

# مکانیک سیالات

برای دانشجویان رشته

مکانیک خودرو

مرکز آموزش علمی کاربردی شهربابک

مدرس: مهدی طهماسبی

۱۴۰۳-۱۴۰۴

دانشگاه جامع  
علمی کاربردی

SUBJECT:

Year:      Month:      Data:      ( )

بیم جدا

«خواهی سیال»

مکانیک سیالات:

- فصل ۱: مقدمه ای بر سیالات

مکانیک سیالات علمی است که در آن رفتار سیالات در حال سکون و در حال حرکت در هم چسبیده اجزای سیال بر میزهای جامد و مایع مورد بررسی قرار می گیرد.

- مکانیک سیالات: شاخه ای از علم سیالات که رفتار سیال را در حال سکون مطالعه می گردد.

- دینامیک سیالات: به مکانیک سیالاتی که در آن سیال در حال حرکت است.

روشهای مطالعه ای در مکانیک سیالات:

الف) روش های تجربی یا آزمایشگاهی: با کمک تحلیل ابعادی و شباهت صورت می گیرد.  
ب) تحلیلی: که به روش اشتراکی و ریاضیاتی تقسیم بندی می شود.

ج) عددی: با استفاده از کامپیوتر در برنامه های CFD با کارایی در دند.

هدف از تجزیه و تحلیل مکانیک سیالات:

الف) تعیین توزیع سرعت      ب) تعیین توزیع فشار

تعیین سیال: مایه ای که بر اثر اعمال تنش برشی، بر خیزناپذیر باشد و در حالت تغییر شکل به حدی که شکل مایعات و گازهاست.

SUBJECT:

Year:      Month:      Date:      ( )

الف) حواصی گازها: ۱- در حالت مکی تراکم پذیر هستند.

۲- نمی‌توانند یک سطح هم‌تراز را تشکیل دهند.

۳- حجم معینی در درون آنکسر اتصالات نمی‌کنند و با مبرد آزاد در فضا جاری هستند.

۴- اکثر نیروی حازم (به جز نیروی کششی) بر آنها خیلی کم است.

ب) حواصی مایعات: ۱- در حالت مکی تراکم پذیر هستند ۲- سطح آزاد تشکیل می‌دهند ۳- حجم معینی اتصالات نمی‌کنند.

مدان تنش (نیروی) در مکانیک مایعات:

الف) نیروهای سطحی: بر اثر تماس ذره با سطح جامد یا با مایع در حالت حاصل می‌شود.  
مانند نیروهای فشاری و اصطکاکی

ب) نیروهای حجمی: بر کل حجم ذره اثر می‌کند مانند نیروی گرانش و نیروی شناطی

لزجیت (ویسکوزیته - غلظت):

تعریف لزجیت: خاصیت سیال در مقابل نیروهای وارد بر آن، ایجاد تنش برشی.

یا میزان مقاومت یک سیال در برابر جاری شدن

عامل اصلی اتصالات مومند در لایه‌های سیال لزجیت است.

SUBJECT:

Year: Month: Date: ( )

« خواص سیال »

۱- لزجت مایعات بیشتر از لزجت گازهاست که با  $\mu$  نشان داده می شود.

لزجت دینامیک با حرف  $\mu$  نمایش داده می شود.

لزجت سینماتیک: نسبت لزجت دینامیک به چگالی را لزجت سینماتیک می نامند.

۲- با حرف  $\nu$  نمایش داده می شود.  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$    
  $\frac{\text{لزجت دینامیک}}{\text{چگالی}} = \text{لزجت سینماتیک}$

۱- چگالی: نسبت جرم به حجم که با  $\rho$  نمایش داده می شود.  $\rho \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$  واحد

۲- لزجت دینامیک که با  $\mu$  نمایش داده می شود که در سیستم I که به واحد (Pa.s) است.

$$\text{Pa} \left( \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) \quad \mu \left( \text{Pa} \cdot \text{s} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{s} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{s} = \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \text{s} \right) \rightarrow \mu \left( \text{Pa} \cdot \text{s} \text{ یا } \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \text{s} \right)$$

۳- لزجت سینماتیک (که در سیستم I است)  $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$  یا  $\frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$  (استوک) است.   
  $1 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} = 1 \text{ st} = 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$  استوک

آنها را نگاه دار سیستم I:

۱- نامش (L): بر حسب m (متر)   
 ۲- زمان t: به ثانیه (ثانیه)   
 ۳- نیرو F: بر حسب N (نیوتن)   
 ۴- حجم V و مساحت A: بر حسب  $\text{m}^3$  و  $\text{m}^2$    
 ۵- تنش  $\sigma$  و P و  $\rho$ : بر حسب پاسکال (Pa)   
 ۶- وزن (m): بر حسب کیلوگرم (kg)

BOOSTAN

۷- سرعت V یا u: به متر بر ثانیه  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$    
 ۸- شتاب g: بر حسب متر بر مربع ثانیه  $\left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$

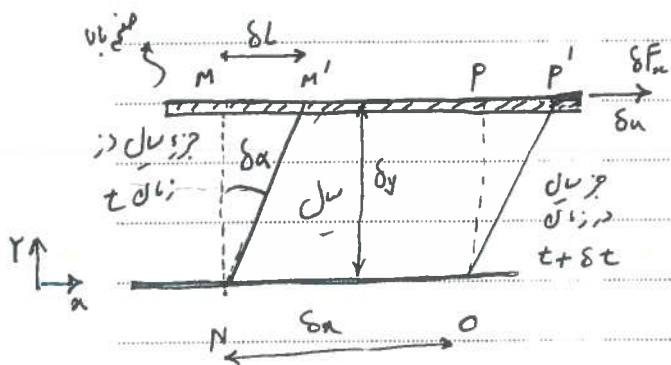
SUBJECT:

Year: Month: Data: ( )

تأملون حرکت نوشتن:  
در حرکات ساده در دو نوع حرکت است:

الف) حرکت آرام یا یکنواخت: حرکت آرام و منظم در یک خط راست یا منحنی با سرعت ثابت و برداری هم می‌تواند باشد.  
ب) دریم در آنسخت: حرکت در آنسخت و منظم در آنسخت است، مانند حرکت در یک دایره.

