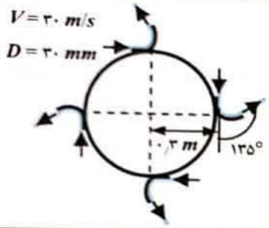
۷۲-۳ شمایی از توربین پلتون در شکل نشان داده شده است. در این توربین چهار پره‌ی مشابه بر روی محیط توربین قرار داده شده است. شعاع چرخش توربین به‌طور متوسط m ۰/۳ است و پره‌ها جریان ورودی را به اندازه‌ی ۱۳۵° منحرف می‌کند. سرعت جت ورودی آب m/s ۳۰ و قطر آن mm ۳۰ است. اگر توربین در صفحه‌ی افقی قرار داشته باشد و سرعت جت در مسیر گذر از پره تغییر نکند، چه مقدار لنگر مورد نیاز است تا از چرخش توربین جلوگیری شود؟



پاسخ:

حجم کنترل ثابت و بدون تغییرشکل که شامل توربین است انتخاب می‌شود. رابطه‌ی لنگر اندازه حرکت [رابطه‌ی (۳-۲۴)] برای این حجم کنترل به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$T_{shaft} = \dot m_{in} r_{in} V_{\theta_{in}} + \dot m_{out} r_{out} V_{\theta_{out}} \qquad (۱)$$

رابطه‌ی پیوستگی [رابطه‌ی (۳-۱۱)] به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$\dot m_{in} = \dot m_{out} = 4\rho V_{in}\frac{\pi}{4}D^2 = \pi\rho V_{in} D^2$$

از آنجایی‌که از چرخش توربین جلوگیری شده است، $U = r\omega = ۰$ و سرعت نسبی و سرعت مطلق در مقاطع برابر است. با نگاهی به بردارهای سرعت در مقطع ورودی و خروجی و با فرض اینکه مقدار سرعت جریان در گذر از پره تغییری نمی‌کند، خواهیم داشت:

$$V_{\theta_{in}} = V_{in} = V_{out} \quad ; \quad V_{\theta out} = V_{in}\cos 45^\circ$$

با جایگزینی مقادیر بالا در رابطه‌ی (۱) خواهیم داشت:

$$T_{shaft} = \pi\rho V_{in} D^2 r V_{in}\left(1+\cos 45^\circ\right) = \pi r D^2 \rho V_{in}^2\left(1+\cos 45^\circ\right)$$

$$T_{shaft} = \pi(0.3\,m)(0.03\,mm)^2\left(1000\,kg/m^3\right)(30\,m/s)^2\left(1+\cos 45^\circ\right) \quad ; \quad \underline{\underline{T_{shaft} = 1303 \quad N.m}}$$

۷۴-۳

سطح مبنا بالای توربین

$$\sum_{out}\left(\cancel{\bar u} - \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + \cancel{g}z\right)\dot m - \sum_{in}\left(\cancel{\bar u} + \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz\right)\dot m = \cancel{\dot Q}_{net} + \dot W_{shaft}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{-20\times 10^3}{10^3} + \frac{2^2}{2} + 0\right)\dot m - \left(\frac{154\times 10^3}{10^3} + \frac{6^2}{2} + 10\times 1\right)\dot m = \dot W_{shaft}$$

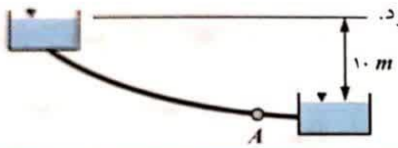
$$\dot m = Q\rho = 0.2\times 1000 = 200 \ kg/s$$

$$\Rightarrow \dot W_{shaft} = 40000\,W = 40\,kW$$

گزینه ۴

۸۰-۳

در شکل زیر $L = 1000\ m$ طول لوله، $D = 200\ mm$ قطر لوله، جریان آبی با دبی Q از بالا به پایین حرکت می‌نماید. درصورتی که پمپی در A قرار دهیم و با همان دبی آب را به سمت بالا پمپاژ کنیم، انرژی در واحد وزن که پمپ به آب می‌دهد (h_p) چقدر است؟ در این مسأله فقط افت تلفات انرژی ناشی از اصطکاک درنظر گرفته می‌شود.



