فهرست

فصل ۱ فیزیک و اندازه‌گیری

بخش ۱: اندازه‌گیری ۸
بخش ۲: چگالی ۴۱

فصل ۲ کار، انرژی و توان

بخش ۱: مفهوم کار و مفهوم انرژی مکانیکی ۶۳
بخش ۲: ارتباط بین کار و انرژی ۸۲
بخش ۳: توان و بازده ۱۱۸

فصل ۳ ویژگی‌های فیزیکی مواد و فشار

بخش ۱: ماده و ویژگی‌هایش ۱۲۷
بخش ۲: فشار ۱۳۷
بخش ۳: اصل پاسکال در مایع ساکن ۱۵۴
بخش ۴: اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز ۱۶۴
بخش ۵: نیروی شناوری، اصل ارشمیدس و اصل برنولی ۱۸۱

فصل ۴ دما و گرما

بخش ۱: دما و دماسنجی ۲۰۵
بخش ۲: انبساط گرمایی ۲۱۳
بخش ۳: گرما و آثار آن بر اجسام ۲۳۲
بخش ۴: تعادل گرمایی ۲۵۷
بخش ۵: انتقال گرما ۲۶۷
بخش ۶: رابطهٔ بین گازها و نمودارهای آن ۲۷۷

فصل ۵ الکتریسیتهٔ ساکن

بخش ۱: مفاهیم اولیهٔ الکتریسیتهٔ ساکن ۳۰۵
بخش ۲: قانون کولن و میدان‌های الکتریکی ۳۱۹
بخش ۳: الکتریسیتهٔ ساکن با طعم کار و انرژی! ۳۵۵
بخش ۴: خازن ۳۷۷

فصل ۶ جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

بخش ۱: جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی ۳۹۵
بخش ۲: مدارهای تک‌حلقهٔ جریان الکتریکی ۴۱۰
بخش ۳: انرژی و توان وسیلهٔ رسانشی الکتریکی ۴۲۲
بخش ۴: مدارهای تک‌حلقهٔ چندمقاومتی ۴۳۹

فصل ۷ مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

بخش ۱: مفاهیم اولیهٔ مغناطیس ۵۰۵
بخش ۲: اثر میدان مغناطیسی بر بارهای الکتریکی متحرک ۵۱۵
بخش ۳: جریان الکتریکی میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند ۵۳۶
بخش ۴: القای الکترومغناطیسی (قانون لنز ـ فاراده) ۵۵۷
بخش ۵: پدیدهٔ خود ـ القاوری ۵۹۶
بخش ۶: کاربردهایی از القای الکترومغناطیسی (جریان متناوب ـ مبدل) ۶۰۵

نیروی شناوری، اصل ارشمیدس

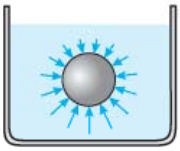
(درس ۹)

حتماً شما هم حداقل یک بار در زندگی‌تان سعی کرده‌اید که توپ پربادی را به داخل آب فرو کنید و نیروی نسبتاً زیادی را که آب رو به بالا به توپ وارد می‌کند، احساس کرده‌اید. این نیرو همان نیرویی است که باعث شناورماندن کشتی‌های غول‌پیکر فولادی بر روی آب می‌شود. اسم این نیرو، **نیروی شناوری** است و آن را با F_b [1] نشان می‌دهیم.

در بحث فشار در شاره گفتیم که:

۱) شاره (مایع یا گاز) به سطح جسمی که در داخل آن است، به طور عمود نیرو وارد می‌کند.

۲) هر چه سطح جسم در نقاط عمیق‌تر شاره باشد، این نیرو بزرگ‌تر است. (در شکل زیر بردارهای نیروی وارد بر یک جسم کروی را در داخل شاره نشان داده‌ایم.)



همین‌طور که در شکل می‌بینید، نیروهایی که به سطح پایینی جسم وارد می‌شوند، بزرگ‌تر و بالاسو هستند. این موضوع باعث می‌شود نیروی خالصی که شاره به جسم درون آن وارد می‌کند، همواره **بالاسو** باشد. این نیروی خالص بالاسو، همان نیروی شناوری است.

اصل ارشمیدس

شاید اولین آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی شناوری حمامی بود که ارشمیدس در آن استحمام می‌کرد. به همین خاطر اصل فیزیکی که نیروی شناوری را شرح می‌دهد، به نام ارشمیدس ثبت شده است. طبق این اصل:

«وقتی تمام یا بخشی از یک جسم درون شاره‌ای فرو رود، از طرف شاره نیرویی بالاسو بر جسم وارد می‌شود. این نیرو برابر با **وزن شارهٔ جابه‌جاشده** توسط جسم است.» خلاصه‌اش یک فرمول ساده است:

$F_b =$ وزن شارهٔ جابه‌جاشده

با توجه به اصل ارشمیدس در تست‌های این بخش، همیشه دنبال حجم مایع جابه‌جاشده هستیم و نکتهٔ مهم این است که حجم مایع جابه‌جاشده برابر حجمی از جسم جامد است که درون مایع فرو رفته است.

حجم جسم جامد که درون مایع فرو رفته = حجم مایع جابه‌جاشده

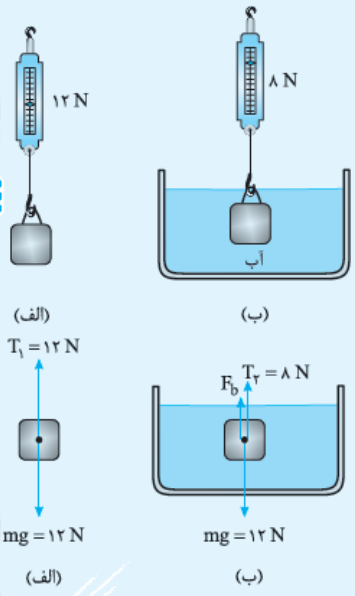
تست **شکل روبه‌رو، نیروسنجی را نشان می‌دهد که وزن جسمی را در دو وضعیت اندازه می‌گیرد. یکی در بیرون از آب و دیگری در داخل آب. با توجه به عددهایی که نیروسنج نشان می‌دهد، وزن آب جابه‌جاشده چند نیوتون است؟**

۱) ۲۰

۲) ۱۶

۳) ۱۰

۴) ۴



پاسخ گزینهٔ ۴ به شکل‌های روبه‌رو نگاه کنید. در حالت (الف) دو نیرو به جسم وارد می‌شود؛ یکی نیروی وزن (mg) و دیگری نیرویی که نیروسنج نشان می‌دهد (T_1). چون جسم در حال تعادل است، این دو نیرو برابرند:

$$mg = T_1 = ۱۲\ N$$

در حالت (ب) (یعنی وقتی جسم درون آب است) سه نیرو به جسم اثر می‌کند: وزن (mg)، نیروی نیروسنج (T_2) و دیگری نیروی شناوری (F_b). با توجه به جهت این نیروها و در حال تعادل بودن جسم داریم:

$$mg - T_2 - F_b = ۰ \Rightarrow F_b = mg - T_2 = ۱۲ - ۸ = ۴\ N$$

یعنی نیروی شناوری ۴ N است و طبق اصل ارشمیدس این نیرو برابر وزن مایع جابه‌جاشده است.

۱- b مخفف واژهٔ buoyant به معنی شناوری است.

تست در شکل روبه‌رو، نیروسنج وزن جسم را در بیرون مایع ۲۰ N نشان می‌دهد. وقتی جسم را داخل مایع ظرف A می‌کنیم، ۰/۵ kg از مایع به ظرف B می‌ریزد. وقتی جسم داخل مایع است، نیروسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟ $(g = 10\ N/kg)$: (قبل از ورود جسم به مایع، ظرف A تا لبهٔ خروجی‌اش از مایع پُر شده است.)

۱) ۵ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

پاسخ گزینهٔ ۲ **گام اول:** مایعی که از ظرف A به ظرف B ریخته شده، همان مایع جابه‌جاشده است. پس نیروی شناوری یا همان وزن مایع جابه‌جاشده را داریم:

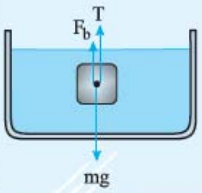
$$F_b = m_{\text{مایع}} g = ۰/۵ \times ۱۰ = ۵\ N$$

گام دوم: وقتی جسم را وارد مایع می‌کنیم، سه نیرو به آن اثر می‌کند:

۱) وزن جسم (mg)

۲) نیرویی که نیروسنج وارد می‌کند (T)

۳) نیروی شناوری (F_b)

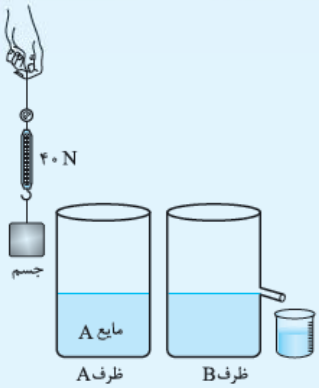


پس داریم:

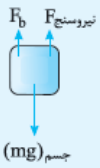
$$m_{\text{جسم}} g - F_b - T = ۰ \Rightarrow T = m_{\text{جسم}} g - F_b = ۲۰ - ۵ = ۱۵\ N$$

تست در شکل روبه‌رو نیروسنج وزن جسم را ۴۰ N نشان می‌دهد. اگر جسم را به طور کامل در مایع درون ظرف A فرو ببریم، نیروسنج ۳۲ N را نشان می‌دهد و اگر آن را به طور کامل در مایع ظرف B فرو ببریم، وزن مایع B که به درون بشر می‌ریزد، ۱۲ N خواهد بود. چگالی مایع A چند برابر چگالی مایع B است؟ (قبل از ورود جسم، ظرف B تا لبهٔ لولهٔ خروجی‌اش از مایع پر شده است.)

۱) $\frac{۳}{۸}$ ۲) $\frac{۸}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۲}{۳}$



پاسخ گزینهٔ ۴ **گام اول:** وقتی جسم را وارد مایع A می‌کنیم، نیروسنج ۳۲ N را نشان می‌دهد، پس مطابق شکل نیروی شناوری یا همان وزن مایع A را که توسط جسم جابه‌جاشده است، می‌توانیم حساب کنیم:



$$F_{bA} + F_{\text{نیروسنج}} = (mg)_{\text{جسم}} \Rightarrow F_{bA} = (mg)_{\text{جسم}} - F_{\text{نیروسنج}} \Rightarrow F_{bA} = ۴۰ - ۳۲ = ۸\ N \Rightarrow \underbrace{= \Delta m_A g}_{\substack{\text{وزن مایع A که} \\ \text{جابه‌جا شده است.}}} = ۸\ N$$

از سوی دیگر وقتی جسم را وارد مایع B می‌کنیم، ۱۲ N از مایع B به درون بشر می‌ریزد، پس وزن مایع B که توسط جسم جابه‌جا شده، برابر ۱۲ N است.

گام دوم: نکتهٔ مهم و اساسی این‌جاست که چون حجم جسم تغییر نمی‌کند و جسم به طور کامل وارد هر دو مایع می‌شود، حجم مایع جابه‌جا شده در دو ظرف یکسان است:

$$\Delta V_A = \Delta V_B = V_{\text{جسم}}$$

گام سوم: می‌خواهیم بدانیم چگالی مایع A چند برابر چگالی مایع B است، پس فرمول چگالی را باید وارد میدان کنیم:

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V} \Rightarrow \Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} \xrightarrow{\Delta V_A = \Delta V_B} \frac{\Delta m_A}{\rho_A} = \frac{\Delta m_B}{\rho_B} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\Delta m_A}{\Delta m_B} \xrightarrow{\frac{\Delta m_A}{\Delta m_B} = \frac{\Delta m_A g}{\Delta m_B g}} \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{۸}{۱۲} = \frac{۲}{۳}$$

فرمول نیروی شناوری (با مشورت معلمتان بخوانید)

در کتاب درسی گفته شده است که حل هر گونه مسئلهٔ عددی مبتنی بر اصل ارشمیدس از اهداف کتاب درسی خارج است. ولی بعضی از معلمین محترم معتقدند این گفتهٔ کتاب درسی باعث نمی‌شود که طراحان کنکور از اصل ارشمیدس سؤال محاسباتی ندهند. به ویژه این‌که رابطهٔ نیروی شناوری چیزی بیشتر از اصل ارشمیدس نیست. *(البته اگه نظر ما رو می‌پرسید، ما می‌گیم از دبیرتون بپرسید، هر چی دبیرتون بگه همون درسته.)*

ما این‌جا قصد نداریم اصل ارشمیدس را اثبات کنیم؛ بلکه می‌خواهیم به شما یاد بدهیم که چه‌طور از این اصل در حل مسائل استفاده کنید:

فرض کنید حجم V از یک جسم (به طور کامل یا ناقص) وارد شاره شده و همان‌قدر شاره را جابه‌جا کرده است. در واقع حجم شارهٔ جابه‌جاشده برابر حجمی از جسم است که وارد شاره شده است:

$$V_{\text{شارهٔ جابه‌جاشده}} = V_{\text{جسم که داخل شاره شده است}} = V$$

طبق اصل ارشمیدس، نیروی شناوری برابر وزن شاره جابه‌جاشده است. یعنی:

$$F_b = m_{\text{شارهٔ جابه‌جاشده}} g \xrightarrow{m_{\text{شارهٔ جابه‌جاشده}} = \rho_{\text{شاره}} V} F_b = \rho_{\text{شاره}} V g \Rightarrow \boxed{F_b = \rho V g}$$

F_b: نیروی شناوری

ρ: چگالی شاره

V: حجم آن قسمتی از جسم که داخل مایع شده است یا حجم مایع جابه‌جاشده

تست در شکل روبه‌رو مکعبی به ضلع $10\ cm$ بر روی مایعی به چگالی $2\ g/cm^3$ شناور است. نیروی شناوری که مایع به جسم وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ $(g = 10\ N/kg)$

۱) ۶ ۲) ۸

۳) ۱۲ ۴) ۱۶

پاسخ گزینهٔ ۲

گام اول: در شکل می‌بینیم که $4\ cm$ از مکعب در مایع فرو رفته، یعنی حجمی از جسم که داخل مایع فرو رفته برابر است با:

$$V = 10 \times 10 \times 4 = 400\ cm^3 = 4 \times 10^{-4}\ m^3$$

این حجم، حجم مایع جابه‌جاشده هم هست.

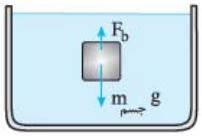
گام دوم: طبق اصل ارشمیدس، نیروی شناوری برابر وزن مایع جابه‌جاشده است. پس داریم:

$$F_b = m_{\text{مایع جابه‌جاشده}} g = \rho_{\text{مایع}} V g = 2 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-4} \times 10 = 8\ N$$

شناور، غوطه‌ور یا ته‌نشین (مقایسهٔ چگالی شاره و جسم)

اگر همه یا بخشی از یک جسم درون شاره‌ای باشد، به آن حداقل دو نیرو وارد می‌شود. یکی نیروی وزن جسم (mg) به طرف پایین و دیگری نیروی شناوری (F_b) به طرف بالا (فرض می‌کنیم نیروی دیگری به جسم وارد نمی‌شود). تقابل این دو نیرو وضعیت حرکت جسم را مشخص می‌کند. اگر در ابتدای ماجرا جسم را به طور کامل درون شاره قرار داده و سپس رها کنیم:

حالت اول: فرورفتن (ته‌نشین‌شدن)



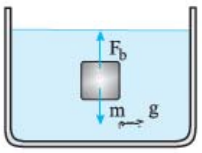
اگر نیروی وزن جسم از نیروی شناوری بیشتر باشد، جسم به طرف پایین حرکت می‌کند تا در نهایت ته‌نشین شود.

$F_b < m_{\text{جسم}} g \Leftrightarrow$ جسم به سمت پایین می‌رود و ته‌نشین می‌شود.

شرط ته‌نشین‌شدن جسم در شاره این است که چگالی متوسط جسم از چگالی شاره بیشتر باشد:

$$F_b < m_{\text{جسم}} g \Rightarrow \rho_{\text{شاره}} V_{\text{جسم}} g < m_{\text{جسم}} g \xrightarrow{m_{\text{جسم}} = \rho_{\text{جسم}} V_{\text{جسم}}} \rho_{\text{شاره}} V_{\text{جسم}} g < \rho_{\text{جسم}} V_{\text{جسم}} g \Rightarrow \rho_{\text{شاره}} < \rho_{\text{جسم}}$$

حالت دوم: غوطه‌ور (معلق‌شدن)

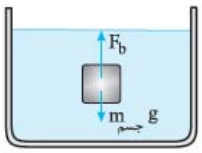


اگر نیروی وزن جسم با نیروی شناوری برابر باشد، جسم درون شاره معلق باقی می‌ماند. در این شرایط اصطلاحاً می‌گوییم جسم درون مایع غوطه‌ور است. $\Rightarrow F_b = m_{\text{جسم}} g$ جسم درون مایع غوطه‌ور است.

می‌توان ثابت کرد شرط غوطه‌وری جسم در شاره این است که چگالی متوسط جسم و شاره برابر باشد. یعنی:

$$\rho_{\text{جسم}} = \rho_{\text{شاره}}$$

حالت سوم: بالارفتن



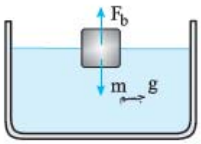
اگر نیروی وزن جسم از نیروی شناوری کم‌تر باشد، جسم به طرف بالا حرکت می‌کند.

$F_b > m_{\text{جسم}} g \Leftrightarrow$ جسم به طرف بالا حرکت می‌کند.

حتماً خودتان هم این حدس را زده‌اید. در این حالت، چگالی متوسط جسم از چگالی شاره کم‌تر است. یعنی: $\rho_{\text{جسم}} < \rho_{\text{شاره}}$

حواستون باشه! جسم تا جایی بالا می‌رود که بخشی از جسم از مایع بیرون بزند و حالت چهارم شکل بگیرد:

حالت چهارم: شناوری



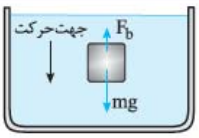
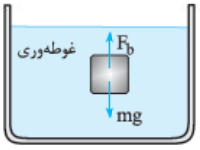
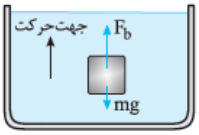
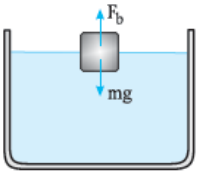
همان‌طور که در حالت سوم دیدید، اگر چگالی متوسط جسم از چگالی شاره کم‌تر باشد، در نهایت جسم به سطح آزاد شاره می‌رسد و وقتی بخش معینی از آن از شاره خارج شود، به تعادل می‌رسد. در این حالت می‌گوییم جسم روی شاره شناور است.

در این حالت چون جسم در تعادل است، نیروهای وارد بر آن باید متوازن باشند، پس در حالت شناوری:

$$F_b = m_{جسم}\, g \Rightarrow$$ جسم در سطح مایع شناور است.

حواستون باشه! در این حالت در رابطهٔ $F_b = \rho V g$ باید به جای V، حجم قسمتی از جسم را که درون شاره است بگذاریم.

