

۹. واحد فرعی فشار کدام است؟

(۱)  $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

(۲)  $\frac{\text{kgm}}{\text{s}}$

(۳)  $\frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}$

(۴)  $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$

(۱) ۴

(۲) ۵

(۳) ۶

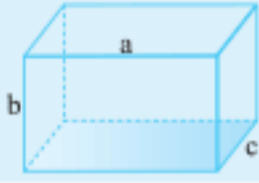
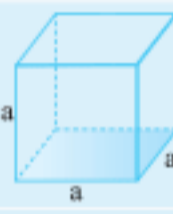
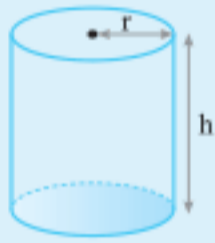
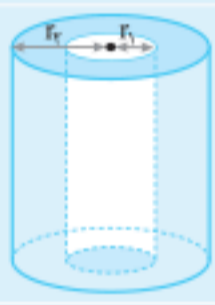
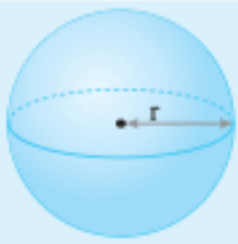
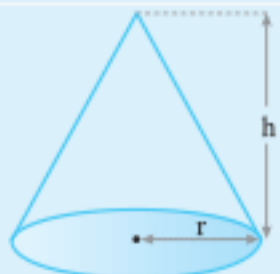
(۴) ۴/۵

۱۰. ۵۲/۴cm چند فوت است؟ (۱in = ۲/۵۴cm , ۱ft = ۱۲in)

(کانون فرهنگی آموزش)

## چگالی

قبل از این که وارد بحث چگالی بشویم لازم است تا ۲ موضوع مهم را یادآوری کنیم.  
موضوع اول: در جدول زیر مساحت‌ها و حجم‌های مهم را یادآوری کرده‌ایم.

نام شکل	ظاهر شکل	مساحت مقطع	حجم
مکعب مستطیل		$A = ac$	$V = abc$
مکعب		$A = aa = a^2$	$V = a^3$
استوانه		مساحت مقطع دایره‌ای $A = \pi r^2$	$V = \pi r^2 h$ یا $V = Ah$
استوانه توخالی		$A = \pi(r_2^2 - r_1^2)$	$V = Ah$ $V = \pi(r_2^2 - r_1^2)h$
کره		مساحت سطح کره $A = 4\pi r^2$	$V = \frac{4}{3}\pi r^3$
مخروط (دارای مقطع دایره)		مساحت مقطع دایره‌ای $A = \pi r^2$	$V = \frac{1}{3}Ah$

موضوع دوم: استفاده از روش زنجیره‌ای روشی کامل، ولی وقت‌گیر است. از تبدیل واحدهایی که در این قسمت آورده شده استفاده کنید تا سرعت تبدیل واحد بالا برود و اگر تست‌های این قسمت را کار کنید، می‌توانید تبدیل واحدهای مهم را ذهنی انجام دهید.

$$\text{m}^3 \xrightarrow{\times 10^{-3}} \text{cm}^3 \xrightarrow{\times 10^{-1}} \text{mm}^3 \quad \text{m}^2 \xrightarrow{\times 10^{-4}} \text{cm}^2 \xrightarrow{\times 10^{-2}} \text{mm}^2 \quad \text{m}^3 \xrightarrow{\times 10^{-6}} \text{cm}^3 \xrightarrow{\times 10^{-3}} \text{mm}^3$$

نکته

$$\text{m}^3 \xrightarrow{\times 10^{-3}} \text{L} \xrightarrow{\times 10^{-3}} \text{cm}^3$$

حجم دارای واحدی به نام لیتر است که ۱۰۰۰ برابر سانتی‌متر مکعب است.

۹۰. شعاع یک کره فلزی  $5\text{cm}$ ، جرم آن  $1080\text{g}$  و چگالی آن  $2/7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  است. درون این کره یک حفره وجود دارد. حجم این حفره چند درصد حجم کره را تشکیل می‌دهد؟ ( $\pi \approx 3$ )

(ریاضی خارج ۹۴)

- ۱۰ (۱) ۱۵ (۲) ۲۰ (۳) ۲۵ (۴)



۹۱. مطابق شکل، استوانه‌ای توخالی به ارتفاع  $10\text{cm}$ ، شعاع داخلی  $8\text{cm}$  و شعاع خارجی  $10\text{cm}$  که چگالی ماده سازنده آن  $2/3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  است بر روی ترازویی قرار دارد.  $1/3$  حجم قسمت توخالی استوانه را با مایعی پر می‌کنیم تا ترازو عدد  $8\text{kg}$  را نشان دهد. چگالی این مایع چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ ( $\pi \approx 3$ ) (کانون فرهنگی آموزش)

- ۱/۲۵ (۱)  $9/20$  (۲)  $20/9$  (۳)  $9/20$  (۴)

۹۲. آلیاژی به جرم  $200\text{g}$  از فلزی با چگالی  $20 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  و نقره با چگالی  $10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  ساخته شده است. اگر حجم این آلیاژ برابر  $20\text{cm}^3$  باشد، چند درصد جرم آن از نقره تشکیل شده است؟ (در حین مخلوط شدن، تغییر حجمی صورت نمی‌گیرد.) (کانون فرهنگی آموزش)

- ۱۰۰ (۱)  $200/3$  (۲) ۲۵ (۳) ۷۵ (۴)

### هایپر تست



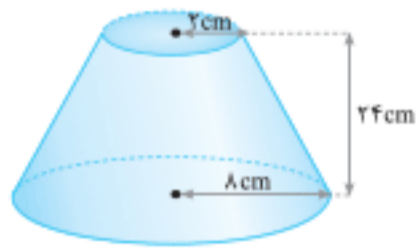
۹۳. یکای فرعی  $(\mu\text{s})^{-2} \cdot (\text{mm})^2 \cdot (\text{Tg})$  معادل کدام یک از گزینه‌های زیر است؟ ( $\text{m}$ ،  $\text{g}$  و  $\text{s}$  به ترتیب نمادهای گرم، متر و ثانیه هستند.)

- ۱ (۱)  $\mu\text{J}$  (۲)  $\text{PJ}$  (۳)  $\mu\text{N}$  (۴)  $\text{nN}$

۹۴. دقت اندازه‌گیری یک ترازوی دیجیتال به صورت  $0.01\text{g}$  است. کدام مورد نمی‌تواند با این ترازو اندازه‌گیری شده باشد؟

- ۰/۲۰g (۱)  $0.00005\text{kg}$  (۲)  $0.5\text{dag}$  (۳)  $0.2\text{dag}$  (۴)

۹۵. جرم مخروط ناقص شکل روبه‌رو،  $5.04\text{kg}$  است. چگالی ماده سازنده این مخروط چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ ( $\pi \approx 3$ )



- ۲ (۱)  $2/5$  (۲) ۳ (۳)  $3/5$  (۴)

۹۶. ارتفاع یک مخروط توپر به چگالی  $\rho_2$ ، نصف ارتفاع یک استوانه توخالی به چگالی  $\rho_1$  است. اگر جرم این دو قطعه با هم برابر باشد و شعاع قاعده داخلی استوانه، برابر با شعاع قاعده مخروط و شعاع خارجی قاعده استوانه، دو برابر شعاع داخلی استوانه باشد،  $\frac{\rho_2}{\rho_1}$  کدام است؟ (کانون فرهنگی آموزش)

- ۱۸ (۱)  $1/18$  (۲) ۹ (۳)  $1/9$  (۴)

۹۷. مخلوطی از جرم برابر از دو مایع A و B را درون استوانه مدرج می‌ریزیم. مجموع حجم دو مایع  $24\text{L}$  است. اگر چگالی مایع A و B به ترتیب  $\rho_A = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  و  $\rho_B = 1/28 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  باشد، حجم مایع A تقریباً چند میلی‌لیتر است؟ (از تغییر حجم چشم‌پوشی کنید.) (کانون فرهنگی آموزش)

- ۱۲۳ (۱) ۱۳۱ (۲) ۲۰۹ (۳) ۲۷۰ (۴)

