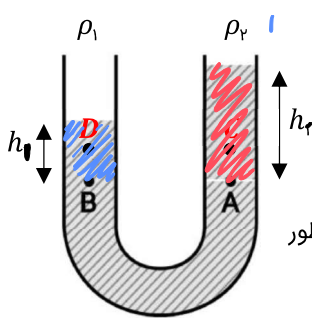


ب) فشار و نیرویی که ظرف به تکیه‌گاه وارد می‌کند را مقایسه کنید:

پ) نیروی آب در کف ظرف را با نیروی کف ظرف بر زمین، در هر سه شکل مقایسه کنید:

لوله U شکل ثابت



در لوله‌های U شکل، دو نقطه هم تراز که در مایع یکسانی قرار دارند، فشار برابری دارند، یعنی:

$$\rho_1 g h_1 + P_c = \rho_2 g h_2 + P_c \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

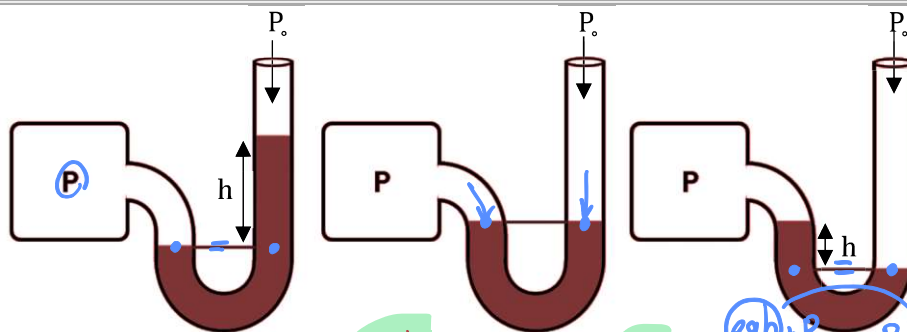
$P_c > P_D$

نکته: اگر فشار دو نقطه‌ی C و D مقایسه شود که هم ارتفاع هستند اما در دو مایع متفاوت قرار دارند، به طور مختصر می‌شود گفت که فشار سمتی که ارتفاع بیشتری دارد، بیشتر است، یعنی: $P_C > P_D$

اثبات: فشار ستون سمت چپ و راست در مجموع برابر است. چون فشار زیر نقطه‌ی C کمتر از فشار زیر نقطه‌ی D است، پس فشار روی آن بیشتر است.

نکته: با افزایش دادن ارتفاع نقاط C و D، اختلاف فشار میان آن‌ها افزایش می‌یابد.

مانومتر



$$P = P_0 + \rho g h \quad P - P_0 = \rho g h \quad P = P_0 \quad P - P_0 = \text{منفی} \quad P = P_0 - \rho g h \Rightarrow P - P_0 = -\rho g h$$

وسیله‌ی فوق مانومتر نام دارد و برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور به کار می‌رود. هر سه حالت ممکن در شکل‌های فوق رسم شده است و فشار شاره برای هر شکل محاسبه شده است که به آن فشار مطلق می‌گوییم. فشار پیمانه‌ای یا P_g اختلاف فشار شاره با فشار هواست و برای سه شکل فوق از راست به چپ $-\rho g h$ ، صفر و $+\rho g h$ است.

مثال: اگر فشار پیمانه‌ای 3 atm باشد، فشار مطلق 4 atm است و اگر فشار مطلق 3.5 atm باشد، فشار پیمانه‌ای 2.5 atm است. یعنی:

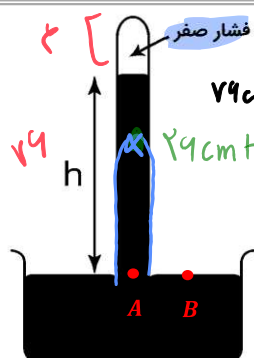
$$P_0 + P_g = P$$

مطلق
پیمانه

سوتی نده: عددی که فشارسنج‌ها نشان می‌دهند فشار پیمانه‌ای است نه فشار مطلق

نکته: در شکل بالا سمت راست، چون فشار محفظه از هوا کمتر است، به آن خلاء نسبی نیز می‌گوییم.