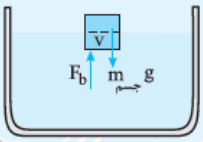
جمع‌بندی آن‌چه در این درس‌نامه گفتیم را در جدول زیر خلاصه کردیم تا شما راحت‌تر مرور کنید:

حالت	مقایسهٔ نیروی شناوری (F_b) و نیروی وزن جسم (mg)	شکل	مقایسهٔ چگالی جسم (ρ) و چگالی شاره ($\rho_\circ$)	وضعیت جسم
اول	$mg > F_b$		$\rho > \rho_\circ$	جسم در شاره به سمت پایین حرکت می‌کند تا ته‌نشین شود.
دوم	$mg = F_b$		$\rho = \rho_\circ$	جسم درون شاره غوطه‌ور می‌ماند.
سوم	$mg < F_b$		$\rho < \rho_\circ$	جسم به طرف بالا حرکت می‌کند تا بر سطح مایع شناور شود.
چهارم	$mg = F_b$		$\rho < \rho_\circ$	جسم در سطح مایع شناور است.

تست قطعهٔ چوبی به جرم ۴ kg روی سطح آب شناور و ساکن است. نیروی شناوری وارد بر چوب چند نیوتون است؟

۱) صفر ۲) ۲۰ ۳) ۴۰ ۴) ۸۰

پاسخ **گزینهٔ ۳** وقتی می‌گوییم جسمی روی مایعی شناور است، یعنی بخشی از آن داخل مایع و بقیهٔ آن خارج مایع قرار گرفته است. با این توضیح به حل سؤال می‌پردازیم.



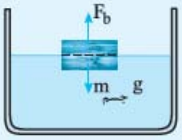
دو نیرو در راستای قائم به قطعه چوب وارد می‌شوند: یکی نیروی رو به پایین وزن و دیگری نیروی رو به بالای شناوری و چون چوب ساکن است، برایند نیروهای وارد بر آن صفر است؛ به این معنی که نیروهای وارد بر چوب (F_b و W) هم‌اندازه و قرینه‌اند.

$$F_b = m_{جسم}\, g \Rightarrow F_b = ۴ \times ۱۰ = ۴۰\ N$$

تست قطعهٔ چوبی به چگالی $۸۰۰\ kg/m^3$ و حجم $۵۰۰\ cm^3$ بر سطح آب شناور است. چند سانتی‌متر مکعب از چوب داخل آب قرار می‌گیرد؟ ($\rho_{آب} = ۱۰۰۰\ kg/m^3$, $g = ۱۰\ m/s^2$)

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۴۰۰

پاسخ **گزینهٔ ۴** **گام اول:** شکل مناسبی رسم کرده و نیروهایی را که به چوب وارد می‌شود مشخص می‌کنیم:



گام دوم: چوب در سطح آب شناور است. پس باید نیروی وزن چوب و نیروی شناوری با هم برابر باشند (حجم قسمتی از چوب را که داخل آب است با V_{in} نشان می‌دهیم).

$$F_b = m_{چوب}g \Rightarrow \underbrace{m_{\circ}g}_{\text{وزن مایع جابه‌جاشده}} = m_{چوب}g \Rightarrow \underbrace{m_{\circ}}_{\text{جرم مایع جابه‌جاشده}} = m_{چوب}$$

حالا در دو طرف تساوی به جای m معادلش (ρV) را قرار می‌دهیم:

$$\rho_{\circ}V_{in} = \rho_{چوب}V_{چوب} \Rightarrow ۱۰۰۰ \times V_{in} = ۸۰۰ \times ۵۰۰ \times ۱۰^{-۶} \Rightarrow V_{in} = ۴ \times ۱۰^{-۴}\,m^۳ = ۴ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰^۶\,cm^۳ = ۴۰۰\,cm^۳$$

تأثیر نیروی شناوری بر مایع

گفتیم نیروی شناوری، نیرویی بالاسو است که از سوی مایع به جسم وارد می‌شود. هر جا که جسمی به جسم دیگر نیرو وارد می‌کند، *یادی بکنیم از قانون سوم نیوتون!* طبق این قانون اگر جسم A به جسم B نیرو وارد کند، جسم B هم نیرویی به همان اندازه و در خلاف جهت به جسم A وارد می‌کند. پس در بحث شناوری جسم هم به مایع نیرویی پایین‌سو وارد می‌کند.

به تست‌های زیر توجه کنید:

تست **در شکل روبه‌رو با واردکردن انگشت در آب، عددی که نیروسنج نشان می‌دهد چه تغییری می‌کند؟**

۱) افزایش می‌یابد.

۲) کاهش می‌یابد.

۳) تغییر نمی‌کند.

۴) بستگی به چگالی مایع و چگالی انگشت دارد.

پاسخ **گزینهٔ ۱** گفتیم با ورود جسم به مایع، نیرویی پایین‌سو به مایع وارد می‌شود. ترازو این نیرو را هم نشان می‌دهد. پس عددی که ترازو نشان می‌دهد بیشتر می‌شود. در واقع نیرویی که ترازو نشان می‌دهد مجموع نیروی وزن ظرف و مایع و نیروی شناوری است.

تست **در شکل روبه‌رو، قبل از واردکردن جسم به داخل آب درون لیوان، نیروسنج ۸ N و وزن‌سنج ۱۲ N را نشان می‌دهند. با ورود جسم به داخل آب لیوان، نیروسنج ۶ N را نشان می‌دهد. وزن‌سنج چه نیرویی را نشان می‌دهد؟**

۱) ۱۰

۲) ۱۲

۳) ۱۴

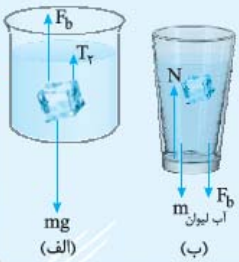
۴) ۲۰

پاسخ **گزینهٔ ۳** **گام اول:** مطابق شکل (الف) پس از ورود جسم به داخل آب، به جسم سه نیرو وارد می‌شود: وزن جسم (mg)، نیرویی که نیروسنج نشان می‌دهد (T) و نیروی شناوری (F_b). داریم:

$$m_{جسم}g - T_۲ - F_b = \circ \Rightarrow ۸ - ۶ - F_b = \circ \Rightarrow F_b = ۲\,N$$

گام دوم: مطابق شکل (ب) به آب درون لیوان و لیوان هم سه نیرو وارد می‌شود. یکی نیروی وزن آن‌ها (mg)، یکی نیروی عمودی تکیه‌گاه (N) که همان عددی است که وزن‌سنج نشان می‌دهد و دیگری نیروی پایین‌سوی شناوری (F_b) که جسم به آب وارد کرده است:

$$m_{آب\,و\,لیوان}g + F_b - N_۲ = \circ \Rightarrow ۱۲ + ۲ - N_۲ = \circ \Rightarrow N_۲ = ۱۴\,N$$



۷۴۵- گزینهٔ ۳ می‌دانیم که هر چه عمق بیشتر باشد، طبق رابطهٔ $P = \rho gh$ فشار و در نتیجه طبق رابطهٔ $F = PA$ نیرویی که مایع به یک سطح معین از جسم وارد می‌کند، بیشتر می‌شود و این موضوع در (۲) دیده می‌شود.

این پدیده به ما می‌گوید که نیروی خالص وارد بر جسم درون شاره به طرف بالا به جسم وارد می‌شود. این نیروی خالص همان نیروی شناوری (F_b) است.

۷۴۶- گزینهٔ ۴ چگالی سوزن فلزی از آب بیشتر است؛ پس قاعدتاً سوزن باید در ته ظرف ته‌نشین شود، اما آب به دلیل کشش سطحی شکافته نمی‌شود و سوزن را بر سطح خود نگه می‌دارد. چوب آب را می‌شکافد و وارد آب می‌شود؛ اما چون چگالی چوب کم‌تر از چگالی آب است، در حالت تعادل نیروی شناوری و وزن با هم برابر است و چوب بر سطح آب شناور می‌ماند.

۷۴۷- گزینهٔ ۲ طبق اصل ارشمیدس، نیروی شناوری وارد بر جسم از طرف مایع، برابر با وزن مایع جابه‌جاشده توسط جسم است. در صورت سؤال گفته شده که جرم دو کره با هم برابر است.

$$m_A = m_B \xrightarrow{m=\rho V} \rho_A V_A = \rho_B V_B \xrightarrow{\rho_A > \rho_B} V_A < V_B$$

چون حجم کرهٔ B بیشتر از حجم کرهٔ A است، حجم و در نتیجه وزن مایع جابه‌جاشده توسط کرهٔ B بیشتر از کرهٔ A است. بنابراین نیروی شناوری وارد بر کرهٔ B بیشتر است.

۷۴۸- گزینهٔ ۴ اصل ارشمیدس می‌گوید نیروی شناوری وارد بر جسم، برابر با وزن مایع جابه‌جاشده توسط جسم است.

حجم جسم درون مایع در این چهار جسم و در نتیجه حجم مایع جابه‌جاشده توسط این چهار جسم به صورت زیر است: ($V_{م.ج}$ حجم مایع جابه‌جاشده است.)

$$(V_{م.ج})_A < (V_{م.ج})_B < (V_{م.ج})_C = (V_{م.ج})_D \quad (۱)$$

پس طبق اصل ارشمیدس نیروی شناوری وارد بر جسمی که مایع بیشتری جابه‌جا کرده بزرگ‌تر است:

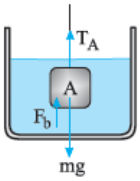
$$F_A < F_B < F_C = F_D$$

۷۴۹- گزینهٔ ۱ **حواستون باشه!** در این سؤال فقط کافی است حساب کنیم که جرم گلوله چند گرم است. چون هر مقدار جرم در کفهٔ محتوی ظرف آب اضافه کنیم (چه روی کفهٔ ترازو، چه داخل آب)، گلوله در هر حالتی که باشد، باید هم‌اندازهٔ آن جرم در کفهٔ دیگر ترازو اضافه کنیم. پس داریم:

$$m = \rho V = ۲ \times ۲۰ = ۴۰\,g = ۰/۰۴\,kg$$

حواستون باشه! نیرویی که بر کف ظرف حاوی آب وارد می‌شود، برابر با عکس‌العمل نیروی شناوری وارد بر جسم است. پس نیرویی برابر با $F_b = \rho_{مایع} V_{جسم} g = ۱۰^۳ \times ۲۰ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰ = ۰/۲\,N$ بر کف ظرف وارد می‌شود.

۷۵۰- گزینهٔ ۱ وقتی جسم A داخل آب است، نیروی شناوری رو به بالا از طرف آب به جسم وارد می‌شود. پس داریم:



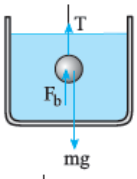
$$T_A + F_b = mg \Rightarrow T_A = mg - F_b$$

وقتی جسم A را از آب خارج می‌کنیم، این نیروی شناوری (F_b) حذف می‌شود، در نتیجه نیروی کشش طناب متصل به جسم A (T_A) زیاد می‌شود:

$$T'_A = mg$$

در مورد جسم B، نیروی کشش طناب متصل به آن تغییری نمی‌کند، چون نه وزن جسم تغییر کرده و نه نیروی شناوری وارد بر آن! (پس جسم A به سمت پایین و جسم B به سمت بالا جابه‌جا می‌شود.)

۷۵۱- گزینهٔ ۳ وقتی گلوله را وارد آب می‌کنیم، مطابق شکل به گلوله سه نیرو وارد می‌شود. نیروی وزن گلوله، نیروی کشش نخ و نیروی شناوری از طرف آب. پس داریم:

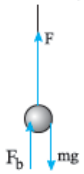


$$T + F_b = mg \Rightarrow F_b = mg - T$$

از طرفی گلوله نیروی عکس‌العمل برابر با F_b را به آب وارد می‌کند، پس عددی که نیروسنج نشان می‌دهد، افزایش می‌یابد اما به اندازهٔ مقداری کم‌تر از نیروی وزن گلوله.

۷۵۲- گزینهٔ ۳ در **حالت اول**، ترازو نیروی وزن مجموعه (استکان + چای + قاشق) را نشان می‌دهد.

در **حالت دوم** با خارج‌کردن مقداری از قاشق از درون چای، سه نیرو مطابق شکل به قاشق وارد می‌شود (نیروی F از طرف دست به قاشق وارد می‌شود). پس داریم:



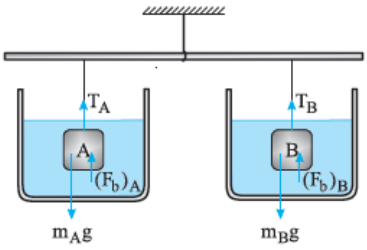
$$F_b = mg - F$$

از طرف قاشق نیروی عکس‌العمل برابر با نیروی شناوری (F_b) به چای وارد می‌شود؛ پس ترازو عدد کم‌تری را نسبت به حالت (۱) (یعنی کم‌تر از وزن قاشق) نشان می‌دهد ($F_۱ > F_۲$).

در **حالت سوم** قاشق به کلی از استکان خارج شده؛ پس نیروی شناوری و عکس‌العمل آن کاملاً حذف می‌شود و ترازو عدد کم‌تری را نسبت به حالت دوم نشان می‌دهد ($F_۳ < F_۲$). پس داریم:

$$F_۱ > F_۲ > F_۳$$

۷۵۳- گزینهٔ ۱ در شکل روبه‌رو نیروهای وارد بر دو جسم قبل از خارج‌کردن آن‌ها از مایع نشان داده شده است. در صورت سؤال گفته شده که میله در حالت افقی و در حال تعادل است؛ پس نیروی کشش نخ در دو طرف میله برابر است:



$$\begin{cases} T_A + (F_b)_A = m_A g \\ T_B + (F_b)_B = m_B g \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_A = m_A g - (F_b)_A \\ T_B = m_B g - (F_b)_B \end{cases} \xrightarrow{T_A = T_B} m_A g - (F_b)_A = m_B g - (F_b)_B \quad (۱)$$

در صورت سؤال گفته شده که حجم جسم A بیشتر از حجم جسم B است، پس جسم A مایع بیشتری را جابه‌جا می‌کند و در نتیجه نیروی شناوری وارد بر آن بیشتر است:

$$(F_b)_A > (F_b)_B \xrightarrow{\text{رابطهٔ (۱)}} m_A g > m_B g \Rightarrow m_A > m_B$$

بنابراین جسم A به سمت پایین و جسم B به سمت بالا متمایل می‌شود.

حواستون باشه! اگر حجم دو جسم برابر بود $m_Ag = m_Bg$ می‌شد، پس میله به حالت افقی باقی می‌ماند و اگر حجم جسم B از حجم جسم A بیشتر بود، $m_Bg > m_Ag$ می‌شد و میله در طرف جسم B به سمت پایین می‌رفت.

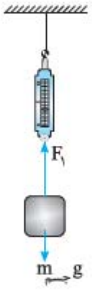
۷۵۴- گزینهٔ ۳ **روش اول:** می‌دانیم که اختلاف نیروهای واردشده به قاعده‌های پایینی و بالایی استوانه را می‌توانیم از رابطهٔ $\Delta F = \Delta P \times A$ به دست آوریم که در این رابطه ΔP اختلاف فشار وارد از طرف مایع بر دو قاعده و A مساحت سطح قاعده است:

$$\Delta F = \Delta P \times A \xrightarrow{\Delta P = \rho g \Delta h} \Delta F = \rho g \Delta h \times A \xrightarrow{\Delta h = ۵ - ۱ = ۴ cm = ۰/۴ m} \Delta F = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۴ \times ۲۰ \times ۱۰^{-۴} = ۸ N$$

روش دوم: اختلاف نیرویی که سؤال خواسته، همان نیروی شناوری است. پس داریم: $F_b = \rho_{\text{مایع}} V_{\text{جسم}} g = ۱۰۰۰ \times (۲۰ \times ۴۰ \times ۱۰^{-۶}) \times ۱۰ = ۸ N$

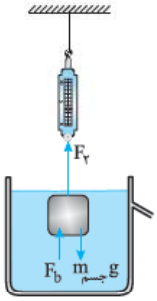
۷۵۵- گزینهٔ ۲ اول این را بگوییم که طبق اصل ارشمیدس، نیروی شناوری وارد بر جسم وقتی آن را داخل آب می‌کنیم، برابر با وزن آب جابه‌جاشده توسط جسم است. یعنی در این سؤال نیروی شناوری برابر با وزن آب ریخته‌شده درون کفهٔ ترازو است. حالا می‌رویم سراغ حل تست:

گام اول: قبل از این‌که جسم را داخل آب فرو ببریم، عددی که نیروسنج نشان می‌دهد، برابر با وزن جسم است:



$$F_۱ - m_{\text{جسم}} g = ۰ \Rightarrow F_۱ = m_{\text{جسم}} g = ۲۵ N$$

گام دوم: وقتی جسم را داخل آب فرو می‌بریم، نیروی شناوری هم رو به بالا به جسم اثر می‌کند:



$$F_۲ + F_b = m_{\text{جسم}} g \Rightarrow F_۲ = m_{\text{جسم}} g - F_b$$

گفتیم که نیروی شناوری برابر با وزن آب داخل ترازو است:

$$F_b = m_{\text{آب}} g = ۰/۶ \times ۱۰ = ۶ N$$

پس داریم:

$$F_۲ = ۲۵ - ۶ = ۱۹ N$$

۷۵۶- گزینهٔ ۴ همانند تست قبل وزن مایع جابه‌جاشده یا همان وزن مایع درون ظرف B برابر تغییر نیرویی است که نیروسنج نشان می‌دهد:

$$F_b = \Delta F_{\text{نیروسنج}} = ۲ \times ۱۰ - ۱۵ = ۵ N$$

۷۵۷- گزینهٔ ۲ **روش اول:** طبق اصل ارشمیدس، نیروی شناوری وارد بر مکعب A و B، برابر با وزن مایع جابه‌جاشده توسط این دو جسم است. در صورت سؤال گفته شده که نیروی شناوری وارد بر این دو جسم برابر است. پس وزن و در نتیجه جرم مایع جابه‌جاشده توسط این دو مکعب یکسان است $(m_{\text{روغن جابه‌جاشده}} = m_{\text{آب جابه‌جاشده}})$. می‌دانیم که $m = \rho V$ است:

$$\rho_{\text{آب}} V_{\text{آب جابه‌جاشده}} = \rho_{\text{روغن}} V_{\text{روغن جابه‌جاشده}} \xrightarrow{\rho_{\text{روغن}} < \rho_{\text{آب}}} V_{\text{روغن جابه‌جاشده}} < V_{\text{آب جابه‌جاشده}}$$

چون دو جسم به طور کامل داخل مایع فرو رفته‌اند، حجم مایع جابه‌جاشده همان حجم جسم است، پس $V_B > V_A$ است. می‌توانیم از طریق فرمول هم به این نتیجه برسیم.

