

به نام خدا

مکانیک سیالات ۲

عنوان: دینامیک ذره ای از سیال

مدرس: مجتبی برزویی

دینامیک ذره ای از سیال

❖ مقدمه

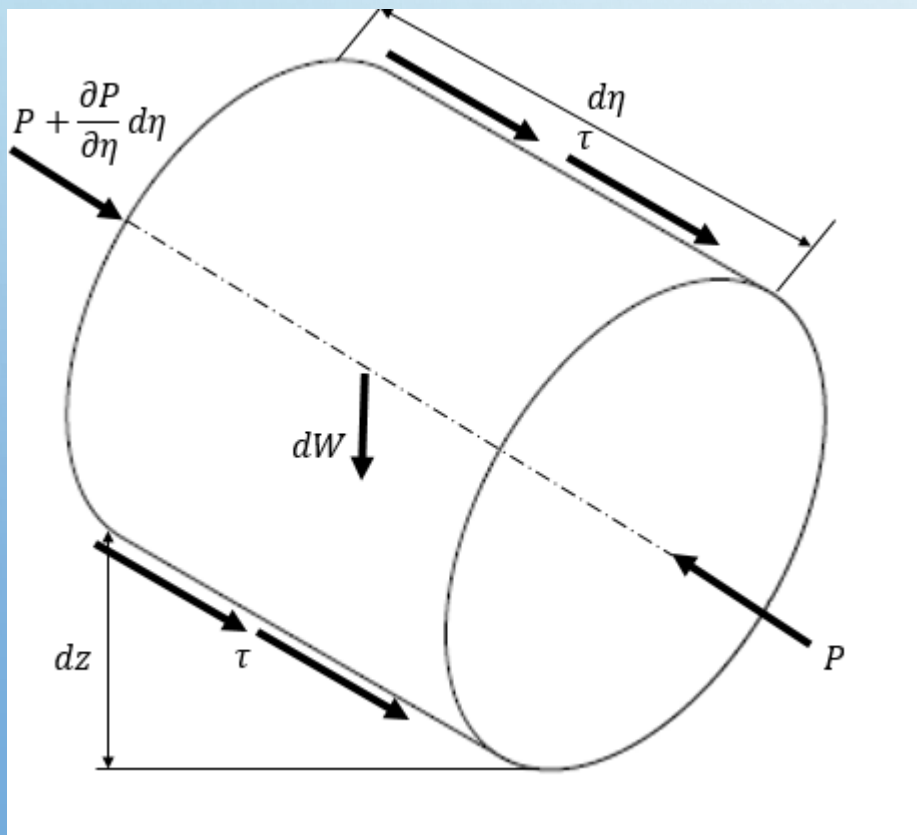
✓ در این فصل با معادله اولر و برنولی آشنا خواهیم شد. این دو معادله در دیدگاه لاگرانژی و برای ذره ای از سیال نوشته می شوند. هر دو معادله بر این فرض اساسی استوار هستند که ذره سیال در حین حرکت با تنش برشی مواجه نمی شود. بنابراین این دو معادله تنها برای جریانات غیرلزج کاربرد دارند. البته معادله اولر در شرایط خاصی از جریانات لزج نیز کاربرد دارد که در ادامه بدان خواهیم پرداخت.

دینامیک ذره ای از سیال

❖ معادله اولر

✓ رابطه زیر، معادله اولر را در راستای دلخواه η نشان می دهد:

$$\frac{\partial P}{\partial \eta} + \gamma \frac{\partial z}{\partial \eta} = -\rho a_\eta$$



$$P dA - \left(P + \frac{\partial P}{\partial \eta} d\eta \right) dA - \rho g \cdot dA \cdot d\eta \cdot \cos\theta - \tau(2\pi r) d\eta = (\rho dA \cdot d\eta) \cdot a_\eta$$

$$-\frac{\partial P}{\partial \eta} d\eta - \rho g dz - \frac{2\tau}{r} d\eta = \rho a_\eta d\eta \Rightarrow -\frac{\partial P}{\partial \eta} - \gamma \frac{\partial z}{\partial \eta} - \frac{2\tau}{r} d\eta = \rho a_\eta$$

$$\Rightarrow \frac{\partial P}{\partial \eta} + \gamma \frac{\partial z}{\partial \eta} = -\rho a_\eta$$

دینامیک ذره ای از سیال

❖ مثال ۱

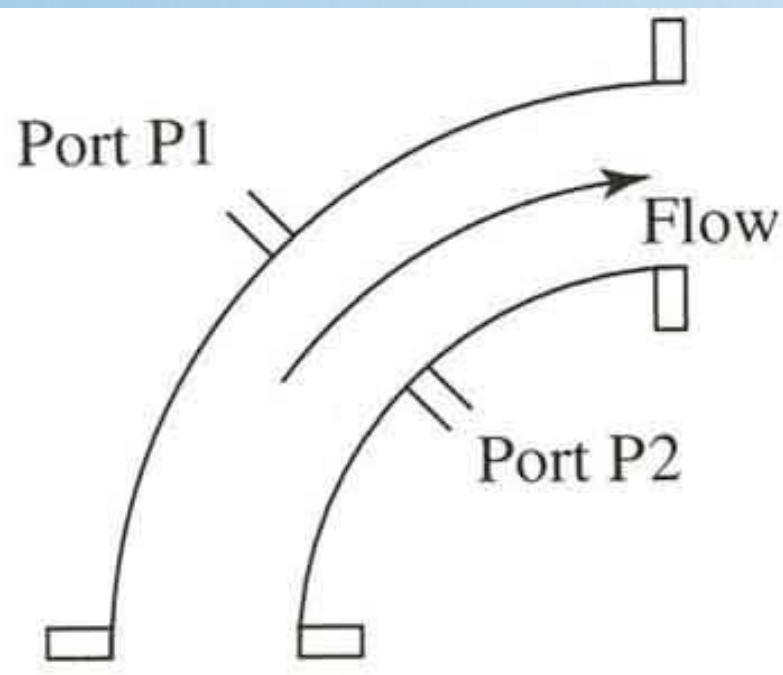
✓ سیال ایده آلی در یک زانویی مطابق شکل در جریان است. احتمال وقوع کاویتاسیون در خم داخلی زانویی بیشتر است یا خم

خارجی؟

یادآوری: شتاب جانب به مرکز

$$a_r = -\frac{V^2}{r}$$

$$\frac{\partial P}{\partial \eta} + \gamma \frac{\partial z}{\partial \eta} = -\rho a_\eta \rightarrow \frac{\partial P}{\partial r} = \rho \frac{V^2}{r} > 0 \Rightarrow P_{in} < P_{out}$$



کاویتاسیون: فرآیندی است که طی آن در نواحی کم فشار جریان، حباب بخار شکل گیرد.

دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه

✓ از جمله کاربردهای معادله اولر، بدست آوردن زاویه سطح آزاد و توزیع فشار در حرکت صلب گونه سیال داخل ظرف است. سیال موردنظر میتواند از نوع لزج نیز باشد. حرکت صلب گونه بر دو نوع می باشد:

- حرکت صلب گونه خطی

- حرکت صلب گونه چرخشی

دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه خطی

✓ حرکت صلب گونه خطی بدین صورت است که ظرف حاوی سیال بصورت خطی در راستای دلخواه η و با شتاب معلوم a_η به حرکت درآید. در این حالت، سطح آزاد سیال از حالت افقی درآمده و با افق، زاویه ای برابر با θ می سازد. جریان در بازه زمانی خاصی که سطح آزاد در حال جابجاشدن است با تنش برشی در دیواره های جانبی ظرف همراه است؛ اما پس از اینکه سطح آزاد وضعیت نهایی خود را پیدا کند، از آن لحظه به بعد تنش برشی برابر با صفر می شود. در واقع در چنین شرایطی تمام ذرات سیال با سرعت یکسان حرکت می کنند بطوری که گرادیان سرعت برابر با صفر می شود. این بدان معناست که در این مسئله خاص با وجود لزج بودن سیال، مجاز به استفاده از معادله اولر هستیم.

دینامیک ذره ای از سیال

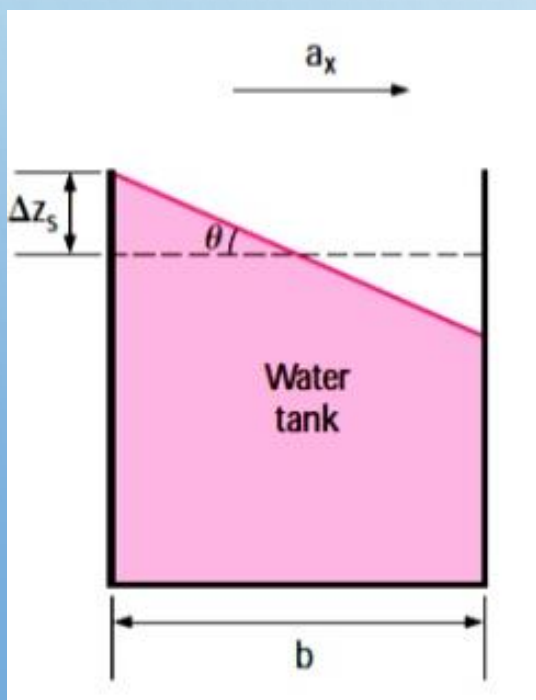
❖ حرکت صلب گونه خطی

✓ نکته: ظرفی حاوی آب با شتاب ثابت a_x در راستای افق شروع به حرکت می کند. در حالت تعادل، زاویه ای که سطح آزاد با

افق می سازد از رابطه زیر بدست می آید:

$$\tan \theta = \frac{a_x}{a_z + g}$$

$$\frac{\partial P}{\partial \eta} + \gamma \frac{\partial z}{\partial \eta} = -\rho a_\eta \rightarrow g(-\sin \theta) = -a_x \cos \theta \Rightarrow \tan \theta = \frac{a_x}{g}$$



دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه خطی

✓ نکته ۱: اگر مولفه افقی شتاب ظرف (a_x) بسمت راست باشد، سطح آزاد بصورت ساعتگرد می چرخد و برعکس (در حالت ساعتگرد، $\theta > 0$ است).

✓ نکته ۲: اگر مولفه عمودی شتاب (a_z) بسمت بالا باشد، علامت شتاب + و اگر جهت شتاب بسمت پائین باشد، علامت a_z منفی خواهد بود.

✓ نکته ۳: تا وقتی که در اثر حرکت، سیال از ظرف بیرون نریزد و یا کف ظرف خشک نشود، سطح آزاد از وسط می چرخد.

دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه خطی

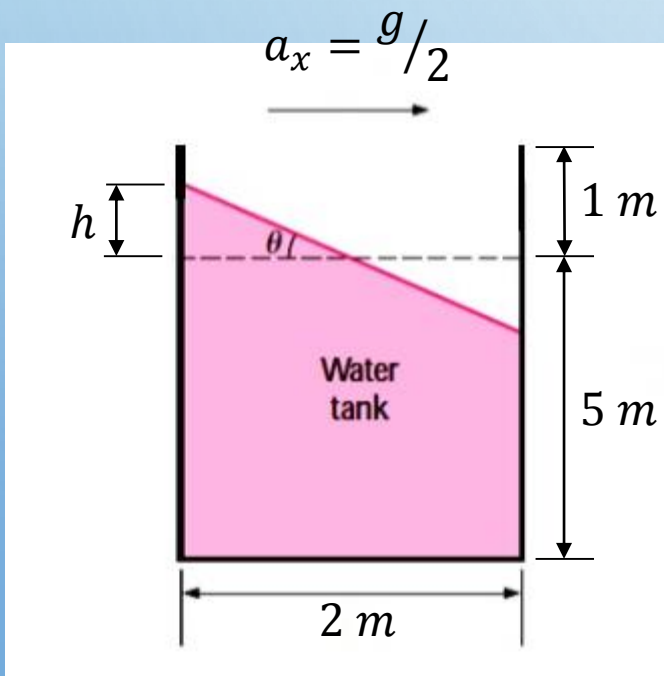
✓ مثال ۲: در ظرف مقابل، آیا آب از ظرف خارج می شود؟

– در ابتدا فرض می کنیم که آب از ظرف خارج نمی شود؛ بنابراین سطح آزاد از وسط می چرخد.

$$\tan \theta = \frac{a_x}{a_z + g} = \frac{g/2}{0 + g} = 1/2$$

$$\tan \theta = \frac{h}{1} = h$$

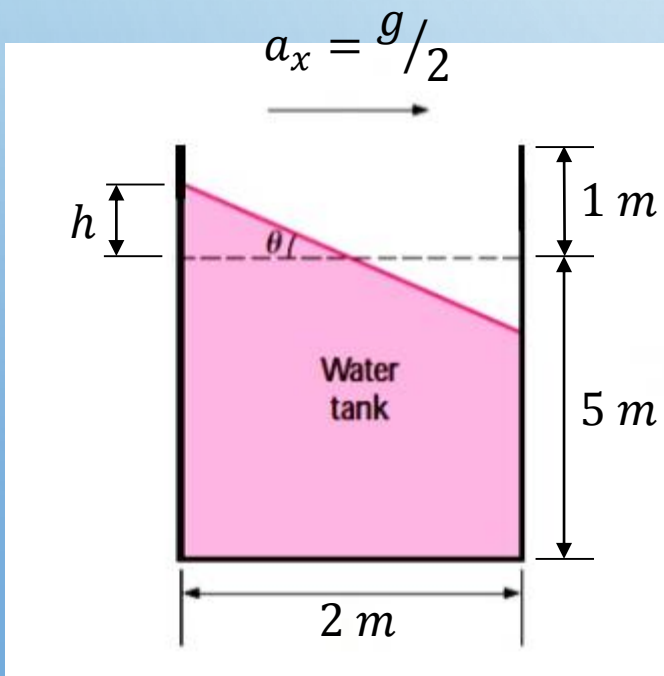
$$h = 1/2 < 1 \text{ m}$$



دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه خطی

✓ مثال ۳: در مثال قبل، شتاب ظرف چقدر باید باشد تا آب در آستانه خروج از ظرف باشد؟



$$h = 1 \rightarrow \tan \theta = 1$$

$$\tan \theta = \frac{a_x}{a_z + g} \Rightarrow a_x = g$$

دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه خطی

✓ مثال ۴: اگر در سوال قبل $a_x = 2g$ باشد، چند مترمکعب آب از ظرف خارج می شود؟

الف) صفر ب) ۲ ج) ۴ د) ۶

نکته: چون در گزینه ها صفر وجود دارد، بنابراین ابتدا فرض می کنیم که آب از ظرف خارج نشده و سطح آزاد از وسط می چرخد.