تغییرات همیشگی نوشتن (تأملون حرکت نوشتن):



مغایرت در موقعیت مکانی نامحدود به بین آنها سال است.  
ضریب باقی‌مانده حرکت  $\delta F$  با سرعت  $\delta u$  حرکت کند.

$$T_{yx} = \lim_{\delta A_y \rightarrow 0} \frac{\delta F_x}{\delta F_y} = \frac{dF_x}{dA_y}$$

$$\delta L = \delta u \cdot \delta t \quad (1)$$

$$MNO P \rightarrow M'NO P'$$

$$\tan \delta \alpha \approx \delta \alpha = \frac{\delta L}{\delta y} \quad (2)$$

$$(1), (2) \rightarrow \frac{\delta \alpha}{\delta t} = \frac{\delta u}{\delta y} \quad (3)$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{du}{dy}$$

که  $\frac{d\alpha}{dt}$  آنگاه با نرخ حرکت نوشتن است.

نیروی اصطکاک با نیروی در بین لایه‌های سال است که در حرکت آرام نوشتن است.

آنگاه نوشتن مناسب است.

$$T_{yx} = \int \frac{du}{dy} \quad \text{یا} \quad T_{yx} \propto \frac{du}{dy} \quad \text{لذا}$$

SUBJECT:

Year: Month: Date: ( )

خواص سیال

پس تنش برشی به صورت زیر است:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

که تنش برشی به نسبت لزجت و تغییرات

لایه تانن لزجت نوشت:

۱- سرعت سیال در مرز صاف صفر است (عدم لغزش در مرز سیال با سطح صاف)

۲- هرگاه  $\frac{du}{dy} = 0$  باشد  $\tau = 0$  تنش برشی برای سیال ساکن و در نظر لزجت صفر است

۳- رابطه  $\tau = \mu \frac{du}{dy}$  فقط برای جریان آرام یا  $Re < 2300$  صاف است

مثال: سیال با لزجت  $\mu = 0.05 \text{ Pa.s}$  بین دو صفحه با فاصله  $5 \text{ cm}$  قرار دارد. اگر سطح بالایی با سرعت

$5 \text{ m/s}$  نسبت به سطح پایینی شروع به حرکت کند تنش بر روی سطح پایینی چقدر است؟

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{u}{y}$$

$\mu = 0.05 \text{ Pa.s}$ ,  $u = 5 \text{ m/s}$ ,  $y = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$

$$\tau = 0.05 \cdot \frac{5}{0.05} = 5 \text{ Pa}$$

$\rightarrow v = 5 \text{ m/s}$

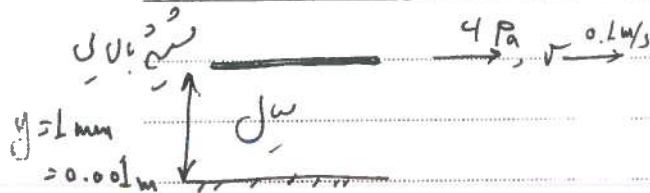
مثال: یک قطره شیشه با فاصله  $1 \text{ mm}$  از سطح دیگری قرار دارد پس در سطح از سیال به حجم محظوظی

$1000 \text{ kg/m}^3$  در دسترس است. اگر نیروی لازم ردادهای سطح برای حرکت قطره  $10^{-5} \text{ N}$  باشد

$0.1 \text{ m/s}$  معادل  $4 \text{ Pa}$  باشد، ضریب لزجت سیال چقدر است؟

SUBJECT:

Year: Month: Date: ( )



در هر مقطع: ... برابر با چند  $\text{m}^2/\text{s}$  است؟

(1)  $10^{-5}$  (2)  $0.02 \times 10^{-2}$  (3)  $0.4$  (4)  $0.04 \times 10^{-7}$

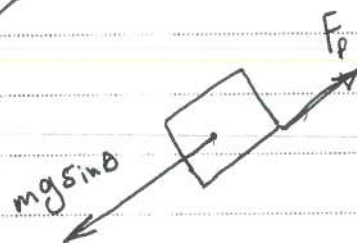
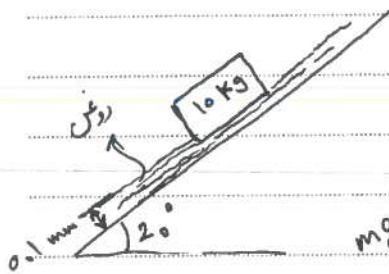
حل:  $T = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{v}{y}$

$\rightarrow \mu = \frac{T \cdot y}{v} = \frac{4 \times 0.001}{0.1} = 0.04 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.04}{1000} = 0.04 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  (لذا "زیرین" صحیح است)

3. در شکل مقابل جسمی به حجم  $10 \text{ kg}$  بر روی یک سیال با ویسکوزیته  $0.38 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  قرار دارد.

آزماوند بین قطعه و سطح شیب دار  $0.1 \text{ mm}$  و سطح تماس قطعه با زمین  $0.2 \text{ m}^2$  باشد.



سرعت حد جسم را بدست آورید؟

حل: نیروی وزن در راستای شیب:  $mg \sin \theta$

نیروی برشی:  $F_f$   
است  $F_f = T \cdot A = \mu \frac{u}{y} \cdot A$

سرعت حد ثابت میماند، لذا با نوشتن رابطه تعادل در راستای شیب داریم:

$mg \sin \theta = F_f = T \cdot A = \mu \frac{u}{y} \cdot A \rightarrow mg \sin \theta = \mu \frac{u}{y} \cdot A \rightarrow u = \frac{mg \sin \theta \cdot y}{\mu \cdot A}$

$u = \frac{10 \times 9.81 \times \sin 20^\circ \times (0.1 \times 10^{-3})}{0.38 \times 0.2} = 0.044 \text{ m/s}$

SUBJECT:

Year: Month: Data: ( )

فصل ۱ - خواص سیال

\* تعریف: سیال ایده‌آل: سیالی است که لزجت آن صفر و تراکم آن تغییر نمی‌کند.

\* گاز ایده‌آل: سیالی است که لزجت آن صفر و تراکم آن تغییر نمی‌کند.