روش دوم: در صورت سؤال گفته شده که نیروی شناوری وارد بر هر دو مکعب برابر است، پس می‌توانیم بنویسیم:

$$(F_b)_A = (F_b)_B \Rightarrow \rho_{\text{آب}} \overset{\uparrow}{(V_{\text{ج.م}})_A} g = \rho_{\text{روغن}} \overset{\uparrow}{(V_{\text{ج.م}})_B} g \Rightarrow \frac{\rho_{\text{آب}}}{\rho_{\text{روغن}}} = \frac{V_B}{V_A} \xrightarrow{\rho_{\text{آب}} > \rho_{\text{روغن}}} V_B > V_A$$

(برابر با حجم مکعب A، برابر با حجم مکعب B)

۷۵۸- گزینهٔ ۳ هر دو استوانه به طور کامل داخل مایع فرو رفته‌اند، پس هر دو استوانه به اندازهٔ حجمشان مایع را جابه‌جا می‌کنند. پس حجم مایع جابه‌جاشده توسط این دو استوانه یکسان است. طبق اصل ارشمیدس، نیروی شناوری وارد بر جسم برابر با وزن مقدار مایع جابه‌جاشده توسط جسم است. پس نیروی شناوری وارد بر این دو استوانه با هم برابر است؛ حالا می‌خواهیم با فرمول هم این نتیجه را ثابت کنیم.

با توجه به صورت سؤال، حجم ظاهری دو استوانه با هم برابر است، پس حجم مایع جابه‌جاشده توسط هر دو استوانه یکسان و برابر با حجم ظاهری استوانه‌هاست. پس وجود حفره در استوانهٔ شمارهٔ (۱) تأثیری ندارد.

$$\begin{cases} F_{b_۱} = \rho_{\text{مایع}} \overset{\uparrow}{V_۱} g \\ F_{b_۲} = \rho_{\text{مایع}} \overset{\downarrow}{V_۲} g \end{cases} \xrightarrow{V_۱ = V_۲} F_{b_۱} = F_{b_۲}$$

(حجم مایع جابه‌جاشده توسط استوانهٔ (۱)، حجم مایع جابه‌جاشده توسط استوانهٔ (۲))

۷۵۹- گزینهٔ ۲ **گام اول:** وقتی یک جسم در سطح مایع شناور است، برای محاسبهٔ نیروی شناوری باید حجمی از جسم را که درون مایع قرار دارد، محاسبه کنیم:

$$V_{\text{استوانه}} = \pi r^2 h = 3\times(10\times10^{-2})^2\times25\times10^{-2} = 75\times10^{-4}\ m^3$$

$$V_{in} = \frac{V_{\text{استوانه}}}{2} = 37/5\times10^{-4}\ m^3$$

گام دوم: حالا می‌رویم سراغ محاسبهٔ نیروی شناوری وارد بر استوانه. طبق اصل ارشمیدس نیروی شناوری برابر با وزن مایع جابه‌جاشده است:

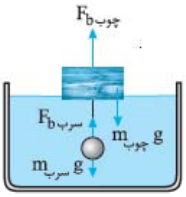
$$F_b = \text{وزن مایع جابه‌جاشده} = m_{\text{مایع}}g = \rho_{\text{مایع}}V_{in}g = 1/8\times10^3\times37/5\times10^{-4}\times10 = 67/5\ N$$

۷۶۰- گزینهٔ ۳ می‌دانیم که به دلیل جذب مایع وزن فیبر زیاد می‌شود و بیشتر در مایع فرو می‌رود. پس یا (۳) درست است یا (۴). برای این‌که فیبر بعد از جذب مایع هم روی سطح مایع شناور بماند، باید نیروی شناوری وارد بر آن به اندازهٔ وزن مایع اضافه‌شده به فیبر، افزایش یابد. نیروی شناوری برابر با وزن مایع جابه‌جاشده است؛ پس باید به میزان وزن $0/5\ kg$ مایع جابه‌جاشده به نیروی شناوری اضافه شود. حالا حجم $0/5\ kg$ مایع را حساب می‌کنیم:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{500}{2} = 250\ cm^3$$

می‌دانیم که حجم این مقدار مایع جابه‌جاشده همان حجم بخش غوطه‌ور فیبر است که بیشتر در مایع فرو رفته است.

۷۶۱- گزینهٔ ۳ **گام اول:** ابتدا تکلیف h_1 و h_2 را روشن کنیم! در حالت (الف) به هر دو جسم (گلولهٔ سربی و چوب) نیروی شناوری اثر می‌کند (شکل روبه‌رو)، که مجموع آن‌ها نیروی وزن دو جسم را خنثی می‌کنند:



(۱) وزن کل آبی که جابه‌جا شده است در حالت (الف) $= (m_{\text{سرب}} + m_{\text{چوب}})g \xrightarrow{F_b = \text{وزن مایع جابه‌جاشده}} m_{\text{سرب}}g + m_{\text{چوب}}g = F_{b\,\text{چوب}}$

در حالت (ب) هم نیروی شناوری وارد بر چوب برابر وزن دو جسم است:

(۲) وزن کل آبی که جابه‌جا شده است در حالت (ب) $= (m_{\text{سرب}} + m_{\text{چوب}})g \xrightarrow{F_b = \text{وزن مایع جابه‌جاشده}} m_{\text{سرب}}g + m_{\text{چوب}}g = F'_{b\,\text{چوب}}$

با مقایسهٔ تساوی‌های (۱) و (۲) می‌فهمیم که وزن (و در نتیجه حجم) مایع جابه‌جاشده، در دو حالت (الف) و (ب) برابر است: (h_0 عمق اولیهٔ آب در هر دو حالت است.)

$$\Delta V_{\text{الف}} = \Delta V_{\text{ب}} \Rightarrow \cancel{A}\Delta h_{\text{الف}} = \cancel{A}\Delta h_{\text{ب}} \Rightarrow h_1 - h_0 = h_2 - h_0 \Rightarrow h_1 = h_2$$

گام دوم: فهمیدیم که تغییر حجم آب در دو حالت یکسان است. اما در شکل (الف)، قسمتی از تغییر حجم آب به دلیل حجم گلولهٔ سربی و بقیهٔ آن به دلیل فرورفتن چوب در آب است. اما در شکل (ب) تمام تغییر حجم آب ناشی از فرورفتن چوب در آب است، یعنی داریم:

$$\begin{cases} \text{حالت (الف):}\ \Delta V_{\text{آب}} = (\text{حجم قسمتی از چوب که در آب است}) + (\text{حجم گلولهٔ سربی}) \\ \text{حالت (ب):}\ \Delta V_{\text{آب}} = (\text{حجم قسمتی از چوب که در آب است}) \end{cases}$$

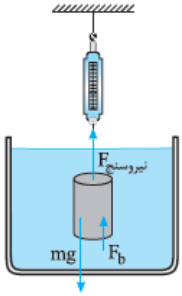
$$\Delta V_{1\,\text{چوب}} + V_{\text{سرب}} = \Delta V_{2\,\text{چوب}} \Rightarrow \Delta V_{1\,\text{چوب}} < \Delta V_{2\,\text{چوب}} \Rightarrow A_{\text{چوب}}x_1 < A_{\text{چوب}}x_2 \Rightarrow x_1 < x_2$$

۷۶۲- گزینهٔ ۲ چون دو جسم در آب معلق‌اند، مجموع وزن دو کره هم‌اندازه با مجموع نیروهای شناوری وارد بر آن‌ها است: (نیروهای شناوری همان مجموع وزن آب جابه‌جاشده توسط دو گلوله است.)

$$m_Ag + m_Bg = \underbrace{\rho_{\text{آب}}V_Ag + \rho_{\text{آب}}V_Bg}_{\text{وزن آب جابه‌جاشده}} \xrightarrow{m=\rho V} \rho_AV_A + \rho_BV_B = \rho_{\text{آب}}(V_A + V_B)$$

$$\Rightarrow \rho_A\times2 + 0/6\times4 = 1\times(2+4) \Rightarrow \rho_A = 1/8\ g/cm^3 = 1800\ kg/m^3$$

۷۶۳- گزینهٔ ۲ کاهش عددی که نیروسنج نشان می‌دهد، به دلیل نیروی شناوری است که مایع به استوانه وارد می‌کند.



نیروی شناوری برابر با وزن مایع جابه‌جاشده توسط استوانه است.

$$F_{\text{نیروسنج}} = mg - F_b$$

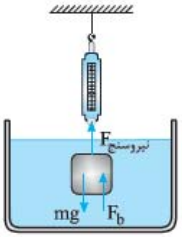
$$F_b = m_{\text{مایع}}g = \rho_{\text{مایع}}V_{\text{استوانه}}g \xrightarrow{F_b = 36\ N} 36 = 600\times V_{\text{استوانه}}\times10 \Rightarrow V_{\text{استوانه}} = 6\times10^{-3}\ m^3 \quad (1)$$

$$V_{\text{استوانه}} = \text{مساحت قاعده}\times\text{ارتفاع} = \pi a^2h = 3\times a^2\times10\times10^{-2} \quad (2)$$

از برابر قرار دادن روابط (۱) و (۲) داریم:

$$0/3a^2 = 6\times10^{-3} \Rightarrow a^2 = 2\times10^{-2} \Rightarrow a = \sqrt{2}\times10^{-1}\ m = 10\sqrt{2}\ cm$$

۷۶۴- گزینهٔ ۴ **گام اول**: می‌دانیم که وقتی قطعه‌سنگ را درون مایع می‌بریم، نیروی شناوری رو به بالا از طرف مایع به قطعه‌سنگ وارد می‌شود. پس نیروسنج عدد کم‌تری را نسبت به وزن جسم در هوا نشان می‌دهد. $F_{\text{نیروسنج}} = F_{\text{وزن}} - F_b$



گام دوم: نیروی شناوری وارد بر قطعه‌سنگ برابر است با وزن مایع جابه‌جاشده توسط قطعه‌سنگ:

$$F_b = m_{\text{مایع}}g = \rho_{\text{مایع}}V_{\text{ج.م}}g = ۰/۹\times۱۰^{۳}\times۵۰\times۱۰^{-۶}\times۱۰ = ۰/۴۵\ \text{N}$$

گام سوم: با توجه به گام اول داریم:

$$F_{\text{نیروسنج}} = F_{\text{وزن}} - F_b \Rightarrow ۲۴/۵۵ = F_{\text{وزن}} - ۰/۴۵ \Rightarrow F_{\text{وزن}} = ۲۵\ \text{N}$$

۷۶۵- گزینهٔ ۳ **گام اول**: ابتدا می‌خواهیم نیروی شناوری وارد بر کره را به دست آوریم. طبق اصل ارشمیدس نیروی شناوری برابر با وزن مایع جابه‌جاشده توسط کره است:

$$V_{\text{مایع جابه‌جاشده}} = V_{\text{کره}} = \frac{۴}{۳}\pi r^{۳} = \frac{۴}{۳}\times۳\times(۲\times۱۰^{-۲})^{۳} = ۳۲\times۱۰^{-۶}\ \text{m}^{۳}$$

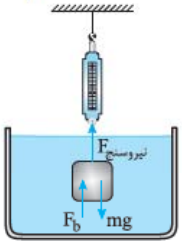
$$F_b = m_{\text{آب}}g = \rho_{\text{آب}}V_{\text{ج.م}}g = ۱۰^{۳}\times۳۲\times۱۰^{-۶}\times۱۰ = ۰/۳۲\ \text{N}$$

گام دوم: نیروهای واردشده بر کره را رسم می‌کنیم:

$$W = mg = ۰/۲\times۱۰ = ۲\ \text{N}$$

$$W = F_b + F_{\text{فنر}} \Rightarrow ۲ = ۰/۳۲ + F_{\text{فنر}} \Rightarrow F_{\text{فنر}} = ۲ - ۰/۳۲ = ۱/۶۸\ \text{N}$$

۷۶۶- گزینهٔ ۱ نیرویی که نیروسنج نشان می‌دهد برابر با اختلاف نیروی وزن جسم و نیروی شناوری وارد بر جسم است. از طرفی می‌دانیم که نیروی شناوری وارد بر جسم برابر با وزن مایع جابه‌جاشده توسط جسم است.



$$F_{\text{نیروسنج}} = mg - F_b \Rightarrow ۱۶ = ۲۰ - F_b \xrightarrow{F_b = m_{\text{مایع جابه‌جاشده}}g = \rho_{\text{مایع}}V_{\text{مایع جابه‌جاشده}}g} ۱۶ = ۲۰ - \rho_{\text{مایع}}V_{\text{جسم}}g$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{مایع}}V_{\text{جسم}}g = ۴\ \text{N} \quad (۱)$$

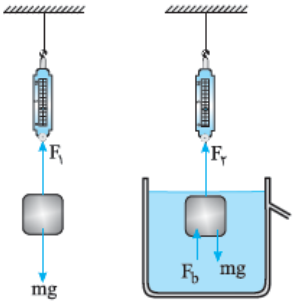
از طرفی وزن جسم برابر است با:

$$m_{\text{جسم}}g = \rho_{\text{جسم}}V_{\text{جسم}}\times g = ۲۰\ \text{N} \quad (۲)$$

از تقسیم روابط (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جسم}}} = \frac{۴}{۲۰} \Rightarrow \rho_{\text{جسم}} = \frac{۲۰\times۲}{۴} = ۱۰\ \text{g/cm}^{۳}$$

۷۶۷- گزینهٔ ۱ عددی را که نیروسنج نشان می‌دهد، قبل از واردشدن جسم به آب با $F_۱$ و بعد از واردشدن جسم به آب با $F_۲$ نشان می‌دهیم. می‌دانیم که وقتی جسم وارد آب می‌شود، به اندازهٔ وزن آب جابه‌جاشده توسط جسم (نیروی شناوری) از وزن جسم کم می‌شود؛ پس داریم: (**حواستون باشه که** چون جسم به طور کامل درون آب می‌رود، حجم مایع جابه‌جاشده با حجم جسم برابر است.)



$$F_۱ = W = mg = \rho_{\text{جسم}}V_{\text{جسم}}g$$

$$F_۲ = W - F_b = W - \overbrace{\rho_{\text{آب}}V_{\text{ج.م}}g}^{\text{وزن مایع جابه‌جاشده}}$$

$$\xrightarrow{V_{\text{ج.م}} = V_{\text{جسم}}} F_۲ = \rho_{\text{جسم}}V_{\text{جسم}}g - \rho_{\text{آب}}V_{\text{جسم}}g = (\rho_{\text{جسم}} - \rho_{\text{آب}})V_{\text{جسم}}g$$

$$\Rightarrow \frac{F_۱}{F_۲} = \frac{\rho_{\text{جسم}}}{\rho_{\text{جسم}} - \rho_{\text{آب}}} \Rightarrow \frac{F_۱ - F_۲}{F_۲} = \frac{\rho_{\text{آب}}}{\rho_{\text{جسم}} - \rho_{\text{آب}}} \Rightarrow \frac{۴۰}{۱۰۰} = \frac{۱۰^{۳}}{\rho - ۱۰^{۳}} \Rightarrow \rho_{\text{جسم}} = ۳۵۰۰\ \text{kg/m}^{۳} = ۳/۵\ \text{g/cm}^{۳}$$

۷۶۸- گزینهٔ ۲ **گام اول**: وقتی گلوله را وارد مایع می‌کنیم، به گلوله نیروی شناوری قائم و رو به بالا از طرف مایع وارد می‌شود. پس به اندازهٔ نیروی شناوری (یعنی همان وزن مایع جابه‌جاشده توسط گلوله)، از عددی که نیروسنج نشان می‌دهد کم می‌شود:

$$F_{\text{نیروسنج}} = W - F_b \xrightarrow{F_b = m_{\text{مایع}}g = \rho_{\text{مایع}}V_{\text{جسم}}g} m_{\text{جسم}}g - \rho_{\text{مایع}}V_{\text{جسم}}g = \rho_{\text{جسم}}V_{\text{جسم}}g - \rho_{\text{مایع}}V_{\text{جسم}}g = (\rho_{\text{جسم}} - \rho_{\text{مایع}})V_{\text{جسم}}g$$

گام دوم: حالا نسبت نیروی نیروسنج را در دو حالت حساب می‌کنیم:

$$\frac{F_{۱\,\text{نیروسنج}}}{F_{۲\,\text{نیروسنج}}} = \frac{\rho_{\text{جسم}} - \rho_{\text{مایع}_۱}}{\rho_{\text{جسم}} - \rho_{\text{مایع}_۲}} = \frac{۲/۸۴ - ۱/۷۲}{۲/۸۴ - ۱/۴۴} = ۰/۸$$

۷۶۹- گزینهٔ ۴ **گام اول**: نیرویی که نیروسنج نشان می‌دهد برابر است با اختلاف وزن جسم و نیروی شناوری وارد بر جسم (یعنی وزن مایع جابه‌جاشده توسط جسم) است.

$$F_A - F_B = ۳/۲ \Rightarrow m_Ag - (F_b)_A - m_Bg + (F_b)_B = ۳/۲ \xrightarrow{m_A = m_B} (F_b)_B - (F_b)_A = ۳/۲$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{مایع}}V_Bg - \rho_{\text{مایع}}V_Ag = ۳/۲ \Rightarrow ۰/۸\times۱۰^{۳}\times(V_B - V_A) = ۳/۲ \Rightarrow V_B - V_A = ۴\ \text{m}^{۳} \xrightarrow{V_A = ۲\times۱۰^{-۴}\ \text{m}^{۳}} V_B = ۶\times۱۰^{-۴}\ \text{m}^{۳}$$

گام دوم: حالا نسبت چگالی‌ها را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{V_A}\times\frac{V_B}{m_B} \xrightarrow{m_A = m_B} \frac{V_B}{V_A} = \frac{۶\times۱۰^{-۴}}{۲\times۱۰^{-۴}} = ۳$$

۷۷۰- گزینهٔ ۳ **گام اول**: در صورت سؤال گفته شده که مکعب تا نیمه در آب فرو می‌رود، پس معادل با نصف حجم مکعب، آب جابه‌جا می‌شود و نیروی شناوری رو به بالا به مکعب وارد می‌شود.

$$V_{\text{مکعب}} = ۱۰^{۳} \times ۱۰^{-۶} = ۱۰^{-۳}\ m^{۳} \Rightarrow V_{\text{آب جابه‌جاشده}} = \frac{V_{\text{مکعب}}}{۲} = ۰/۵ \times ۱۰^{-۳}\ m^{۳}$$

$$F_b = \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب جابه‌جاشده}} g = ۱۰^{۳} \times ۰/۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰ = ۵\ N$$

گام دوم: طبق قانون سوم نیوتون از طرف مکعب هم نیرویی برابر با نیروی شناوری و رو به پایین به آب وارد می‌شود و این نیرو به نیروسنج منتقل می‌شود، پس عددی که نیروسنج نشان می‌دهد، ۵ N افزایش می‌یابد.