$$\tan \theta = \frac{a_x}{a_z + g} = \frac{2g}{0 + g} = 2 \quad \left. \vphantom{\tan \theta} \right\} h = 2 > 1 \text{ m}$$

$$\tan \theta = \frac{h}{1} = h$$

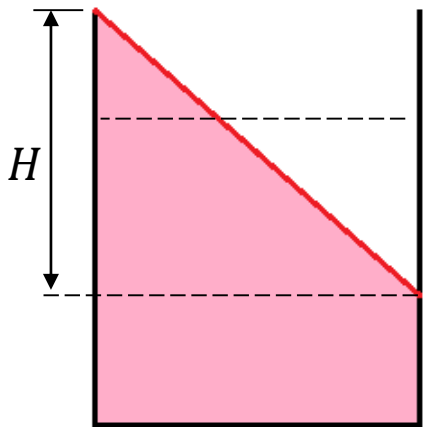
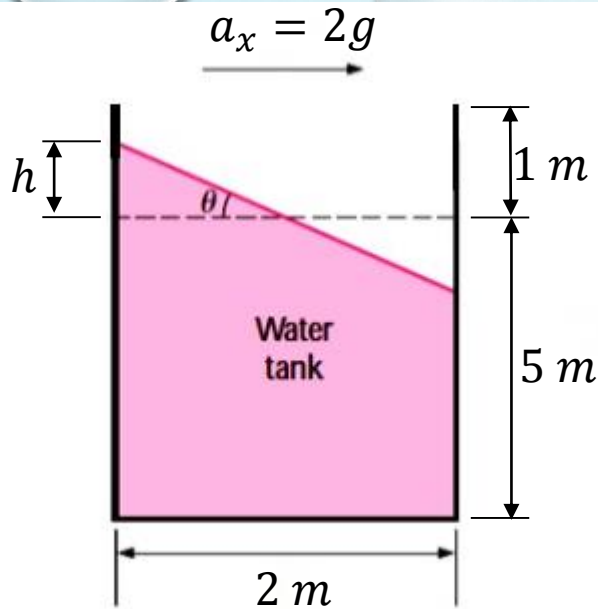
$$\tan \theta = 2 \quad \left. \vphantom{\tan \theta} \right\} H = 4$$

$$\tan \theta = \frac{H}{2}$$

$$V_1 = 2 * 5 * 1 = 10 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \left(\frac{4 * 2}{2} * 1 \right) + (2 * 2 * 1) = 8 \text{ m}^3$$

$$V_d = V_1 - V_2 = 10 - 8 = 2 \text{ m}^3$$



دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه خطی

✓ مثال ۵: در شکل زیر چند درصد از مساحت کف ظرف خشک می شود؟

الف) ۳۰ ب) ۴۰ ج) ۴ د) صفر

نکته: چون در گزینه ها صفر وجود دارد، بنابراین ابتدا فرض می کنیم که آب از ظرف خارج نشده و سطح آزاد از وسط می چرخد.

$$\left. \begin{aligned} \tan \theta &= \frac{a_x}{a_z + g} = \frac{2g}{0 + g} = 2 \\ \tan \theta &= \frac{h}{1} = h \end{aligned} \right\} h = 2 > 1 \text{ m}$$

$$\left. \begin{aligned} \tan \theta &= 2 \\ \tan \theta &= \frac{H}{x} \end{aligned} \right\} H = 2x$$

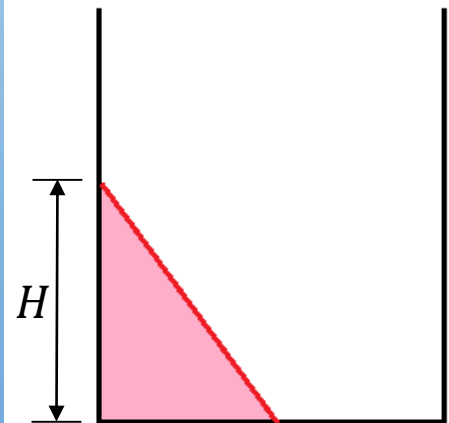
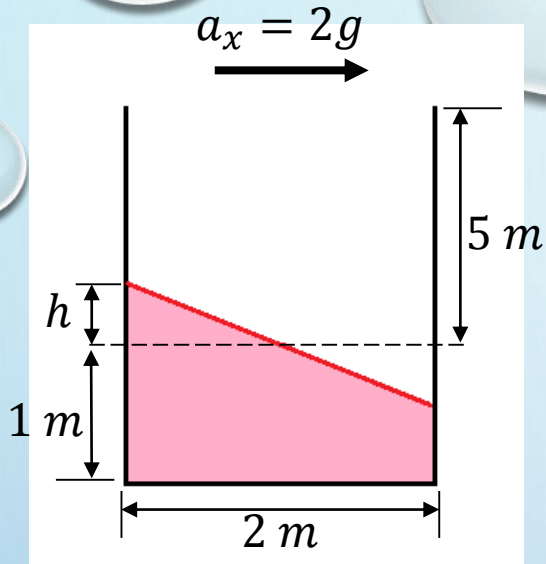
$$V_1 = 1 * 2 * 1 = 2 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \left(\frac{H \cdot x}{2} * 1 \right) = \frac{H \cdot x}{2} \xrightarrow{V_1 = V_2} H \cdot x = 4$$

$$(2x)(x) = 4 \Rightarrow x = 1.4 \rightarrow H = 2.8$$

$$\text{dry area: } 2 - x = 0.6$$

$$\text{drought percentage: } \frac{0.6 * 1}{2 * 1} = 0.3 \rightarrow \boxed{30\%}$$



دینامیک ذره ای از سیال

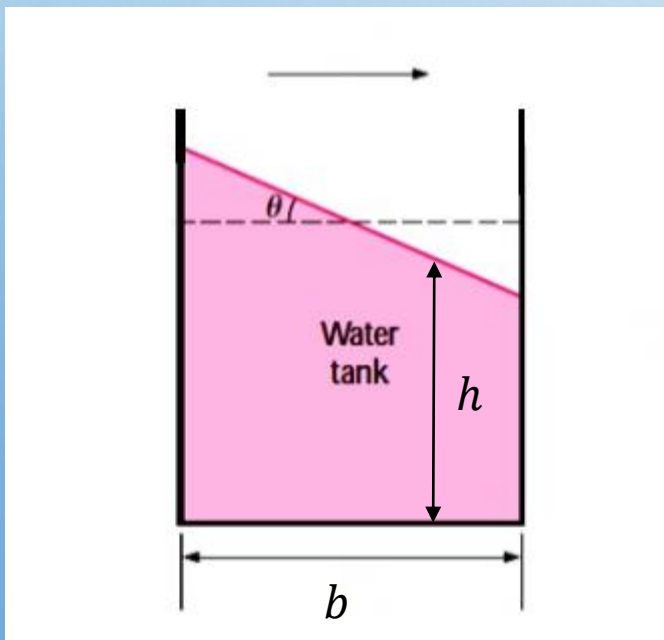
❖ توزیع فشار در حرکت صلب گونه مستقیم الخط