۹۸. نصف ظرفی را از مایع A با چگالی  $\rho_A$  و نصف دیگر ظرف را از مایع B با چگالی  $\rho_B$  پر می‌کنیم. دو مایع بدون تغییر حجم، با یکدیگر مخلوط می‌شوند و چگالی مخلوط برابر  $8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  می‌شود. اگر در آزمایشی دیگر  $1/3$  حجم ظرف را از مایع A و بقیه آن را از مایع B پر کنیم، چگالی مخلوط  $6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  می‌شود. نسبت  $\frac{\rho_A}{\rho_B}$  کدام است؟

- ۷ (۱)  $1/7$  (۲) ۳ (۳)  $1/3$  (۴)

۹۹. جواهر فروشی در ساختن یک قطعه جواهر به جای طلای خالص، مقداری نقره نیز به کار برده است. اگر حجم قطعه ساخته شده  $5\text{cm}^3$  و چگالی آن  $12/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  باشد، جرم نقره به کار رفته چند گرم است؟ (چگالی نقره و طلا به ترتیب  $10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  و  $19 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  فرض شود.) (ریاضی خارج ۹۵)

- ۸ (۱) ۳۰ (۲) ۲۴ (۳) ۳۸ (۴)



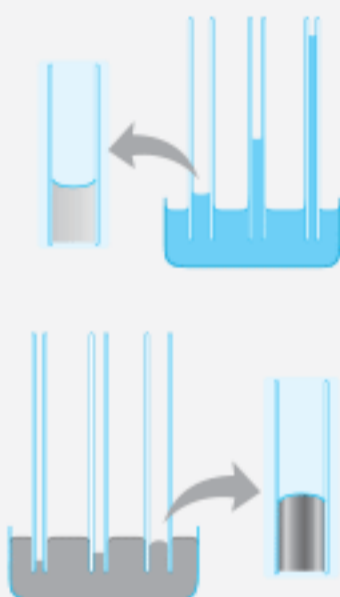
## یک جدول مفید

نوع مایع و جامد	مقایسه نیروهای هم‌چسبی و دگرچسبی	قطره می‌شود؟	جامد را خیس می‌کند؟
آب و شیشه تمیز	$F_{\text{هم‌چسبی}} > F_{\text{دگرچسبی}}$	خیر	بلی
آب و شیشه چرب‌شده	$F_{\text{هم‌چسبی}} < F_{\text{دگرچسبی}}$	بلی	خیر
جیوه و شیشه تمیز	$F_{\text{هم‌چسبی}} < F_{\text{دگرچسبی}}$	بلی	خیر

## اثر مویینگی

بالا رفتن مایع در لوله مویین را اثر مویینگی می‌نامند.

لوله مویین به لوله‌هایی با قطر داخلی حدود یک‌دهم میلی‌متر ( $0.1\text{mm}$ ) می‌گویند. آوندهای گیاهان و پرزهای حوله نمونه‌هایی از لوله مویین هستند.



- آب در لوله مویین**
- هر قدر قطر داخلی لوله کمتر باشد، آب تا ارتفاع بیشتری در آن بالا می‌رود.
  - سطح آب درون لوله‌های مویین قرو رفته و بالاتر از سطح آب درون ظرف است.
  - بالا رفتن آب در لوله مویین، به دلیل بیشتر بودن نیروی دگرچسبی (آب با شیشه) از نیروی هم‌چسبی (آب با آب) است.
- جیوه در لوله مویین**
- هر قدر لوله مویین نازک‌تر باشد، جیوه در لوله پایین‌تر می‌رود.
  - سطح جیوه در لوله مویین به صورت برآمده و پایین‌تر از سطح جیوه درون ظرف است.
  - پایین رفتن جیوه در لوله مویین، به دلیل بیشتر بودن نیروی هم‌چسبی (جیوه با جیوه) از نیروی دگرچسبی (جیوه با شیشه) است.

## نکته

دیوارهای داخل یا خارج ساختمان‌ها را با مواد ناتراوا مانند قیر، می‌پوشانند؛ چرا که این مواد می‌توانند از تراوش آب از طریق منافذهای مویین به درون دیوارها جلوگیری کنند و مانع خسارت احتمالی ساختمان‌ها شوند.

## ۱۵. کدام ویژگی‌ها مربوط به نیروهای بین مولکولی است؟

- الف) ربایشی (ب) رانشی (پ) کوتاه‌برد (ت) گرانشی
- ۱) الف - پ      ۲) الف - ب - پ      ۳) ب - ت      ۴) ب - پ - ت

۱۶. هنگامی که دو قطعه شیشه را گرم کنیم تا حالت خمیری شکل بیابند، می‌توان آن‌ها را به یکدیگر چسباند. این پدیده با کدام ویژگی نیروهای بین مولکولی توجیه می‌شود؟

- ۱) در فاصله بین مولکول‌ها خلأ است.      ۲) نیروی بین مولکول‌ها همواره ربایشی است.
- ۳) کوتاه‌برد بودن نیروی بین مولکولی      ۴) قوی‌تر بودن نیروی بین مولکولی در حالت مایع نسبت به حالت جامد

۱۷. عامل نگهداری سوزن فولادی کوچک روی آب ..... و ماهیت آن نیروی ..... است. (کنکور زیرخاکی)

- ۱) کشش سطحی - گرانشی      ۲) نیروی اصطکاک - الکتریکی
- ۳) کشش سطحی - الکتریکی      ۴) نیروی اصطکاک - گرانشی

۱۸. در کدام حالت سوزن فولادی را راحت‌تر می‌توان روی آب قرار داد؟

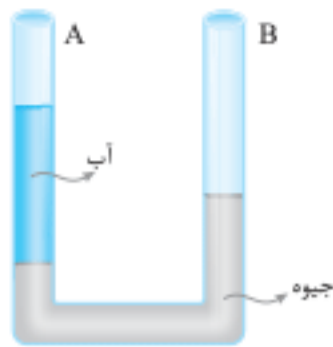
- ۱) سوزن تمیز و دمای آب بالا باشد.      ۲) سوزن تمیز و دمای آب پایین باشد.
- ۳) سوزن چرب و دمای آب بالا باشد.      ۴) سوزن چرب و دمای آب پایین باشد.

۱۹. یک تیغ از پهنا می‌تواند روی آب شناور شود، زیرا .....

- ۱) حجم تیغ بسیار کم است.      ۲) جرم تیغ بسیار کم است.
- ۳) چگالی تیغ کمتر از چگالی آب است.      ۴) در سطح آب کشش سطحی وجود دارد.

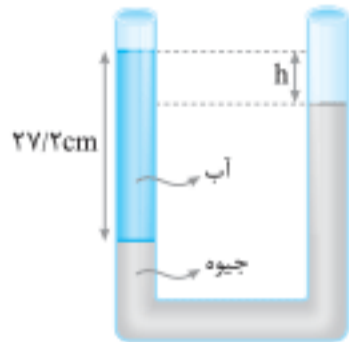
۲۰. کشش سطحی در مایعات حاصل چیست؟

- ۱) نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌ها      ۲) تأثیر نیروی گرانش زمین بر مایع
- ۳) فشاری است که از هوا به مایع وارد می‌شود.      ۴) نیروی رانشی بین مولکول‌هایی است که خیلی به هم نزدیک شده‌اند.