۷۷۱- گزینهٔ ۴ **گام اول**: با ورود گلوله به داخل آب، عددی که نیروسنج نشان می‌دهد به اندازهٔ نیروی شناوری وارد بر گلوله زیاد می‌شود، پس اختلاف مقداری که نیروسنج در دو حالت نشان می‌دهد، همان نیروی شناوری است.

$$F'_{\text{نیروسنج}} - F_{\text{نیروسنج}} = ۱۲ - ۸ = ۴\ N = F_b$$

$$F_b = \rho_{\text{آب}} V g \xrightarrow{V = V_{\text{گلوله}}} ۴ = ۱۰^{۳} \times V_{\text{گلوله}} \times ۱۰ \Rightarrow V_{\text{گلوله}} = ۴ \times ۱۰^{-۴}\ m^{۳}$$

گام دوم: حالا به راحتی می‌توانیم با استفاده از رابطهٔ $\rho = \frac{m}{V}$، چگالی گلوله را حساب کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{۲}{۴ \times ۱۰^{-۴}} = ۰/۵ \times ۱۰^{۴} = ۵۰۰۰\ kg/m^{۳} = ۵\ g/cm^{۳}$$

۷۷۲- گزینهٔ ۲ **گام اول**: در صورت سؤال گفته شده که ترازو وزن دو کفه را برابر نشان می‌دهد. از طرفی نیرویی که نیروسنج سمت چپ نشان می‌دهد، برابر است با اختلاف وزن جسم و نیروی شناوری وارد بر جسم. پس به راحتی می‌توانیم حجم جسم را به دست آوریم:

$$m_{\text{وزنه}} g = m_{\text{جسم}} g - F_b = m_{\text{جسم}} g - \rho_{\text{آب}} V_{\text{جسم}} g \Rightarrow ۲ \times ۱۰ = ۶ \times ۱۰ - ۱۰^{۳} \times V_{\text{جسم}} \times ۱۰ \Rightarrow V_{\text{جسم}} = ۴ \times ۱۰^{-۳}\ m^{۳}$$

گام دوم: حالا از رابطهٔ $\rho = \frac{m}{V}$ می‌توانیم چگالی جسم را محاسبه کنیم:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{۶}{۴ \times ۱۰^{-۳}} = ۱/۵ \times ۱۰^{۳}\ kg/m^{۳}$$

۷۷۳- گزینهٔ ۳ **گام اول**: می‌خواهیم نیروی شناوری وارد بر گلوله را به دست آوریم. برای این کار لازم است اول حجم گلوله را حساب کنیم:

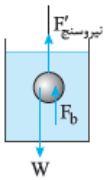
$$V_{\text{گلوله}} = \frac{m}{\rho} = \frac{۳}{۵۰۰۰} = ۶ \times ۱۰^{-۴}\ m^{۳}$$

$$F_b = \rho_{\text{آب}} V_{\text{گلوله}} g = ۱۰^{۳} \times ۶ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰ = ۶\ N$$

گام دوم: می‌دانیم که قبل از ورود گلوله به آب، نیروسنج وزن گلوله را نشان می‌دهد.

$$F_{\text{نیروسنج}} = mg = ۳۰\ N$$

اما پس از ورود گلوله به آب، یک نیروی شناوری قائم و رو به بالا به گلوله وارد می‌شود. پس نیرویی که نیروسنج نشان می‌دهد برابر است با:



$$F'_{\text{نیروسنج}} = W - F_b = ۳۰ - ۶ = ۲۴\ N$$

گام سوم: حالا می‌رویم سراغ ترازو! با ورود گلوله به آب همان‌طور که گفتیم، آب یک نیروی رو به بالا (نیروی شناوری) به گلوله وارد می‌کند و واکنش آن (F'_b) نیرویی هم‌اندازه با F_b است که گلوله در راستای قائم و رو به پایین به آب وارد می‌کند:

$$F'_b = F_b = ۶\ N$$

این نیرو باعث می‌شود عددی که ترازو نشان می‌دهد، ۶ N بیشتر شود.

$$F'_{\text{ترازو}} = ۱۵ + ۶ = ۲۱\ N$$

پس داریم:

$$F'_{\text{ترازو}} = ۲۱ = mg = m \times ۱۰ \Rightarrow m = ۲/۱\ kg$$

۷۷۴- گزینهٔ ۴ **اول این‌که** جسم روی سطح مایع شناور و ساکن است، پس جمع نیروهای رو به بالا با جمع نیروهای رو به پایین برابر است؛ بنابراین نیروهای خالص وارد بر آن صفر است.

حواستون باشه! نیروی شناوری برابر با وزن مایع جابه‌جاشده است و نه نیروی خالص!

دوم این‌که طبق آن‌چه در درس‌نامه گفتیم، برای غوطه‌ورشدن یک جسم در مایع، باید چگالی جسم و مایع برابر باشند.

۷۷۵- گزینهٔ ۲ در لحظهٔ اول که مکعب وارد مایع نشده، نیروی شناوری وارد بر آن صفر است ($F_b = ۰$). هر چه مکعب بیشتر در مایع فرو رود، حجم بیشتری از مایع جابه‌جا می‌شود و نیروی شناوری بیشتر می‌شود. این افزایش نیروی شناوری تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که کل مکعب وارد مایع شود ($h = a$). از این لحظه تا لحظهٔ ته‌نشینی ($h = \ell$) چون حجم مایع جابه‌جاشده تغییر نمی‌کند، نیروی شناوری ثابت می‌ماند.

۷۷۶- گزینهٔ ۳ قبل از حل این تست به یک نکته توجه کنید:

اگر جسمی به چگالی ρ را درون مایعی به چگالی $\rho_{\circ}$ بیندازیم، یکی از سه حالت زیر اتفاق می‌افتد:

۱) نیروی وزن جسم بزرگ‌تر از نیروی شناوری وارد بر جسم باشد؛ در این صورت جسم در کف ظرف ته‌نشین می‌شود:

$$mg > F_b \xrightarrow[F_b = \rho_{\text{مایع}} V_{\text{ج.م}} g]{m = \rho V} \rho V g > \rho_{\text{مایع}} V_{\text{ج.م}} g \Rightarrow \rho > \rho_{\text{مایع}}$$

در این حالت چگالی جسم از چگالی مایع بیشتر است.

۲) نیروی وزن جسم برابر با نیروی شناوری وارد بر جسم باشد؛ در این صورت جسم در مایع غوطه‌ور می‌ماند:

$$mg = F_b \xrightarrow[F_b = \rho_{\text{مایع}} V_{\text{ج.م}} g]{m = \rho V} \rho V g = \rho_{\text{مایع}} V_{\text{ج.م}} g \Rightarrow \rho = \rho_{\text{مایع}}$$

در این حالت چگالی جسم برابر با چگالی مایع است.

۳) نیروی وزن جسم کوچک‌تر از نیروی شناوری وارد بر جسم باشد؛ در این صورت جسم بر سطح مایع شناور می‌شود:

در این حالت چگالی جسم از چگالی مایع کم‌تر است. $mg < F_b \xrightarrow[F_b=\rho_{مایع}V_{ج.م}g]{m=\rho V} \rho Vg < \rho_{مایع}V_{ج.م}g \Rightarrow \rho < \rho_{مایع}$

می‌ریم سراغ تست خودمون!

طبق صورت سؤال، استوانه به چگالی ρ_1 در کف ظرف ته‌نشین شده که این حالت همان حالت (۱) است؛ پس چگالی استوانه از چگالی آب بیشتر است:

$\rho_1 > \rho_0 \quad (I)$

هم‌چنین مکعب به چگالی ρ_2 در مایع غوطه‌ور است که این حالت همان حالت (۲) است، پس چگالی مکعب برابر با چگالی آب است: $\rho_2 = \rho_0 \quad (II)$

از (I) و (II) داریم: $\rho_1 > \rho_2 = \rho_0$

۷۷۷- گزینهٔ ۲ **اول این‌که** هر دو کره روی سطح مایع شناورند؛ پس چگالی مایع از چگالی هر دو کره بیشتر است. **دوم این‌که** هر چه چگالی جسم بیشتر باشد، جسم بیشتر در مایع فرو می‌رود. مطابق شکل درصد بیشتری از حجم کرهٔ (۲) نسبت به کرهٔ (۱) درون مایع فرو رفته است، پس $\rho_2 > \rho_1$ است.

به عنوان نتیجهٔ دو مورد بالا می‌توانیم بنویسیم: $\rho_0 > \rho_2 > \rho_1$

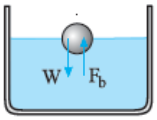
۷۷۸- گزینهٔ ۲ تک‌تک عبارت‌ها را بررسی می‌کنیم:

الف) درست؛ هر چه چگالی مایع بیشتر باشد، حجم بخش غوطه‌ور جسم در مایع کم‌تر می‌شود.

ب) نادرست؛ قبل از ریختن روغن، کل وزن جسم توسط نیروی شناوری وارد بر جسم از طرف آب خنثی می‌شود. اما با ریختن روغن، سهم آب از نیروی شناوری کم‌تر می‌شود، چون بخشی از وزن جسم توسط نیروی شناوری از طرف روغن خنثی می‌شود. با کم‌شدن سهم آب، حجم غوطه‌ور جسم در آب کاهش می‌یابد.

پ) درست؛ وقتی جسم روی سطح مایع شناور است، یعنی $\rho_{مایع} = \rho_{جسم}$. با افزایش دمای مایع، حجم آن زیاد می‌شود و طبق رابطهٔ $\rho = \frac{m}{V}$، چگالی مایع کم می‌شود؛ پس $\rho_{مایع} < \rho_{جسم}$ می‌شود و جسم در کف ظرف ته‌نشین می‌شود.

۷۷۹- گزینهٔ ۳ چگالی جسم کم‌تر از چگالی آب است، پس روی سطح آب شناور می‌ماند.



در حالت تعادل برایند نیروهای وارد بر جسم صفر است، پس داریم:

$F_b = mg = \frac{۶۰۰}{۱۰۰۰} \times ۱۰ = ۶\ N$

حواستون باشه! اگر به این فکر کردید که حجم گلوله را از رابطهٔ $V = \frac{m}{\rho}$ به دست آورید و با استفاده از رابطهٔ $F = \rho_0 Vg$ نیروی ارشمیدس را حساب کنید، سخت در اشتباهید!! V حجمی از جسم است که در مایع غوطه‌ور است. در این تست حجم جسم را می‌توانیم حساب کنیم، اما حجم قسمت غوطه‌ورشده را نداریم!

۷۸۰- گزینهٔ ۳ هر دو کره روی سطح مایع شناور هستند، پس نیروی وزن آن‌ها توسط نیروی شناوری خنثی می‌شود:

$$\left.\begin{array}{l}(F_b)_{Al} = W_{Al} \Rightarrow (F_b)_{Al} = m_{Al}g \\ (F_b)_{Cu} = W_{Cu} \Rightarrow (F_b)_{Cu} = m_{Cu}g\end{array}\right\} \Rightarrow \frac{(F_b)_{Cu}}{(F_b)_{Al}} = \frac{m_{Cu}}{m_{Al}} = \frac{۱۵۰۰}{۲۵۰} = ۶$$

۷۸۱- گزینهٔ ۴ چون چگالی یخ از آب کم‌تر است، قطعه یخ روی سطح آب شناور می‌ماند؛ پس نیروی شناوری وارد بر قطعه یخ، نیروی وزن آن را خنثی می‌کند: (نیروی شناوری همان وزن آب جابه‌جاشده توسط قطعه یخ است.)

$$F_b = m_{یخ}g \Rightarrow \rho_{آب}V_{in}g = \rho_{یخ}V_{یخ}g \Rightarrow \frac{V_{in}}{V_{یخ}} = \frac{\rho_{یخ}}{\rho_{آب}} = \frac{۰/۹}{۱} = ٪۹۰$$

پس ۹۰ درصد حجم یخ درون آب و ۱۰ درصد حجم آن بیرون آب قرار می‌گیرد.

۷۸۲- گزینهٔ ۲ **گام اول:** در صورت سؤال گفته شده که $\frac{۱}{۴}$ حجم استوانه بیرون مایع قرار دارد؛ پس $\frac{۳}{۴}$ حجم استوانه داخل مایع قرار دارد و حجم مایع به اندازهٔ $\frac{۳}{۴}$ حجم استوانه جابه‌جا می‌شود:

$$\text{حجم مایع جابه‌جاشده} = \frac{۳}{۴}\text{حجم استوانه} \Rightarrow \overset{\text{مایع جابه‌جاشده}}{\overset{\uparrow}{V}} = \frac{۳}{۴}\overset{\text{حجم استوانه}}{\overset{\downarrow}{V'}}$$

گام دوم: استوانه روی سطح مایع شناور است، پس نیروی شناوری وارد بر استوانه با نیروی وزن استوانه برابر است.

$$\overset{\text{جرم استوانه}}{\overset{\uparrow}{m'}}g = \rho_{مایع}V_{\text{مایع جابه‌جاشده}}g \Rightarrow \rho'V' = \rho_{مایع}V_{\text{مایع جابه‌جاشده}} \xrightarrow[\rho_{مایع}=\rho]{V=\frac{۳}{۴}V'} \rho'V' = \frac{۳}{۴}\rho V' \Rightarrow \frac{\rho'}{\rho} = \frac{۳}{۴}$$

۷۸۳- گزینهٔ ۲ در هر دو حالت نیروی شناوری با وزن جسم خنثی می‌شود. (V_{in} حجمی از استوانه است که درون آب قرار می‌گیرد.)

$F_b = \rho_{مایع}V_{in}g = mg$

با توجه به این‌که در هر دو وضعیت، جرم استوانه ثابت است، پس حجم بخش غوطه‌ور استوانه در آب هم ثابت است:

$$\text{حجم استوانه } V = ۲۰ \times ۱۰ = ۲۰۰\ cm^۳ \Rightarrow (V_{in})_۱ = \frac{۳}{۴} \times ۲۰۰ = ۱۵۰\ cm^۳$$

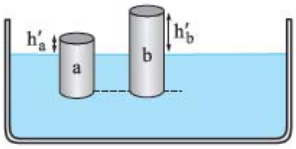
$$(V_{in})_۱ = (V_{in})_۲ \Rightarrow ۱۵۰ = ۲۰ \times h \Rightarrow h = ۷/۵\ cm$$

تکنیک خود سؤال گفته است که $\frac{۳}{۴}$ حجم استوانه در حالت (۱) درون آب است، پس در حالت (۲) هم باید $\frac{۳}{۴}$ حجم استوانه درون آب باشد:

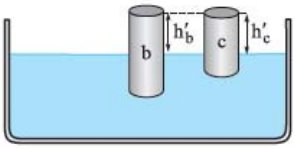
$$\frac{۳}{۴}V_{\text{استوانه}} = \frac{۳}{۴}Ah_{\text{استوانه}} = A\times\frac{۳}{۴}h_{\text{استوانه}}$$

یعنی $\frac{۳}{۴}$ ارتفاع استوانه داخل آب قرار می‌گیرد.

۷۸۴- گزینهٔ ۲ کافی است بدانید که هر چه نسبت حجم جسم درون آب به حجم کل جسم $(\frac{V_{in}}{V_{\text{جسم}}})$ بیشتر باشد، چگالی جسم بیشتر است. با مقایسهٔ دو جسم a و b می‌فهمیم که هر دو جسم به یک اندازه درون آب فرو رفته‌اند $(h_a = h_b)$؛ اما نسبت $\frac{V_{in}}{V_{\text{جسم}}}$ در جسم a بیشتر از جسم b است؛ پس چگالی جسم a بیشتر از جسم b است $(\rho_a > \rho_b)$.

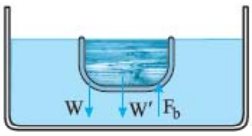


حالا دو جسم b و c را با هم مقایسه می‌کنیم. هر دو جسم به یک میزان از آب بیرون مانده‌اند $(h'_b = h'_c)$، ولی واضح است که نسبت $\frac{V_{in}}{V_{\text{جسم}}}$ در جسم b بیشتر از جسم c است؛ پس چگالی جسم b از جسم c بزرگ‌تر است $(\rho_b > \rho_c)$.



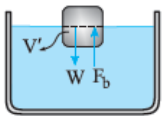
بنابراین (۲) درست است.

۷۸۵- گزینهٔ ۳ مطابق شکل وقتی کاسه را پر از جیوه می‌کنیم، نیروی وزن جیوه و وزن چوب، کل کاسه را درون آب فرو می‌برد: (W وزن کاسه، W' وزن جیوه و نیروی شناوری در این حالت برابر با وزن مایع جابه‌جاشده توسط کاسه است.)



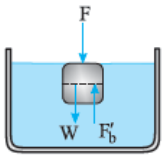
$$\text{وزن آب جابه‌جاشده} = \text{وزن جیوه} + \text{وزن کاسه} \Rightarrow W + W' = F_b$$
$$\Rightarrow \rho_{\text{جیوه}}V_{\text{جیوه}}g + \rho_{\text{چوب}}V_{\text{چوب}}g = \rho_{\text{آب}}V_{\text{آب جابه‌جاشده}}g$$
$$\xrightarrow[V_{\text{آب جابه‌جاشده}}=۱۲۸\,cm^۳]{V_{\text{چوب}}=۱۲۸-V_{\text{جیوه}}} ۱۳/۶\times V_{\text{جیوه}} + ۰/۸\times(۱۲۸-V_{\text{جیوه}}) = ۱\times۱۲۸ \Rightarrow V_{\text{جیوه}} = ۲\,cm^۳$$

۷۸۶- گزینهٔ ۳ **گام اول**: در حالت اول (حالت شناوری مکعب روی مایع)، نیروی شناوری وارد بر جسم، نیروی وزن مکعب را خنثی می‌کند. (V' حجم بخش غوطه‌ور در مکعب است.)



$$F_b = W_{\text{جسم}} \Rightarrow \text{وزن مایع جابه‌جاشده} = W_{\text{جسم}} \Rightarrow \rho V'g = mg$$

گام دوم: در حالت دوم نیروی F را وارد کرده و کل مکعب را درون مایع می‌بریم:



$$F + W = F'_b \Rightarrow F'_b - W = F \xrightarrow{\text{رابطهٔ (۱)}} \rho Vg - \rho V'g = \frac{۳}{۴}\rho Vg \Rightarrow \frac{۱}{۴}\rho Vg = \rho V'g \Rightarrow V' = \frac{V}{۴}$$

۷۸۷- گزینهٔ ۱ **گام اول**: ابتدا چگالی مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_۱V_۱ + \rho_۲V_۲}{V_۱ + V_۲} = \frac{۲۰\times۱۰\times۱۰^{-۳} + ۰/۸\times۵\times۱۰^{-۳}}{۱۵\times۱۰^{-۳}} = \frac{۲۴}{۱۵} = ۱/۶\ g/cm^۳$$

گام دوم: حجم بخش غوطه‌ور جسم در مایع اول را با $V_۱$ و در مخلوط را با $V_۲$ نشان می‌دهیم. در هر دو حالت جسم روی سطح مایع شناور است:

$$F_b = W \Rightarrow \begin{cases} \rho_۱V_۱g = mg \Rightarrow ۲\times۱۰^۳\times V_۱\times۱۰ = ۲۰ \Rightarrow V_۱ = ۱۰^{-۳}\ m^۳ \\ \rho_{\text{مخلوط}}V_۲g = mg \Rightarrow ۱/۶\times۱۰^۳\times V_۲\times۱۰ = ۲۰ \Rightarrow V_۲ = ۱/۲۵\times۱۰^{-۳}\ m^۳ \end{cases}$$

$$\Delta V = V_۲ - V_۱ = ۱/۲۵\times۱۰^{-۳} - ۱۰^{-۳} = ۰/۲۵\times۱۰^{-۳}\ m^۳ = ۰/۲۵\ L$$

پس بخش غوطه‌ور جسم، ۰/۲۵ L افزایش می‌یابد.

۷۸۸- گزینهٔ ۱ **اول این‌که** جسم بر روی مایع (۱) شناور می‌ماند، پس $\rho' < \rho_۱$ است.