بارومتر (فشارسنج هوا)



وسيله‌ی روبه‌رو بارومتر (آزمایش توریچلی) نام دارد و با توجه به هم‌تراز بودن نقاط A و B می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \implies \rho gh = P_0$$

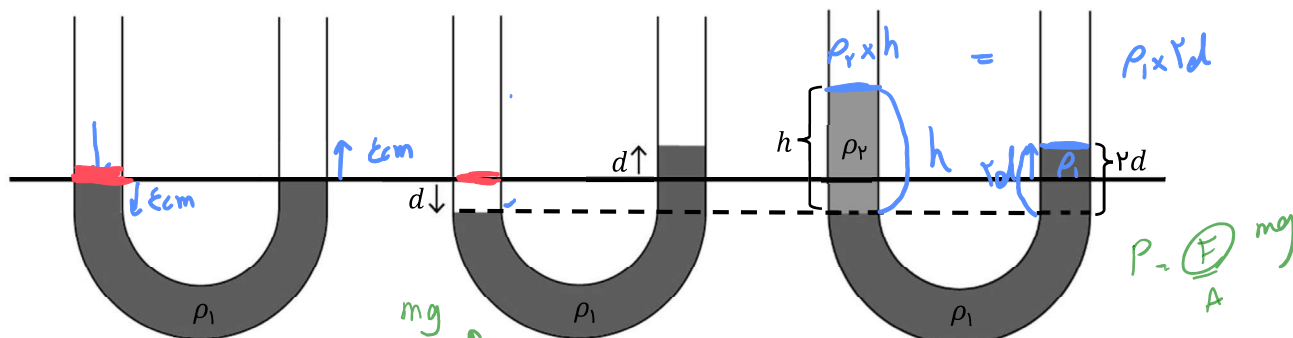
ارتفاع جیوه در سطح دریای آزاد به $76cm$ می‌رسد. اگر از آب در بارومتر استفاده کنیم، ارتفاع آن به حدود $10m$ می‌رسد.

نکات:

- ۱- در بالای لوله بخار جیوه وجود دارد که ما آن را نادیده می‌گیریم.
- ۲- اگر بارومتر ارتفاع کافی نداشته باشد مایع به انتهای لوله برخورد می‌کند و بین مایع و انتهای لوله نیرو و فشار پدید می‌آید. برای مثال اگر طول لوله $50cm$ باشد، $26cmHg$ به انتهای بارومتر فشار وارد می‌شود.
- ۳- تغییر ارتفاع و سطح مقطع لوله (به شرط غیر مویین بودن) تأثیری در ارتفاع مایع ندارد.
- ۴- اگر جوسنج را به بالای یک کوه ببریم، ارتفاع ستون مایع کاهش می‌یابد.

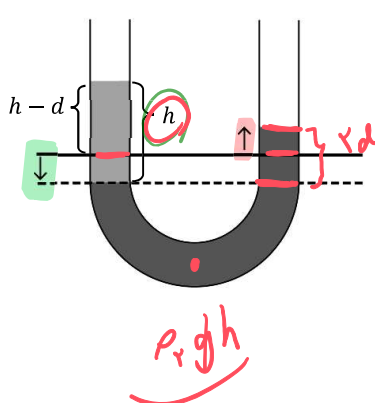
لوله U شکل متغیر (قانون HD)

در یک لوله U شکل که مساحت دو شاخه آن یکسان است و در آن مایع ۱ در حال تعادل است، اگر به شاخه‌ی سمت چپ h سانتی‌متر مایع ۲ (یا یک پیستون) اضافه کنیم، مایع ۱ در شاخه سمت چپ d سانتی‌متر پایین می‌رود و در شاخه سمت راست d سانتی‌متر بالا می‌رود، در نتیجه سطح مایع ۱ در شاخه سمت راست به $2d$ سانتی‌متر بالاتر از شاخه سمت چپ می‌رسد.