✓ یادآوری: در فصل استاتیک سیالات که ظرف ساکن بود، داشتیم:

$$P = \rho gh + C$$

✓ در این فصل که ظرف محتوی سیال دارای شتاب است داریم:

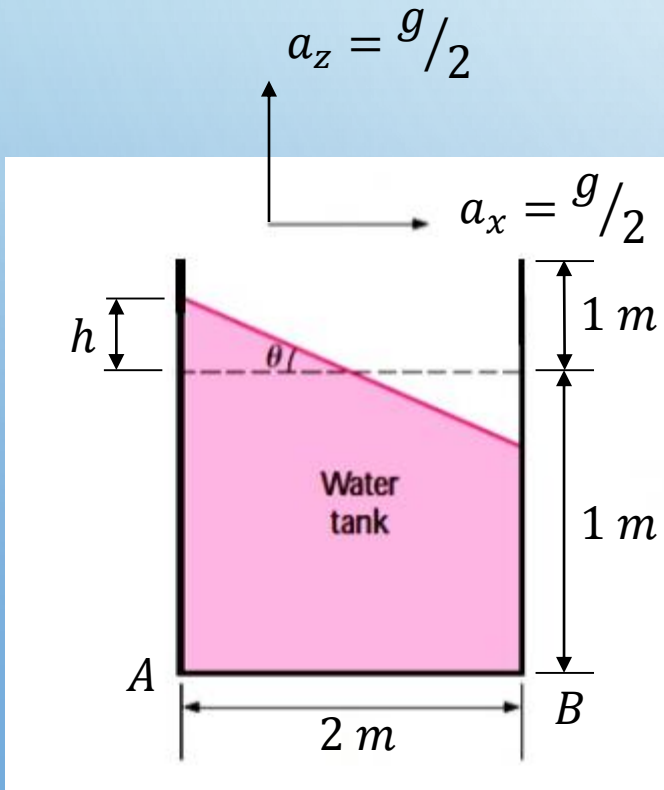
$$P = \rho(a_z + g)h + C$$



دینامیک ذره ای از سیال

❖ توزیع فشار در حرکت صلب گونه مستقیم الخط

✓ مثال ۶: کمترین و بیشترین فشار وارد بر کف ظرف شکل زیر را بدست آورید.



$$\left. \begin{aligned} \tan \theta &= \frac{a_x}{a_z + g} = \frac{g/2}{g/2 + g} = \frac{1}{3} \\ \tan \theta &= \frac{h}{1} = h \end{aligned} \right\} h = \frac{1}{3} m < 1 m$$

$$P = \rho(a_z + g)h + C \rightarrow P = \frac{3}{2}\gamma h$$

$$P_{max} = P_A = \frac{3}{2}\gamma \times \left(1 + \frac{1}{3}\right) = 2\gamma$$

$$P_{min} = P_B = \frac{3}{2}\gamma \times \left(1 - \frac{1}{3}\right) = \gamma$$

دینامیک ذره ای از سیال

❖ محاسبه نیروی وارد بر سطوح و دریچه ها در حرکت صلب گونه خطی

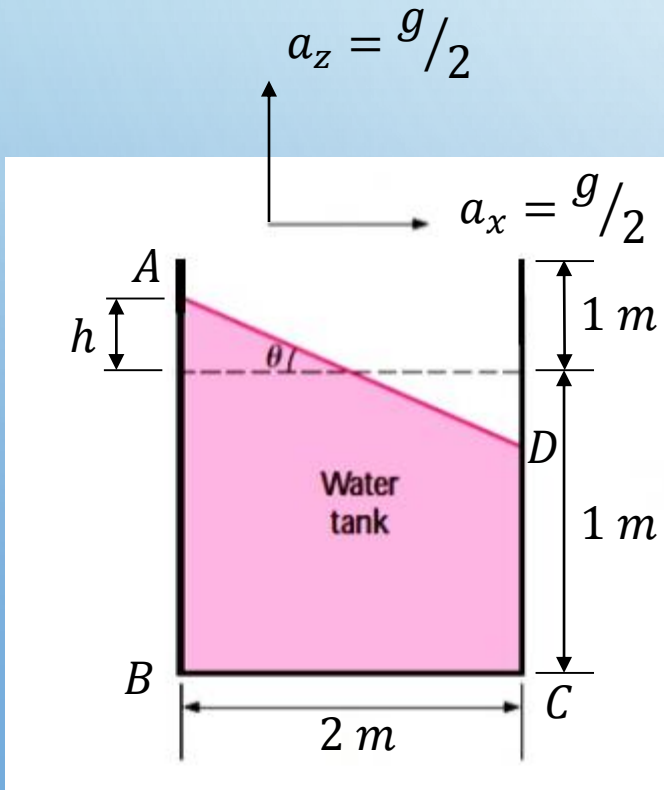
✓ برای این منظور می توان از روش فرمولی ($F = P_c A$) و یا روش منشور فشار (مراجعه شود به مکانیک سیالات ۱) استفاده کرد.

برای محاسبه P_c (فشار در مرکز سطح) باید از فرمول توزیع فشار در این فصل یعنی $P = \rho(a_z + g)h + C$ استفاده کرد.

دینامیک ذره ای از سیال

❖ محاسبه نیروی وارد بر سطوح و دریچه ها در حرکت صلب گونه خطی

✓ مثال ۷: نیروی وارد بر وجوه مختلف ظرف شکل زیر را محاسبه کنید.



$$\left. \begin{aligned} \tan \theta &= \frac{a_x}{a_z + g} = \frac{g/2}{g/2 + g} = \frac{1}{3} \\ \tan \theta &= \frac{h}{1} = h \end{aligned} \right\} h = \frac{1}{3} m < 1 m$$

$$P = \rho(a_z + g)h + C \rightarrow P = \frac{3}{2}\gamma h$$

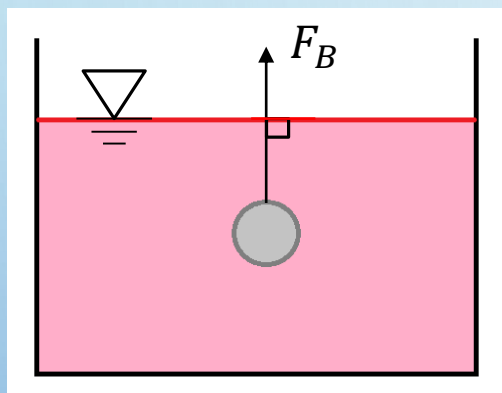
$$F_{AB} = P_c \times A_{AB} = \left(\frac{3}{2}\gamma \times \frac{2}{3}\right) \left(\frac{4}{3} \times 1\right) = \frac{4}{3}\gamma$$

$$F_{BC} = P_c \times A_{BC} = \left(\frac{3}{2}\gamma \times 1\right) (2 \times 1) = 3\gamma$$

$$F_{CD} = P_c \times A_{CD} = \left(\frac{3}{2}\gamma \times \frac{1}{3}\right) \left(\frac{2}{3} \times 1\right) = \frac{1}{3}\gamma$$