\* چگالی: جرم مقدار ماده‌ای است که واحد حجم را اشغال می‌کند. یا به عبارتی چگالی

جرم واحد حجم است.  $\rho = \frac{m}{V}$  چگالی  
 واحد چگالی:  $\frac{kg}{m^3}$  است.  $\rho$  جرم

\* وزن مخصوص: نیروی وزن ماده در واحد حجم  
 $\gamma = \frac{W}{V} = \frac{mg}{V}$  وزن  
 $\gamma = \rho g$  جرم یا

\* حجم مخصوص: به صورت جرم واحد حجم تعریف می‌شود و در واقع برعکس چگالی است.

واحد حجم مخصوص:  $(\frac{m^3}{kg})$   
 $v = \frac{1}{\rho}$  چگالی

\* چگالی نسبی: نسبت چگالی یک سیال به چگالی سیال مبنای دریا و مقادیر معین

$S.G. = \frac{\text{چگالی سیال}}{\text{چگالی سیال مبنای دریا}}$

چگالی سیال مبنای دریا

سیال مبنای برای مایعات آب است.

سیال مبنای برای گازها هوا است.

$S.G. = \frac{\rho_{\text{سیال}}}{\rho_{\text{آب}}}$  مایع ،  $S.G. = \frac{\rho_{\text{سیال}}}{\rho_{\text{هوا}}}$  گاز

SUBJECT:

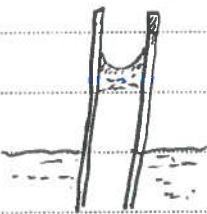
Year:      Month:      Data:      ( )

نسل ۱ - خواجه سالی

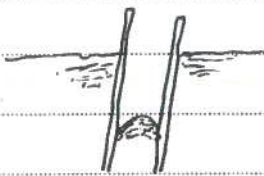
مویستی: مورد یا نرول یاغ در داخل لوله مویستی کشیده که در این بخش سطح افقی می افتد.

الف) هرگاه نرول چسبندگی سطح بین یاغ و شیشه بیشتر از نرول مویستی یاغ باشد یاغ لایه ای در درون

(بالا تر از سطح یاغ ظرف) مانند آب



ب) هرگاه نرول چسبندگی بین یاغ و شیشه کمتر از نرول مویستی یاغ باشد یاغ در لوله مویستی می افتد.



در این تر از سطح یاغ) مانند جویه

آب موجود در خاک که قطره در مویستی از راه شیشه (ساقه) بخش ها

مختلک گناه می رسد.

SUBJECT:

Year: Month: Data: ( )

فصل ۲، فشار در دینامیک اندازه گیری آن

فشار  
فشار در یک نقطه از سیال ساکن عبارت است از نیروی وارد شده از طرف

سیال بر واحد سطح آن نقطه

$$P = \frac{F}{A}$$

برابر  
سطح

در مایعات فشار در هر نقطه حاصل وزن ذرات قرار گرفته در ارتفاع بالاتر از آن نقطه است

قانون پاسکال: فشار در هر نقطه از یک سیال ساکن (سیال در حال حرکت بدون تنش برشی)

در کلیه جهات یکسان بوده و مستقل از جهت است یعنی

$$P_x = P_y = P_z$$

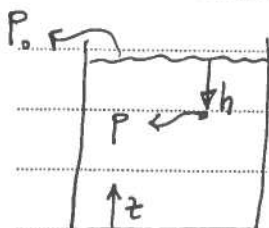
برای یک سیال ساکن با نیروی برشی مغز و تنها نیروی محوری که تراش می است تغییرات فشار تنها تابع  $z$

یا ارتفاع است و از جهات  $x$  و  $y$  مستقل است

$$\frac{\partial P}{\partial x} = 0, \frac{\partial P}{\partial y} = 0, \frac{\partial P}{\partial z} = -\rho g$$

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g$$

$$dP = -\rho g dz \rightarrow \frac{dP}{\rho} = -g dz \rightarrow \int_{P_1}^P \frac{dP}{\rho} = \int_{z_1}^{z_2} -g dz$$



$$\Delta P = P - P_0 = \int_0^h \rho g dh$$

فشار در سطح مایع  $P_0$  است  
یا سطح آزاد که مدام متغیر است

SUBJECT:

Year:

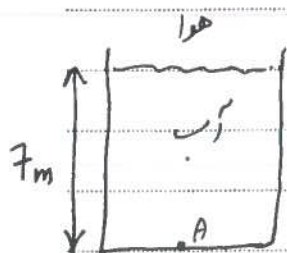
Month:

Date:

( )

فصل ۲: فشار در مایعات و اندازه گیری آن

مثال: اگر در ظرف مبدل مایع آب باشد فشار کب در کف ظرف چقدر است؟



(فشار مطلق و فشار نسبی در کف ظرف = ؟)

$$dp = -\rho g dz \rightarrow$$

$$\int_{P_0}^{P_A} dP = \int_0^z -\rho g dz \rightarrow P_A - P_0 = -\rho g z$$

$$\rightarrow P_A - P_0 - \rho g z \rightarrow P_A = P_0 + \rho g h$$

$$z = -h = 7$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 = P_{\text{هوا}} = 1 \text{ bar} = 101 \text{ kPa} \\ \rho_{\text{آب}} = 1000 \text{ kg/m}^3, h = 7 \text{ m}; \end{array} \right.$$

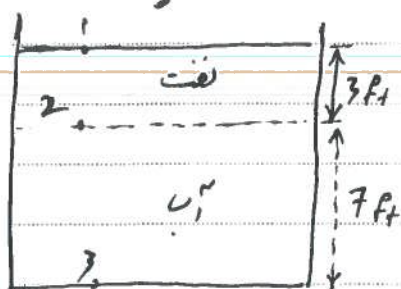
$$g = 9.81 \approx 10 \text{ m/s}^2 \rightarrow P_A = (101 \times 10^3) + (1000 \times 10 \times 7)$$

$$\text{فشار کف } P_A = (101 \times 10^3) + (70 \times 10^3) = 171 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$\text{فشار نسبی} = \text{فشار کف} - \text{فشار اتمسفر} = 171 \times 10^3 - 101 \times 10^3 = 70 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$\text{فشار نسبی} = \rho g h = 1000 \times 10 \times 7 = 70 \times 10^3 \text{ Pa}$$