۱) ۲۵ متر ۲) ۲۰ متر

۳) ۱۵ متر ۴) ۱۰ متر

پاسخ:

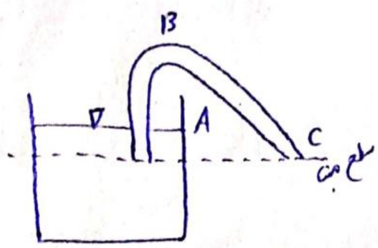
گزینه‌ی (۲). حجم کنترل ثابت شامل آب از سطح مخزن بالادست (A) تا مخزن پایین‌دست (B) است. جریان‌های ورودی و خروجی همان سطوح مخازن است. در حالت اول که آب از مخزن A به سمت مخزن B جریان دارد، رابطه‌ی هد انرژی [رابطه‌ی (۳-۳۲)] به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$\frac{p_A}{\gamma}+\frac{V_A^2}{2g}+Z_A=\frac{p_B}{\gamma}+\frac{V_B^2}{2g}+Z_B+h_L \quad ; \quad 0+0+(10\,m)=0+0+0+h_L \quad ; \quad h_L=10\,m$$

برای جریان برعکس که از پمپ استفاده می‌شود، تلفات هد انرژی برابر همان مقدار قبلی است و لذا می‌توان نوشت:

$$\frac{p_B}{\gamma}+\frac{V_B^2}{2g}+Z_B+h_p=\frac{p_A}{\gamma}+\frac{V_A^2}{2g}+Z_A+h_L \quad ; \quad 0+0+0+h_p=0+0+(10\,m)+(10\,m) \quad ; \quad h_p=20\ m$$

۸٤-۳



$$A, C = \frac{P_A}{\gamma}+\frac{V_A^2}{2g}+Z_A+h_{shaft}$$
$$=\frac{P_C}{\gamma}+\frac{V_C^2}{2g}+Z_C+h_L$$
$$\Rightarrow 0+0+h+0=0+\frac{V_C^2}{2g}+0+0 \qquad \mathrm{I}$$

$$B, C : \frac{P_B}{\gamma}+\frac{V_B^2}{2g}+Z_B+h_{shaft}=\frac{P_C}{\gamma}+\frac{V_C^2}{2g}+Z_C+h_L$$

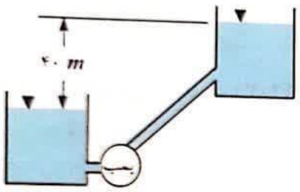
$$-6+0+(1+h)+0=0+0+0+0 \qquad \mathrm{II}$$

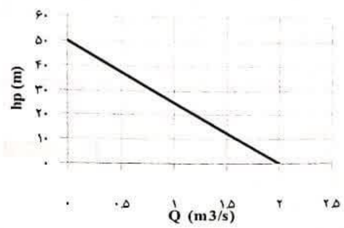
$$\mathrm{I} \Rightarrow V_C=\sqrt{2gh} \qquad \mathrm{II} \Rightarrow h=5\,m$$

$$\Rightarrow V_C=\sqrt{2\times10\times5}=10\ m/s \quad , \quad Q=AV_C=\pi\times\left(\frac{0.2}{2}\right)^2\times10=0.3142\ m^3/s=314.2\ L/s$$

گزینه ۳

۸۷-۳ آب توسط یک پمپ از مخزن به مخزنی دیگر پمپاژ می‌شود. مقدار افت هد انرژی در لوله توسط رابطه‌ی $20\bar{V}^2/2g$ بیان می‌شود که در آن $\bar{V}$ سرعت متوسط جریان در لوله است. رابطه‌ی بین دبی و هد پمپ در نمودار روبه‌رو نشان داده شده است. اگر قطر لوله ۱۵۰ mm باشد، دبی جریان چقدر است؟ از افت‌های موضعی صرف‌نظر شود.