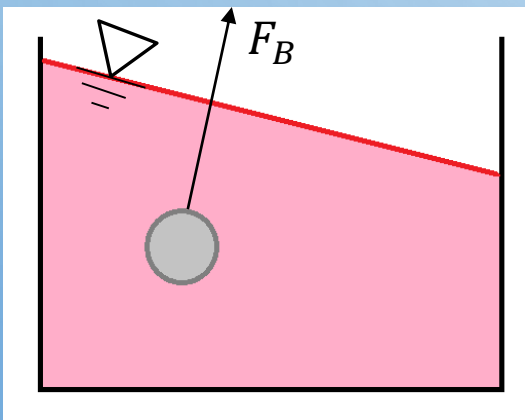
دینامیک ذره ای از سیال

❖ محاسبه نیروی شناوری در حرکت صلب گونه خطی



$$F_B = \gamma \nabla$$

✓ چنانچه ظرف، ساکن باشد:



$$F_B = \rho \sqrt{a_x^2 + (a_z + g)^2} \nabla$$

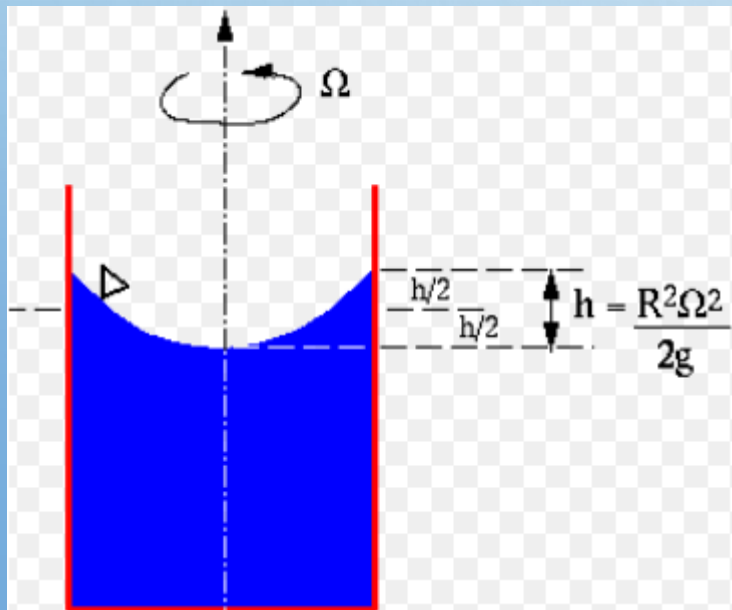
✓ چنانچه ظرف با شتاب a_x و a_z در حال حرکت باشد:

دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه چرخشی

✓ استوانه نشان داده شده در شکل محتوی آب می باشد. اگر استوانه را حول محور خود با سرعت زاویه ای ثابت Ω دوران دهیم ملاحظه می شود که دو سر سطح آزاد به بالا حرکت کرده و مرکز سطح آزاد به پایین حرکت می کند تا درنهایت به یک وضعیت تعادلی برسد. اثبات می شود که در وضعیت تعادلی، شکل سطح آزاد بصورت سهمی گون می باشد.

$$h = \frac{R^2 \Omega^2}{2(a_z + g)} \xrightarrow{a_z=0} h = \frac{R^2 \Omega^2}{2g}$$



✓ نکته: تا وقتی که دو سر سطح آزاد روی بدنه ظرف قرار دارد (آب تخلیه نشده) و مرکز سطح آزاد به کف ظرف نرسیده (کف ظرف خشک نشده) مقدار بالارفتن دو سر سطح آزاد با مقدار پایین رفتن مرکز سطح آزاد برابر است.

$$\frac{h}{2} = h_1 = h_2 \quad \& \quad h_1 = h_2$$

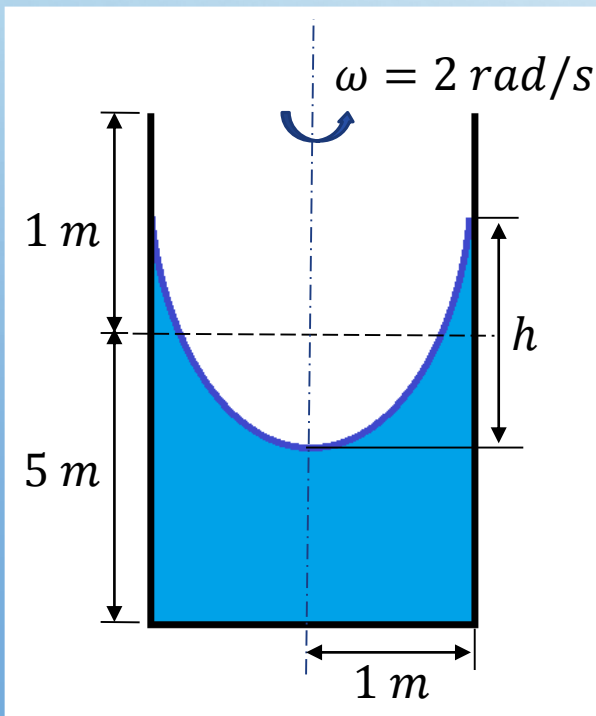
دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه چرخشی

✓ مثال ۸: آیا آب از ظرف خارج می شود؟

$$h = \frac{R^2 \omega^2}{2(a_z + g)} \xrightarrow{a_z=0} h = \frac{R^2 \omega^2}{2g} = \frac{1 \times 4}{20} \rightarrow h = 0.2 \text{ m}$$

$$\frac{h}{2} = 0.1 \text{ m} < 1 \text{ m}$$



نکته:

آب از ظرف خارج نمی شود $\Rightarrow$ فضای خالی روی سطح آزاد $h/2 < 1 \text{ m}$
آب در آستانه خروج از ظرف $\Rightarrow$ فضای خالی روی سطح آزاد $h/2 = 1 \text{ m}$
آب از ظرف خارج می شود $\Rightarrow$ فضای خالی روی سطح آزاد $h/2 > 1 \text{ m}$

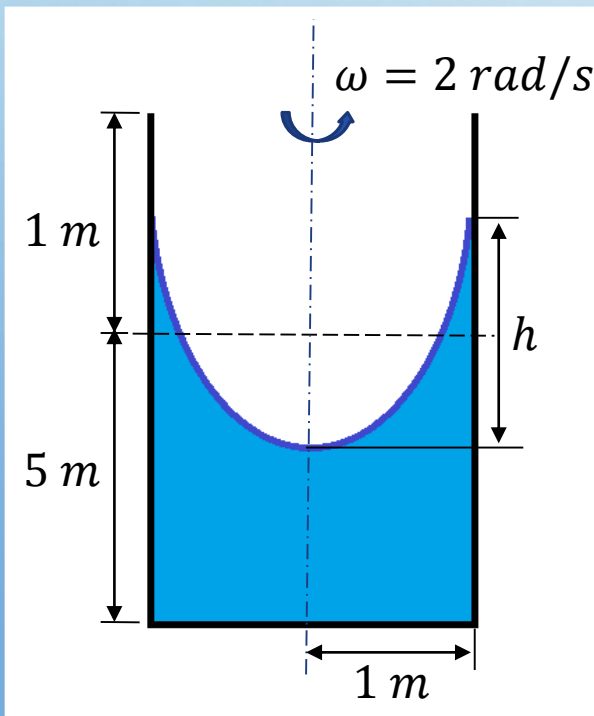
دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه چرخشی