مثال: یک مخزن بزرگ دارای نفت با عمق ۳ متر از سطح فرامانی است در حالی که بقیه مخزن از آب پر شده است. کل مخزن به عمق ۱۰ متر و سطحی نفت ۱ متر است. فشار کف مخزن چقدر است؟



$$\rho_{\text{آب}} = 62.4, \quad \rho_{\text{oil}} = S.G. \cdot \rho_{\text{آب}} = 0.8 \times 62.4$$

$$P_3 = P_{1-2} + P_{2-3} = P_{\text{oil}} + P_{\text{water}} \Rightarrow \rho_{\text{oil}} \cdot h_{\text{oil}} + \rho_{\text{water}} \cdot h_{\text{water}}$$

BOOSTAN

$$\rightarrow P_3 = (62.4 \times 7) + (0.8 \times 62.4) \times 3 = 586.56 \text{ lb/ft}^2$$

SUBJECT:

Year: Month: Date: ( )

فصل ۲: فشار در رده های اندازه گیری آن

\* فشار اتمسفر: فشار موجود در هوای اطراف ما است که به درجه صحت اتمسفر محلی و

استاندارد است.   
 \* فشار اتمسفر محلی، شرایط محیط تغییر می دهد که فشار اتمسفر استاندارد ثابت است

مقدار فشار اتمسفر استاندارد:

$$P = P_{atm.} = 101325 \text{ Pa} = 14.7 \text{ PSI} = 10.33 \text{ m H}_2\text{O} = 760 \text{ mm Hg} = 1.01325 \text{ bar}$$

\* فشار مطلق: هرگاه فشار نسبت به خلأ مطلق اندازه گیری شود آنرا فشار مطلق می نامند.

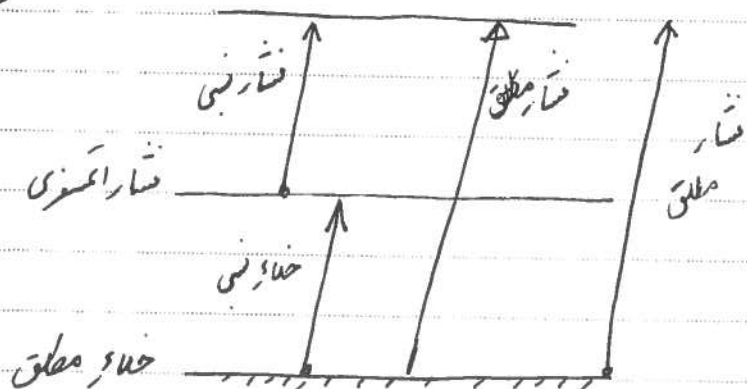
\* فشار نسبی: هرگاه فشار نسبت به فشار اتمسفر اندازه گیری شود آنرا فشار نسبی می نامند.

$$P_{abs.} = P_{gauge.} + P_{atm.}$$

فشار مطلق      فشار نسبی      فشار اتمسفر

\* فشار خلأ یا کشش: هرگاه فشار نسبی منفی باشد (فشار کمتر از اتمسفر).

فشار نسبی = فشار خلأ نسبی



SUBJECT:

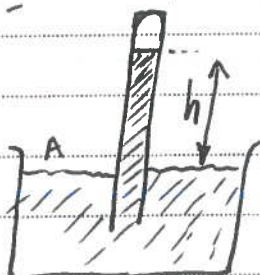
Year: Month: Data: ( )

فصل ۲: فشار در رده‌های اندازه‌گیری فشار

وسیله اندازه‌گیری فشار:

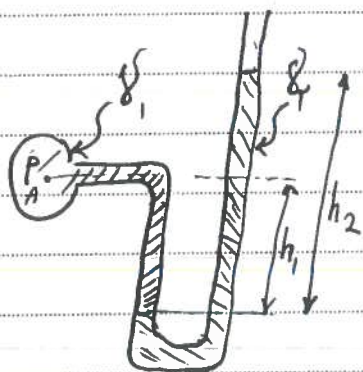
الف) مانیومتر جبهه‌ای: یک لوله دراز و باریک که در داخل محفظه پر از جیوه، تحت اندازه‌گیری

فشار اعمال می‌گردد.



$$P_{atm.} = \rho_{hg} \cdot g \cdot h$$

ب) مانومتر ساده: جهت اندازه‌گیری فشارهای نسبی مثبت و منفی



در اعداد انتهایی مانومتر باید باشد. فشار آب که اعمال می‌گردد که برابر با صفر قرار می‌دهیم، که در اصطلاح  $P_A$  نسبی است.

۲ در حرکت به سمت پایین فشار افزایش می‌یابد.

۳ در حرکت به سمت بالا " کاهش می‌یابد.

۴. تفاوت سطح از یک سیال در دو طرف مانومتر هدایت را خنثی و صاف می‌کنند.

۵. به سیال در هر سمت مانومتر دقت شود.

پس در شکل بالا خواهیم داشت:

$$P_A + \rho \cdot g \cdot h_1 = \rho \cdot g \cdot h_2$$

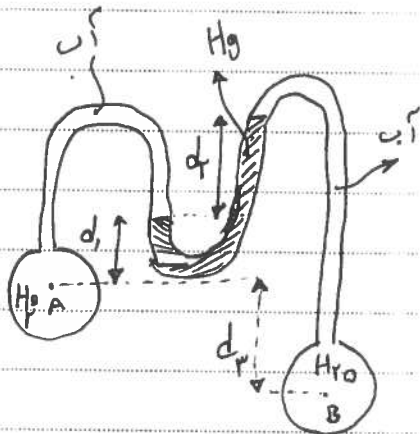
← سطح سیال ۱  
 ← سطح سیال ۲  
 ← ارتفاع سیال ۱  
 ← ارتفاع سیال ۲

SUBJECT:

Year:      Month:      Data:      ( )

حل ۲ - فشار در دستگاه های اندازه گیری فشار

ج. مانومتر دینامیکی :  
جهت محاسبه اختلاف فشار در مخزن با در نظر گرفتن از یک لوله