طبق شکل سمت راست می‌توان گفت که $\rho_2 g h = \rho_1 g 2d \implies \rho_2 h = \rho_1 2d$ که در این فرمول رابطه‌ی بین ۴ کمیت ρ_2 ، ρ_1 ، h و d تعریف می‌شود. ممکن است در ستون سمت چپ به جای مایع یک پیستون قرار داده باشیم که در آن حالت $\frac{m \cdot g}{A} = \rho_1 g 2d$

حال قواعد این روش را یک جمع‌بندی کنیم:



$$h - 2d$$

$$+ \rho_1 g d$$

$$= \rho_1 g 2d$$

۱- تغییر سطح مایع اولیه در شاخه سمت چپ $\Leftarrow -d$

۲- تغییر سطح مایع اولیه در شاخه سمت راست $\Leftarrow +d$

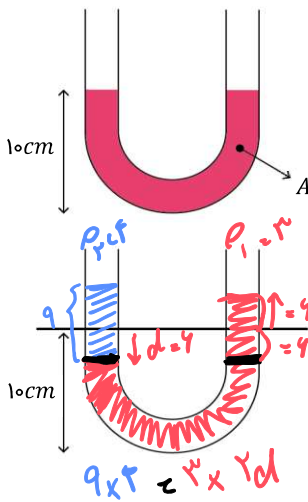
۳- اختلاف سطح مایع اولیه در دو شاخه $\Leftarrow 2d$

۴- تغییر سطح کلی مایع در شاخه سمت چپ $\Leftarrow h - d$

۵- اختلاف ارتفاع سطح کلی مایع در دو شاخه $\Leftarrow h - 2d$

۶- رابطه‌ی بین d ، h $\Leftarrow \rho_2 h = \rho_1 2d$

۷- افزایش فشار در مایع اولیه $\Leftarrow \rho_1 g d$



تمرین ۵: لوله‌ی U شکل زیر تا ارتفاع ۱۰ cm از مایعی به چگالی $3 \frac{g}{cm^3}$ پر شده است. اگر به ارتفاع ۹ cm

مایع با چگالی $4 \frac{g}{cm^3}$ به شاخه‌ی سمت چپ اضافه کنیم: (مساحت مقطع هر دو شاخه ۲ cm² است)

$$\frac{4 \times 9}{2} = \frac{3 \times 14}{2}$$

الف) ارتفاع ستون سمت راست چقدر می‌شود؟ ۱۴

ب) ارتفاع مجموع مایع‌ها در سمت چپ به چند سانتی‌متر می‌رسد؟ ۱۳

$$h - d + 9 - 4 = 13$$

پ) اختلاف سطح کلی مایع در دوشاخه چند سانتی‌متر شود؟ ۳

$$h - d = 3$$

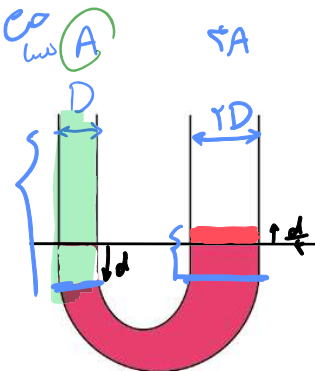
ت) فشار در نقطه‌ی A چند پاسکال افزایش می‌یابد؟

$$\rho g d = 3 \times 4 \times 10 = 1200 \text{ Pa}$$

$$\frac{V}{A} = h$$

نکته: در این تمرین حجم مایع اضافه شده 18 cm^3 بود $(A \times h)$. گاهی حجم مایع افزوده شده را می‌دهند که می‌توان به A تقسیم کرد و h را به دست آورد.

حالا حل سوالات لوله U شکل با مساحت یکسان را آموخته‌اید، برویم سراغ لوله‌های U شکل با مساحت نابرابر!



$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

الف) مساحت شاخه سمت راست چند برابر سمت چپ است؟

قطر برابر
شعاع برابر
مساحت برابر

ب) اگر شاخه سمت چپ ۱۰ سانتی‌متر پایین بیاید، شاخه سمت راست چند سانتی‌متر و در چه جهتی تغییر می‌کند؟

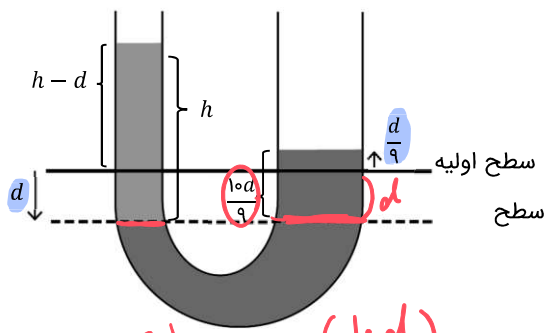
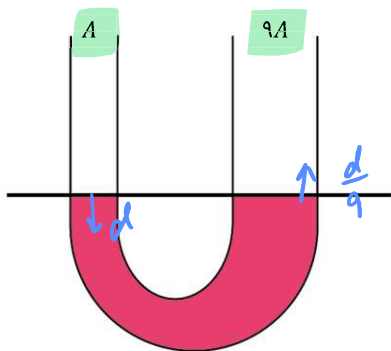
$$A \times 10 = 2A \times h$$