پاسخ:

رابطه‌ی (۳-۳۲) برای حجم کنترل ثابت که شامل آب در لوله از مخزن تا مخزن است به‌صورت زیر به‌کار برده می‌شود:

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1+h_p=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+Z_2+h_L \quad ; \quad 0+0+Z_1+h_p=0+0+Z_2+h_L$$

$$h_p=z_2-z_1+h_L=40+h_L \qquad (۱)$$

از روی نمودار داده شده در صورت مسأله، رابطه‌ی دبی- هد پمپ به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$h_p=-25Q+50 \qquad (۲)$$

همچنین، رابطه‌ی تلفات هد انرژی به‌صورت زیر ساده می‌شود:

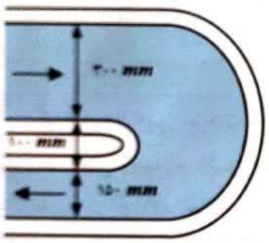
$$h_L=20\frac{\bar{V}^2}{2g}=20\frac{(Q/A)^2}{2g}=20\frac{\left[Q/\left(\pi D^2/4\right)\right]^2}{2g}=160\frac{Q^2}{g\pi^2D^4}=160\frac{Q^2}{\left(9.81\,m/s^2\right)\pi^2\left(0.15\,m\right)^4}=3264.27Q^2 \qquad (۳)$$

با ترکیب رابطه‌های (۱) الی (۳) خواهیم داشت:

$$-25Q+50=40+3264.27Q^2 \quad ; \quad Q^2+.0077Q-0.0031=0 \quad ; \quad \underline{\underline{Q=0.052 \quad m^3/s}}$$

$\boxed{۹۱-۳}$ گزینه ۱ ، زیرا در سهمی ضریب تصحیح انرژی جنبشی ۲ است و در حالت b و c نیز ضریب تصحیح انرژی جنبشی بزرگتر از ۱ است.

۹۷-۳ آب در یک خم عمودی 180° که دو طرف آن دو لوله به قطر mm ۳۰۰ و mm ۱۵۰ است با دبی m^3/s ۰/۲۵ در جریان است. فشار در مقطع ورودی kPa ۱۵۰ و حجم آب در این خم m^3 ۰/۱ است. اگر وزن مصالح خم N ۵۰۰ باشد، مقدار نیروی عکس‌العمل برای نگه‌داری خم چه‌مقدار است؟



پاسخ:

رابطه‌ی اندازه حرکت [رابطه‌ی (۳-۱۸)] برای حجم کنترل ثابت شامل آب در خم در راستای افقی به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$\sum_{CS}\rho Q V_x=\sum_{CV}F_x \quad ; \quad V_{1x}\rho\left(-V_1A_1\right)+\left(-V_{2x}\right)\rho\left(V_2A_2\right)=R_x+p_1A_1+p_2A_2$$

$$R_x=-p_1A_1-p_2A_2-\rho V_1^2A_1-\rho V_2^2A_2=-p_1A_1-p_2A_2-\rho Q\left(V_1+V_2\right) \qquad (1)$$

که در آن R_x نیروی عکس‌العمل، V سرعت یکنواخت مقطع، اندیس ۱ مربوط به مقطع ورودی خم و اندیس ۲ مربوط به مقطع خروجی خم است. مقادیر سرعت در مقاطع به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$V_1=\frac{Q}{A_1}=\frac{\left(0.25\,m^3\right)}{(\pi/4)(0.30\,m)^2}=\frac{\left(0.25\,m^3\right)}{\left(0.0707\,m^2\right)}=3.54\,m/s \quad ; \quad V_2=\frac{Q}{A_2}=\frac{\left(0.25\,m^3\right)}{(\pi/4)(0.15\,m)^2}=\frac{\left(0.25\,m^3\right)}{\left(0.0177\,m^2\right)}=14.15\,m/s$$

برای به‌دست آوردن مقدار فشار در مقطع (۲) از رابطه‌ی هد انرژی [رابطه‌ی (۳-۳۲)] با صرف‌نظر کردن از افت هد انرژی به‌صورت زیر استفاده می‌شود:

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_3^2}{2g}+Z_2$$

$$\frac{(150000\,Pa)}{\left(9810\,N/m^3\right)}+\frac{(3.54\,m/s)^2}{2\left(9.81\,m/s^2\right)}+(0.4\,m)=\frac{p_2}{\left(9810\,N/m^3\right)}+\frac{(14.15\,m/s)^2}{2\left(9.81\,m/s^2\right)}+(0.075\,m) \quad ; \quad p_2=59300\,Pa$$

با جایگزینی مقادیر سرعت و فشار در رابطه‌ی (۱) خواهیم داشت:

$$R_x=-(150000\,Pa)\left(0.0707\,m^2\right)-(59300\,Pa)\left(0.0177\,m^2\right)-\left(1000\,kg/m^3\right)\left(0.25\,m^3/s\right)(3.54+14.15)\,m/s$$

$$R_x=-(10605\,N)-(1049.6\,N)-(4422.5\,N) \quad ; \quad R_x=-16077\,N$$

نیروی عکس‌العمل در جهت عمودی و نیروی کل عکس‌العمل به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\sum_{cv}F_y=0 \quad ; \quad R_y-W_b-W_w=0 \quad ; \quad R_y-(500\,N)-\left(0.1\,m^3\right)\left(9810\,N/m^3\right)=0 \quad ; \quad R_y=1481\,N$$

$$R=\sqrt{R_x^2+R_y^2}=\sqrt{(16077\,N)^2+(1481\,N)^2} \quad ; \quad \underline{\underline{R=16145\quad N}}$$

۲-۵ با توجه به سرعت، جریان ناپایدار است.

$$u\,dy-v\,dx=0 \Rightarrow ۵\,dy-(۲-t)\,dx=0 \Rightarrow \int dy=\frac{1}{۵}\int(۲-t)\,dx \Rightarrow$$

$$y=\frac{۲-t}{۵}x \Rightarrow$$ گزینه ۴

۵-۷ رابطه‌ی خط جریان به‌صورت $y = Cx$ و اندازه‌ی بردار سرعت به‌صورت زیر داده شده است:

$$|V| = \frac{K}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

که در آن K ضریب ثابت است. مؤلفه‌های سرعت در جهت x و y را به‌دست آورید.

پاسخ:

شیب خط جریان در صفحه‌ی x-y با شیب بردار سرعت یکی است. لذا، رابطه‌ی خط جریان [رابطه‌ی (۵-۱)] به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{v}{u} = C = \frac{y}{x} \quad ; \quad u = v\frac{x}{y} \qquad (۱)$$

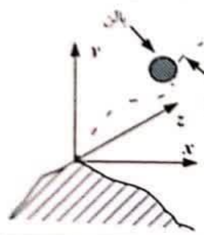
با استفاده از تعریف اندازه‌ی بردار سرعت، رابطه‌ی داده شده در صورت مسأله به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$|V| = \sqrt{u^2 + v^2} = u\sqrt{1 + \left(\frac{v}{u}\right)^2} = u\sqrt{1 + \left(\frac{y}{x}\right)^2} \quad ; \quad \frac{K}{\sqrt{x^2 + y^2}} = u\sqrt{1 + \left(\frac{y}{x}\right)^2} \quad ; \quad \underline{\underline{u = \frac{Kx}{x^2 + y^2}}} \qquad (۲)$$

با جایگزینی مقدار u از رابطه‌ی (۱) در رابطه‌ی (۲) خواهیم داشت:

$$v\frac{x}{y} = \frac{Kx}{x^2 + y^2} \quad ; \quad \underline{\underline{v = \frac{Ky}{x^2 + y^2}}}$$

۵-۱۱ در زمان $t = ۰$ از مبدأ مختصات با سرعت عمودی $۸\ m/s$ رها شده است. مؤلفه‌های سرعت باد نیز به‌صورت زیر در ارتفاع‌های متفاوت داده شده است:



$$\vec{V} = 3\hat{i} + 2\hat{j} \qquad 0 \le z \le 2000 \ m$$
$$\vec{V} = 5\hat{i} \qquad 2000 < z \le 10000 \ m$$
$$\vec{V} = -5\hat{i} + 10\hat{j} \qquad 10000 < z \ m$$

تصویر مسیر حرکت بالن را در صفحه‌ی مختصات x-y برای زمان ۲۵> t >۰ رسم کنید.