✓ مثال ۹: در مثال قبل، ω چند rad/s باشد تا آب در آستانه خروج از ظرف باشد؟

یادآوری:

$$1 \text{ rpm} = \frac{2\pi}{60} \text{ rad/s}$$



$$\frac{h}{2} = 1 \text{ m} \rightarrow h = 2 \text{ m}$$

$$h = \frac{R^2 \omega^2}{2g} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2gh}{R^2}} = \sqrt{\frac{2 * 10 * 2}{1^2}} = \sqrt{40} \text{ rad/s}$$

دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه چرخشی

✓ مثال ۱۰: اگر ظرف شکل زیر با $\omega = \sqrt{60}$ رادیان بر ثانیه دوران کند، چند متر مکعب آب از

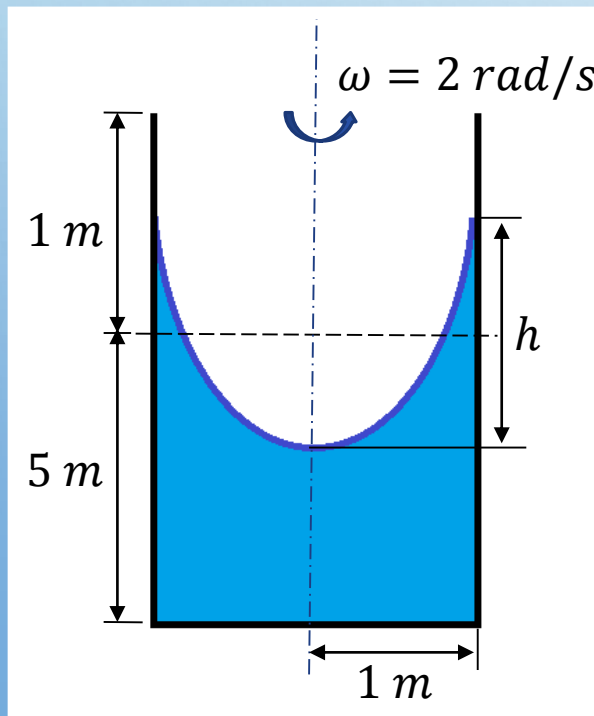
ظرف تخلیه می شود؟

$$h = \frac{R^2 \omega^2}{2g} \rightarrow \frac{1^2 * (\sqrt{60})^2}{2 * 10} \rightarrow h = 3 \text{ m} \quad \& \quad \frac{h}{2} = \frac{3}{2} \text{ m} > 1 \text{ m}$$

$$\frac{h}{2} = 1.5 \rightarrow h = 3$$

حجم فضای خالی ظرف در حالت اولیه - حجم فضای خالی داخل ظرف در حالت نهایی = حجم تخلیه شده

$$\nabla_{dis.} = \frac{1}{2} \pi * 1^2 * 3 - \pi * 1^2 * 1 = \frac{\pi}{2} \text{ m}^3$$



یادآوری: حجم سهمی گون نصف
حجم استوانه است:
 $\nabla_{\text{paraboloid}} = \frac{1}{2} \pi R^2 h$

دینامیک ذره ای از سیال

❖ حرکت صلب گونه چرخشی

✓ مثال ۱۱: اگر در مثال قبل ظرف را از چرخش متوقف کنیم، پس از ساکن شدن آب داخل ظرف، چند متر آب در داخل ظرف باقی

مانده است؟

$$V_{final} = \pi * 1^2 * 5 - \frac{\pi}{2} = 4.5\pi$$

$$\pi * 1^2 * h = 4.5\pi \rightarrow h = 4.5 \text{ m}$$

دینامیک ذره ای از سیال

❖ بدست آوردن توزیع فشار و نیروی وارد بر سطوح در حرکت صلب گونه چرخشی

✓ برای محاسبه نیروی وارد بر کف ظرف در حرکت چرخشی باید از رابطه $F = \int P dA$ استفاده نمود. برای محاسبه فشار در کف ظرف نیز باید از رابطه $P = \frac{1}{2} \rho R^2 \omega^2 - \rho(a_z + g)h + C$ استفاده کرد. در مواردی که شتاب عمودی ظرف و فشار روی سطح آزاد صفر است، نیروی وارد بر کف ظرف برابر است با وزن سیال موجود بر روی کف ظرف.

$$\text{if } a_z \neq 0 \rightarrow \begin{cases} P = \frac{1}{2} \rho R^2 \omega^2 - \rho(a_z + g)h + C \\ F = \int P dA \end{cases}$$

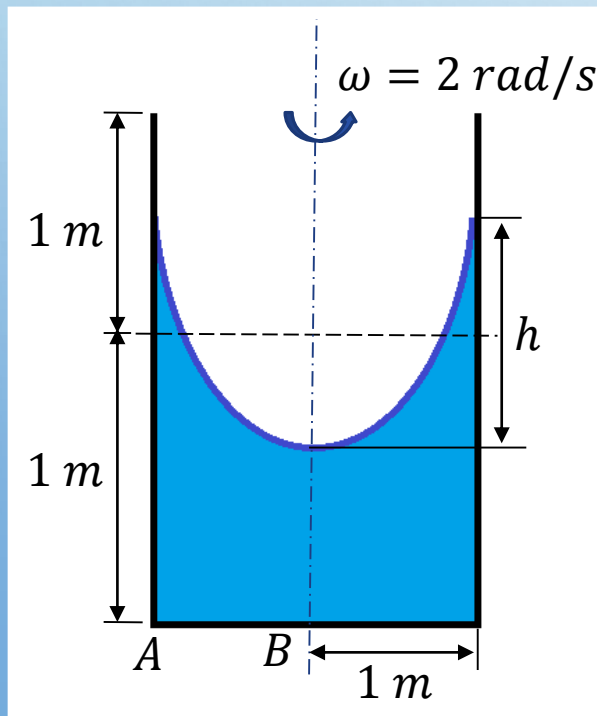
$$\text{if } a_z = 0 \text{ \& } C = 0 \rightarrow \begin{cases} P = \gamma h + C \\ F = \gamma_f \forall_f \end{cases}$$

❖ حرکت صلب گونه چرخشی

$$h = \frac{R^2 \omega^2}{2g} \rightarrow \frac{1^2 * (2)^2}{2 * 10} \rightarrow h = 0.2 \text{ m}$$