۷۰. در شکل مقابل ارتفاع آب در شاخه A برابر  $27/2 \text{ cm}$  است. در شاخه B الکل به چگالی  $0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  می‌ریزیم تا جیوه در دو شاخه هم‌سطح شود. اگر چگالی جیوه و آب به ترتیب  $13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  و  $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  باشد. ارتفاع الکل چند سانتی‌متر است؟

- ۱۷ (۱)  
۲۸ (۲)  
۳۴ (۳)  
۴۲ (۴)

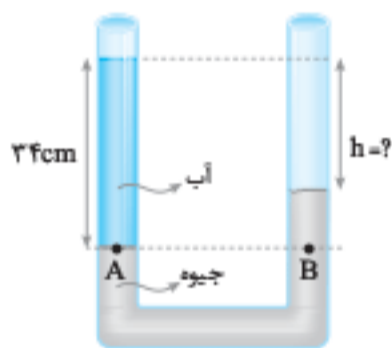


۷۱. مطابق شکل روبه‌رو، در لوله U شکل، آب و جیوه به حالت تعادل قرار دارند. h چند سانتی‌متر است؟

(تجربی خارج ۸۶)

$$(\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$$

- ۲ (۱)  
۲۰ (۲)  
۱۳/۶ (۳)  
۲۵/۲ (۴)

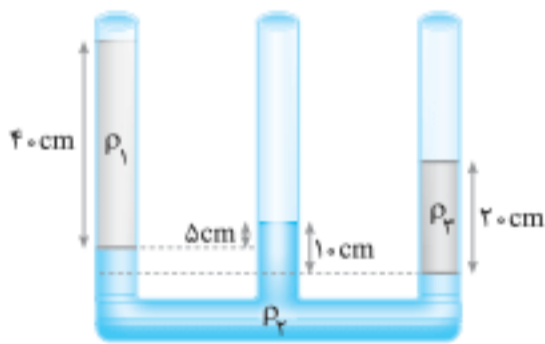


(ریاضی خارج ۹۱)

۷۲. در شکل روبه‌رو، اختلاف ارتفاع آب و جیوه چند سانتی‌متر است؟

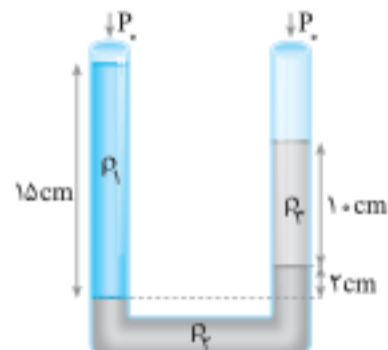
$$(\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$$

- ۲۷/۵ (۱)  
۲۹ (۲)  
۳۰ (۳)  
۳۱/۵ (۴)



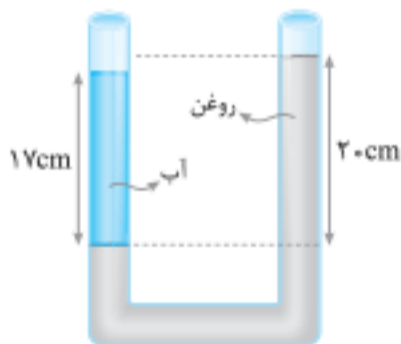
۷۳. در شکل مقابل سه مایع مخلوط‌نشده در ظرف در حال تعادل اند.  $\frac{\rho_2}{\rho_1}$  کدام است؟

- ۲ (۱)  
 $\frac{1}{2}$  (۲)  
۴ (۳)  
 $\frac{1}{4}$  (۴)



۷۴. سه مایع مخلوط‌نشده به چگالی‌های  $\rho_1$  و  $\rho_2$  و  $\rho_3$  مطابق شکل در تعادل اند.  $\rho_3$  برابر کدام است؟

- $1/5 \rho_1 + 0/2 \rho_2$  (۱)  
 $0/8 (\rho_1 + \rho_2)$  (۲)  
 $1/25 (\rho_1 - \rho_2)$  (۳)  
 $1/5 \rho_1 - 0/2 \rho_2$  (۴)



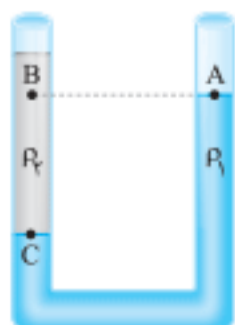
۷۵. در شکل مقابل آب و روغن در یک لوله U شکل به حالت تعادل اند. چگالی روغن .....

(تجربی ۸۶)

درصد از چگالی آب ..... است.

- ۱۵ - بیشتر (۱)  
۱۵ - کمتر (۲)  
۸۵ - بیشتر (۳)  
۸۵ - کمتر (۴)

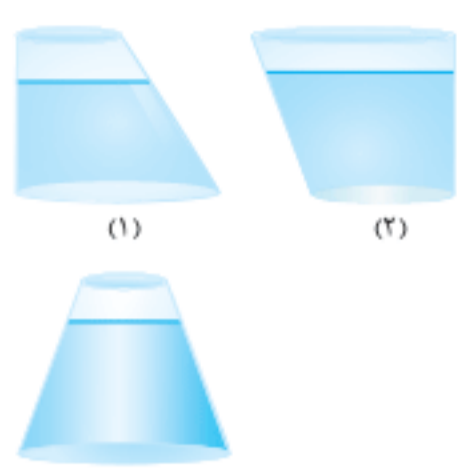
### مقایسه فشار در دو مایع



۷۶. در شکل مقابل دو مایع مخلوط‌نشده با چگالی‌های  $\rho_1$  و  $\rho_2$  در ظرف قرار دارند. اگر فشار در نقاط

نشان داده شده  $P_A$ ،  $P_B$  و  $P_C$  باشد. کدام رابطه درست است؟

- $P_C > P_A > P_B$  (۲)  
 $P_C = P_A > P_B$  (۱)  
 $P_C > P_B > P_A$  (۴)  
 $P_C > P_B = P_A$  (۳)



۱۳۳. شکل روبه‌رو دو ظرف با سطح قاعده یکسان را که تا یک ارتفاع در آن‌ها آب ریخته شده است نشان می‌دهد. می‌توان گفت وزن مایع ظرف اول ..... نیرویی است که این مایع به قاعده (کف) ظرف وارد می‌کند و وزن مایع ظرف دوم ..... نیرویی است که این مایع به کف ظرف وارد می‌کند.  
 (۱) کمتر از - بیشتر از  
 (۲) کمتر از - کمتر از  
 (۳) بیشتر از - کمتر از  
 (۴) مساوی - نیز مساوی

۱۳۴. ظرفی مطابق شکل محتوی مایعی به وزن  $W$  است. اگر نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می‌کند  $(F_1)$  و نیرویی که ته ظرف بر سطح افقی وارد می‌کند  $(F_2)$  و وزن ظرف ناچیز باشد کدام یک از روابط زیر صحیح است؟

- $F_1 = W < F_2$  (۱)
- $F_1 > W = F_2$  (۲)
- $F_1 = W = F_2$  (۳)
- $F_1 < W = F_2$  (۴)

### شناوری

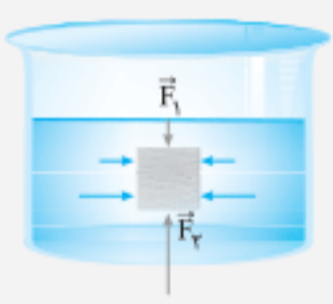


چگونه ماهی می‌تواند در آب شناور یا غوطه‌ور شود؟ چرا درون آب احساس سبکی می‌کنیم؟ چرا بالون‌ها و برخی از بادکنک‌ها را تا رها کنیم، بالا می‌روند؟ به این سوال‌ها و مشابه آن‌ها با مفهوم بسیار ساده‌ای به نام **شناوری** می‌توان پاسخ داد.

#### نیروی شناوری

اگر جسمی درون شاره‌ای قرار گیرد، از طرف شاره نیروی بالاسوی خالصی بر جسم وارد می‌شود که به آن **نیروی شناوری** می‌گویند.

**سوال:** چرا این نیروی خالص از طرف شاره به طرف بالا بر جسم وارد می‌شود؟



**پاسخ:** مطابق شکل روبه‌رو، جسمی را درون شاره در نظر بگیرید، فشار در سطح بالایی جسم کمتر از فشار در سطح پایینی آن است. از این‌رو اندازه نیرویی که شاره بر سطح پایینی جسم وارد می‌کند  $(F_2)$  بزرگ‌تر از اندازه نیرویی است که بر سطح بالای جسم  $(F_1)$  وارد می‌کند. پس برآیند این دو نیرو به طرف بالا است و آن را نیروی شناوری وارد بر جسم می‌نامیم. اما شاره بر جسم، نیروهای افقی هم وارد می‌کند که می‌توان دریافت این نیروها اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. بنابراین نیروی خالص شاره بر جسم به طرف بالا است.

$$F_b = F_2 - F_1$$

این نیروی خالص را نیروی شناوری می‌نامیم و با  $F_b$  نشان می‌دهیم.

