جواب سوال 1-4 : رابطه سرعت : $\vec{v} = 4zt\,\vec{i} + 3x\,\vec{j}$

تعداد ابعاد جریان بر اساس متغیر های مکانی که بردار سرعت به آن ها وابسته است تعیین می‌شود ، در این رابطه مؤلفه های سرعت به متغیر های مکانی z و x بستگی دارد ⇐ چون سرعت در کل تابعی از دو مختصه مکانی $(x$ و $z)$ است، جریان دو بعدی محسوب می شود

ماندگاری جریان : در مؤلفه اول عبارت $4zt$ وجود دارد که شامل متغیر زمان (t) است ⇐ یعنی با گذشت زمان سرعت تغییر می کند

⇐ پس جریان غیر ماندگار است .

یکنواختی جریان : چون در فرمول داده شده سرعت به مختصات مکانی $(x$ و $z)$ وابسته است با تغییر مکان در میدان سرعت هم عوض می شود ⇐ جریان غیر یکنواخت است .

پاسخ صحیح ⇐ گزینه 1

جواب سوال 6-1 :

الف) $14,2\ km$ $\quad 1\ km = 1000\ m$, $1m = 3,28084\ ft$, $1inch = 2,54\ cm$

$$14,2\ km \times \frac{1000\ m}{1\ km} \times \frac{3,28084\ ft}{1\ m} \simeq 46583,8\ ft \simeq 4,66 \times 10^{4}\ ft$$

ب) $8,14\ N/m^3$ $\quad 1\ N \simeq 0,224808\ lb$, $1m^3 \simeq 35,3147\ ft^3$

$$\frac{8,14\ N}{m^3} \times \frac{0,224808\ lb}{1\ N} \times \frac{1\ m^3}{35,3147\ ft^3} \simeq 0,00518\ lb/ft^3 \simeq 5,18 \times 10^{-3}\ lb/ft^3$$

ج) $150\ acre$ $\quad 1\ acre = 4046,86\ m^2$

$$150\ acre \times \frac{4046,86\ m^2}{1\ acre} = 607029,0\ m^2 \simeq 6,07 \times 10^{5}\ m^2$$

د) $742\ Btu$ $\quad 1\ Btu \simeq 1055,06\ J$

$$742\ Btu \times \frac{1055,06\ J}{1\ Btu} \simeq 782804,5\ J \simeq 7,83 \times 10^{5}\ J$$

جواب سوال 1-12 :

۱) $\frac{\Delta h}{D} = f\left(\frac{\sigma}{\gamma D^2}\right)$ ۲) $\Delta h \sqrt{\frac{\gamma}{\sigma}} = \zeta\left(\frac{\sigma}{\gamma D^2}\right)$

۳) $\Delta h = D\,\xi\left(\frac{\gamma D^2}{\sigma}\right)$

ابتدا ابعاد پارامتر های اصلی دار در سیستم FLT مشخص می کنیم :

$[L] \leftarrow \Delta h$, $[L] \leftarrow D$, $[FL^{-3}] \leftarrow \gamma$, $[FL^{-1}] \leftarrow \sigma$

بررسی رابطه ۱ :

صحت چپ : $\frac{\Delta h}{D} = \frac{[L]}{[L]} = [1] \rightarrow$ بدون بُعد

صحت راست : $\frac{\sigma}{\gamma D^2} = \frac{[FL^{-1}]}{[FL^{-3}] \times [L^2]} = \frac{[FL^{-1}]}{[FL^{-1}]} = [1] \longrightarrow$ بدون بُعد

چون هر دو طرف بدون بُعد هستند ⇐ این رابطه صحیح است .

بررسی رابطه ۲ :

سمت چپ : $\Delta h \times \sqrt{\frac{\gamma}{\sigma}} = [L] \times \sqrt{\frac{[FL^{-1}]}{[FL^{-3}]}} = [L] \times [L^{-1}] = [1] \rightarrow$ بدون بُعد

سمت راست : $\frac{\sigma}{\gamma \times D^2} = \frac{[FL^{-1}]}{[FL^{-3}] \times [L^2]} = [1] \rightarrow$ بدون بُعد

این رابطه هم صحیح است.