مثال: اختلاف فشار در مخزن A, B چه قدر است ؟

$$P_A - \rho_{H_2O} d_1 - \rho_{Hg} d_2 + \rho_{H_2O} (d_1 + d_2 + d_3) = P_B$$

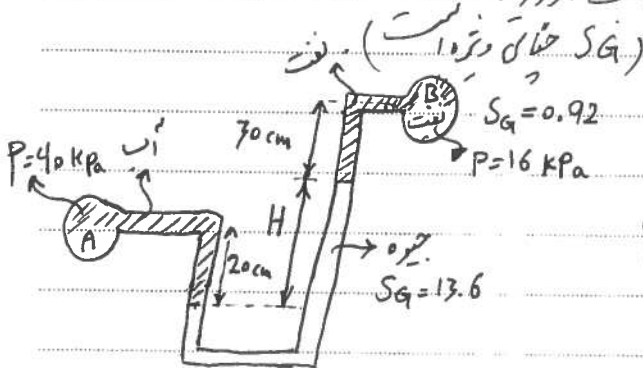
$$\rightarrow P_B - P_A = \rho_{H_2O} (-d_1 + d_1 + d_2 + d_3) - \rho_{Hg} d_2 \rightarrow$$

$$P_B - P_A = \rho_{H_2O} (d_2 + d_3) - \rho_{Hg} d_2$$

عبارت (+) → رو به پایین

عبارت (-) → رو به بالا

مثال: در شکل قابل ارتفاع H در مانومتر را بدست آوریم ؟



$$\begin{cases} \rho_{H_2O} = 9810 \\ \rho_{Hg} = 13.6 \times 9810 \\ \rho_{oil} = 0.92 \times 9810 \end{cases}$$

$$P_A + 0.2 \rho_{oil} - H \rho_{Hg} - 0.3 \rho_{oil} = P_B$$

$$\rightarrow 40 \times 10^3 + (0.2 \times 9810) - (H \times 13.6 \times 9810) - (0.3 \times 0.92 \times 9810) = 16 \times 10^3$$

$$\rightarrow H = 17.4 \text{ cm}$$

نکته:  $\rho = SG \times \rho_{\text{آب}}$   
آب: سیال مرجع

نکته:  $\rho = SG \times \rho_{\text{هوا}}$   
هوا: سیال مرجع

SUBJECT:

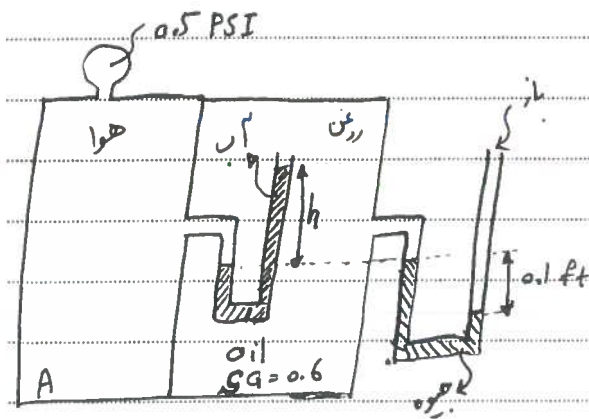
Year:

Month:

Data:

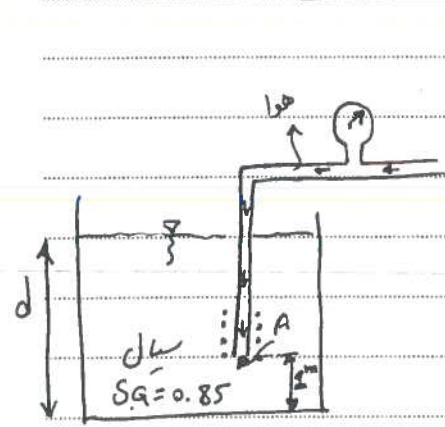
( )

فصل ۲: فشار در رشته‌های اندازه‌گیری آل:



تمرین:  
در قسمت A و B مخزن‌ها قرار داده شده است.  
هوای در فشار ۱۴.۷ PSI و فشار نسبی خوانده شده ۰.۵ PSI

مانده با رانیت آوردید  
ماضائی: فشار هوا در هر یک از مخزن ثابت است



مثال: بین دو راهی‌های تغییر سطح آب حباب گزینی مقدار کمی هوا  
از طریق لوله‌های بزرگ مانده بدین صورت که انتهای لوله در  
محلول قرار می‌گیرد و فشار هوا از دوری فشار سطح خوانده می‌شود  
از سطح آب رانیت می‌آورند، در شکل مایل در صورتی

که درجه سطح فشارهای لوله را ۲۰ kPa ثبت کند یعنی سطح آب در مخزن (d) چند است؟

- الف) ۴.۵ متر  
ب) ۳.۴ متر  
ج) ۱.۵ متر  
د) ۲.۴ متر
- حل: فشار هوا خط به خط در انتهای لوله برابر است  
پس انتهای لوله فشار آب ۲۰ kPa است. لذا انتهای لوله A فشارش ۲۰ kPa است
- BOOSTANT
- $$P_A = \gamma (d-1) = 0 \rightarrow P_A = 0.85 \times 9810 (d-1) \xrightarrow{P_A = 20 \text{ kPa}} d = 3.4 \text{ m}$$

SUBJECT:

Year: Month: Date: ( )

نعل ۳: نیروهای هیدرواستاتیکی دارد بر سطح

مقدمه: هرگاه سطح در مایع غوطه ور شود در اطراف سطح نیروی فشاری به آن وارد می شود. یعنی این نیرو

اهمیت مهم دارد در طراحی مجازات، کشتی ها، سدها و ...