برای جسم تو پُری که در شاره‌ای قرار دارد، چهار حالت زیر را در نظر می‌گیریم:

شماره	نام حالت	مقایسه چگالی جسم و شاره	مقایسه وزن جسم با نیروی شناوری	موقعیت جسم در شاره	حرکت جسم در شاره	شکل
۱	شناوری	$\rho_{\text{جسم}} > \rho_{\text{شاره}}$	$F_b = mg$	بخشی از جسم بیرون از شاره است.	ساکن	
۲	غوطه‌وری	$\rho_{\text{جسم}} = \rho_{\text{شاره}}$	$F_b = mg$	همه جسم درون شاره است.	ساکن	
۳	فروری	$\rho_{\text{جسم}} < \rho_{\text{شاره}}$	$F_b < mg$	همه جسم درون شاره است.	حرکت به طرف پایین است	
۴	بالاروی	$\rho_{\text{جسم}} > \rho_{\text{شاره}}$	$F_b > mg$	همه جسم درون شاره (برده شده) است.	حرکت به طرف بالا است.	

حالت‌های قرار گرفتن جسم در شاره‌ای با چگالی شاره

**پاسخ: گزینه «۲»** به شکل (الف) دقت کنید، فنر با نیروی کشسانی خود، وزن جسم را تحمل می‌کند و در واقع نیروی فنر (رو به بالا) وزن جسم را که رو به پایین است، خنثی می‌کند. عدد نیروسنج به عنوان نمادی از نیروی کشسانی فنر است. (در سال دوازدهم این موضوع بیشتر بررسی می‌شود).

$$F_s = mg \Rightarrow 20 = m(10) \Rightarrow m = 2\text{kg}$$

در شکل (ب) علاوه بر نیروی کشسانی فنر (عدد نیروسنج  $F_s$ )، نیروی بالاران ارشمیدس هم وجود دارد. ( $F_b$  شناوری) چون جسم در حال سکون (تعادل است) نیروهای رو به بالا را مساوی نیروهای رو به پایین قرار می‌دهیم.

$$F_b = \rho Vg = 2000 \cdot (5 \times 5 \times 5 \times 10^{-6}) \times 10 = 25 \times 10^{-1} = 2/5\text{N}$$

$$F_b + F_s = mg \Rightarrow 2/5 + F_s = 20 \Rightarrow F_s = 17/5\text{N}$$

**مثال:** در شکل مقابل با ورود وزنه به درون مایع، سطح مایع بالا آمده و درون ظرف سمت چپ می‌ریزد. اگر وزن مایع خارج شده ۱۲ نیوتون و جرم وزنه ۲kg باشد، عددی که نیروسنج نشان می‌دهد چند نیوتون است؟

۱۸ (۱)	۲۰ (۲)
۲۸ (۳)	۸ (۴)

**پاسخ: گزینه «۴»** طبق متن کتاب درسی، وقتی که جسمی وارد مایع می‌شود مقداری از مایع را جابه‌جا می‌کند. وزن این مایع جابه‌جا شده به اندازه نیروی شناوری است. پس این ۱۲ نیوتون مایع خارج شده همان  $F_b$  است. به دلیل وجود تعادل (سکون جسم) می‌توان نیروهای رو به بالا را مساوی نیروهای رو به پایین در نظر گرفت.

$$F + F_b = mg \Rightarrow F + 12 = 20 \Rightarrow F = 8\text{N}$$

(برگرفته از کتاب درسی)

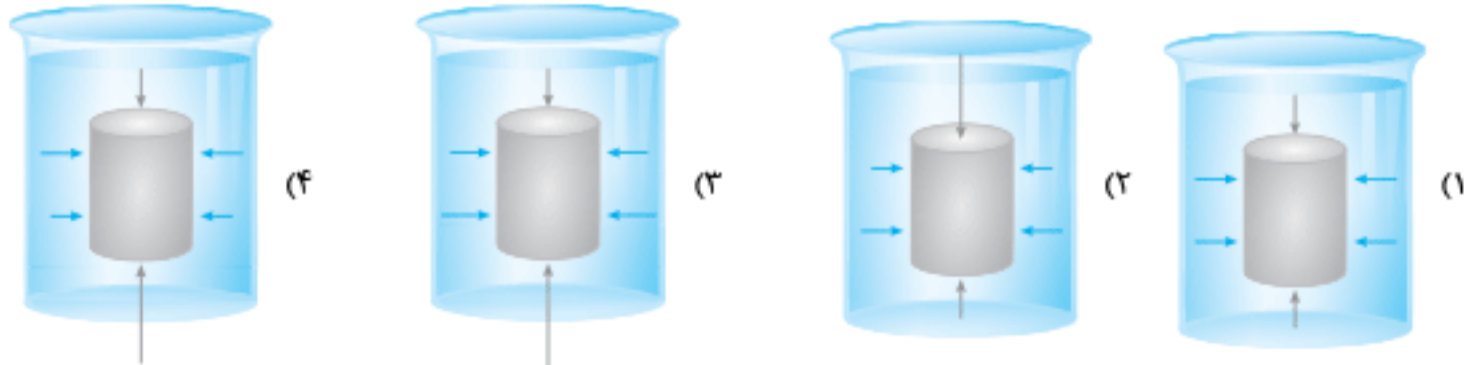


۱۳۵. یک کشتی فولادی روی آب شناور می‌ماند زیرا .....

- حجم کشتی کمتر از حجم آب است.
- نیروی گرانش کشتی در آب کم می‌شود.
- نیروی برابر با وزن کشتی از طرف آب بر آن و به طرف بالا وارد می‌شود.
- کشش سطحی آب مانع غرق شدن کشتی می‌شود.

(برگرفته از کتاب درسی)

۱۳۶. کدام شکل نیروهای وارد بر واحد سطح جسم درون شاره را از طرف شاره درست نشان می‌دهد؟

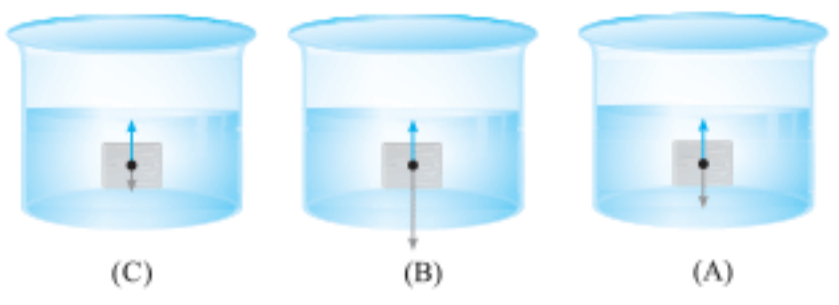


۱۳۷. یک توپ پر باد و یک سنجاق فلزی روی آب شناور هستند. همت شناوری آن‌ها به ترتیب با کدام گزینه درست بیان شده است؟

- شناوری - شناوری
- شناوری - کشش سطحی
- کشش سطحی - شناوری
- کشش سطحی - کشش سطحی

۱۳۸. مطابق شکل زیر، جسم‌های توپُر A، B و C با حجم‌های یکسان را درون یک مایع برده و آن‌ها را از حالت سکون رها می‌کنیم، اگر بلافاصله پس از رها شدن، نیروهای وارد بر آن‌ها نشان داده شده باشند، کدام گزینه درباره چگالی جسم‌ها و چگالی مایع ( $\rho$ ) درست است؟

(برگرفته از کتاب درسی)



- $\rho_A = \rho_B = \rho_C = \rho$
- $\rho_C > \rho_A = \rho > \rho_B$
- $\rho_B > \rho_A = \rho > \rho_C$
- $\rho_A = \rho > \rho_C > \rho_B$

۶۶

منظور از فشار، همان فشار کل یعنی مجموع فشار هوا و فشار آب است. چون فشار بر حسب سانتی‌متر جیوه داده شده است، می‌توان نوشت:

$$P = P_0 + P_{\text{آب}} \Rightarrow 100(\text{cmHg}) = 75(\text{cmHg}) + P_{\text{آب}} \Rightarrow P_{\text{آب}} = 25 \text{ cmHg}$$

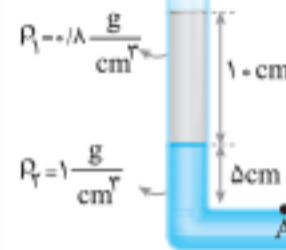
اکنون ارتفاعی از آب را به دست می‌آوریم که فشار آن برابر فشار در عمق ۲۵ سانتی‌متر جیوه باشد:

$$\rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow 1 \times h_{\text{آب}} = 13/6 \times 25$$

$$\Rightarrow h_{\text{آب}} = 24 \text{ cm} \xrightarrow{+100} h_{\text{آب}} = 3/4 \text{ m}$$