$$h = 5$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

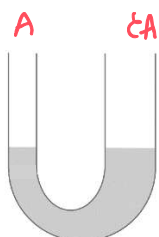
پس اگر شعاع یا قطر یک شاخه مثلاً ۳ برابر طرف دیگر باشد، مساحت آن ۹ برابر است (n^2) و تغییر ارتفاع آن $\frac{1}{9}$ برابر است $(\frac{1}{n^2})$ (معکوس نسبت مساحت).

جمع‌بندی لوله‌ی U شکل برای مساحت نابرابر: برای آنکه از n استفاده نکنیم. فرض کنید قطر شاخه سمت راست ۳ برابر سمت چپ است!



$$\rho_2 h = \rho_1 \left(\frac{10d}{9} \right)$$

۱. تغییر سطح مایع اولیه در شاخه سمت چپ $\Leftarrow -d$
۲. تغییر سطح مایع اولیه در شاخه سمت راست $\Leftarrow +\frac{d}{9}$
۳. اختلاف سطح مایع اولیه در دو شاخه $\Leftarrow \frac{10d}{9} - (-d) = \frac{19d}{9}$
۴. تغییر سطح کلی مایع در شاخه سمت چپ $\Leftarrow h-d$
۵. اختلاف ارتفاع سطح کلی مایع در دو شاخه $\Leftarrow (h-d) - \left(\frac{d}{9} \right) = h - \frac{10d}{9}$
۶. رابطه‌ی بین h , d $\Leftarrow \rho_2 g h = \rho_1 g \frac{10d}{9}$
۷. افزایش فشار در مایع اولیه $\Leftarrow \rho_1 g \frac{d}{9}$ یا $\frac{\rho_2 g h}{10}$



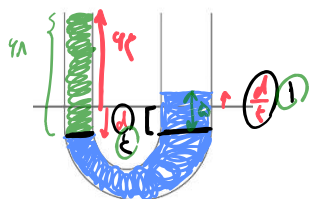
تعرین ۷: لوله‌ی U شکل زیر که در آن قطر مقطع شاخه‌ی سمت راست، ۲ برابر شاخه‌ی سمت چپ است، تا ارتفاعی

مشخص از جیوه ($\rho = 13.6 \frac{g}{cm^3}$) پر کرده‌ایم. اگر در شاخه‌ی سمت چپ تا ارتفاع ۶۸cm آب ($\rho = 1 \frac{g}{cm^3}$) بریزیم:

الف) ارتفاع ستون سمت راست چقدر تغییر می‌کند؟

$$1 \times 68 = 13.6 \times \frac{d}{2} \Rightarrow d = 4$$

$$\frac{d}{2} = \frac{4}{2} = 2$$



$$\rho g \frac{d}{2} = 13.6 \times 10 \times \frac{1}{2} = 136.0 \text{ Pa}$$

ب) فشار در کف چند پاسکال افزایش می‌یابد؟

$$136 \times 1 \times 100 = 13600 \text{ Pa}$$

ج) ارتفاع مجموع مایع‌ها در سمت چپ به چند cm می‌رسد؟

$$68 - d = 68 - 4 = 64$$

د) اختلاف ارتفاع ستون سمت چپ و راست، چند cm می‌شود؟

$$68 - \frac{d}{2} = 68 - 2 = 66$$

تعرین ۸: با توجه به شکل، اگر پیستونی به جرم $2/7$ کیلوگرم در شاخه‌ی سمت راست قرار دهیم، اختلاف سطوح مایع در دو شاخه پس از تعادل چند سانتی‌متر خواهد شد؟ 9 cm

$\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ و $\rho = 3$ (است)