پاسخ:

مؤلفه‌های سرعت در در ارتفاع‌های متفاوت به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$u = 3\ m/s \quad ; \quad v = 2\ m/s \quad ; \quad w = 8\ m/s \qquad 0 \le z \le 2000\ m$$
$$u = 5\ m/s \quad ; \quad v = 0\ m/s \quad ; \quad w = 8\ m/s \qquad 2000 < z \le 10000\ m$$
$$u = -5\ m/s \quad ; \quad v = 10\ m/s \quad ; \quad w = 8\ m/s \qquad 10000 < z\ m$$

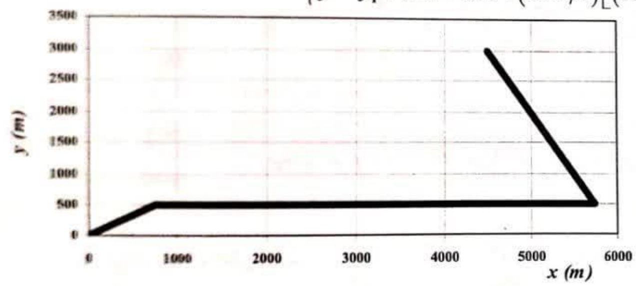
چون مؤلفه‌ی سرعت عمودی w مقداری ثابت است، برای هر فاصله‌ی ارتفاعی می‌توان مقدار زمان را به‌دست آورد. برای فاصله‌ی اول ارتفاعی، ۲۰۰۰ ≥ z ≥ ۰، مقادیر زمان و مؤلفه‌های مسیر حرکت بالن در صفحه‌ی x-y به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$t = \frac{z}{w} = \frac{(2000\,m)}{(8\,m/s)} = 250\,s = 4.17\,min \quad ; \quad \begin{cases} x = ut = (3\,m/s)(250\,s) = 750\ m \\ y = vt = (2\,m/s)(250\,s) = 500\ m \end{cases}$$

مؤلفه‌های مسیر حرکت بالن در صفحه‌ی x-y در فواصل ارتفاعی m ۲۰۰۰> z ≥ ۱۰۰۰۰ و m ۱۰۰۰۰> z به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$t = \frac{z}{w} = \frac{(10000\,m)}{(8\,m/s)} = 1250\,s = 20.8\,min \quad ; \quad \begin{cases} x = x_0 + u\Delta t = (750\,m) + (5\,m/s)\big[(1250\,m) - (250\,m)\big] = 5750\ m \\ y = y_0 + v\Delta t = (500\,m) + 0\big[(1250\,m) - (250\,m)\big] = 500\ m \end{cases}$$

$$t = 25\ min = 1500\,s \quad ; \quad \begin{cases} x = x_1 + u\Delta t = (5750\,m) - (5\,m/s)\big[(1500\,m) - (1250\,m)\big] = 4500\ m \\ y = y_1 + v\Delta t = 500 + (10\,m/s)\big[(1500\,m) - (1250\,m)\big] = 3000\ m \end{cases}$$



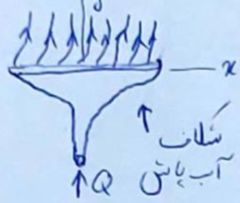
تصویر مسیر حرکت بالن در صفحه‌ی x-y در شکل روبه‌رو نشان داده شده است.

۵-۱۸: جریان آب که از شکاف یک آب پاش خارج می‌شود، حرکت نوسانی دارد و بردار سرعت آن به صورت زیر داده شده است. $V = u_0 \sin\left[\omega\left(t - \frac{y}{V_0}\right)\right]\hat{i} + V_0\hat{j}$ که در آن u_0، V_0 و ω مقادیری ثابت هستند

الف) رابطه‌ی خطوط جریان را که از مرکز مختصات عبور می‌کند، در زمان های $t=0$ و $t=\frac{\pi}{2\omega}$ به دست آورده و رسم کنید.