۶۷

نقاط A و B در یک مایع و در عمق یکسان قرار دارند. از این رو فشار آن‌ها یکسان است و چون فشار مایع مورد نظر است، می‌توان مجموع فشار دو مایع شاخه سمت چپ را به دست آورد:



$$P_A = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = 0.8 \times 10 \times 10 \times 0.1 + 1 \times 10 \times 10 \times 0.5$$

$$\Rightarrow P_A = 1300 \text{ Pa} \xrightarrow{P_A = P_B} P_B = 1300 \text{ Pa}$$

حالا فشار در نقاط A و B را بر حسب سانتی‌متر جیوه حساب می‌کنیم:

$$P_A = P_B = 1300 \div 1350 = \frac{1300}{1350} = \frac{26}{27} \text{ cmHg}$$

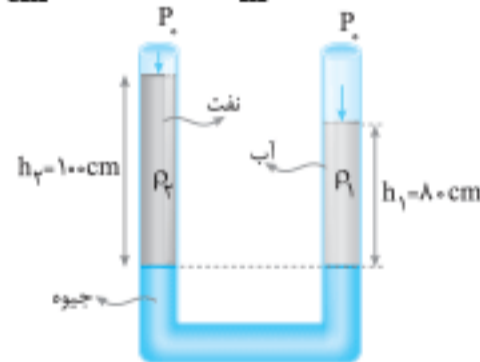
۶۸

دو سطح جیوه هم‌ترازند و این دو نقطه فشار یکسان دارند و می‌توان نوشت:

$$\rho_2 g h_2 + P_0 = \rho_1 g h_1 + P_0 \xrightarrow{\text{بکاهای یکسان برای طرفین معادله از طرفین حذف می‌شود}}$$

$$\rho_2 \times 10 \text{ cm} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 8 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \rho_2 = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 1000 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

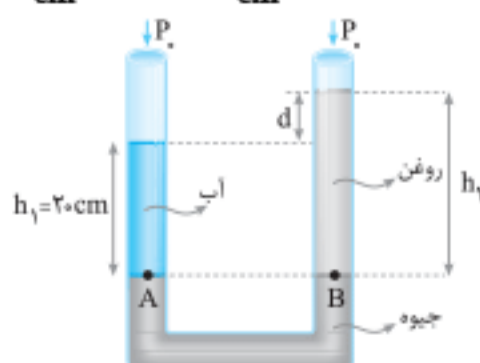


۶۹

چون فشار در دو نقطه A و B یکسان است، می‌توان نتیجه گرفت که فشار ستون آب برابر فشار ستون روغن است. (یادتان باشد که فشار هوا در دو طرف یکسان است.) ابتدا مقدار  $h_2$  یعنی ارتفاع روغن را به دست می‌آوریم، پس داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_1 = \rho_{\text{روغن}} h_2$$

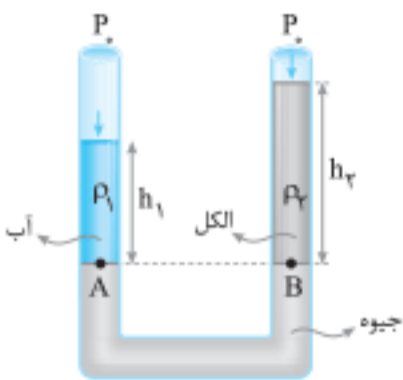
$$\xrightarrow{\text{یکای یکسان برای کمیت‌ها}} 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 20 = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times h_2 \Rightarrow h_2 = 25 \text{ cm}$$



چون اختلاف سطح روغن با آب (d) مورد سؤال است اکنون با توجه به شکل می‌توان مقدار d را به دست آورد.  $d = h_2 - h_1 = 25 - 20 = 5 \text{ cm}$

۷۰

مطابق شکل، ارتفاع الکل را (که در شاخه B ریخته‌ایم) در نظر می‌گیریم. دو سطح جیوه یعنی A و B در یک تراز افقی قرار دارند و می‌دانیم که فشار این دو سطح یکسان است و می‌توان نوشت:



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0$$

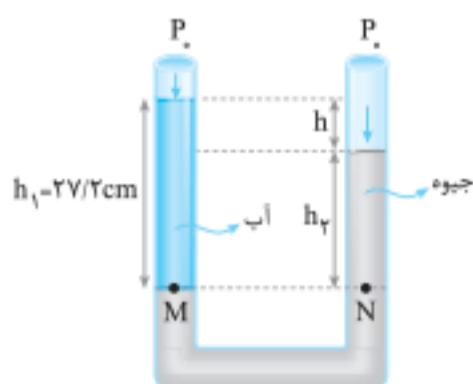
$$\Rightarrow 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 27/2 \text{ cm} = 13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times h_2 \Rightarrow h_2 = 24 \text{ cm}$$

۷۱

با توجه به این که M و N در یک مایع و هم‌تراز هستند، می‌توانید بنویسید:

$$P_M = P_N$$

$$\xrightarrow{P_0 = P_0} \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$



$$\Rightarrow 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 27/2 \text{ cm} = 13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times h_2$$

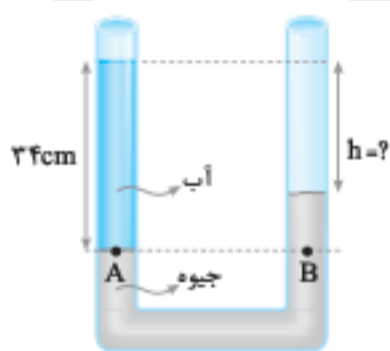
$$\Rightarrow h_2 = 2 \text{ cm} \Rightarrow h = 27/2 - 2 = 25/2 \text{ cm}$$

۷۲

فشار تراز افقی درون جیوه در نقاط A و B فشار یکسان است. واضح است که داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \xrightarrow{h_{\text{جیوه}} = h_{\text{آب}} - h}$$

$$1 \left( \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \times 24 \text{ cm} = 13/6 \left( \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \times (24 - h) \Rightarrow h = 31/5 \text{ cm}$$



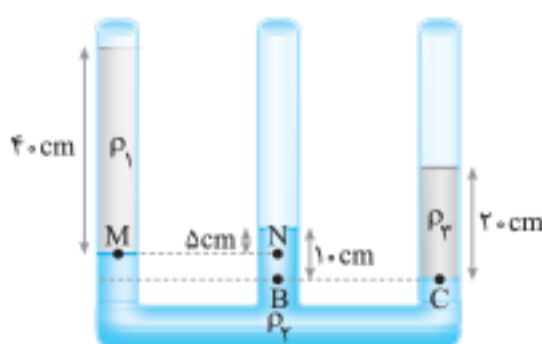
حتماً توجه کردید که بکاهای انتخاب‌شده در پاسخ این سؤال به گونه‌ای بود که در دو طرف معادله برای هر کمیت یکسان باشد و الزامی برای انتخاب یکاها در SI وجود ندارد.

۷۳

از شکل پیداست که  $P_M = P_N$  است و می‌توانیم بنویسیم:

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0$$

$$\Rightarrow \rho_1 \times 40 = \rho_2 \times 5 \Rightarrow \rho_2 = 8 \rho_1$$



۱۷۳

چون فشار وارد از طرف مخلوط بر کف ظرف مورد نظر است، باید چگالی مخلوط را به دست آوریم، پس از رابطه چگالی مخلوط که در فصل ۱ این کتاب ذکر کرده‌ایم، استفاده می‌کنیم. اگر حجم مخلوط را  $V$  بنامیم، داریم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{V_A + V_B}$$

توجه داریم که  $V_A + V_B = V$  و  $V_B = \frac{2}{3}V$ ،  $V_A = \frac{1}{3}V$  است: پس با جای گذاری این کمیتها در رابطه فوق، می‌توان نوشت:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{1/3 \times 1 \times V + 2/3 \times 2 \times V}{V} = 1.33 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

اکنون فشار مخلوط را در کف ظرف به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{مخلوط}} = \rho_{\text{مخلوط}} gh = 1.33 \times 1000 \times 10 = 13300 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{مخلوط}} = 1.33 \times 10^4 \text{ Pa}$$

**تذکره:** می‌توان به روش دیگر هم این سؤال را پاسخ داد. به این ترتیب که ابتدا ارتفاع هر مایع را جداگانه به دست آوریم، سپس فشار هر مایع و در نهایت فشار کل (مجموع فشارها) را به دست آوریم.