در این نعل نیروهای هیدرواستاتیکی دارد بر سطح تحت رخنه و نیروی فشاری بر مایع وارد

در تعین نیروی هیدرواستاتیکی دارد بر یک سطح در هر چه مهم است:

الف) مقدار نیروی براننده ب) نقطه اثر نیرو

ماتوجه به اینکه سطح ساکن است تنش برشی وجود ندارد، نیروی هیدرواستاتیکی دارد بر هر جزء سطح در مقدار عمود بر آن اثر می کند.

$$dF = P \times dA$$

$$F = \int_A P \cdot dA \rightarrow \text{مساحت} \times \text{فشار} = \text{نیرو}$$

نیروی فشاری دارد بر هر جزء سطح عمود است از:

$$F = P_c \cdot A = \rho g h_c \cdot A$$

نیروی هیدرواستاتیکی دارد بر سطح تحت دامن سطح پویته:

$$\rho g = \text{وزن مخصوص مایع} \quad F = \text{نیرو وارد بر سطح}$$

$$h_c = \text{فاصله عمودی از سطح همدان تا سطح آب}$$

$$P_c = \rho g h_c = \text{فشار روی سطح}$$

$$A = \text{مساحت سطح}$$

SUBJECT:

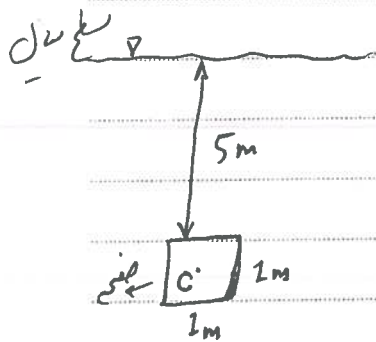
Year:

Month:

Data:

( )

سوال ۳: نیروی هیدروستاتیکی وارده بر سطح



مثال: یک لنگه جانبی مربعی شکل به ضلع  $1\text{ m}$  به عمق عمودی

در زیر آب قرار گرفته است. به طوری که ضلع بالایی آن  $5\text{ m}$  زیر آب قرار دارد. نیروی وارده بر یک طرف این صفحه چقدر است؟

(از وزن مخصوص آب است.)

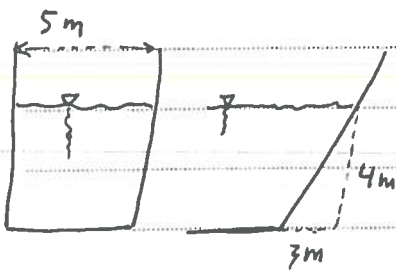
$$F = \rho \cdot g \cdot \bar{h} \cdot A$$

$$A: 1 \times 1 = 1\text{ m}^2$$

$$\bar{h} = 5 + \frac{1}{2} = 5.5\text{ m} \quad \leftarrow \text{فاصله عمودی از سطح ضلع بالایی آب}$$

$$\rho \cdot g = 9810$$

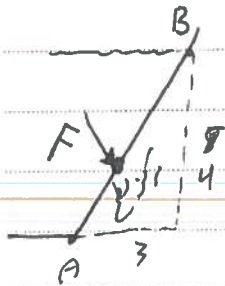
$$\rightarrow F = \rho \cdot g \cdot \bar{h} \cdot A = 9810 \times 5.5 \times 1 = 53955\text{ N}$$



مثال: در شکل مقابل دو غای یک مخزن آب

با وزن مخصوص  $\gamma = 10000\text{ N/m}^3$  رسم شده است

نیروی هیدروستاتیکی وارده بر دیواره شیب دار مخزن چند  $\text{kN}$



$$F = \rho \cdot g \cdot \bar{h} \cdot A$$

$$AB = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\text{ m}, \quad \gamma = 10000\text{ N/m}^3$$

$$A = AB \times \text{عمق} = 5 \times 5 = 25\text{ m}^2$$

$$\bar{h} = 4/2 = 2\text{ m} \quad \text{یا} \quad \bar{h} = \frac{4}{5} \cdot \frac{5}{2} = 2\text{ m}$$

$$F = \gamma \cdot \bar{h} \cdot A = 10000 \times 2 \times 25 = 500000\text{ N} = 500\text{ kN}$$

SUBJECT:

Year:

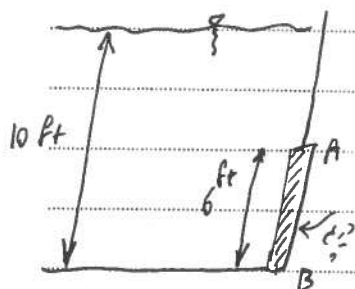
Month:

Date:

( )

فصل ۳ - سازه‌های دایره‌ای

مثال: در یک سازه مستطیل به عرض ۴ فوت، یک تیر آهن حول نقطه A قرار می‌دهیم.



سازمان: سازمان سنجش آموزش عالی

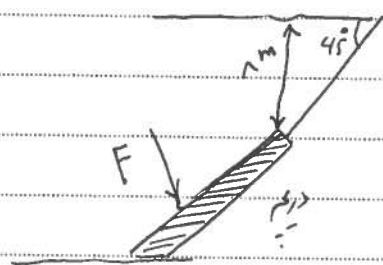
$$F = \gamma_w \cdot h \cdot A, \quad \bar{h} = 10 - \frac{6}{2} = 7 \text{ m}, \quad A = 6 \times 4 = 24 \text{ ft}^2$$

$$F = 62.4 \times 7 \times 24 = 104332.8 \text{ lb}$$

مثال: در یک سازه مستطیل به ابعاد ۴×۴ متر در یک تیر آهن به شیب ۴۵° قرار می‌دهیم.

سازمان: سازمان سنجش آموزش عالی

از طرف آب را محاسبه کنید.

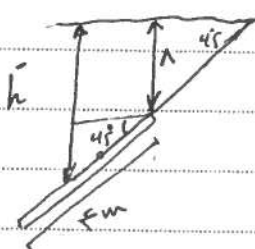


$$\gamma_w = \rho g = 1000 \times 9.81 = 9810$$

$$A = 4 \times 4 = 16 \text{ m}^2$$

$$\bar{h} = 8 + 2 \sin 45^\circ$$

$$F = \gamma_w \cdot \bar{h} \cdot A = 9810 \times (8 + 2 \sin 45^\circ) \times 16 = 1477655 \text{ N}$$



SUBJECT:

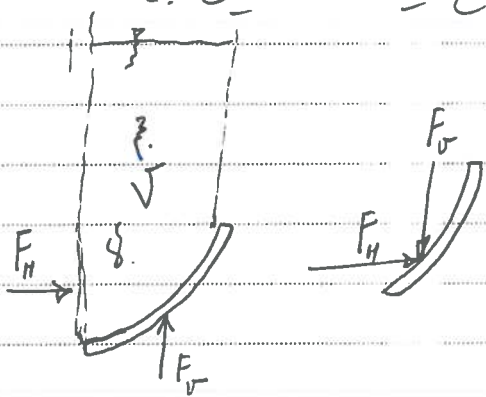
Year: Month: Data: ( )

نفل ۳: نیروی هیدروستاتیکی دارد بر سطح

نیروی هیدروستاتیکی دارد بر سطح عمود

برای تعیین براین نیروهای هیدروستاتیکی دارد بر یک سطح عمود غوطه در مایع باید مولفه های

تأم و افقی را بدست آوریم.