دوم این‌که جسم درون مخلوط دو مایع ته‌نشین می‌شود، یعنی $\rho' > \rho_{\text{مخلوط}}$ است.

پس کافی است $\rho_{\text{مخلوط}}$ را داشته باشیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{کل}}}{V_{\text{کل}}} = \frac{\rho_۱V_۱ + \rho_۲V_۲}{V_۱ + V_۲} = \frac{\rho_۱V + \rho_۲(۳V)}{V + ۳V} \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_۱ + ۳\rho_۲}{۴}$$

خلاصه این‌که:

$$\frac{\rho_۱ + ۳\rho_۲}{۴} < \rho' < \rho_۱$$

۷۸۹- گزینهٔ ۱ **گام اول**: ابتدا نیروی شناوری را در وضعیتی که توپ کاملاً داخل آب است به دست می‌آوریم. در این حالت حجم مایع جابه‌جاشده برابر حجم توپ است؛ بنابراین نیروی شناوری برابر با وزن مایع هم‌حجم توپ است.

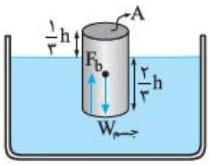
$$F_b = \rho_{\text{آب}}V_{\text{توپ}}g = ۱۰^۳\times۳۰۰\times۱۰^{-۶}\times۱۰ = ۳\ N$$

گام دوم: وقتی توپ شروع به خارج‌شدن از آب می‌کند، حجم بخشی از توپ که داخل آب قرار دارد ($V'_{\text{توپ}}$) کم می‌شود و طبق رابطهٔ $F_b = \rho_{\text{آب}} V'_{\text{توپ}} g$، نیروی شناوری وارد بر توپ هم کاهش می‌یابد. این کاهش نیروی شناوری تا وقتی که توپ بر روی سطح آب شناور می‌شود، ادامه می‌یابد و در نتیجه $F'_b = W_{\text{توپ}}$ می‌شود.

$$F'_b = W_{\text{توپ}} = mg = ۱/۵\ \text{N}$$

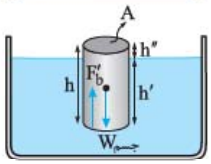
پس نیروی شناوری به اندازهٔ $F_b - F'_b = ۳ - ۱/۵ = ۱/۵\ \text{N}$ کاهش می‌یابد.

۷۹۰- گزینهٔ ۴ **گام اول:** در هر دو شکل روبه‌رو، استوانه بر روی آب و مایع شناور و در حال تعادل است، پس نیروی شناوری در هر دو حالت برابر نیروی وزن است و داریم:



$$F_b = F'_b = W_{\text{جسم}} \Rightarrow \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب جابه‌جاشده}} g = \rho_{\text{مایع}} V_{\text{مایع جابه‌جاشده}} g$$

$$\Rightarrow ۱ \times A \times \frac{۲}{۳}h = \frac{۴}{۵} \times A \times h' \Rightarrow h' = \frac{۵}{۶}h$$



گام دوم: عجله نکنید، تست نسبت ارتفاع خارج از مایع را می‌خواهد:

$$h'' = h - h' = h - \frac{۵}{۶}h = \frac{۱}{۶}h$$

۷۹۱- گزینهٔ ۴ حل این سؤال تنها نیاز به کمی دقت دارد!

گام اول: در صورت سؤال گفته شده که قطعه یخ را روی سطح آب قرار می‌دهیم. چون چگالی یخ از چگالی آب کم‌تر است، پس قطعه یخ روی سطح آب شناور می‌ماند. در نتیجه نیروی وزن یخ و نیروی وزن آب جابه‌جاشده با هم برابر است:

$$m_{\text{یخ}} g = m_{\text{آب جابه‌جاشده}} g \Rightarrow m_{\text{آب جابه‌جاشده}} = \rho_{\text{یخ}} V_{\text{یخ}} = ۰/۹ \times ۴۰۰ = ۳۶۰\ \text{g}$$

گام دوم: جرم آب جابه‌جاشده برابر با ۳۶۰ g است و طبق رابطهٔ $\rho = \frac{m}{V}$ می‌توانیم حجم آب جابه‌جاشده به دلیل شناوربودن یخ را محاسبه کنیم.

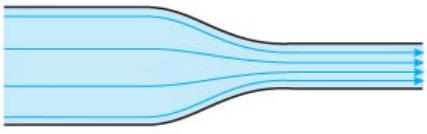
$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{۳۶۰\ \text{g}}{۱\ \text{g/cm}^۳} = ۳۶۰\ \text{cm}^۳$$

یعنی با قراردادن یخ بر روی سطح آب، $۳۶۰\ \text{cm}^۳$ آب بالا می‌آید.

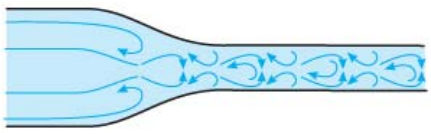
گام سوم: از طرفی می‌دانیم اگر این مقدار یخ ذوب شود، تبدیل به ۳۶۰ g آب می‌شود؛ یعنی $۳۶۰\ \text{cm}^۳$ به حجم آب اولیه اضافه می‌شود. پس در هر دو حالت سطح آب به میزان $۳۶۰\ \text{cm}^۳$ بالا می‌آید و سطح آب قبل و بعد از ذوب یخ تغییری نمی‌کند.

(درس ۱۰)

شارهٔ در حرکت و اصل برنولی



(الف)



(ب)

تا این‌جا هر وقت از شاره حرف می‌زدیم، منظورمان شارهٔ ساکن بود. حالا می‌خواهیم کمی هم از شارهٔ متحرک بگوییم. البته حرکت شاره‌ها می‌تواند مانند شکل (الف) یکنواخت و لایه‌ای یا مانند شکل (ب) متلاطم و آشوبناک باشد. ما فقط حالت (الف) (مدل آرمانی و ساده‌شدهٔ حرکت شاره) را بررسی می‌کنیم. یعنی شاره‌ای که:

۱ در حال حرکتِ بدون تلاطم، یکنواخت و لایه‌ای است. / ۲ تراکم‌ناپذیر (یعنی با چگالی ثابت) است. / ۳ از اصطکاک داخلی‌اش می‌توانیم چشم‌پوشی کنیم.

چندنکته

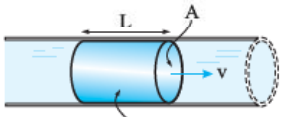
۱ در جریان لایه‌ای، هر ذره از شاره بدون چرخش در امتداد یک خط جریان حرکت می‌کند.

۲ اصطلاحاً به اصطکاک داخلی شاره‌ها، گران‌روی یا ویسکوزیته می‌گوییم.

۳ با حذف اصطکاک، انرژی مکانیکی شاره پایسته و ثابت می‌ماند.

آهنگ جریان شاره در درون یک لوله

به حجم شاره‌ای که در واحد زمان از یک مقطع از لوله می‌گذرد، آهنگ جریان شاره می‌گوییم. به عبارتی دیگر آهنگ جریان شاره نسبت حجم شارهٔ جابه‌جاشده به زمان جابه‌جایی است. مثلاً اگر در شکل روبه‌رو، حجم AL از شاره در مدت t جابه‌جا شده باشد، آهنگ جریان شاره برابر می‌شود با:



حجم این بخش شاره برابر AL است.

$$\text{آهنگ جریان شاره} = \frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} = \frac{AL}{t}$$

واحد آهنگ جریان شاره در SI، متر مکعب بر ثانیه $(\text{m}^۳/\text{s})$ است.

تست از یک لولهٔ آب در مدت ۵ دقیقه $15\ m^3$ آب می‌گذرد. آهنگ جریان آب در این لوله چند متر مکعب بر ثانیه است؟

۱) ۰/۰۵ ۲) ۰/۱ ۳) ۳ ۴) ۰/۳

پاسخ گزینهٔ ۱ طبق فرمول داریم:

$$\text{آهنگ جریان آب} = \frac{\text{حجم آب}}{\text{زمان}} = \frac{15}{5\times 60} = 0/05\ m^3/s$$

تست آهنگ جریان نفت در یک لولهٔ نفت $6\ m^3/s$ است. اگر قطر مقطع این لوله $1\ m$ باشد، نفت در این لوله در هر دقیقه چند متر پیشروی می‌کند؟ $(\pi = 3)$

۱) ۲۴۰ ۲) ۴۸۰ ۳) ۹۶۰ ۴) ۱۲۰۰

پاسخ گزینهٔ ۲ کافی است در فرمول جای‌گذاری کنیم:

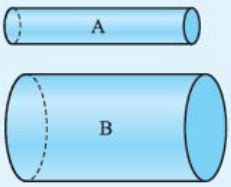
$$\text{آهنگ جریان نفت} = \frac{AL}{t} = \frac{\pi r^2 L}{t} \Rightarrow 6 = \frac{3\times(0/5)^2\times L}{60} \Rightarrow L = \frac{6\times 60}{3\times 0/25} = 480\ m$$

اگر تندی حرکت شاره را v بنامیم، آهنگ جریان شاره را به صورت روبه‌رو هم می‌توانیم نشان دهیم:

$$\text{آهنگ جریان شاره} = Av \quad (A: \text{سطح مقطع لوله } (m^2),\ v: \text{تندی حرکت شاره } (m/s))$$

$$\text{آهنگ جریان شاره} = \frac{AL}{t} \xrightarrow{v=\frac{L}{t}} Av$$

تست در شکل مقابل قطر لولهٔ B، ۳ برابر قطر لولهٔ A است. اگر آهنگ جریان شاره در لولهٔ A، برابر آهنگ جریان شاره در لولهٔ B باشد، تندی حرکت شاره در لولهٔ A چند برابر تندی حرکت شاره در لولهٔ B است؟



۱) ۳ ۲) ۹ ۳) $\frac{1}{3}$ ۴) $\frac{1}{9}$

پاسخ گزینهٔ ۲ وقتی می‌گوییم قطر لولهٔ B، ۳ برابر قطر لولهٔ A است، یعنی شعاع لولهٔ B هم ۳ برابر شعاع لولهٔ A است. پس نسبت سطح مقطع دو لوله برابر می‌شود با:

$$\frac{A_A}{A_B} = \frac{\pi r_A^2}{\pi r_B^2} = \left(\frac{r_A}{r_B}\right)^2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \frac{1}{9}$$

صورت سؤال می‌گوید که آهنگ جریان شاره (Av) در دو لوله برابر است؛ یعنی:

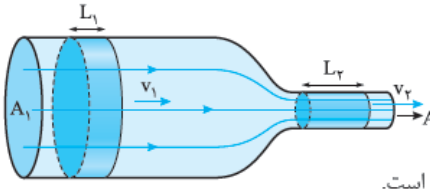
$$A_A v_A = A_B v_B \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{A_B}{A_A} = 9$$

معادلهٔ پیوستگی در شارهٔ تراکم‌ناپذیر

همین‌جا بگوییم که ما معادلهٔ پیوستگی را برای شارهٔ تراکم‌ناپذیر تعریف می‌کنیم و منظور از شارهٔ تراکم‌ناپذیر همان مایع است.

شکل روبه‌رو را ببینید. در این شکل، جریان لایه‌ای شارهٔ تراکم‌ناپذیر (یعنی مایع) را درون یک لوله با دو سطح مقطع نشان داده‌ایم. در حالت پایا[1] در مدت‌زمان یکسان از هر سطح مقطع دلخواهِ لوله، جرم و حجم یکسانی از شاره می‌گذرد.

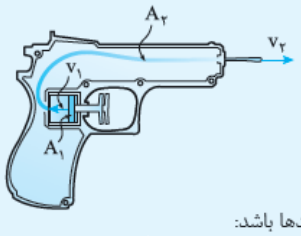
مثلاً در شکل روبه‌رو اگر در مدت t، از سطح مقطع A_1 حجم A_1L_1 و از سطح مقطع A_2 حجم A_2L_2 عبور کند، آن‌گاه داریم:



$$A_1L_1 = A_2L_2 \xrightarrow{t_1=t_2} \frac{A_1L_1}{t_1} = \frac{A_2L_2}{t_2} \Rightarrow \boxed{A_1v_1 = A_2v_2}$$

به رابطهٔ $A_1v_1 = A_2v_2$، معادلهٔ پیوستگی می‌گوییم که برای شاره‌های تراکم‌ناپذیر درست است.

تست شکل روبه‌رو یک تفنگ آب‌پاش است. اگر ماشهٔ آن را با تندی $0/8\ cm/s$ بفشاریم، تندی آب در دهانهٔ خروجی تفنگ چند متر بر ثانیه است؟ $(A_2 = 1/5\ mm^2, A_1 = 0/75\ cm^2)$



۱) ۰/۴
۲) ۴۰
۳) ۰/۸
۴) ۸۰

پاسخ گزینهٔ ۱ با استفاده از معادلهٔ پیوستگی مسئله را حل می‌کنیم، فقط باید حواسمان به تبدیل واحدها باشد:

$$A_1v_1 = A_2v_2 \Rightarrow 0/75\ (cm^2)\times 0/8\ (cm/s) = 1/5\times 10^{-2}\ (cm^2)\times v_2 \Rightarrow v_2 = 40\ cm/s = 0/4\ m/s$$

۱- حالت پایا یعنی حالتی که همه‌جای لوله پُر از مایع است.

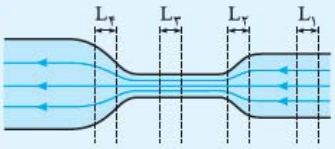
تست وقتی شیر آبی را کمی باز می‌کنیم تا آب به آرامی و با جریان لایه‌ای از لوله خارج شود، می‌بینیم که باریکهٔ آب هر چه پایین‌تر می‌آید، ..... و آهنگ جریان آن ..... .

۱) تغییر نمی‌کند، تغییر نمی‌کند
۲) تغییر نمی‌کند، بیشتر می‌شود
۳) باریک‌تر می‌شود، بیشتر می‌شود
۴) باریک‌تر می‌شود، تغییر نمی‌کند

پاسخ گزینهٔ ۴ هر چه باریکهٔ آب پایین‌تر می‌آید، تندی آن بیشتر می‌شود ولی چون یک جریان پیوسته پایا است آهنگ جریان آب تغییر نمی‌کند و طبق معادلهٔ پیوستگی با افزایش تندی، سطح مقطع آن کم می‌شود.

در جریان لایه‌ای (در حالت پایای) یک مایع درون لوله‌ای با سطح مقطع‌های متفاوت، آهنگ جریان شاره در هر سطح مقطع دلخواه یکسان است.

تست شکل روبه‌رو لوله‌ای را نشان می‌دهد که در آن جریان پایا و لایه‌ای یک شارهٔ تراکم‌ناپذیر برقرار است. در کدام محدوده حرکت شاره تندشونده است؟



۱) $L_۱$
۲) $L_۲$
۳) $L_۳$
۴) $L_۴$

پاسخ گزینهٔ ۲ معادلهٔ پیوستگی را می‌توانیم به این صورت تغییر دهیم:

$$A_۱v_۱ = A_۲v_۲ \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = \frac{A_۱}{A_۲}$$

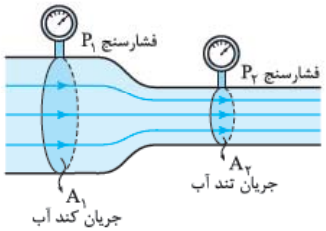
این رابطه به ما می‌گوید که تندی شاره با سطح مقطع لوله رابطهٔ عکس دارد؛ یعنی هر چه سطح مقطع کوچک‌تر شود، تندی بیشتر می‌شود. پس در محدودهٔ $L_۲$ که در جهت جریان شاره سطح مقطع کوچک می‌شود، تندی در حال افزایش (یعنی حرکت تندشونده) است.

اصل برنولی

در شکل روبه‌رو آب با جریان لایه‌ای در لوله‌ای با دو سطح مقطع $A_۱$ و $A_۲$ شارش می‌کند. طبق معادلهٔ پیوستگی داریم:

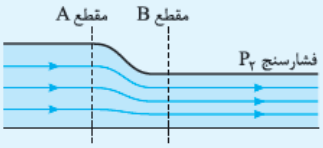
$$A_۲v_۲ = A_۱v_۱ \xrightarrow{A_۲<A_۱} v_۲ > v_۱$$

یعنی جریان آب در مقطع $A_۲$ تندتر از مقطع $A_۱$ است.



حالا می‌خواهیم بدانیم فشار آب، جایی که جریان آب کُندتر است بیشتر است، یا جایی که جریان آب تندتر است؟ **اصل برنولی** در مورد شاره‌ای که به طور **لایه‌ای** و **در امتداد افق** حرکت می‌کند، می‌گوید: «**در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کم می‌شود.**»، یعنی در شکل روبه‌رو $P_۲ < P_۱$ است.

تست شکل روبه‌رو جریان لایه‌ای و پایای آب را درون یک لوله با دو سطح مقطع مختلف نشان می‌دهد. در جهت جریان آب از مقطع A تا مقطع B تندی آب ..... و فشار آن ..... می‌یابد.



۱) افزایش ـ افزایش
۲) افزایش ـ کاهش
۳) کاهش ـ افزایش
۴) کاهش ـ کاهش

پاسخ گزینهٔ ۲ طبق معادلهٔ پیوستگی با کاهش سطح مقطع، تندی آب بیشتر می‌شود و براساس اصل برنولی با افزایش تندی، فشار کم می‌شود.

در جریان لایه‌ای مایع درون یک لولهٔ افقی با سطح مقطع‌های مختلف، در بخش‌های نازک‌تر لوله، تندی بیشتر و فشار کم‌تر است.

نمونه‌هایی از اصل برنولی

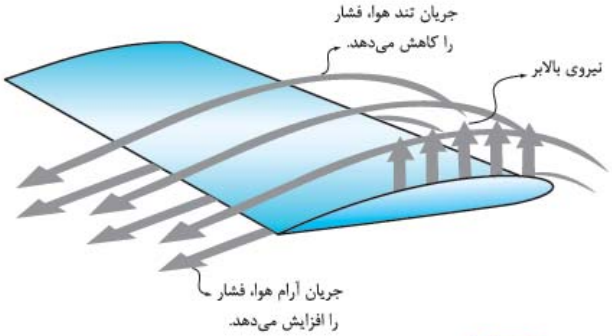
هر جا که شاره (مایع یا گاز) حرکت می‌کند، ردپایی از اصل برنولی دیده می‌شود. پدیده‌های زیر نمونه‌های واضحی از اصل برنولی‌اند:

۱) وقتی مانند شکل (الف) یک ورق کاغذ را جلوی دهانتان می‌گیرید و مانند شکل (ب) به سطح بالای کاغذ فوت می‌کنید، کاغذ به طرف بالا حرکت می‌کند. فوت‌کردن (یا دمیدن) باعث ایجاد جریان تند هوا در بالای کاغذ و در نتیجه کاهش فشار در آن منطقه می‌شود. یعنی فشار در بالای کاغذ از زیر آن کم‌تر شده و به دلیل اختلاف فشار، کاغذ به طرف بالا هُل داده می‌شود.