۱۷۴

در این نمودار شیب خط برابر است با:  $\rho g$  شیب خط بخش اول نمودار مربوط به  $\rho_1$  است و داریم:

$$\Delta P_1 = \rho_1 g \Delta h \Rightarrow (1.2/4 - 1.0) \times 10^2 = \rho_1 \times 1.0 \times 3.0 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow \rho_1 = 8.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

اگر فرض کنیم که شیب نمودار برابر تانژانت زاویه خط با محور افق باشد، با مقایسه شیب نمودارها داریم:

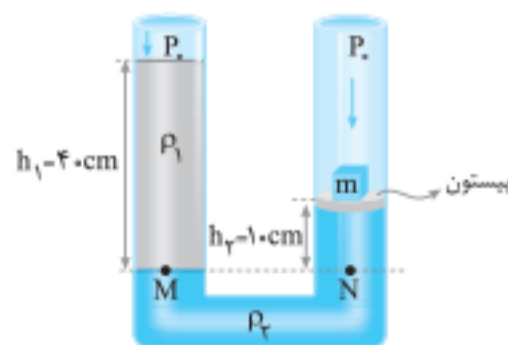
$$\frac{\tan \theta_2}{\tan \theta_1} = \frac{\rho_2 g}{\rho_1 g} \Rightarrow 17 = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

$$\Rightarrow \rho_2 = 17 \rho_1 = 17 \times 8 \times 10^2 = 1360 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

۱۷۵

دو نقطه  $M$  و  $N$  در مایع  $\rho_2$  قرار دارند و هم‌تراز هستند. پس فشار این دو نقطه یکسان است. برای هر یک می‌توان نوشت:

$$P_M = \rho_1 g h_1 + P, \quad P_N = \rho_2 g h_2 + \frac{m'g}{A} + P.$$



حتماً متوجه شدید که  $\frac{m'g}{A}$  فشاری است که وزنه  $m$  و پیستون بر مایع  $\rho_2$  وارد می‌کنند. یعنی  $m'$  را مجموع جرم وزنه  $m$  و جرم پیستون در نظر گرفته‌ایم. مساحت پیستون است نه مساحت تکیه‌گاه وزنه. چون فشار از طریق پیستون به مایع  $\rho_2$  منتقل می‌شود،  $A'$  مساحت پیستون باید باشد. چون  $P_M = P_N$  است، داریم:

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P = \rho_2 g h_2 + \frac{m'g}{A} + P.$$

یکای کمیتها را باید در SI در نظر بگیریم. یادتان هست که؟

$$1.33 \times 1000 \times 10 = 13300 \text{ Pa}$$

$$= 1.33 \times 1000 \times 10 = 13300 \text{ Pa}$$

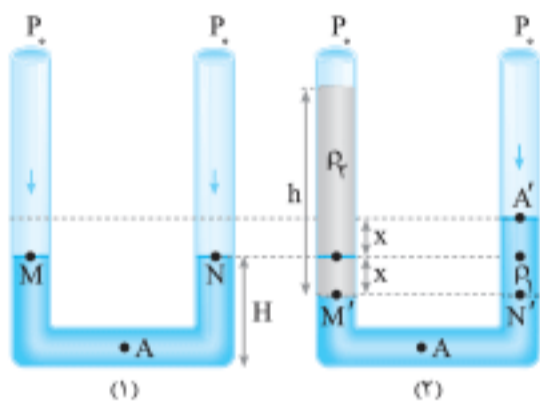
$$m' = 1.33 \text{ kg}$$

۱۷۶

یک تست نسبتاً دشوار اما جذاب، از یک روش مفهومی (روش رتبه‌های زیر ۵۰۰) حل می‌کنیم. اگر به شاخه سمت راست در هر ۲ شکل دقت کنیم می‌بینیم که روی شاخه سمت راست فقط به اندازه  $x$ ، مایع بالاتر رفته در حالی که اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه جمعاً  $2x$  است و این نشان می‌دهد که فقط نیمی از  $68 \text{ g}$  (یعنی  $34 \text{ g}$ ) تأثیرگذار بوده است.

$$\Delta P = \frac{\Delta F}{A} = \frac{\Delta mg}{A} = \frac{34 \times 10^{-3} \times 10}{2 \times 10^{-4}}$$

$$= 1700 \text{ Pa} = 1260 \text{ cmHg}$$

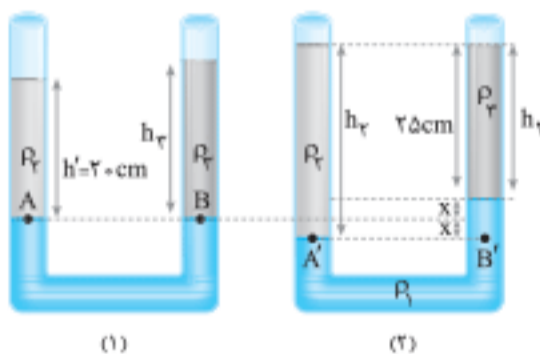


۱۷۷

متوجه هستیم که با اضافه شدن آب در شاخه سمت چپ، سطح جیوه به اندازه  $x$  پایین می‌رود و در شاخه سمت راست نیز سطح جیوه به همان اندازه  $x$  بالا می‌رود. یعنی مطابق شکل (۲) اختلاف سطح جیوه در دو شاخه برابر  $2x$  می‌شود. اما نخست با استفاده از شکل (۱) و این که فشار دو نقطه  $A$  و  $B$  برابر است، می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 g h_2 + P = \rho_1 g h_1 + P.$$

$$\Rightarrow 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 20 = \rho_2 \times 25 \Rightarrow \rho_2 = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$



اکنون با استفاده از شکل (۲) برای دو نقطه  $A'$  و  $B'$  که در یک مایع (جیوه) قرار دارند و هم‌تراز هستند، داریم:

$$P_{A'} = P_{B'} \Rightarrow \rho_2 g h_2 = \rho_1 g (2x) + \rho_2 g h_2$$

$$\Rightarrow h_2 = 27/2x + 20 \quad (1)$$

از طرف دیگر از شکل (۲) پیدا است که:

$$h_2 = 2x + 25 \quad (2)$$

و بالاخره از دو رابطه (۱) و (۲) می‌توان نتیجه نهایی را به دست آورد:

$$\begin{cases} h_2 = 27/2x + 20 \\ h_2 = 2x + 25 \end{cases} \Rightarrow h_2 \approx 25/4 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \Delta h_2 = 25/4 - 20 = 5/4 \text{ cm}$$

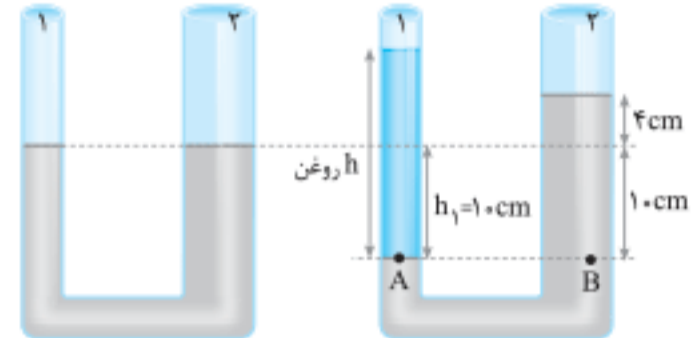


حجم مایع جابه‌جا شده (آب) در هر دو شاخه برابر است ( $V_1 = V_2$ ) اگر  $A_1$  و  $A_2$  به ترتیب مساحت قاعده شاخه سمت چپ و شاخه سمت راست باشد، می‌توان نوشت:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{A_1 h_1}{\text{شاخه سمت چپ}} = \frac{A_2 h_2}{\text{شاخه سمت راست}} \Rightarrow 2h_1 = 5(4)$$

$$\Rightarrow h_1 = 10 \text{ cm}$$

یعنی آب در شاخه سمت چپ ۱۰ cm پایین رفته است.