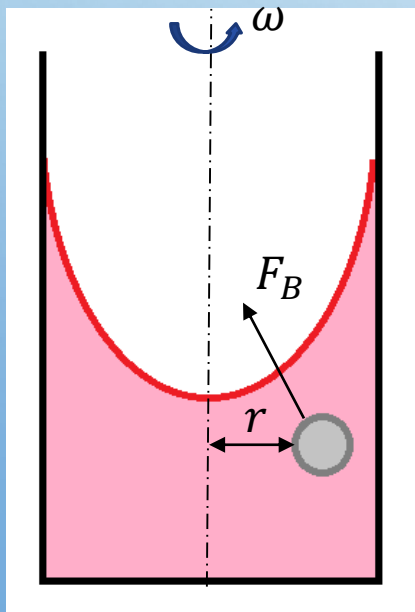
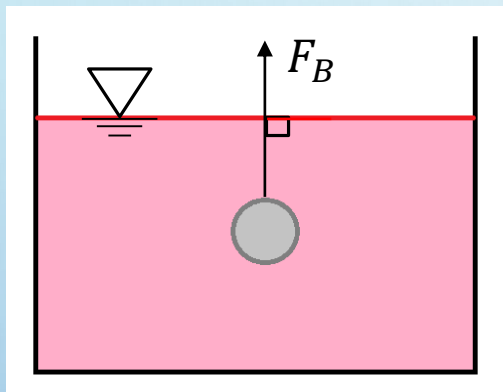
$$\frac{h}{2} = 0.1 \text{ m} < 1 \text{ m}$$

$$P = \gamma h + C \rightarrow \begin{cases} P_{max}: P_A = \gamma \times 1.1 = 1.1\gamma \\ P_{min}: P_B = \gamma \times 0.9 = 0.9\gamma \end{cases}$$



دینامیک ذره ای از سیال

❖ محاسبه نیروی شناوری در حرکت صلب گونه چرخشی



$$F_B = \rho \sqrt{(r\omega^2)^2 + (a_z + g)^2} \forall$$

دینامیک ذره ای از سیال

❖ معادله برنولی

✓ معادله اولر را در صورت غیرلزج بودن جریان در هر راستایی می توان نوشت. چنانچه این معادله را در راستای خط جریان بنویسیم،

به معادله برنولی می رسیم:

فشار استاتیکی یا فشار ترمودینامیکی

فشار هیدرواستاتیکی

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \gamma z = cte$$

فشار دینامیکی

✓ بر اساس رابطه برنولی، مجموع فشار استاتیکی، دینامیکی و هیدرواستاتیکی برای ذره ای

از سیال در حین جابجایی آن از نقطه ای به نقطه دیگر همواره مقداری ثابت است که این ثابت

در واقع "فشار کل" ذره سیال است.

هد فشار

هد ارتفاع

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z = cte$$

هد سرعت

دینامیک ذره ای از سیال

❖ معادله برنولی

✓ نکته:

- در جریان چرخشی: معادله برنولی را فقط بین دو نقطه ای که روی یک خط جریان قرار دارند می توان نوشت.
- در جریان غیرچرخشی: معادله برنولی را بین هر دو نقطه دلخواه می توان نوشت.

شرایط استفاده از معادله برنولی		
۱. جریان غیرلزج باشد	۲. جریان دائم باشد	۳. سیال، تراکم ناپذیر باشد
۴. شتاب ثقل ثابت باشد	۵. تبادل حرارت با محیط وجود نداشته باشد	۶. تبادل کار با محیط وجود نداشته باشد

دینامیک ذره ای از سیال

❖ معادله برنولی

✓ مثال ۱۳: آب با سرعت ثابت v_z از شیبوره ای بطور قائم بصورت جت آزاد خارج می شود. ارتفاع ماکزیمم جت آب (H) چقدر است؟

✓ حل: آب سیالی لزج است؛ در نتیجه در داخل لوله و نیز در شیبوره نمی توان از معادله برنولی استفاده کرد. اما هنگامی که آب از شیبوره

بصورت جت آزاد (یعنی در فشار محیط) خارج شود، مهمترین شرط از شروط استفاده از معادله برنولی یعنی صفربودن تنش برشی

(تقریباً) برقرار می شود. حال اگر از تبخیر و یا میعان سطحی نیز صرفنظر کنیم، شرط های دیگر نیز در مورد خط جریان میانی برقرار

خواهند بود؛ در نتیجه میتوان معادله برنولی را برای این خط جریان خاص از مقطع خروجی شیبوره تا بالاترین نقطه جت آب نوشت. با

در نظر گرفتن دهانه خروجی شیبوره به عنوان نقطه مرجع ($z_1 = 0$) و با توجه به اینکه $P_1 = P_2 = P_{atm}$ و $v_2 = 0$ است، داریم:

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

دینامیک ذره ای از سیال

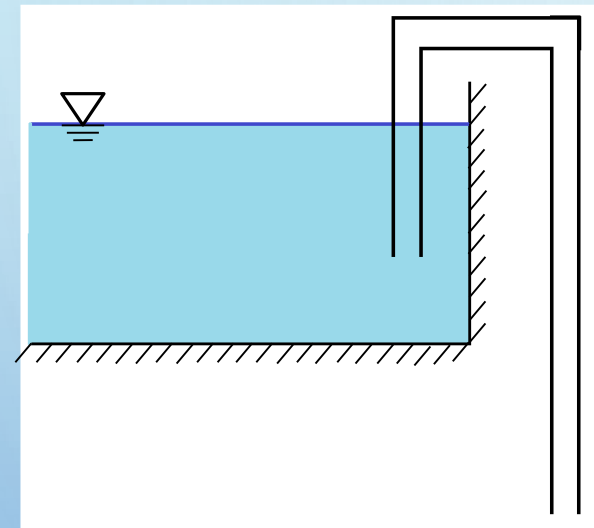
❖ معادله برنولی

✓ مثال ۱۳: ادعا شده است که سیفون نشان داده شده در شکل مقابل قادر است آب را با دبی ۰.۲ مترمکعب بر ثانیه از یک دریاچه به یک حوضچه انتقال دهد. درستی این ادعا را بررسی کنید. (سطح مقطع سیفون برابر با ۰.۰۱ مترمربع است).

✓ **حل:** با توجه به اینکه آب سیالی لزج و جریان از نوع داخلی است، به هیچ وجه مجاز به استفاده از معادله برنولی نیستیم. با این وجود، برای محاسبه دبی ماکزیمم فرض می کنیم که آب سیالی غیرلزج است. درچنین شرایطی میتوان معادله را بین دو نقطه ۱ و ۲ نوشت. بادر نظر گرفتن نقطه ۱ به عنوان مرجع و با توجه به اینکه $P_1 = P_2 = P_{atm}$ و $v_1 \approx 0$ داریم:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \gamma z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \gamma z_2 \rightarrow 0 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \gamma(-7) \rightarrow v_2 = 11.7 \text{ m/s} \xrightarrow{Q=vA} Q_{ideal} \approx 0.12 \text{ m}^3/\text{s}$$

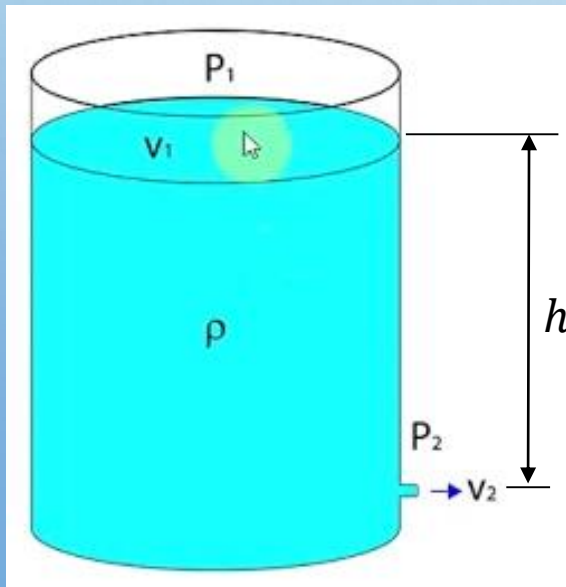
دبی بالا در شرایط جریان غیرلزج بدست آمد. چنانچه شرط لزجت را در نظر بگیریم، طبیعی است که مقدار دبی کمتر از مقدار ایده آل باشد. بنابراین ادعای بالا، ادعایی نادرست است.



