^{0.25} \cdot \rho^{0.75}}{g_c \cdot d^{4.75}} \quad \text{הנחה : זרימה טורבולנטית}$$

$$Q = v_{max} \pi r_0^2 + \int_{r_0}^R v_r \cdot 2\pi r dr \quad \text{ספיקה של נוזל בינגהם בצינור מלא - זרימה למינרית :}$$

$$\tau_x = \rho g x \cdot \cos \beta \quad \text{זרימה במישור משופע : (כאשר הזווית נמצאת למעלה) :}$$



$$\Gamma = \frac{\rho^2 g \cos \beta}{\mu} \cdot \frac{X^3}{3} \quad X = \left[\frac{3\mu\Gamma}{\rho^2 g \cos \beta} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{Re} = \frac{4\Gamma}{\mu} < 2100$$

משוואה לפילוג מהירות עבור נוזל בינגהם במישור משופע :

$$v_x = \frac{1}{2\rho g \mu \cos \beta} \left[(\rho g X \cos \beta - \tau_o)^2 - (\rho g x \cos \beta - \tau_o)^2 \right]$$