$F_H$ : نیروی افقی  
 $F_V$ : نیروی عمودی

مولفه افقی: باشد بخش قبل

$$F_H = \gamma \cdot h \cdot A$$

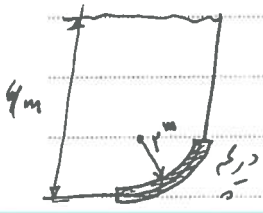
مولفه عمودی:

$F_V = \gamma \cdot V$   
 ۸: حجم معکوس. ۵: حجم سیال بالای دریم  
 سطح آزاد

$$F = \sqrt{F_H^2 + F_V^2}$$

مثال: در یک ای به طول ۴م مطابق شکل در یک مخزن عمودی آب قرار دارد.

در نیروهای تأم و افقی دارد شده از طرف آب را بدست آوریم؟



نیروی افقی:  $F_H = \gamma \cdot h \cdot A$ ,  $h = (4 + \frac{2}{2}) = 5$ ,  $A = 2 \times 4 = 8$

$\gamma = 9810 \rightarrow F_H = 9810 (4 + \frac{2}{2}) \cdot (2 \times 4) = 392400 \text{ N}$

نیروی عمودی:  $F_V = \gamma \cdot V$ ,  $V = (\frac{1}{4} \pi \times 2^2 \times 4 + 4 \times 2 \times 4)$

$F_V = 9810 \times (\frac{1}{4} \pi \times 2^2 \times 4 + 4 \times 2 \times 4) = 437196$   
 $F = \sqrt{392400^2 + 437196^2}$

SUBJECT:

Year: Month: Date: ( )

فصل ۳: نیروی هیدرواستاتیکی وارده بر سطح

نیروی شناوری

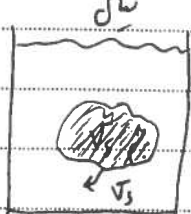
هرگاه جسمی در مایع به طور کامل غوطه ور یا شناور شود از طرف مایع نیروهای به آن وارده می شود.  
برای این نیروها را نیروی شناوری ( $F_B$ ) یا نیروی ارشمیدس می نامند.  
جهت این نیرو در مایع به طرف بالا به جسم وارد می گردد.  
وقتی که در مایع شناوری از مایع به جسم وارد می گردد در مایع و در مایع به جسم به یک جهت است.  
اصل ارشمیدس: به هر جسم فروخته در یک مایع نیروی برابر با وزن مایع جایگزین شده به سمت بالا وارد می گردد.

حالت اول: اگر جسم به طور کامل در مایع فروخته باشد:

وزن معنی:  $\rho_s V_s$       حجم جسم:  $V_s$        $\rho_p \neq \rho_s$

نیروی شناوری:  $F_B$        $\rho_p = \rho_s$        $\rho_p > \rho_s$

حجم غوطه ور مایع:  $V_p$



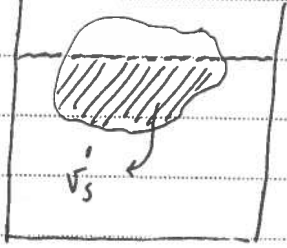
غوطه ور

حالت دوم: اگر بخشی از جسم در مایع فروخته باشد:

وزن معنی:  $\rho_s V'_s$       حجم جسم (قسمتی از جسم):  $V'_s$        $\rho_p > \rho_s$

نیروی شناوری:  $F'_B$        $\rho_p = \rho_s$        $\rho_p > \rho_s$

حجم غوطه ور مایع:  $V'_p$



شناور

SUBJECT:

Year: Month: Data: ( )

فصل ۳: نیروهای هیدروستاتیکی

نیروی شناوری:

حالت ج: جثای در حجم معینی جسم از سیال بکشد باشد:  $\delta_D > \delta_F$

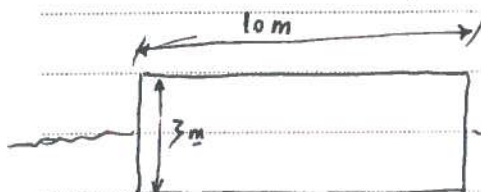
در این حالت جسم به ته سیال سقوط می کند و نیروی وزن  $F_B < F_D$  شناوری

- دشت در منظور از جثای جسم، نسبت جرم جسم به حجم است  $(\rho = \frac{m}{V})$  و نه جثای ماده سازنده جسم.  
برابر شدن یک یک نوعی از جنس آهن ممکن است جثای کمتر از آب داشته باشد.

مثال: یک زیردریایی به شکل تقریبی استوانه با قطر ۳ متر و طول ۱۰ متر در دریای آب شور است.

در این حالت نیکی از حجم زیردریایی در زیر آب قرار گرفته و کف محاذی خالی است.

در صورتی که جرم آهنی آب در برابر با  $1200 \frac{kg}{m^3}$  باشد، وزن زیردریایی را بدست آورید.



حل: زیردریایی به شکل استوانه است که نقطه

نیکی از آن داخل آب دریا است پس

حجم جسم در آب  $V_D$  است.

$$\delta_F = \rho g = 1200 \times 9.81 \quad \text{و} \quad V_D = \frac{1}{2} \cdot (\pi \cdot \frac{3^2}{4} \cdot 10)$$

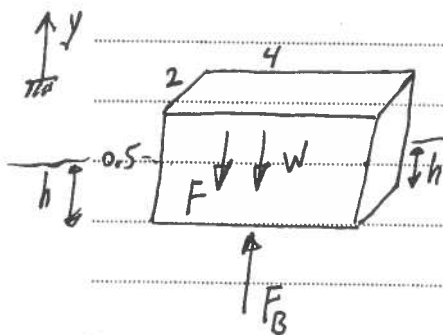
$$W = F_B = \delta_F \cdot V_D = (1200 \times 9.81) \cdot (\frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot 3^2}{4} \cdot 10) = 416057 N \approx 416 kN$$

SUBJECT:

Year: Month: Data: ( )

فصل ۳: نیروهای هیدرواستاتیکی در مایعات

مثال: اسکله چوبی به ابعاد  $4 \times 2 \times 0.5$  متر با چگالی یک کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب در آب قرار دارد.