محاسبات:

$$\rho g \times 5d = \frac{mg}{A}$$

$$3 \times 10 \times 5d = \frac{2.7}{\pi \times 0.1^2}$$

$$150d = \frac{2.7}{\pi \times 0.01}$$

$$150d = \frac{2.7}{0.0314}$$

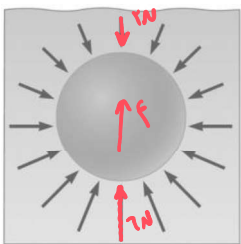
$$150d = 85.97$$

$$d = 0.57 \text{ cm}$$

مساحت = $\pi \times 0.1^2$

شعاع = 1.0 cm

درسمانه شناوری



به جسمی که درون یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد در تمام جهت‌ها به صورت عمودی نیرو وارد می‌شود. چون در قسمت‌های عمیق‌تر فشار بیشتر است، در نتیجه نیرویی که به قسمت‌های پایین جسم وارد می‌شود بزرگ‌تر هستند و جسم به سمت بالا هل داده می‌شود. بنابراین به جسم‌های درون یک شاره همواره نیروی خالصی به سمت بالا وارد می‌شود، که به آن نیروی شناوری گفته می‌شود.

به هر جسم درون یک شاره به صورت معمول دو نیرو وارد می‌شود: نیروی وزن به سمت پایین و نیروی شناوری به سمت بالا. با در نظر گرفتن این دو نیرو سه حالت ممکن است رخ دهد:

- ۱- نیروی شناوری < وزن: جسم به سمت بالا حرکت می‌کند.
- ۲- نیروی شناوری = وزن: جسم ساکن می‌ماند که دو حالت دارد:
 - شناور (روی شاره)
 - غوطه‌ور (درون شاره)
- ۳- نیروی شناوری > وزن: جسم به سمت پایین حرکت می‌کند.

سوال: چه جسمی در آب فرو می‌رود؟ چه جسمی در آب غوطه‌ور می‌شود و چه جسمی در آب بالا می‌آید تا شناور شود؟ باید به چگالی جسم توجه کرد:

- ۱- چگالی جسم < چگالی شاره: جسم در شاره فرو می‌رود و ته‌نشین می‌شود.
- ۲- چگالی جسم = چگالی شاره: جسم در شاره غوطه‌ور می‌شود.
- ۳- چگالی جسم > چگالی شاره: جسم در شاره بالا می‌آید تا شناور شود.

سوال: وقتی چگالی فولاد از آب بیشتر است (حدود ۸ برابر)، پس چرا کشتی‌های فولادی بر روی آب شناور می‌مانند؟

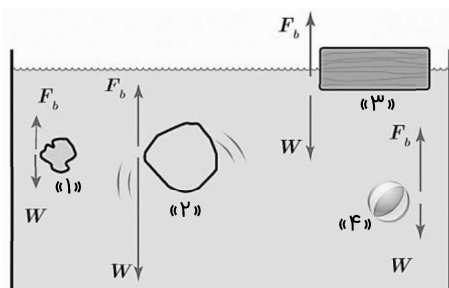
پاسخ: با توجه به شکل کشتی که شبیه یک پوسته است، حجم ظاهری کره بسیار بیشتر از حجم واقعی است و آب چگالی کشتی را کمتر از چگالی خودش حس می‌کند و آن را به سمت بالا می‌راند.



پوش‌برگ آلومینیومی

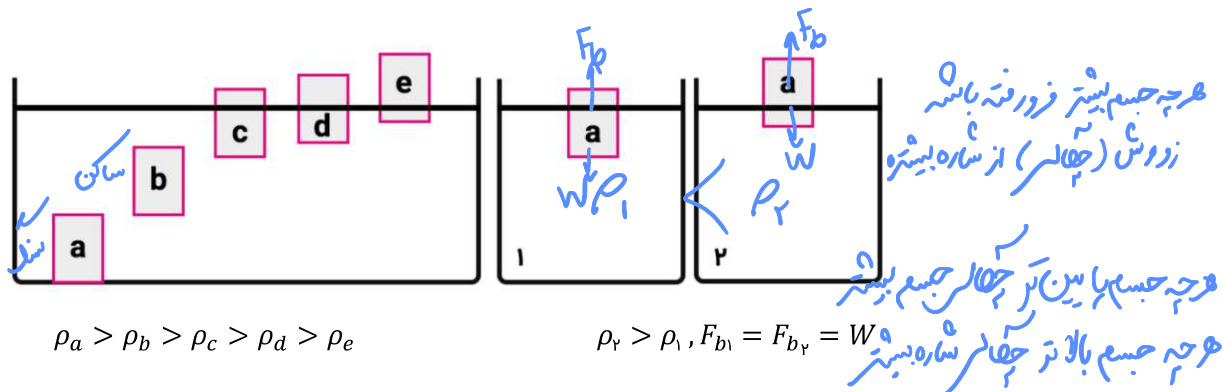
مثال مشابه: پوش‌برگ آلومینیومی در آب غرق می‌شود اما اگر آن را مچاله کنیم، چون حجم ظاهری افزایش می‌یابد، چگالی ظاهری کاهش می‌یابد و پوش‌برگ شناور می‌ماند.