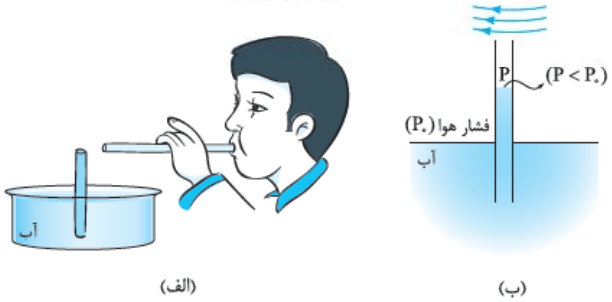
(ب) (الف)

۲ مطابق شکل روبه‌رو پوشش برزنتی کامیون در هنگام حرکت پُف می‌کند. دلیل بالاآمدن پوشش برزنتی دقیقاً مثل کاغذی است که به سطح بالایی‌اش می‌دمید. یعنی به دلیل حرکت نسبی هوا در بالای پوشش برزنتی فشار در آن منطقه کم می‌شود و اختلاف فشار پایین و بالای پوشش، باعث بالارفتن آن می‌شود.

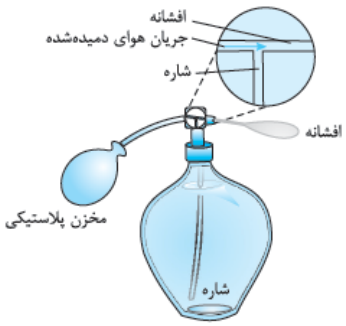
۳ نیروی بالابر وارد بر بال‌های هواپیما به دلیل طراحی خاص بال‌ها است. طراحی بال‌های هواپیما به گونه‌ای است که تندی هوا در بالای بال نسبت به زیر آن بیشتر است. برای همین فشار هوا در بالای بال کم‌تر از زیر آن است و به این ترتیب بال‌ها به طرف بالا هُل داده می‌شوند.



۴ در شکل (الف) وقتی داخل نیِ افقی فوت می‌کنید، سطح آب درون نیِ عمودی بالا می‌آید. دلیلش این است که با دمیدن، فشار هوا در بالای نی عمودی کم می‌شود و بین هوای داخل لولهٔ عمودی و هوای بیرون، اختلاف فشار ایجاد می‌شود و طبق اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز آب از نی عمودی بالا می‌رود.

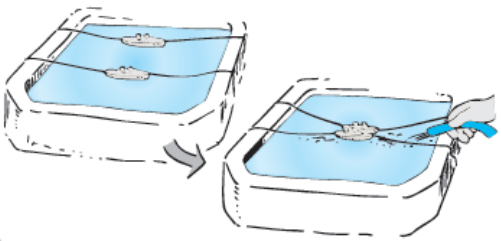


۵ شکل روبه‌رو یک سم‌پاش یا نوعی شیشهٔ عطر را نشان می‌دهد که براساس اصل برنولی کار می‌کند. اتفاقی که در این وسیله می‌افتد، شبیه نمونهٔ قبلی (دمیدن در نی افقی و بالارفتن آب در نی عمودی) است.



۶ لباس‌های خیس در هنگامی که باد می‌وزد، سریع‌تر خشک می‌شوند؛ چون وزش باد باعث می‌شود فشار هوا کم شود و در نتیجه با کاهش فشار هوا تبخیر سطحی افزایش می‌یابد.

۷ در شکل روبه‌رو با برقرارشدن جریان آب بین دو قایق، فشار آب بین آن‌ها کم می‌شود و در نتیجه قایق‌ها از طرفین به سمت هم هُل داده می‌شوند.



۷۹۲- گزینهٔ ۳ می‌دانیم که آهنگ عبور جریان شاره، یعنی حاصل‌ضرب سرعت شاره در سطح مقطع لوله؛ پس آهنگ عبور جریان را در هر گزینه محاسبه می‌کنیم:

۱

$$A_1 v_1 = \pi r^2 \times \frac{v}{2} = \frac{\pi r^2 v}{2}$$

(۲) $A_۲v_۲ = \pi\frac{r^۲}{۴}\times\frac{v}{۲} = \frac{\pi r^۲ v}{۸}$

(۳) $A_۳v_۳ = \frac{\pi\times ۹r^۲}{۴}\times v = \frac{۹}{۴}\pi r^۲ v$

(۳) $A_۴v_۴ = \pi\times ۴r^۲\times\frac{v}{۴} = \pi r^۲ v$

پس آهنگ عبور جریان شاره از (۳) از همه بیشتر است.

۷۹۳- گزینهٔ ۲ نسبت حجم شارهٔ عبورکننده از سطح مقطع معین در مدت‌زمان معین، همان تعریف آهنگ شارش شاره است و از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{آهنگ شارش شاره} = \frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{یکای آهنگ شارش شاره} = \frac{\text{یکای حجم شاره}}{\text{یکای زمان}} = \frac{m^۳}{s} = \frac{\text{مترمکعب}}{\text{ثانیه}}$$

۷۹۴- گزینهٔ ۱ با توجه به این‌که آهنگ عبور شاره از دو لوله برابر است، به راحتی می‌توانیم با استفاده از اصل پیوستگی به جواب برسیم:

$$A_۱v_۱ = A_۲v_۲ \Rightarrow \pi\frac{D^۲}{۴}\times\frac{v}{۳} = a^۲\times v \Rightarrow ۳\frac{D^۲}{۴}\times\frac{v}{۳} = a^۲\times v \Rightarrow \frac{D}{a} = ۲$$

۷۹۵- گزینهٔ ۲ به راحتی می‌توانیم با معادلهٔ پیوستگی این سؤال را حل کنیم: *(فقط هواستون به تبدیل واحدها باشه!)*

$$v_۱ = ۵\ cm/s = ۵\times۱۰^{-۲}\ m/s$$

$$A_۱v_۱ = A_۲v_۲ \Rightarrow A_۱\times v_۱ = \pi r^۲ v_۲ \Rightarrow ۰/۴\times۱۰^{-۴}\times۵\times۱۰^{-۲} = ۳\times(۲\times۱۰^{-۲})^۲\times v_۲ \Rightarrow v_۲ \simeq ۰/۱۷\times۱۰^{-۲}\ m/s$$

۷۹۶- گزینهٔ ۲ به راحتی می‌توانیم با استفاده از معادلهٔ پیوستگی به جواب برسیم:

$$A_۱v_۱ = A_۲v_۲ \Rightarrow \pi r_۱^۲ v_۱ = \pi r_۲^۲ v_۲ \Rightarrow (۲۵\times۱۰^{-۲})^۲\times v_۱ = (۱۵\times۱۰^{-۲})^۲\times ۲۸ \Rightarrow v_۱ = ۱۰/۰۸\ m/s$$

۷۹۷- گزینهٔ ۲ باز هم با استفاده از اصل پیوستگی به راحتی می‌توانیم به جواب برسیم.

گام اول: اگر تندی آب در هنگام خروج از شلنگ $v_۲$ باشد، از قانون پایستگی انرژی در هنگام خروج آب از شلنگ و هنگام رسیدن آب تا ارتفاع ۱۰ متری داریم:

$$\frac{۱}{۲}mv^۲ = mgh \Rightarrow \frac{۱}{۲}\times v_۲^۲ = gh \Rightarrow v_۲^۲ = ۲gh = ۲\times۱۰\times۱۰ \Rightarrow v_۲ = ۱۰\sqrt{۲}\ m/s$$

گام دوم: حالا اگر تندی آب در هنگام ورود به شلنگ $v_۱$ باشد داریم، ($A_۱$ مساحت دهانه شلنگ است.)

$$A_۱v_۱ = A_۲v_۲ \xrightarrow[A_۱=\pi r^۲=۳\times(۱\times۱۰^{-۲})^۲]{} ۳\times۱۰^{-۴}\times۵\sqrt{۲} = A_۲\times۱۰\sqrt{۲} \Rightarrow A_۲ = \frac{۳\times۱۰^{-۴}\times۵\sqrt{۲}}{۱۰\sqrt{۲}} = ۱/۵\times۱۰^{-۴}\ m^۲$$

۷۹۸- گزینهٔ ۳ در پاسخ این سؤال باید به این نکته توجه کنیم که آبی به لوله‌ها وارد و خارج نشده است، پس حجم آبی که در هر ثانیه از هر مقطع لوله‌ها می‌گذرد، ثابت و برابر با $۵\ L/s$ است.

۷۹۹- گزینهٔ ۴ لوله‌ها به هم متصل هستند، پس به راحتی می‌توانیم با استفاده از معادلهٔ پیوستگی به جواب برسیم:

$$A_۱v_۱ = A_۳v_۳ \xrightarrow{v_۱=۸\ cm/s=۰/۰۸\ m/s} \pi r_۱^۲ v_۱ = \pi r_۳^۲ v_۳ \Rightarrow \pi\times(۱\times۱۰^{-۲})^۲\times۰/۰۸ = \pi\times(۲\times۱۰^{-۲})^۲\times v_۳ \Rightarrow v_۳ = ۰/۰۲\ m/s$$

۸۰۰- گزینهٔ ۳ از بین موارد صورت سؤال افشانهٔ عطر، افزایش ارتفاع موج‌های دریا در روزهای طوفانی، پف کردن پوشش بار کامیون در حال حرکت و بلند شدن هواپیما از روی باند با اصل برنولی قابل توجیه هستند.

۸۰۱- گزینهٔ ۱ در جریان پایا و لایه‌ای شارهٔ تراکم‌ناپذیری مثل جریان خون درون رگ آهنگ شارش در تمام مقاطع یکسان است. طبق معادلهٔ پیوستگی، تندی شاره در مقاطع کوچک‌تر، بیشتر و طبق اصل برنولی فشار در این مناطق کمتر است. در ضمن کاهش فشار باعث می‌شود، احتمال رسوب چربی بیشتر شود.

۸۰۲- گزینهٔ ۲ **گام اول:** طبق اصل پیوستگی اگر سطح مقطع یک لولهٔ افقی کاهش یابد، تندی شاره در آن افزایش می‌یابد و اگر سطح مقطع لولهٔ افقی افزایش یابد، تندی شاره در این قسمت از لوله کاهش می‌یابد. در این سؤال، سطح مقطع لولهٔ (۲) نسبت به لولهٔ (۱) کم‌تر شده، پس سرعت شاره در این قسمت بیشتر است: $v_۲ > v_۱$

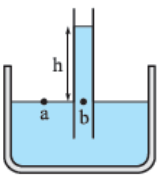
تا این‌جا گزینه‌های (۳) و (۴) کنار می‌روند.

گام دوم: طبق اصل برنولی، اگر تندی شاره افزایش یابد، فشار داخل آن کاهش می‌یابد و برعکس.

تندی شاره در لولهٔ (۲) بیشتر است، پس فشار آن کم‌تر از فشار لولهٔ (۱) است. $P_۲ < P_۱$

۸۰۳- گزینهٔ ۲ با برقراری جریان آب، تندی جریان آب بین قایق‌ها بیشتر می‌شود و طبق اصل برنولی فشار در ناحیهٔ بین دو قایق کاهش می‌یابد؛ پس فشار آب بیشتر ناحیه‌های بیرون قایق‌ها، باعث نزدیک‌شدن دو قایق می‌شود.

۸۰۴- گزینهٔ ۳ با دمیدن درون نی افقی، هوا با سرعت از بالای نی عمودی عبور می‌کند. طبق اصل برنولی با افزایش تندی، فشار کاهش می‌یابد، پس فشار هوا در بالای نی عمودی کم می‌شود. با کم شدن فشار هوا در بالای نی عمودی، فشار هوا روی سطح آزاد مایع باعث بالا رفتن سطح آب درون نی می‌شود. از برابری فشار نقاط هم‌تراز a و b داریم:



$$P_a = P_b \Rightarrow P_۰ = P_{\text{بالای نی}} + \rho gh$$

$$\Rightarrow P_۰ - P_{\text{بالای نی}} = \rho gh \Rightarrow ۱۰^۵ - ۹/۸۵\times۱۰^۴ = ۱۰^۳\times۱۰\times h \Rightarrow h = ۰/۱۵\ m = ۱۵\ cm$$

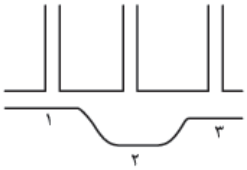
۸۰۵- گزینهٔ ۳ **بررسی گزینه‌ها:** (۱) نادرست؛ در نقطهٔ A سطح مقطع لوله در حال افزایش است، پس تندی آب در این نقطه کم می‌شود.

(۲) نادرست؛ در نقطهٔ B اندازهٔ سطح مقطع ثابت است؛ پس تندی آب در این نقطه هم ثابت می‌ماند.

(۳) درست؛ در نقطهٔ C سطح مقطع لوله در حال کاهش است، پس تندی آب در این نقطه زیاد می‌شود و طبق اصل برنولی با زیادشدن تندی آب، فشار در این نقطه کاهش می‌یابد.

(۴) نادرست؛ در نقطهٔ D هم مانند نقطهٔ B اندازهٔ سطح مقطع لوله ثابت است، پس تندی آب و در نتیجه فشار جریان در این نقطه ثابت است.

۸۰۶- گزینهٔ ۳ طبق اصل پیوستگی، هر چه سطح مقطع لوله کم‌تر باشد، سرعت عبور شاره در آن بیشتر است و طبق اصل برنولی، هر چه سرعت عبور شاره بیشتر باشد، فشار در آن کم‌تر است. با توجه به شکل روبه‌رو، رابطهٔ بین سطح مقطع لوله‌ها برابر است با:



$$A_1 < A_3 < A_2$$

پس طبق اصل پیوستگی داریم:

$$v_1 > v_3 > v_2$$

و طبق اصل برنولی:

$$P_1 < P_3 < P_2$$

می‌دانیم فشار لوله به ارتفاع مایع در لوله بستگی دارد $(P = \rho gh)$ پس داریم:

$$h_1 < h_3 < h_2$$

۸۰۷- گزینهٔ ۳ **گام اول:** رابطهٔ بین سطح مقطع سه قسمت لولهٔ افقی به صورت مقابل است:

$$A_2 < A_1 < A_3$$

پس طبق اصل پیوستگی $(A_1v_1 = A_2v_2 = A_3v_3)$ رابطهٔ بین تندی جریان هوا در سه قسمت لوله عبارت است از:

$$v_2 > v_1 > v_3$$

گام دوم: می‌دانیم که طبق اصل برنولی هر چه تندی جریان بیشتر باشد، فشار در آن قسمت کم‌تر است:

$$P_2 < P_1 < P_3$$

گام سوم: هر چه فشار در دهانهٔ لولهٔ U‌شکل کم‌تر باشد، سطح جیوه در لوله بالاتر می‌رود.

$$h_2 > h_1 > h_3$$

که این مطلب در (۳) دیده می‌شود.

۸۰۸- گزینهٔ ۲ **گام اول:** سطح مقطع لولهٔ افقی در قسمت (۲) کم‌تر از سطح مقطع لوله در قسمت (۱) است، پس با توجه به اصل پیوستگی، تندی جریان هوا در قسمت (۲) بیشتر از قسمت (۱) است. هم‌چنین با توجه به اصل برنولی به دلیل تندی بیشتر هوا در قسمت (۲)، فشار هوا در این قسمت کم‌تر می‌شود. با بازکردن شیرهای A و B و به دلیل این‌که فشار هوا در قسمت (۲) کم‌تر از فشار هوا در قسمت (۱) است، ستون مایع در لولهٔ سمت راست بالاتر از ستون مایع در لولهٔ سمت چپ قرار می‌گیرد.

گام دوم: اختلاف فشار در دهانهٔ سمت راست و چپ لولهٔ U‌شکل باعث اختلاف ارتفاع مایع در دو طرف این لوله می‌شود.

$$P_1 - P_2 = 75 - 70 = 5 \text{ cmHg}$$

این اختلاف فشار هوا برابر با فشار ۵ cm ستون جیوه است.

حالا می‌خواهیم بدانیم که این اختلاف فشار هوا برابر با فشار چه ستونی از مایع درون لولهٔ U‌شکل است:

$$\rho_{\text{جیوه}}\Delta h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{مایع}}\Delta h_{\text{مایع}} \Rightarrow 13/6 \times 5 = 2/72 \times \Delta h_{\text{مایع}} \Rightarrow \Delta h_{\text{مایع}} = 25 \text{ cm}$$

۸۰۹- گزینهٔ ۲ **گام اول:** سطح مقطع لوله در نقطهٔ (۱) نسبت به نقطهٔ (۲) کم‌تر است، پس طبق اصل پیوستگی تندی شاره در نقطهٔ (۱) بیشتر از نقطهٔ (۲) است و طبق اصل برنولی به دلیل تندی بیشتر شاره در نقطهٔ (۱)، فشار شاره در این نقطه کم‌تر است. بنابراین فشار از نقطهٔ (۱) تا (۲) افزایش می‌یابد.