تعداد است. محقق غوطه‌وری اسکله چوبی را بدست آورید؟

نیروی شناوری = نیروی خارجی + نیروی وزن  $\sum F_y = 0$

$$\gamma_p \cdot V_{in}' = \gamma_s \cdot V_s = 9810 \times (4 \times 2 \times h)$$

$$\gamma_p \cdot V_{in}' = \gamma_s \cdot V_s = 0.5 \times 9810 \times (4 \times 2 \times 0.5)$$

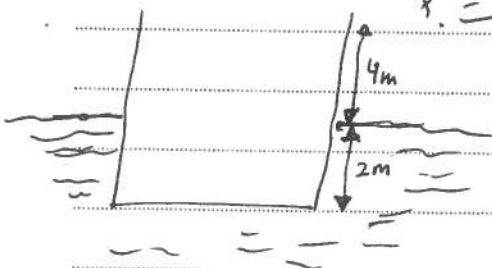
$$F = \text{نیروی خارجی} = 400 \times 9.81$$

$$\gamma_p \cdot V_{in}' = \gamma_s \cdot V_s + F \rightarrow 9810 \times (4 \times 2 \times h) = (0.5 \times 9810 \times 4 \times 2 \times 0.5) + (400 \times 9.81)$$

$$\rightarrow h = 0.3 \text{ m} \quad \text{پس } 0.3 \text{ m از اسکله داخل آب است}$$

مثال: یک مخزن استوانه‌ای خالی در آب شناور است. نفت با چگالی نسبی  $0.8$  که به داخل مخزن ریخته شده است.

حد اکثر ارتفاع نفت داخل مخزن قبل از غرق شدن آن چندتر است؟



$A = \text{مساحت مخزن}$

حالت قبل از غرق شدن مایع:

نیروی شناوری = وزن مخزن + وزن نفت در مخزن

$$\text{وزن مخزن} = \text{نیروی شناوری قبل از غرق شدن} \quad (2 \cdot A) \quad \gamma_p \cdot V_s = \gamma_s \cdot V_{in}' = \text{وزن مخزن}$$

$$(h \cdot A) \quad \gamma_p \cdot V_s = \gamma_s \cdot V_{in}' = \text{وزن نفت در مخزن}$$

$$(6 \cdot A) \quad \gamma_p \cdot V_s = \gamma_s \cdot V_{in}' = \text{حد اکثر نیروی شناوری}$$

$$\rightarrow 0.8 \gamma_p A h + 2 \gamma_p A = 6 \gamma_p A \rightarrow h = 5 \text{ m}$$

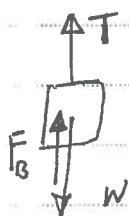
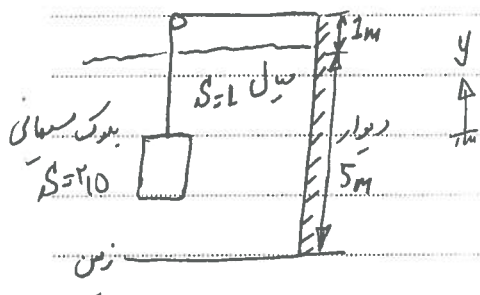
SUBJECT:

Year: Month: Data: ( )

فصل ۳- نیروهای هیدرواستاتیکی وار بر سطح

نیروی شناوری:

مثال: در شکل مقابل هر یک نظر از نیروی وار از طرف آب به دیوار، نیروی وار از جانب دیوار  
سیال هیدرواستاتیک؟ (در صورتی که حجم دیوار  $V$ ، گرانیدگی آب  $N/m^3$  باشد)



$$\sum F_y = 0$$

T: نیروی کشش سیم به دیوار

W: وزن نیروی وار از جانب دیوار  $= mg = \rho V g = \gamma V$

$F_B$ : نیروی شناوری  $= \gamma_p V$

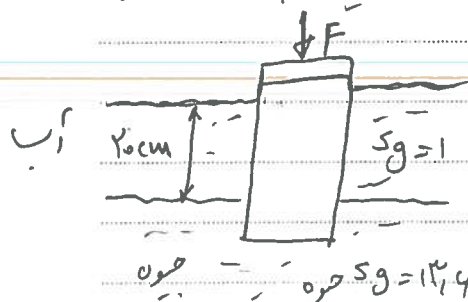
$$\sum F_y = 0 \rightarrow T + F_B - W = 0 \rightarrow T = W - F_B = \gamma V - \gamma_p V$$

$$\rightarrow T = \gamma_p V - 2.5 \gamma_p V = -1.5 \gamma_p V$$

نیروی دیوار به دیوار  $1.5 \gamma_p V$   $\rightarrow$  نیروی وار از جانب دیوار  $=$  نیروی وار از جانب دیوار به جسم

تمرین: یک دیوار مستطیل به ارتفاع  $20 \text{ cm}$  به سطح مقطع  $0.1 \text{ m}^2$  تا  $0.25 \text{ m}$  در مایع شناور شده که

$20 \text{ cm}$  بالای سطح آب در بقیه جویه است. چه نیروی بر حسب نیوتن در بالای این دیوار در درون آن وارد



نیروی شناوری حاصل از آب + جویه = وزن دیوار

تاکل دیوار به دیوار شناور در آنجا؟

در صورت ۱:

نیروی شناوری جویه + نیروی شناوری آب = وزن دیوار  $F +$

در صورت ۲:

نیروی شناوری کامل

BOOSTAN

نتیجه: جسم در جویه فرو رفته و در جهت شناوری کامل، برای آب ثابت است.