بررسی رابطه ۳ : $\Delta h = D \times \xi\left(\frac{\gamma D^2}{\sigma}\right) \xrightarrow[D]{\text{طرفین تقسیم بر}} \frac{\Delta h}{D} = \xi\left(\frac{\gamma D^2}{\sigma}\right)$

سمت چپ : $\frac{\Delta h}{D} = \frac{[L]}{[L]} = [1] \rightarrow$ بدون بُعد

سمت راست : $\frac{\gamma D^2}{\sigma} = \frac{[FL^{-3}] \times [L^2]}{[FL^{-1}]} = [1] \rightarrow$ بدون بُعد

این رابطه نیز صحیح است

$\Leftarrow$ پاسخ صحیح : گزینه ۳

جواب سوال (23)

$P_{\text{فشارسنج}} = 210\ kPa$

$P_0 + P_{\text{فشارسنج}} = 100 + 210 = 310\ kPa$

$\Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

$= \frac{310}{25+273} = \frac{P_2}{50+273}$

$\Rightarrow 310 \times 323 = 298 P_2$

$\Rightarrow P_2 = 336\ kPa$

$336 - 310 = 26\ kPa$ افزایش فشار

$P = \rho RT = \frac{m}{V} RT \Rightarrow m = \frac{\rho V}{RT} \Rightarrow \begin{cases} m_1 = \frac{310 \times 0/025}{0/287 \times 298} = 0/904\ kg \\ m_2 = \frac{336 \times 0/025}{0/287 \times 323} = 0/814\ kg \end{cases}$

$\Rightarrow |\Delta m| = |m_2 - m_1| = |0/814 - 0/904| = 0/090\ kg$

$$F_\tau = \int_A \tau \, dA = 2\int_0^L \left(\mu \frac{du}{dy}\right)(b\,dx) = 2b\mu \int_0^L \frac{d}{dy}\left(\frac{Uy}{\delta}\right) dx$$

$$= 2b\mu U \int_0^L \frac{1}{\delta}\, dx = 2\mu U b \int_0^L \frac{1}{3.5\sqrt{\frac{\nu x}{U}}}\, dx$$

$$= \frac{2}{3.5} b\mu U \int_0^L \left(\frac{U}{\nu x}\right)^{\frac{1}{2}} dx = \frac{2}{3.5} b\mu U \cdot \sqrt{\frac{U}{\nu}} \int_0^L x^{-\frac{1}{2}}\, dx$$

$$= \frac{2}{3.5} b\mu U \times \sqrt{\frac{U}{\nu}} \times \left(2x^{\frac{1}{2}}\right)_0^L = \frac{4}{3.5} b\mu U \sqrt{\frac{U}{\nu}} \times L^{\frac{1}{2}} = \frac{4}{3.5} b\mu U \sqrt{\frac{UL}{\nu}}$$

$$F_\tau = 1.143\, b\mu U \sqrt{\frac{UL}{\nu}} \quad \text{یا} \quad F_\tau = 1.143\, b U \sqrt{\rho \mu L U}$$

b = ضخامت (2 و 1

طول L و

$u = \frac{Uy}{\delta}$

$\delta = 3.5\sqrt{\frac{\nu x}{U}}$

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$

جواب سوال 33-1 :

رابطه سرعت در فاصله بین دو صفحه به صورت روبرو داده شده : $u = -\frac{1}{2\mu}\frac{\gamma dP}{dx}(Hy-y^2)+\frac{\mu_t y}{H}$

قانون ویسکوزیته نیوتن : $\tau = \mu \frac{du}{dy}$

$$\frac{du}{dy} = \frac{d}{dy}\left[-\frac{1}{2\mu}\frac{\gamma dP}{dx}(Hy-y^2)+\frac{\mu_t y}{H}\right]$$

$$\Rightarrow \frac{du}{dy} = -\frac{1}{2\mu}\frac{\gamma dP}{dx}(H-2y)+\frac{\mu_t}{H}$$

$$\tau = \mu\frac{du}{dy} = \mu\left[-\frac{1}{2\mu}\frac{\gamma dP}{dx}(H-2y)+\frac{\mu_t}{H}\right] \Rightarrow \tau = -\frac{1}{2}\frac{\gamma dP}{dx}(H-2y)+\frac{\mu \times \mu_t}{H}$$