گام دوم: اختلاف سطح مایع در دو لوله ناشی از اختلاف فشار در نقاط (۱) و (۲) است.

$$\Delta P = \rho g \Delta h = \rho_{Hg} g h_{Hg} \Rightarrow 2 \times 27/2 = 13/6 \times h_{Hg} = 4 \text{ cm} \Rightarrow \Delta P = 4 \text{ cmHg}$$

۸۱۰- گزینهٔ ۳ **گام اول:** با استفاده از معادلهٔ پیوستگی، سرعت جریان آب در لولهٔ (۲) را به دست می‌آوریم:

$$A_1v_1 = A_2v_2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = \left(\frac{4d_2}{d_2}\right)^2 = 16 \Rightarrow \frac{v_2}{2/5} = 16 \Rightarrow v_2 = 40 \text{ m/s}$$

گام دوم: مدت‌زمانی را که طول می‌کشد تا آب از یک سر لوله به سر دیگر لوله برسد، محاسبه می‌کنیم:

$$t_1 = \frac{d_1}{v_1} = \frac{5 \times 10^3}{2/5} = 2000 \text{ s} \quad , \quad t_2 = \frac{d_2}{v_2} = \frac{1/6 \times 10^3}{40} = 40 \text{ s}$$

در نتیجه مدت زمان لازم برای این‌که آب از نقطهٔ A به نقطهٔ B برسد، برابر است با:

$$t_{\text{کل}} = t_1 + t_2 = 2000 + 40 = 2040 \text{ s} = 34 \text{ min}$$

۸۱۱- گزینهٔ ۲ **گام اول:** معادلهٔ پیوستگی برای لوله‌ها را در حالت کلی نوشته و آن را با معادلهٔ پیوستگی در حالتی که سرعت آب در لولهٔ (۱)، ۲ m/s افزایش می‌یابد مقایسه می‌کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} A_1v_1 = A_2v_2 \\ A_1(v_1+2) = A_2\left(v_2 + \frac{20}{100}v_2\right) \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{v_1}{v_1+2} = \frac{v_2}{1/2v_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_1+2} = \frac{1}{1/2} \Rightarrow 1/2v_1 = v_1 + 2 \Rightarrow 0/2v_1 = 2 \Rightarrow v_1 = 10 \text{ m/s}$$

گام دوم: این بار نیز معادلهٔ پیوستگی در حالت کلی را با معادلهٔ پیوستگی در حالتی که سرعت آب در لولهٔ (۱)، ۲ m/s کاهش می‌یابد، مقایسه می‌کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} A_1v_1 = A_2v_2 \\ A_1(v_1-2) = A_2(v_2-5) \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{v_1}{v_1-2} = \frac{v_2}{v_2-5} \Rightarrow \frac{10}{10-2} = \frac{v_2}{v_2-5} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{v_2}{v_2-5} \Rightarrow 5v_2 - 25 = 4v_2 \Rightarrow v_2 = 25 \text{ m/s}$$

گام سوم: اکنون با مشخص‌شدن v_1 و v_2 خواستهٔ تست را به دست می‌آوریم:

$$A_1v_1 = A_2v_2 \Rightarrow A_1 \times 10 = A_2 \times 25 \Rightarrow \frac{A_2}{A_1} = \frac{10}{25} = 0/4$$

۸۱۲- گزینهٔ ۴ **گام اول:** جریان پیوستهٔ آب بین سر شلنگ و پنجره برقرار است، بنابراین:

$$A_1v_1 = A_2v_2 \Rightarrow 500\times v_1 = (0/5\times10^{-4})\times v_2 \Rightarrow v_2 = 0/1v_1 \quad (I)$$

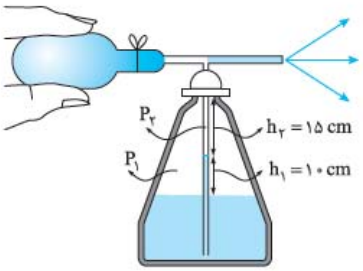
گام دوم: قانون پایستگی انرژی مکانیکی را برای مقداری آب به جرم m در دو نقطه، یکی نقطهٔ خروج آب از شلنگ و دیگری نقطهٔ ورود آب به پنجره می‌نویسیم:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \Rightarrow mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\Rightarrow v_1^2 = v_2^2 + 2g(h_2 - h_1) \Rightarrow v_1^2 = v_2^2 + 2\times10\times(21-1/2)$$

$$\Rightarrow v_1^2 = v_2^2 + 396 \xrightarrow{(I)} v_1^2 = (0/1v_1)^2 + 396 \Rightarrow 0/99v_1^2 = 396 \Rightarrow v_1^2 = 400 \Rightarrow v_1 = 20\,m/s$$

۸۱۳- گزینهٔ ۳ **گام اول:** با فرض این‌که P_1 فشار هوای درون آب‌پاش و P_2 فشار هوا در بالای ستون آب باشد، داریم:



$$P_1 = P_2 + \rho gh_1 \Rightarrow P_2 = P_1 - \rho gh_1$$

$$\Rightarrow P_2 = P_1 - 1000\times10\times0/1 = P_1 - 1000 \quad (I)$$

گام دوم: پس از فشاردادن حباب پلاستیکی، جریان هوا با سرعت زیاد از بالای لولهٔ قائم عبور کرده و مطابق با اصل برنولی فشار در بالای لولهٔ قائم کاهش می‌یابد و در نتیجه به دلیل وجود فشار هوا در مخزن، آب از لولهٔ قائم بالا می‌آید. با فرض این‌که فشار در بالای لولهٔ قائم در این حالت P_2' باشد، داریم:

$$P_2' + \rho g(h_1 + h_2) = P_1 \Rightarrow P_2' = P_1 - \rho g(h_1 + h_2) = P_1 - 1000\times10\times(0/1+0/15)$$

$$\Rightarrow P_2' = P_1 - 2500 \quad (II)$$

گام سوم: از مقایسهٔ دو رابطهٔ (I) و (II) حداقل کاهش فشار لازم برای بیرون پاشیده‌شدن آب برابر است با:

$$\Delta P = P_2' - P_2 = (P_1 - 2500) - (P_1 - 1000) = -1500\,Pa$$

۸۱۴- گزینهٔ ۴ **گام اول:** فشار ناشی از $450\,cm^3$ آب را در کف ظرف محاسبه می‌کنیم؛ $450\,g$ آب $450\,cm^3$ جرم دارد، بنابراین:

$$P_1 = \frac{mg}{A} = \frac{(450\times10^{-3})\times10}{\pi(5\times10^{-2})^2} = \frac{45\times10^{-1}}{3\times25\times10^{-4}} = 600\,Pa$$

گام دوم: چون چگالی جسم کم‌تر از چگالی آب است بر روی آن شناور باقی می‌ماند؛ برای محاسبهٔ حجمی از جسم که در داخل آب قرار می‌گیرد (V')، با استفاده از رابطهٔ شناوری داریم:

$$F_b = mg \Rightarrow \rho_0 V'g = \rho Vg \Rightarrow \frac{V'}{V} = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{0/6}{1} = 0/6 \Rightarrow V' = 0/6\,V$$

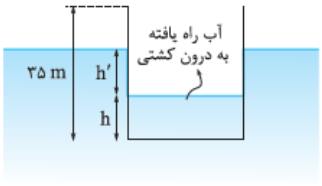
گام سوم: با انداختن جسم به داخل آب، ارتفاع آب افزایش یافته و فشار در کف ظرف از مقدار $P_1 = 600\,Pa$ به مقدار $P_2 = 800\,Pa$ افزایش می‌یابد، بنابراین:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 800 - 600 = 200 \Rightarrow \rho g\Delta h = 200 \Rightarrow \Delta h = \frac{200}{\rho g} \Rightarrow \Delta h = \frac{200}{1000\times10} = 0/02\,m = 2\,cm$$

این افزایش ارتفاع آب به دلیل افزایش حجم ناشی از قرارگرفتن ۶۰ درصد از حجم جسم در داخل آب است؛ پس:

$$0/6V = A.\Delta h \Rightarrow V = \frac{A.\Delta h}{0/6} = \frac{\pi r^2\Delta h}{0/6} = \frac{3\times5^2\times2}{0/6} = 250\,cm^3$$

۸۱۵- گزینهٔ ۳ **گام اول:** مطابق شکل، فرض می‌کنیم h ارتفاع آب نفوذکرده به درون کشتی و h' ارتفاعی از کشتی باشد که پایین‌تر از سطح آب قرار گرفته است؛ در این صورت هنگامی کشتی غرق می‌شود که مجموع این دو مقدار $35\,m$ شود:



$$h + h' = 35\,m \quad (I)$$

گام دوم: قسمتی از کشتی به ارتفاع h' که خالی از آب است، نیروی شناوری به وجود می‌آورد که مانع از غرق‌شدن کشتی در برابر نیروهای وزن کشتی و آب راه‌یافته به کشتی می‌شودکه اگر M جرم کشتی و m جرم آب راه‌یافته به درون کشتی باشد، داریم:

$$F_b = Mg + mg \Rightarrow \rho_0 V'g = Mg + \rho_0 Vg \Rightarrow \rho_0 V' = M + \rho_0 V$$

$$\Rightarrow \rho_0 Ah' = M + \rho_0 Ah \xrightarrow{(I)} \rho_0 A(35 - h) = M + \rho_0 Ah$$

$$\Rightarrow 2\rho_0 Ah = 35\rho_0 A - M \Rightarrow h = \frac{35\rho_0 A - M}{2\rho_0 A} = \frac{35\times10^3\times(2\times10^3) - (25\times10^6)}{2\times10^3\times(2\times10^3)} = \frac{45}{4} = 11/25\,m$$

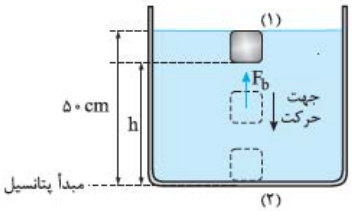
به عبارت دیگر هنگامی که ارتفاع آب راه‌یافته به کشتی $11/25\,m$ می‌شود، کشتی غرق می‌شود؛ در این وضعیت حجم آب راه‌یافته به درون کشتی برابر است با:

$$V = Ah = (2\times10^3)\times11/25 = 2/25\times10^4\,m^3$$

و چون آهنگ ورود آب به کشتی از سوراخ ایجادشده $2/5\,m^3/s$ است، مدت‌زمان لازم برای ورود این مقدار آب برابر است با:

$$t = \frac{2/25\times10^4}{2/5} = 9000\,s = 150\,min$$

۸۱۶- گزینهٔ ۲ در مسیر حرکت جسم از سطح آب (نقطهٔ ۱) به کف ظرف (نقطهٔ ۲)، دو نیروی وزن و شناوری بر جسم وارد می‌شود که نیروی شناوری باعث تغییر انرژی مکانیکی جسم از E_1 به E_2 می‌شود، بنابراین:



$$E_2 - E_1 = W_{F_b} \Rightarrow (U_2 + K_2) - (U_1 + K_1) = W_{F_b}$$

$$\Rightarrow (0 + \frac{1}{2}mv^2) - (mgh + 0) = W_{F_b} \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 - mgh = W_{F_b} \quad (I)$$

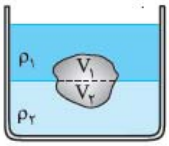
نیروی شناوری رو به بالا و در خلاف جهت حرکت جسم است، در نتیجه:

$$W_{F_b} = -F_b h = -\rho_0 Vgh \xrightarrow{(I)} \frac{1}{2}mv^2 - mgh = -\rho_0 Vgh$$

در جای‌گذاری مقادیر در رابطهٔ بالا توجه داشته باشید که به دلیل بعد جسم، h برابر $50 - 10 = 40\ cm$ است، پس:

$$\frac{1}{2}\times 2\times v^2 - 2\times 10\times 0/4 = -1000\times (0/1)^3\times 10\times 0/4 \Rightarrow v^2 - 8 = -4 \Rightarrow v^2 = 4 \Rightarrow v = 2\ m/s$$

۸۱۷- گزینهٔ ۱ نیروی شناوری حاصل از حجم V_1 که درون مایع (۱) قرار دارد (F_{b_1}) و نیروی شناوری حاصل از حجم V_2 از جسم که درون مایع (۲) قرار دارد (F_{b_2}) بر وزن جسم غلبه کرده و آن را بین دو مایع به حالت غوطه‌ور نگه می‌دارد:

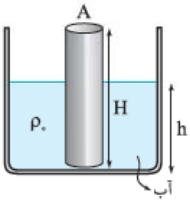


$$F_{b_1} + F_{b_2} = mg \Rightarrow \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 = \rho V_{\text{توپر}}$$

$$\Rightarrow \rho_1(0/6V) + \rho_2(0/4V) = \rho(V - V_{\text{حفره}}) \Rightarrow 0/6(0/6V) + 1/8(0/4V) = 1/44(V - V_{\text{حفره}})$$

$$\Rightarrow 1/08\,V = 1/44V - 1/44V_{\text{حفره}} \Rightarrow 1/44V_{\text{حفره}} = 0/36V \Rightarrow \frac{V_{\text{حفره}}}{V} = 0/25 = \%25$$

۸۱۸- گزینهٔ ۲ **گام اول**: با توجه به محاسبات زیر، نیروی شناوری قسمتی از استوانه که درون آب است، کوچک‌تر از وزن استوانه بوده و در نتیجه آب درون ظرف به تنهایی نمی‌تواند استوانه را شناور کند. اگر h ارتفاع آب درون ظرف و H ارتفاع استوانه باشد، داریم:



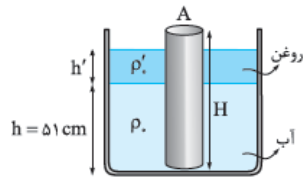
$$F_b = \rho_0 V_{in} g = \rho_0 (Ah)g = 1\times 51\times Ag = 51Ag$$

$$mg = \rho Vg = \rho(AH)g = 0/7\times 90\times Ag = 63\,Ag$$

در نتیجه:

$$F_b < mg$$

گام دوم: پس از ریختن روغن بر روی آب، چون چگالی روغن کم‌تر از آب است، بر روی آب باقی مانده و نیروی شناوری حاصل از آن (F'_b) به کمک نیروی شناوری آب (F_b) می‌آید تا از این طریق بر نیروی وزن جسم (mg) غلبه کنند. اگر h' ارتفاع روغن باشد، داریم



$$F_b + F'_b = mg \Rightarrow \rho_0 V_{in} g + \rho'_0 V' g = \rho Vg \Rightarrow \rho_0 Ahg + \rho'_0 Ah'g = \rho AHg$$

$$\Rightarrow \rho_0 h + \rho'_0 h' = \rho H \Rightarrow 1\times 51 + 0/6\times h' = 0/7\times 90 \Rightarrow 0/6\,h' = 12 \Rightarrow h' = 20\ cm$$

۸۱۹- گزینهٔ ۴ همان‌طور که در درس‌نامه گفتیم، طبق اصل ارشمیدس وقتی همه یا بخشی از یک جسم در یک شاره فرو رود، نیروی شناوری وارد بر جسم، برابر با وزن شارهٔ جابه‌جاشده توسط جسم است. یعنی:

$$F_b = mg = \rho_{\text{آب}} Vg$$

که در این رابطه V حجم مایع جابه‌جاشده توسط جسم است.

در این سؤال نیروی شناوری وارد بر جسم (۱) برابر با وزن مایع هم‌حجم با کل جسم است. چون تمام جسم درون آب قرار دارد؛ ولی نیروی شناوری وارد بر جسم (۲) برابر با وزن مقدار مایعی است که حجمش کم‌تر از حجم کل جسم است؛ پس نیروی شناوری وارد بر جسم (۲) کم‌تر از نیروی شناوری وارد بر جسم (۱) است.

۸۲۰- گزینهٔ ۲ **گام اول**: می‌دانیم که اختلاف اندازهٔ نیروهای وارد بر سطوح بالایی و پایینی استوانه همان نیروی شناوری وارد بر استوانه است؛ پس داریم:

$$F_b = \rho_{\text{مایع}} V_{\text{جسم}} g \xrightarrow{\rho_{\text{مایع}} = 10^3\ kg/m^3} 1/2 = 10^3\times V_{\text{جسم}}\times 10 \Rightarrow V_{\text{جسم}} = 1/2\times 10^{-4}\ m^3$$

گام دوم: حالا با داشتن مقدار حجم استوانه، به راحتی می‌توانیم شعاع سطح مقطع استوانه را به دست آوریم:

$$V_{\text{جسم}} = \text{ارتفاع}\times\text{مساحت سطح مقطع} = \pi a^2 h \Rightarrow 1/2\times 10^{-4} = 3\times a^2\times 10\times 10^{-2} \Rightarrow a^2 = 4\times 10^{-4} \Rightarrow a = 2\times 10^{-2}\ m = 2\ cm$$

۸۲۱- گزینهٔ ۱ طبق اصل ارشمیدس، نیروی شناوری که روغن به جسم وارد می‌کند برابر با وزن مایع جابه‌جاشده توسط جسم است:

$$F_b = \text{وزن مایع جابه‌جاشده} = mg = \rho Vg$$

(ρ: چگالی مایع، V: حجم مایع جابه‌جاشده)

از طرفی می‌دانیم که حجم مایع جابه‌جاشده برابر است با $V = A\times h$ که A سطح مقطع ظرف و h مقدار ارتفاع بالاآمدهٔ سطح روغن است. پس داریم:

$$F_b = \rho_{\text{مایع}} V_{\text{جسم}} g \xrightarrow{V=Ah} 6/48 = 0/9\times 10^3\times 120\times 10^{-4}\times h\times 10 \Rightarrow h = 0/06\ m = 6\ cm$$

۸۲۲- گزینهٔ ۲ **گام اول**: وقتی که گلوله را روی قطعه چوب قرار می‌دهیم، به اندازهٔ وزن خود آب را جابه‌جا می‌کند؛ یعنی وزن آب جابه‌جاشده با وزن گلوله برابر است:

$$m_{\text{گلوله}} g = m_{\text{آب جابه‌جاشده}} g \Rightarrow \rho_{\text{گلوله}} V_{\text{گلوله}} = \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب جابه‌جاشده}} \xrightarrow{\rho_{\text{آب}} > \rho_{\text{گلوله}}} V_{\text{آب جابه‌جاشده}} > V_{\text{گلوله}} \quad (1)$$

گام دوم: ولی وقتی که گلوله را داخل آب می‌اندازیم، چون چگالی گلوله از آب بیشتر است، گلوله در ته ظرف ته‌نشین می‌شود و حجم آب جابه‌جاشده برابر با حجم گلوله است:

$$V_{\text{آب جابه‌جاشده}} = V_{\text{گلوله}} \quad (۲)$$

گام سوم: با مقایسهٔ (۱) و (۲) می‌توان نتیجه گرفت که وقتی گلوله روی قطعه چوب است، حجم آب بیشتر جابه‌جا می‌شود، پس $D > D'$ است.

۸۲۳- گزینهٔ ۱ وقتی گلوله را درون مایع می‌بریم، علاوه بر نیروی وزن گلوله، نیروی شناوری از طرف مایع رو به بالا به گلوله وارد می‌شود که این نیرو باعث کاهش نیروی کشسانی فنر می‌شود (چون کشیدگی فنر کمی کاهش می‌یابد)؛ پس نیروی کشسانی فنر به اندازهٔ همین نیروی شناوری، کاهش می‌یابد: (نیروی شناوری همان وزن مایع جابه‌جاشده توسط گلوله است.)

$$F_b = m_{\text{مایع}}g = \rho_{\text{مایع}}V_{\text{ج.م}}g = ۱/۸\times۱۰^{۳}\times\frac{۴}{۳}\pi r^{۳}\times۱۰ = ۱/۸\times۱۰^{۳}\times\frac{۴}{۳}\times۳\times(۱\times۱۰^{-۲})^{۳}\times۱۰ = ۷/۲\times۱۰^{-۲}\ \text{N}$$

۸۲۴- گزینهٔ ۳ نیرویی که نیروسنج نشان می‌دهد برابر با اختلاف نیروی وزن و نیروی شناوری وارد بر جسم است: (تکرار می‌کنیم! نیروی شناوری همان وزن مایع جابه‌جاشده توسط جسم است.)

$$(F_{\text{نیروسنج}})_{\text{آب}} = mg - (F_b)_{\text{آب}} \Rightarrow (F_b)_{\text{آب}} = mg - (F_{\text{نیروسنج}})_{\text{آب}} = ۵۰ - ۱۰ = ۴۰\ \text{N}$$

$$(F_{\text{نیروسنج}})_{\text{اتانول}} = mg - (F_b)_{\text{اتانول}} \Rightarrow (F_b)_{\text{اتانول}} = mg - (F_{\text{نیروسنج}})_{\text{اتانول}} = ۵۰ - ۱۸/۸ = ۳۱/۲\ \text{N}$$

$$\Rightarrow \frac{(F_b)_{\text{آب}}}{(F_b)_{\text{اتانول}}} = \frac{\overbrace{\rho_{\text{آب}}V_{\text{جسم}}g}^{\text{وزن آب جابه‌جاشده توسط جسم}}}{\underbrace{\rho_{\text{اتانول}}V_{\text{جسم}}g}_{\text{وزن اتانول جابه‌جاشده توسط جسم}}} = \frac{\rho_{\text{آب}}}{\rho_{\text{اتانول}}} \Rightarrow \frac{۴۰}{۳۱/۲} = \frac{۱}{\rho_{\text{اتانول}}} \Rightarrow \rho_{\text{اتانول}} = ۰/۷۸\ \text{g/cm}^{۳} = ۰/۷۸\times۱۰^{۳} = ۷۸۰\ \text{g/L}$$

۸۲۵- گزینهٔ ۳ مکعب (۱) تمایل دارد که روی سطح شاره شناور شود، پس $\rho_{\text{مایع}} > \rho_۱$ و مکعب (۲) برای غوطه‌ورماندن در مایع، باید چگالی‌اش با چگالی مایع برابر باشد؛ یعنی $\rho_{\text{مایع}} = \rho_۲$. پس داریم:

$$\rho_{\text{مایع}} = \rho_۲ > \rho_۱$$

۸۲۶- گزینهٔ ۴ طبق آن‌چه که در درس‌نامه گفتیم، داریم:

$$\frac{V_{\text{in}}}{V_{\text{کل}}} = \frac{\rho_{\text{جسم}}}{\rho_{\text{مایع}}} \xrightarrow{V=A.h} \frac{h_{\text{in}}}{h_{\text{کل}}} = \frac{\rho_{\text{جسم}}}{\rho_{\text{مایع}}} \Rightarrow \rho_{\text{جسم}} = \frac{h_{\text{in}}\times\rho_{\text{مایع}}}{h_{\text{کل}}} = \frac{۰/۴h\times۱/۸}{h} = ۰/۷۲\ \text{g/cm}^{۳}$$

۸۲۷- گزینهٔ ۳ **گام اول:** چون آبی به لوله‌ها وارد و از لوله‌ها خارج نشده، حجم آب عبوری از مقطع از لوله‌ها ثابت است، پس در هر ثانیه از لولهٔ (۱)، ۱/۵ L آب عبور می‌کند.