ب) رابطه‌ی خطوط مسیر را که از مرکز مختصات عبور می‌کند، در زمان‌های $t=0$ و $t=\frac{\pi}{2\omega}$ به دست آورده و رسم کنید

ج) شکل تقریبی خط تمایل را که از مرکز مختصات عبور می‌کند را رسم کنید

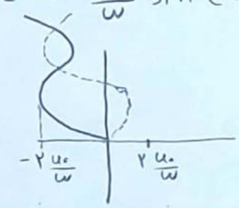


$$\frac{dy}{dx} = \frac{V}{u} = \frac{V}{u_0 \sin\left(\omega\left(t - \frac{y}{V_0}\right)\right)}$$

$$\Rightarrow V_0 \int \sin\left[\omega\left(t - \frac{y}{V_0}\right)\right] dy = V_0 \int dx$$

$$\Rightarrow u_0 \frac{V_0}{\omega} \cos\left[\omega\left(t - \frac{y}{V_0}\right)\right] dy = V_0 x + C$$

$$x=0,\ y=0 \quad \begin{cases} t=0 \rightarrow C = \frac{u_0 V_0}{\omega} \\ t = \frac{\pi}{2\omega} \rightarrow C = 0 \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} x = \frac{V_0}{\omega}\left[\cos\left(\frac{\omega y}{V_0}\right) - 1\right] \\ x = \frac{u_0}{\omega}\sin\left(\frac{\omega y}{V_0}\right) \end{cases}$$

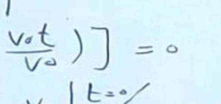


$$V = \frac{dy}{dt} = V_0 \Rightarrow y = V_0 t + C_1$$

$$\xrightarrow{t=0,\ y=0} C_1 = 0 \longrightarrow y = V_0 t$$

$$u = \frac{dx}{dt} = u \sin\left[\omega\left(t - \frac{y}{V_0}\right)\right] = u_0 \sin\left[\omega\left(t - \frac{V_0 t}{V_0}\right)\right] = 0$$

$$t = \frac{\pi}{2\omega} \Rightarrow \begin{cases} x = u_0\left(t - \frac{\pi}{2\omega}\right) \\ y = V_0\left(t - \frac{\pi}{2\omega}\right) \end{cases}$$

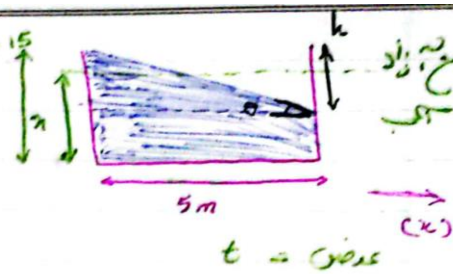


برای پیدا کردن خط تمایل ابتدا در زمان های مختلف خط مسیر را رسم می‌کنیم. خط تمایل نقاط انتهای خط مسیر هستند.

5 - 36

اطلاعاتی که در سوال گفته شده است این که آب تبخیر نشود

$\forall_1 = \forall_2$ $\qquad$ $a =$



$\forall_1 = \forall_2$

$$\Rightarrow \underset{(m)}{5} \times \underset{(m)}{x} \times \underset{(m)}{t} = (x+0.15)_{(m)} \times 5_{(m)} \times t_{(m)} - \left[\frac{h_{(m)} \times 5_{(m)}}{2}\right] \times t$$

$$5x - 5x = 2.5 - 2.5h$$

$$\Rightarrow h = 1m$$

&

$$\tan\theta = \frac{h\,(m)}{5\,(m)} = \frac{a_x}{g + a_z} \overset{a_z = 0}{\Rightarrow} \frac{1\,(m)}{5\,(m)} = \frac{a_x}{10\,(m/s^2)}$$