تنش برشی روی صفحه پایینی $(y=0)$:

$$\tau_{lower} = -\frac{\gamma H}{2}\left(\frac{dP}{dx}\right)+\frac{\mu \times \mu_1}{H}$$

تنش برشی روی صفحه بالایی $(y=H)$:

$$\tau_{upper} = -\frac{\gamma}{2}\frac{dP}{dx}(H-2H)+\frac{\mu \times \mu_1}{H} \Rightarrow \tau_{upper} = \frac{\gamma H}{2}\left(\frac{dP}{dx}\right)+\frac{\mu \times \mu_1}{H}$$

جواب سوال 38-1 : زمانی که صفحه با سرعت ثابت U حرکت می‌کند، در هر دو طرف آن تنش برشی ایجاد می‌شود

نیروی F_1 :
$$F_1 = \tau_1 . A = \mu_1 \times \frac{U}{L-x} \times A$$

نیروی F_2 :
$$F_2 = \tau_2 \times A = \mu_2 \times \frac{U}{x} \times A$$

نیروی کل مورد نیاز برای کشیدن صفحه (F) :
$$F = F_1 + F_2 = AU\left(\frac{\mu_1}{L-x} + \frac{\mu_2}{x}\right)$$

برای اینکه نیروی F به حداقل خود برسد باید مشتق آن نسبت به x برابر صفر شود. $\left(\frac{dF}{dx} = 0\right)$

$$\frac{d}{dx}\left(\frac{\mu_1}{L-x} + \frac{\mu_2}{x}\right) = 0 \Rightarrow \frac{\mu_1}{(L-x)^2} - \frac{\mu_2}{x^2} = 0 \Rightarrow \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{(L-x)^2}{x^2}$$

$$\mu_1 = 4\mu_2 \Rightarrow \frac{4\mu_2}{\mu_2} = \frac{(L-x)^2}{x^2} \Rightarrow \text{جذر از طرفین} \Rightarrow 2 = \frac{L-x}{x}$$

$$\Rightarrow 2x = L - x \rightarrow 3x = L \rightarrow \frac{x}{L} = \frac{1}{3}$$

پاسخ: گزینه ۲

جواب سوال 41-1 : توزیع سرعت در فاصله بین دو استوانه خطی فرض شود.

$$v = R\omega \Rightarrow U = \omega \times R_i \Rightarrow U_{(r)} = \omega \times R_i \times \frac{R_o - r}{R_o - R_i}$$

$$\tau = \mu \times \frac{du}{dy} = \mu \times \frac{\omega R_i}{R_o - R_i} \qquad A = 2\pi \times R_i \times l \qquad \tau = \frac{F}{A}$$

$$F = \tau \times A = (2\pi R_i l) \times \mu \times \frac{\omega R_i}{R_o - R_i}$$

نیرویی که از طرف سیال به سطح استوانه وارد می‌شود.

$$T = F \times R_i \Rightarrow T = 2\pi l \mu \times \frac{\omega R_i^3}{R_o - R_i}$$

گشتاور لازم تا استوانه‌ی داخلی با سرعت زاویه‌ای ثابت چرخانده شود.

1-49) $\tau = \mu \frac{du}{dy}$ $dT = r\,dF = r(\tau\,dA) = r\mu \frac{du}{dy} dA = r\mu \frac{r\omega}{y}(2\pi r\,dr)$

$dT = \mu\omega r^3 2\pi \frac{dr}{y} \Rightarrow T = 2\pi\mu \frac{\omega}{y}\int_0^R r^3 dr = \frac{\pi\mu\omega R^4}{2y}$

$$T = \frac{\pi \times 1{,}52 \times \frac{25}{30} \times (150\times10^{-3})^4}{2\times 2{,}54\times10^{-3}} = 0{,}0997\ \text{Nom}$$

1-55) $P_1V_1 = P_2V_2$ $\Rightarrow P_2 = 573{,}33\ \text{kPa}$

$172V_1 = P_2(.3V_1)$

$$h = \frac{2\sigma \cos\phi}{\rho g R} = \frac{2 \times 0.072 \cos 10^\circ}{998 \times 9.8 \times \frac{0.2}{2} \times 10^{-6}} \approx 0.18\ m$$