تعرین ۹: در شکل زیر، وضعیت هر جسم را تعریف کنید و چگالی آن را نسبت به شاره مشخص کنید.



- ۱- $F_b = W$ غوطه‌ور: $\rho_{\text{جسم}} < \rho_{\text{شاره}}$
- ۲- $F_b < W$ فرو رفتن: $\rho_{\text{جسم}} < \rho_{\text{شاره}}$
- ۳- $F_b = W$ شناور: $\rho_{\text{جسم}} = \rho_{\text{شاره}}$
- ۴- $F_b > W$ بالا رفتن: $\rho_{\text{جسم}} > \rho_{\text{شاره}}$

وضعیت جسم	شناوری	بالارفتن	غوطه‌وری	پایین رفتن	ته نشینی
تصویر جسم					
مقایسه چگالی	$\rho_{\text{جسم}} < \rho_{\text{شاره}}$	$\rho_{\text{جسم}} < \rho_{\text{شاره}}$	$\rho_{\text{جسم}} = \rho_{\text{شاره}}$	$\rho_{\text{جسم}} > \rho_{\text{شاره}}$	$\rho_{\text{جسم}} > \rho_{\text{شاره}}$
مقایسه W و Fb	$W = F_b$	$W < F_b$	$W = F_b$	$W > F_b$	$W > F_b$



شاره در حرکت و اصل برنولی

آهنگ جریان شاره: حجمی از شاره است که در مدت ۱ ثانیه از یک مقطع لوله می‌گذرد:

$$\frac{m^3}{s} = \frac{A \cdot L}{t} = \frac{A \cdot v \cdot m^3}{s} = \frac{A \cdot v}{t}$$

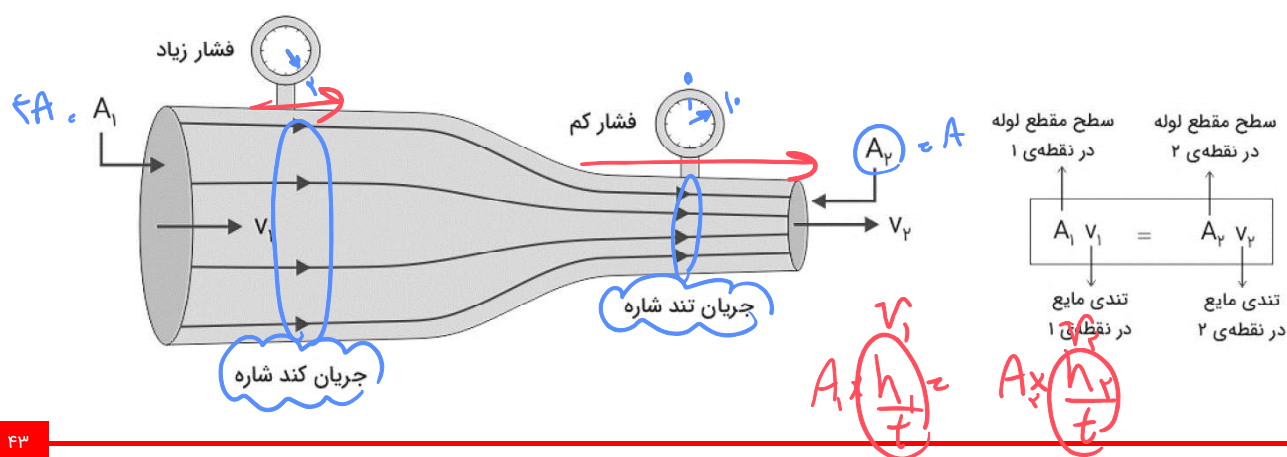
نکات: $A \cdot v = \frac{A \cdot L}{t} = \frac{m^3}{s}$

- واحد آهنگ جریان $\frac{m^3}{s}$ است که می‌شود از تقسیم m^3 بر s یا از ضرب m^3 در $\frac{1}{s}$ آن را ساخت.
- برای شاره‌های تراکم‌ناپذیر که جریان پیوسته و پایا دارند: $A_1 V_1 = A_2 V_2$ (معادله پیوستگی)
- طبق اصل برنولی که برای شاره‌ای که به طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند برقرار است، با زیاد شدن تندی شاره، فشار داخل آن کاهش می‌یابد.