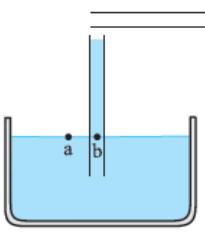
$$V' = ۶\times۱/۵ = ۹\ \text{L} = ۹\times۱۰^{-۳}\ \text{m}^{۳}$$: حجم آب عبوری از لولهٔ (۱) در مدت ۶ s

گام دوم: از رابطهٔ $m = \rho V$ به راحتی می‌توانیم جرم آب عبوری را محاسبه کنیم:

$$m' = \rho V' = ۱۰^{۳}\times۹\times۱۰^{-۳} = ۹\ \text{kg}$$

۸۲۸- گزینهٔ ۳ می‌دانیم که با دمیدن درون نی افقی، هوا با سرعت از بالای نی عمودی می‌گذرد. طبق اصل برنولی با افزایش تندی، فشار کاهش می‌یابد، پس فشار هوا در بالای نی عمودی کم می‌شود.

با کم‌شدن فشار هوا در بالای نی، فشار هوا روی سطح آزاد مایع باعث بالارفتن سطح آب درون نی و سرریزشدن آن می‌شود.



حالا برابری فشار را در نقاط هم‌تراز a و b می‌نویسیم:

$$P_a = P_b \Rightarrow P_۰ = P_{\text{بالای نی}} + \rho gh \Rightarrow P_۰ - P_{\text{بالای نی}} = \rho gh = ۱۰^{۳}\times۱۰\times۱۰\times۱۰^{-۲} = ۱۰^{۳}\ \text{Pa}$$

۸۲۹- گزینهٔ ۳ همان‌طور که در درس‌نامه گفتیم، وقتی مایعی به سرعت سرد شود، جامد بی‌شکل (آمورف) به وجود می‌آید که برخلاف جامدهای بلورین، طرح منظمی ندارد. شیشه نوعی جامد بی‌شکل است.

بررسی سایر گزینه‌ها: (۱) جامدهای فلزی مانند آهن ساختار بلورین دارند. / (۲) ساختمان الماس و گرافیت دو طرح منظم مولکول‌های کربن‌اند. بد نیست بدانید که دوده جامد آمورف کربن است. / (۴) یخ از سردسازی آرام مولکول‌های آب شکل می‌گیرد و برای همین فرصت دارد در طرح منظمی منجمد شود.

۸۳۰- گزینهٔ ۳ پخش عطر در هوا به آرامی انجام می‌شود. دلیل این موضوع حرکت کاتوره‌ای مولکول‌های عطر در هوا است، وگرنه سرعت حرکت مولکول‌های عطر اصلاً کم نیست!

۸۳۱- گزینهٔ ۴ در این حالت، کشش سطحی آب زور این را دارد که تیغ را به حالت شناور روی سطح آب نگه دارد.

۸۳۲- گزینهٔ ۱ این را می‌دانیم که هر چه لوله نازک‌تر باشد، اختلاف ارتفاع مایع درون لوله با سطح ظرف بیشتر است. بنابراین اگر درون ظرف آب باشد، آب در لولهٔ نازک‌تر بیشتر بالا می‌رود و اگر درون ظرف جیوه باشد، جیوه در لولهٔ نازک‌تر بیشتر پایین می‌رود. با توجه به این موضوع، تنها شکل (ب) درست نمایش داده شده است.

۸۳۳- گزینهٔ ۲ *درسته که تو این سؤال فشار یه جسم جامد خواسته شده، اما یه راه بهتری هم وجود داره!*

این تست به راحتی از رابطهٔ $P = \rho gh$ قابل حل است. چگالی آلومینیم را که داریم، ارتفاع آن هم مشخص است. پس داریم:

$$P = \rho gh = ۲/۷\times۱۰^{۳}\times۱۰\times۰/۴ = ۱۰۸۰۰\ \text{Pa} = ۱۰/۸\ \text{kPa}$$

۸۳۴- گزینهٔ ۳ **گام اول:** در صورت سؤال گفته شده که جرم هر سانتی‌متر مکعب این مایع برابر با $\frac{۱۲۰}{۹۸}\,g$ است، پس چگالی این مایع برابر است با:

$$\rho=\frac{m}{V}=\frac{\frac{۱۲۰}{۹۸}\times۱۰^{-۳}}{۱\times۱۰^{-۶}}=\frac{۱۲۰}{۹۸}\times۱۰^{۳}\ kg/m^{۳}$$

گام دوم: فشار وارد از طرف مایع بر ته ظرف از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$P=\rho gh=\frac{۱۲۰}{۹۸}\times۱۰^{۳}\times۹/۸\times۰/۵=۶\times۱۰^{۳}\ Pa$$

۸۳۵- گزینهٔ ۴ در این سؤال باید به چند نکته توجه کنیم:

(۱) در اثر گرم‌شدن آب، وزن آن تغییر نمی‌کند.

(۲) با افزایش دمای آب، حجم آب افزایش می‌یابد و **ارتفاع** آن **زیاد** می‌شود. از رابطهٔ $\rho=\frac{m}{V}$ داریم:

$$m=\rho V=\rho Ah \xrightarrow{\text{A و m ثابت هستند}} \text{مقدار ثابت}=\rho h$$

با افزایش h، به همان نسبت چگالی (ρ) کاهش می‌یابد.

با توجه به نکته‌های (۱) و (۲) و از رابطهٔ $P=\frac{mg}{A}$ می‌توانیم بگوییم که با ثابت‌ماندن جرم (m) و A، **فشار هم تغییر نمی‌کند.**

۸۳۶- گزینهٔ ۱ فشار کل از رابطهٔ $P=P_{۰}+\rho gh$ محاسبه می‌شود؛ پس داریم:

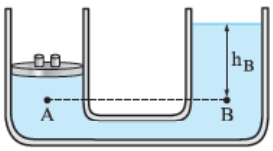
$$P=P_{۰}+\rho gh \xrightarrow[P_{۰}=۱۰^{۵}\ Pa]{P=۲P_{۰}} ۲P_{۰}=P_{۰}+\rho gh \Rightarrow P_{۰}=\rho gh \Rightarrow ۱۰^{۵}=۱۰^{۳}\times۱۰\times h \Rightarrow h=۱۰\ m$$

تکنیک می‌خواهیم فشار دو برابر فشار جوّ شود، یعنی فشار $۱۰^{۵}\ Pa$ افزایش یابد. $\Delta P=۲\times۱۰^{۵}-۱۰^{۵}=۱۰^{۵}\ Pa$

می‌دانیم که فشار در آب به ازای هر یک متر $۰/۱\times۱۰^{۵}\ Pa$ تغییر می‌کند، پس می‌توانیم محاسبه کنیم که چند متر پایین برویم تا فشار $۱۰^{۵}\ Pa$ افزایش یابد:

$$\Delta h=\frac{۱۰^{۵}}{۰/۱\times۱۰^{۵}}=۱۰\ m$$

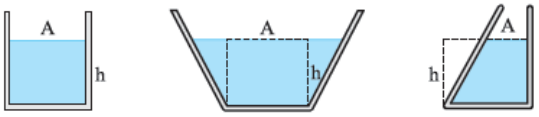
۸۳۷- گزینهٔ ۱ با برداشتن یکی از وزنه‌ها، نیروی وارد بر پیستون و در نتیجه فشار روی پیستون کم می‌شود و پیستون به سمت بالا حرکت می‌کند. پس ارتفاع ستون آب در لولهٔ سمت راست کاهش می‌یابد. از طرفی فشار در نقطهٔ B برابر است با



$$\overset{\text{فشار هوا}}{\uparrow}\ \rho gh_B+P_{۰}$$

که با کاهش ارتفاع ستون آب در لولهٔ سمت راست (یعنی کاهش h_B)، **فشار در نقطهٔ B کم می‌شود.** طبق اصل پاسکال، تغییر فشار در مایع، در تمام نقاط آن یکسان است؛ پس **فشار در نقطهٔ A هم به همان اندازه کم می‌شود.**

۸۳۸- گزینهٔ ۲ **روش اول:** با توجه به آن‌چه که در درس‌نامه گفتیم، در هر سه ظرف، نیروی وارد بر کف ظرف برابر وزن مقدار مایعی است که قسمت داخل خط‌چین را پر کرده است. چون حجم این قسمت در هر سه شکل برابر است $(V=Ah)$، نیروی وارد بر کف هر سه ظرف یکسان است.



$$F=\underset{\downarrow}{P}A \quad \rho gh$$

۸۳۹- گزینهٔ ۲ طبق اصل پاسکال، فشار در تمام قسمت‌های مایع به یک اندازه تغییر می‌کند؛ پس داریم: (a مساحت سطح آزاد مایع، A مساحت کف ظرف، $\Delta P_۱$ تغییر فشار در سطح آزاد مایع و $\Delta P_۲$ تغییر فشار در کف ظرف است.)

$$\Delta P_۱=\Delta P_۲ \Rightarrow \frac{mg}{a}=\frac{\Delta F}{A} \Rightarrow \frac{mg}{\Delta F}=\frac{a}{A} \Rightarrow \frac{mg}{۱۶}=\frac{a}{۲۰a} \Rightarrow mg=\frac{۱۶}{۲۰}=۰/۸\ N$$

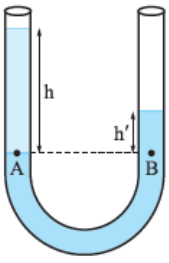
۸۴۰- گزینهٔ ۳ **گام اول:** ابتدا فشار ناشی از مایع (فشار پیمانه‌ای) را برحسب cmHg محاسبه می‌کنیم: $P_{\text{مایع}}=P-P_{۰}=۱۲۵-۷۵=۵۰\ cmHg$

یعنی فشار آب دریاچه در کف آن برابر با فشار ستونی از جیوه به ارتفاع ۵۰ cm است.

گام دوم: حالا با استفاده از رابطهٔ $P_{\text{آب}}=P_{\text{جیوه}}$ ارتفاع معادل آب را به دست می‌آوریم:

$$\rho_{\text{جیوه}}h_{\text{جیوه}}=\rho_{\text{آب}}h_{\text{آب}} \Rightarrow ۱۳/۶\times۵۰=۱\times h_{\text{آب}} \Rightarrow h_{\text{آب}}=۶۸۰\ cm=۶/۸\ m$$

۸۴۱- گزینهٔ ۴ نقاط A و B هم‌تراز هستند و در یک مایع قرار دارند؛ پس فشار در این دو نقطه با هم برابر است:

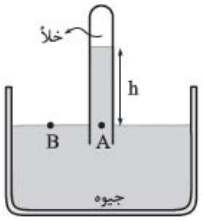


$$P_A=P_B \Rightarrow \rho_۲gh+P_{۰}=\rho_۱gh'+P_{۰} \xrightarrow[h'=۴\ cm]{h=۱۰+۴=۱۴\ cm} \rho_۲\times۱۰\times\frac{۱۴}{۱۰۰}+P_{۰}=\rho_۱\times۱۰\times\frac{۴}{۱۰۰}+P_{۰}$$

$$\Rightarrow \rho_۲\times۱/۴=\rho_۱\times۰/۴ \Rightarrow \frac{\rho_۲}{\rho_۱}=\frac{۰/۴}{۱/۴}=\frac{۲}{۷}$$

تکنیک با توجه به شکل می‌بینیم که مایع با چگالی $\rho_۲$ بالاتر از مایع با چگالی $\rho_۱$ است؛ پس مایع با چگالی $\rho_۲$ سبک‌تر است یعنی $\rho_۲<\rho_۱$. پس نسبت به دست آمده باید کوچک‌تر از یک باشد (حذف گزینه‌های (۱) و (۳)).

۸۴۲- گزینهٔ ۲ ابتدا شکلی از مسئله را رسم می‌کنیم:



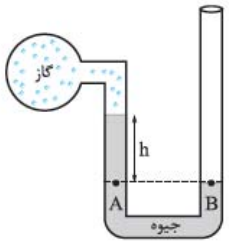
طبق شکل نقاط A و B هم‌تراز هستند، پس فشار در این نقاط برابر است:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho gh = P_0 \Rightarrow h = \frac{P_0}{\rho g} \quad (1)$$

با توجه به رابطهٔ (۱) ارتفاع ستون جیوه در داخل لوله، مستقل از سطح مقطع لوله است. پس ارتفاع ستون جیوه در هواسنج دوم هم ۶۵ cm است.

حواستون باشه! لولهٔ هواسنج لولهٔ مویین نیست. چون **اول این‌که** قطرش خیلی بیشتر از لولهٔ مویین است و پدیدهٔ مویینگی تغییر محسوسی در ارتفاع مایع ایجاد نمی‌کند. **دوم این‌که** انتهای لولهٔ هواسنج بسته است و اختلاف ارتفاع جیوه درون لوله با ظرف ناشی از اختلاف فشار فضای خالی انتهای بستهٔ لوله و فشار هوا است.

۸۴۳- گزینهٔ ۱ با توجه به شکل دو نقطهٔ A و B هم‌تراز هستند، پس فشار در این دو نقطه برابر است:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} + \rho gh = P_0 \Rightarrow P_{\text{گاز}} + 13600 \times 10 \times \frac{45}{100} = 10^5 \Rightarrow P_{\text{گاز}} = 38800\ \text{Pa}$$

تکنیک بدون محاسبه می‌توانستیم گزینه‌های «۳» و «۴» را رد کنیم. چون سطح جیوه در ستون سمت چپ بالاتر است؛ پس فشار گاز درون مخزن کم‌تر از فشار هوا است.

۸۴۴- گزینهٔ ۱ **گام اول:** فشار حاصل از جرم سکو و وزنه روی پیستون بزرگ برابر است با: (A_1 مساحت مقطع پیستون بزرگ)

$$P = \frac{F}{A_1} = \frac{mg}{\pi r^2} = \frac{9000 \times 10}{3 \times (25 \times 10^{-2})^2} = 48 \times 10^4\ \text{Pa}$$

گام دوم: طبق اصل پاسکال این فشار عیناً به پیستون کوچک منتقل می‌شود. پس برای این‌که دو پیستون در حالت تعادل باشند، باید همان مقدار فشار در طرف پیستون کوچک ایجاد کنیم؛ یعنی داریم: (A_2 مساحت مقطع پیستون کوچک)

$$F = PA_2 = 48 \times 10^4 \times 20 \times 10^{-4} = 960\ \text{N}$$

۸۴۵- گزینهٔ ۳ **روش اول:** نیروی شناوری وارد بر این دو جسم از طرف آب برابر با وزن آب جابه‌جاشده توسط این دو جسم است. پس وزن و در نتیجه حجم مقدار آب جابه‌جاشده توسط مکعب $\frac{1}{32}$ برابر وزن آب جابه‌جاشده توسط کره است. یعنی حجم مکعب $\frac{1}{32}$ برابر حجم کره است:

$$\frac{V_{\text{مکعب}}}{V_{\text{کره}}} = \frac{1}{32} \Rightarrow \frac{a^3}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{a^3}{\frac{4}{3} \times 3 \times r^3} = \frac{1}{32} \Rightarrow \left(\frac{a}{r}\right)^3 = \frac{4}{32} = \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{a}{r} = \frac{1}{2}$$

روش دوم: می‌دانیم که نیروی شناوری از رابطهٔ $F_b = \rho Vg$ به دست می‌آید که در این رابطه ρ چگالی مایع و V حجم آب جابه‌جاشده توسط جسم است. در این تست V برابر حجم مکعب و حجم کره است، چون این دو جسم هر دو به طور کامل در آب غوطه‌ور شده‌اند. پس داریم:

$$\frac{(F_b)_{\text{مکعب}}}{(F_b)_{\text{کره}}} = \frac{\rho_{\text{مایع}} V_{\text{مکعب}} g}{\rho_{\text{مایع}} V_{\text{کره}} g} = \frac{a^3}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{1}{32} \Rightarrow \frac{a^3}{\frac{4}{3} \times 3 \times r^3} = \frac{1}{32} \Rightarrow \left(\frac{a}{r}\right)^3 = \frac{4}{32} = \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{a}{r} = \frac{1}{2}$$

۸۴۶- گزینهٔ ۲ مکعب در داخل مایع غوطه‌ور است، پس یعنی $\rho_{\text{مکعب}} = \rho_{\text{مایع}}$ است. با کاهش دمای مایع، مایع منقبض می‌شود و حجم آن کاهش می‌یابد، پس طبق رابطهٔ $\rho = \frac{m}{V}$ با کاهش حجم مایع، چگالی آن افزایش می‌یابد. بنابراین در این حالت چگالی مایع از چگالی جسم بیشتر می‌شود، پس جسم رو به سمت بالا شروع به حرکت می‌کند تا روی سطح مایع شناور شود.

۸۴۷- گزینهٔ ۱ **گام اول:** از غوطه‌وری گلوله درون آب می‌فهمیم که چگالی متوسط گلوله و آب یکسان است.

$$\overline{\rho}_{\text{گلوله}} = \rho_{\text{آب}} \quad (1)$$

گام دوم: می‌دانیم که چگالی روغن از آب کم‌تر است، چون وقتی روغن را در آب می‌ریزیم، روی سطح آب می‌ماند. پس با توجه به رابطهٔ (۱) چگالی روغن از چگالی متوسط گلوله کم‌تر است؛ بنابراین گلوله در کف ظرف ته‌نشین می‌شود.

$$\overline{\rho}_{\text{گلوله}} > \rho_{\text{روغن}} \Rightarrow \text{گلوله در روغن ته‌نشین می‌شود.}$$

۸۴۸- گزینهٔ ۳ اگر بخواهیم جسم درون مخلوط غوطه‌ور شود، باید چگالی مخلوط با چگالی جسم برابر باشد:

$$\rho_{\text{جسم}} = \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow 1/5 = \frac{2 \times 5 + 0/5 \times V_2}{5 + V_2} \Rightarrow 7/5 + 1/5V_2 = 10 + 0/5V_2 \Rightarrow V_2 = 2/5\ \text{L}$$