دینامیک ذره ای از سیال

❖ معادله برنولی

✓ رابطه تورچلی



$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \gamma z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \gamma z_2 \rightarrow v_2 = \sqrt{2gh}$$

دینامیک ذره ای از سیال

❖ نکات مهم

- ✓ معادله اولر برای هر سیال غیرلزجی قابل استفاده است.
- ✓ از معادله اولر می توان هم برای سیالات قابل تراکم و هم غیرقابل تراکم استفاده کرد.
- ✓ از موارد خاص می توان از معادله اولر برای سیالات لزج نیز استفاده کرد.
- ✓ برای استفاده از معادله برنولی در امتداد یک خط جریان لازم است علاوه بر غیرلزج بودن جریان، جریان از نوع دائم و تراکم ناپذیر نیز باشد.
- ✓ برای استفاده از معادله برنولی در امتداد یک خط جریان لازم است شتاب ثقل ثابت باشد.
- ✓ برای استفاده از معادله برنولی در امتداد یک خط جریان لازم است هیچگونه حرارت و یا کاری بین سیال و محیط رد و بدل نشود.

دینامیک ذره ای از سیال

❖ نکات مهم

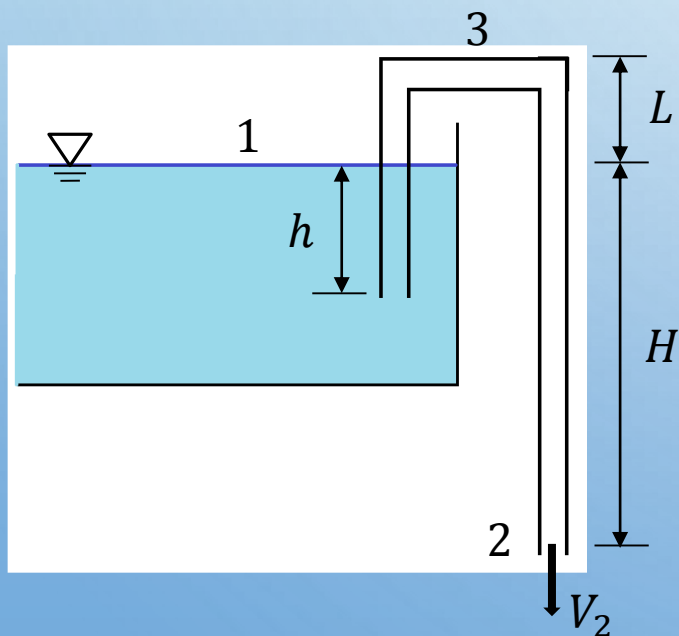
- ✓ ثابت برنولی در حالات کلی (مثل جریان چرخشی) از یک خط جریان به خط جریان دیگر عوض می شود.
- ✓ اگر جریان غیرچرخشی باشد، تمامی خطوط جریان دارای یک ثابت برنولی هستند.
- ✓ معادله برنولی درواقع فرم انتگرالی معادله اولر است.
- ✓ باتوجه به تعدد شرایط، کاربرد معادله برنولی کمتر از معادله اولر است.

دینامیک ذره ای از سیال

❖ تمرین ۱

مخزن بی نهایت بزرگ نشان داده شده در شکل زیر حاوی از نوع غیرلزج است. سیفون نشان داده شده در این شکل، سیال مزبور را به طور دائم به محیط تخلیه می کند. کدامیک از گزینه های زیر در مورد سرعت V_2 تخلیه درست است؟

(مکانیک ۸۷)



(الف) $\sqrt{2gH}$

(ب) $\sqrt{2g(H-h)}$

(ج) $\sqrt{2g(H+h)}$

(د) $\sqrt{2g(L-H+h)}$

دینامیک ذره ای از سیال

❖ تمرین ۲

قایق کوچکی را در نظر بگیرید که با سرعتی بیش از سرعت یک کشتی و به موازات آن در حال حرکت است. مشاهدات تجربی حاکی از آن است که هنگامی که قایق به کشتی می رسد، به سمت کشتی منحرف شده و احتمال برخورد با کشتی وجود دارد. چرا؟

(مکانیک ۸۷)

الف) این پدیده به علت کاهش فشار آب در فاصله بین قایق و کشتی به وجود می آید.

ب) این پدیده به علت افزایش فشار آب در فاصله بین قایق و کشتی به وجود می آید.

ج) این پدیده به علت اثر پروانه کشتی بزرگ بر روی قایق کوچک به وجود می آید.

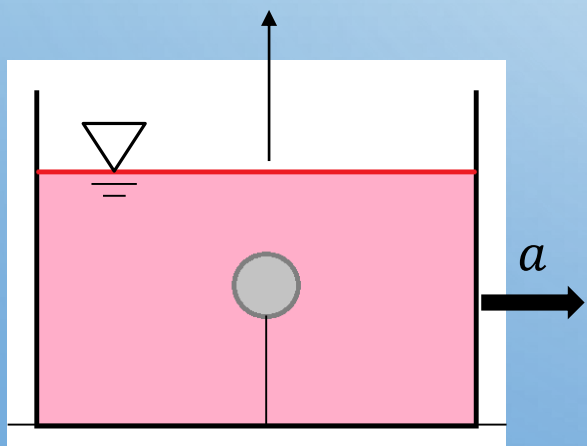
د) این پدیده به علت پدیده جدایش در پشت قایق به وجود می آید.

دینامیک ذره ای از سیال

❖ تمرین ۳

بادکنکی با وزن ناچیز توسط نخ سبکی به کف یک ظرف بسته شده است. این ظرف با شتاب ثابت a بر روی سطح زمین به حرکت در می آید تا در نهایت به تعادل نسبی برسد. در این حالت وضعیت بادکنک نسبت به محور قائم z به چه صورت است؟ (فرض کنید بادکنک از آب خارج نمی شود).

(عمران ۷۷)



الف) در راستای این محور قرار دارد.

ب) در سمت راست این محور قرار دارد.

ج) در سمت چپ این محور قرار دارد.

د) نمی توان با این معلومات نظر داد.

پاسخ تمرین ها را تا جمعه ساعت ۲۱ به آدرس زیر ارسال کنید:

m.borzuei3@yahoo.com

پایان فصل دوم

خسته نباشد