پس اختلاف آب در دو شاخه برابر  $10 + 4 = 14 \text{ cm}$  است و چون  $P_A = P_B$  است، داریم:

$$\rho_{\text{روغن}} h_{\text{روغن}} = \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} \Rightarrow 0.8 \times h_{\text{روغن}} = 1 \times 14$$

$$\Rightarrow h_{\text{روغن}} = 17.5 \text{ cm}$$

و جرم این مقدار روغن برابر است با:  $m = \rho V = 0.8 \times 17.5 \times 2 = 28 \text{ g}$

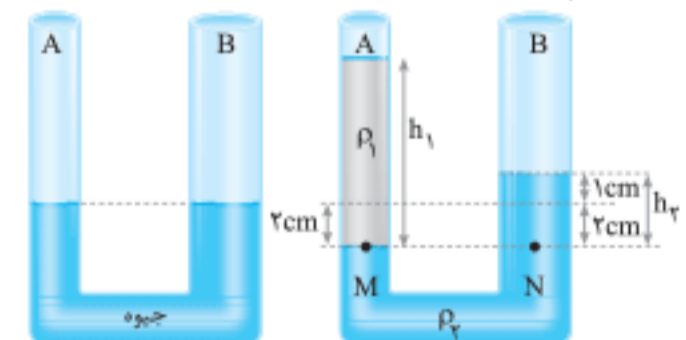
**تذکره:** اگر جیوه در شاخه A به اندازه x پایین بیاید، همین

حجم جیوه در شاخه B نیز بالا می‌رود و چون سطح مقطع شاخه B دو برابر سطح مقطع شاخه A است، سطح جیوه در شاخه B

به اندازه  $\frac{x}{2}$  بالا می‌رود.

$$\Delta V_A = \Delta V_B \Rightarrow \Delta h_A \times A_A = \Delta h_B \times A_B$$

$$\frac{A_B = 2A_A}{\Delta h_A = 2\Delta h_B} \rightarrow \frac{\Delta h_A = x}{\Delta h_B = \frac{x}{2}}$$



پس در این سؤال مطابق شکل چون  $x = 2 \text{ cm}$  است، جیوه به اندازه  $\frac{x}{2} = 1 \text{ cm}$  در شاخه B بالا می‌رود و اختلاف سطح جیوه در دو شاخه

برابر،  $1 + 2 = 3 \text{ cm}$  می‌شود و با در نظر گرفتن  $P_M = P_N$  می‌توان نوشت:

$$P_M = P_N \Rightarrow P + \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 + P$$

$$\Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \xrightarrow{h_2 = 3 \text{ cm}}$$

$$\Rightarrow 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times h_1 = 13.6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 3 \text{ cm} \Rightarrow h_1 = 40.8 \text{ cm}$$

حجم آب جابه‌جا شده در دو طرف یکسان است. اگر  $A_1$  و  $A_2$  به ترتیب مساحت قاعده شاخه سمت چپ و شاخه سمت راست باشد، می‌نویسیم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 x_1 = A_2 x_2 \Rightarrow \frac{\pi d_1^2}{4} x_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} x_2$$

$$\xrightarrow{d_1 = 2d_2} (2d_2)^2 x_1 = d_2^2 (x_2) \Rightarrow x_2 = 4x_1$$

پس از نقطه N تا سطح مایع یعنی ارتفاع ستون آب در شاخه سمت راست  $10x_1$  است (مطابق شکل)

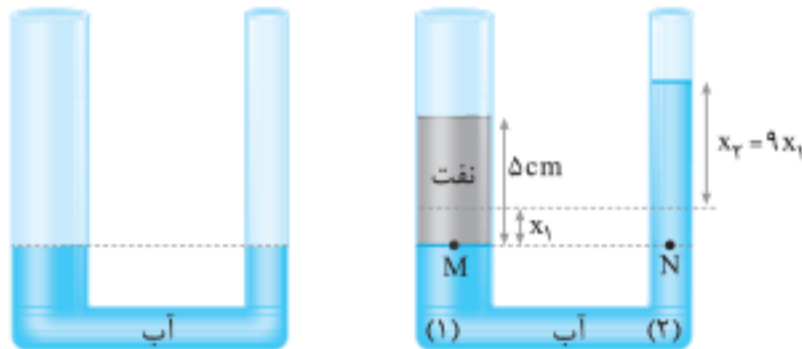
$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{\text{نفت}} h_{\text{نفت}} = \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} \Rightarrow 0.8 \times (\Delta) = 1 \times (10x_1)$$

$$\Rightarrow x_1 = 0.4 \text{ cm}$$

اما دقت کنید که طراح تست، بالا رفتن آب نسبت به حالت اول را

$$9x = 9(0.4) = 3.6 \text{ cm}$$

می‌خواهد. بنابراین

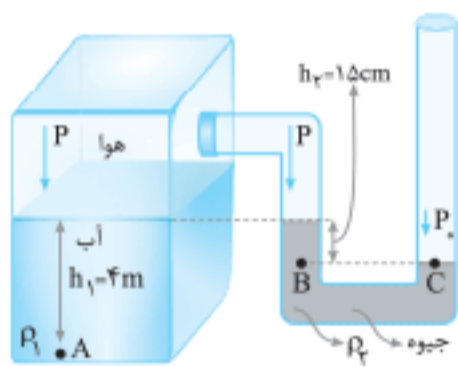


**تذکره:** فشار گاز یا هوای محصور درون یک ظرف، در همه

نقاط آن یکسان است. مطابق شکل این فشار را با P نشان می‌دهیم.

در این گونه مسائل که دو مایع جدا در ظرفها وجود دارد، فشار گاز

یا هوایی که با مایعات در تماس هستند را یکسان در نظر می‌گیریم.



برای ظرف U شکل محتوی جیوه هم که می‌دانیم فشار دو نقطه C و B برابر است و داریم:

هوایی که بین مخزن آب و جیوه محصور شده، تحت فشار بوده و فشار (P) را به همه نقاطی که هوا در آنجا حضور دارد، منتقل می‌کند.

پس ابتدا این فشار را به دست می‌آوریم.

$$P_B = P_C \Rightarrow P + \rho g h_2 = P_0$$

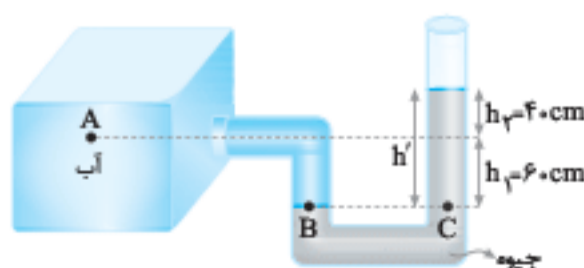
$$\Rightarrow P + 13600 \times 10 \times (0.15) = 10^5 \Rightarrow P = 79600 \text{ Pa}$$

$$P_A = P + \rho' g h_1 = 79600 + 10000 \times (4) = 119600 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow P_A = 119.6 \text{ kPa}$$

مطابق شکل می‌توان ابتدا فشار B و C را برابر در نظر گرفت و نوشت:

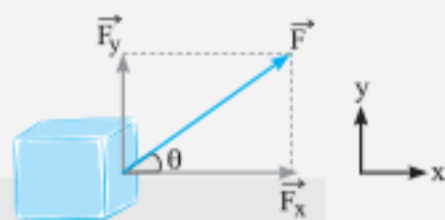
$$P_B = P_C \xrightarrow{P_B = P_A + \rho g h_1} P_A + \rho g h_1 = \rho' g h' + P$$



## یادآوری ریاضی و فیزیک

در این فصل خواهیم دید که نیروهای وارد بر یک جسم می‌توانند بر روی آن کار انجام دهند و بعد از آشنایی با شکل‌های مختلف انرژی، بررسی می‌کنیم که کار هر نیرو کدامیک از انرژی‌ها را تغییر می‌دهد. این موضوعات را با استفاده از قضیه کار - انرژی جنبشی و قانون پایستگی انرژی بررسی می‌کنیم. در انتهای فصل هم با مفهوم توان و بازده آشنا خواهیم شد. اما قبل از شروع رسمی این فصل لازم است موضوعاتی را از ریاضی و علوم متوسطه اول با هم مرور کنیم.