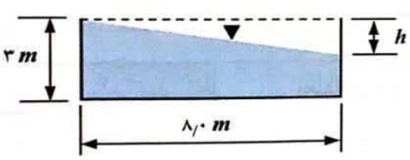
$$a_x = \frac{10}{5}\ m/s^2 \Rightarrow \boxed{a_x = 2\,m/s^2}$$

۵-۴۰

یک مخزن روباز به شکل مکعب مستطیل به طول ۸ متر، به عرض ۲ متر و به ارتفاع ۳ متر به روی یک سطح افقی قرار گرفته و پر از آب می‌باشد. درصورتی‌که این مخزن تحت تأثیر شتاب ثابت افقی $a_x = 1/5\ m/s^2$ در جهت طولی قرار گیرد، چند متر مکعب از آب مخزن به بیرون تخلیه می‌شود ($g = 10\ m/s^2$)؟

۱) ۲۵/۲ $\qquad$ ۲) ۱۹/۲ $\qquad$ ۳) ۱۸/۱ $\qquad$ ۴) ۹/۶

پاسخ:



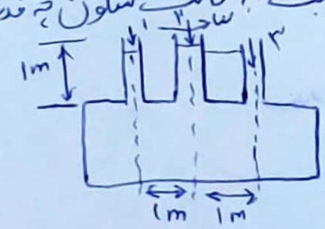
گزینه‌ی (۴). شیب سطح آب از رابطه‌ی (۵-۱۰) به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$tg\theta = \frac{dz}{dy} = -\frac{a_y}{g} = -\frac{(1.5\,m/s^2)}{(10\,m/s^2)} = -0.15$$

با این شیب، مقدار پایین‌آمدن سطح آب در سطح جلویی ظرف و از آنجا حجم تخلیه به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$h = 0.15(8m) = 1.2\,m \quad ; \quad \forall = \forall_i - \forall_f = [(8m)(3m)(2m)] - \frac{\{[(3m)-(1.2m)]+(3m)\}}{2}(8m)(2m) = \underline{\underline{9.6\ \ m^3}}$$

۵-۴۶: یک مخزن بصورت افقی قرار دارد و حاوی سیال است سه لوله‌ی قائم ۱، ۲ و ۳ به ترتیب با شعاع های a، 2a و a مطابق شکل به آن متصل شده است و تا ارتفاع یک متر از سیال پر شده اند مجموعه با سرعت زاویه ای $\omega = 1\frac{rad}{s}$ حول محور مرکزی لوله‌ی ۲ در حال چرخش است اگر از اثرات کشش سطحی صرف نظر شود، سطح سیال در لوله‌ی ۲ نسبت به حالت سکون چه قدر پایین می آید؟ (a کوچک است).



شکل تقارن دارد بنابراین از اصل تساوی حجم استفاده می کنیم

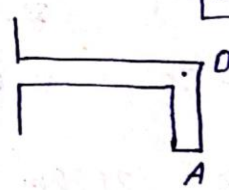
$$r_2 = 2r_1 = 2r_3 \qquad A_2 = 4A_1 = 4A_3$$

$$\left.\begin{array}{l} A_2 x = 2A_1(y) \\ 4A_1 x = 2A_1(y) \end{array}\right\} \rightarrow y = 2x \rightarrow H = \frac{r^2\omega^2}{2g} \rightarrow 2x = \frac{1\times 1}{2g} \rightarrow$$

$$x = \frac{1}{4g}$$

گزینه ۳

۵-۵۰



$$p = \frac{\rho\omega^2 r^2}{2} - \gamma z + C$$

$$0 = \frac{1\times\omega^2\times 0.5^2}{2} - \gamma_w(0) + C \Rightarrow C = -0.125\,\omega^2$$

$$\Rightarrow p = \frac{\rho\omega^2}{2}(1^2 - 0.25) - \gamma_w(0.5) = \frac{3}{8}\rho\omega^2 + 0.5\gamma_w$$

$$= \left(\frac{3}{8g}\omega^2 + 0.5\right)\gamma_w$$

گزینه ۳