سرعتش کم شود، فشار زیاد!

هرچه لوله شود فراخ و گشاد

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$



ایستگاه مفاهیم و حفظیات

۱- در مدل آرمانی و ساده شده شاره، حرکت شاره لایه‌ای است و شاره تراکم پذیر و دارای اصطکاک داخلی (گرانروی) تصور می‌شود.

✓ صحیح □ غلط

۲- جریان دود عود ابتدا متلاطم است و سپس لایه‌ای می‌شود.

✓ صحیح □ غلط

۳- در جریان متلاطم، نقش کلی جریان شاره و مسیر حرکت ذرات آن، با گذر زمان تغییر نمی‌کند.

✓ صحیح □ غلط

۴- اصل برنولی فقط برای مایعات برقرار است.

✓ صحیح □ غلط

۵- وقتی شیر آب را کمی باز می‌کنیم، باریکه آب با نزدیک شدن به زمین باریک‌تر می‌شود چون سرعت آن بیشتر می‌شود.

✓ صحیح □ غلط

۶- وقتی در بالای یک کاغذ بدمیم، کاغذ به سمت پایین حرکت می‌کند.

✓ صحیح □ غلط

۷- اگر در بالای یک نی موازی سطح مقطع آن بدمیم، آب در نی بالا می‌آید.

✓ صحیح □ غلط

۸- اگر بین دو قایق اسباب‌بازی که بر روی آب قرار دارند، یک جریان آب ایجاد کنیم، دو قایق از هم دور می‌شوند.

✓ صحیح □ غلط

۹- سرعت هوا در بالای بال هواپیما بیشتر است و فشار آن کمتر است و برآیند نیروها به سمت بالا است.

✓ صحیح □ غلط

۱۰- در سمپاش‌ها وقتی مخزن پلاستیکی پر از هوا را فشار می‌دهید، فشار هوای بالای لوله فرورفته افزایش می‌یابد.

✓ صحیح □ غلط

۱۱- روزهایی که باد می‌وزد، ارتفاع امواج دریا بیشتر می‌شود.

✓ صحیح □ غلط

۱۲- وقتی کامیون در حال حرکت است، پوشش برزنتی صاف و تخت است.

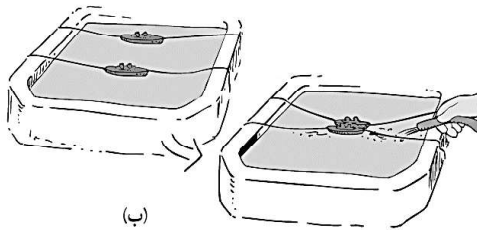
پوشش برزنتی صاف و تخت است.

کامیون در حال توقف

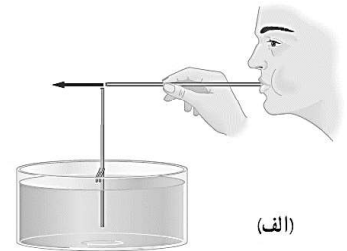


پوشش برزنتی پُف کرده است.

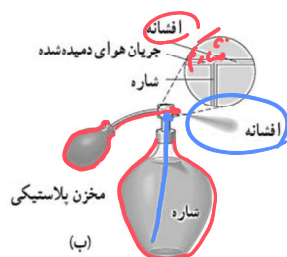
کامیون در حال حرکت



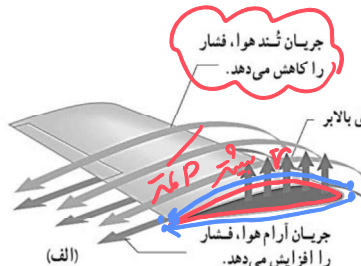
(ب)



(الف)



(ب)



(الف)