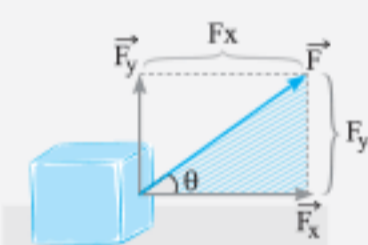
### تجزیه بردارها



برداری مانند  $\vec{F}$  (که در شکل مقابل رسم شده است) را در نظر بگیرید. این بردار را می‌توان برحسب مؤلفه‌هایش به صورت زیر نشان داد:

$$\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$$

$F_x$ ، اندازه مؤلفه بردار  $\vec{F}$  در راستای محور  $x$  و  $F_y$ ، اندازه مؤلفه بردار  $\vec{F}$  در راستای محور  $y$  است (به طور کلی اگر علامت بردار روی نماد یک کمیت قرار نگیرد، منظور اندازه آن بردار است). برای محاسبه  $F_x$  و  $F_y$  با توجه به مثلث هاشورخورده در شکل و با استفاده از نسبت‌های مثلثاتی  $\sin \theta$  و  $\cos \theta$  می‌توان نوشت:



$$\begin{cases} \sin \theta = \frac{\text{ضلع مقابل به زاویه } \theta}{\text{وتر}} = \frac{F_y}{F} \Rightarrow F_y = F \sin \theta \\ \cos \theta = \frac{\text{ضلع مجاور به زاویه } \theta}{\text{وتر}} = \frac{F_x}{F} \Rightarrow F_x = F \cos \theta \end{cases}$$

$$\Rightarrow \vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} = (F \cos \theta) \vec{i} + (F \sin \theta) \vec{j}$$

در جدول زیر مقادیر  $\sin \theta$  و  $\cos \theta$  برای زاویه‌های پرکاربرد نوشته شده است. (حفظ کردن این مقادیر خالی از لطف نیست).

$\theta$	$0^\circ$	$30^\circ$	$37^\circ$	$45^\circ$	$53^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$
نسبت‌های مثلثاتی								
$\sin \theta$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0
$\cos \theta$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{1}{2}$	0	-1

### روابط حرکت‌شناسی

حرکت با تندی ثابت: اگر جسمی با تندی ثابت  $v$  در حرکت باشد، مسافتی که جسم در مدت  $\Delta t$  طی می‌کند از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \xrightarrow{\text{طرفین وسطین}} d = v \Delta t$$

مثلاً وقتی می‌گوییم جسمی روی خط راست با تندی ثابت  $5 \frac{m}{s}$  به مدت  $2s$  حرکت می‌کند، یعنی جسم در این مدت

$$d = v \Delta t = 5 \times 2 = 10 \text{ m}$$

مسافت  $10 \text{ m}$  را می‌پیماید:

**تذکره:** اگر حرکت روی خط راست و بدون بازگشت باشد، جابه‌جایی و مسافت طی‌شده با هم برابرند و در روابط بالا،  $d$  را می‌توان جابه‌جایی متحرک در نظر گرفت.

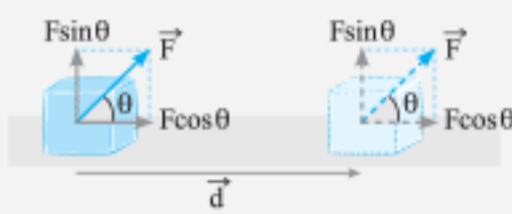
### قانون‌های نیوتون

1 **قانون اول نیوتون:** اگر نیروی خالصی به یک جسم وارد نشود، جسم ساکن، ساکن می‌ماند و جسم در حال حرکت، با تندی ثابت و روی خط راست به حرکت خود ادامه خواهد داد.

2 **قانون دوم نیوتون:** اگر به جسمی به جرم  $m$  نیروی خالص  $\vec{F}$  وارد شود، جسم شتاب  $\vec{a}$  می‌گیرد و رابطه کمیت‌های گفته شده

$$\vec{F}_{\text{خالص}} = m \vec{a}$$

به صورت روبه‌رو است:



**نتیجه:** اگر نیرو و جابه‌جایی بر هم عمود باشند، کار آن نیرو صفر خواهد بود و هنگامی که نیروی  $\vec{F}$  با جابه‌جایی، زاویه  $\theta$  می‌سازد (مانند شکل) مؤلفه‌ای از نیرو که عمود بر جابه‌جایی است (یعنی  $F \sin \theta$ )، کارش صفر خواهد بود و فقط مؤلفه‌ای از نیرو که هم‌راستا با جابه‌جایی است (یعنی  $F \cos \theta$ ) روی جسم می‌تواند کار انجام دهد.

$$W = (F \cos \theta) d \begin{cases} \text{مثبت} \\ \theta \leq 90^\circ & \rightarrow W = (F \cos \theta) d > 0 \Rightarrow W_F > 0 \\ \theta = 90^\circ & \rightarrow W = F \times 0 \times d = 0 \Rightarrow W_F = 0 \\ \text{منفی} \\ \theta > 90^\circ & \rightarrow W = (F \cos \theta) d < 0 \Rightarrow W_F < 0 \end{cases}$$

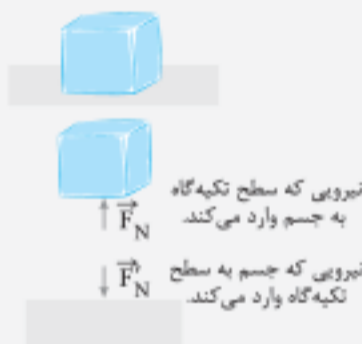
علامت کار:



در ادامه به بررسی کار نیروهای عمودی سطح ( $\vec{F}_N$ )، اصطکاک جنبشی ( $\vec{f}_k$ )، مقاومت هوا ( $\vec{f}_D$ ) و نیروی وزن ( $m\vec{g}$ ) می‌پردازیم.

**نکته**

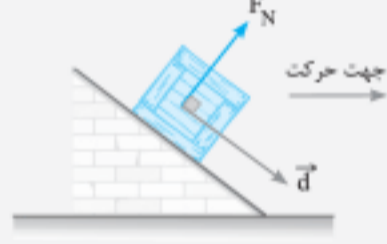
**کار نیروی عمودی سطح ( $W_{F_N}$ ):**



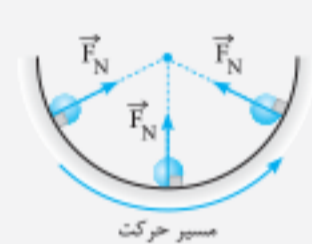
هر گاه دو جسم با هم در تماس باشند، سطح هر یک بر سطح دیگری نیرویی وارد می‌کند. این نیرو همیشه بر سطح تماس دو جسم عمود است و به همین دلیل به آن نیروی عمودی سطح می‌گویند. در شکل روبه‌رو جسم روی سطح افقی، ساکن است. جهت نیروی عمودی سطحی که جسم و تکیه‌گاه برهم وارد می‌کنند به این صورت است: کار نیروی عمودی سطح می‌تواند صفر، مثبت یا منفی باشد. در شکل‌های زیر، نیروی عمودی سطح بر جابه‌جایی عمود است ( $\theta = 90^\circ$ ) و کار آن صفر است.



$$W_{F_N} = (F_N \cos 90^\circ) d = 0$$



$$W_{F_N} = (F_N \cos 90^\circ) d = 0$$



$$W_{F_N} = (F_N \cos 90^\circ) d = 0$$

در شکل‌های زیر جسم بر کف آسانسور قرار دارد:



$$W_{F_N} = (F_N \cos 0^\circ) d \Rightarrow W_{F_N} > 0$$



$$W_{F_N} = (F_N \cos 180^\circ) d \Rightarrow W_{F_N} < 0$$

وقتی که ما با دست خود جسمی را جابه‌جا می‌کنیم، نیرویی که از طرف دست ما بر جسم وارد می‌شود همان  $\vec{F}_N$  است.

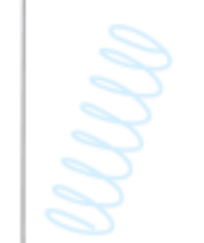
**مثال:** جسمی به جرم  $1\text{ kg}$  روی سطح شیب‌داری به طول  $5$  متر که با افق زاویه  $60^\circ$  درجه می‌سازد، رو به پایین می‌لغزد. کار

نیروی عمودی سطح وارد بر جسم در این جابه‌جایی چند ژول است؟ ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )

- ۱) ۲۰      ۲) ۲۵      ۳) صفر      ۴) ۱۸

**پاسخ:** گزینه «۳» اعداد و ارقام این تست برای فریب شما طراحی شده‌اند. جسم بر روی سطح شیب‌دار قرار دارد و بر روی سطح شیب‌دار نیز جابه‌جا شده است، دیدید که در این حالت  $W_{F_N} = 0$  خواهد شد.

**مثال:** جعبه‌ای درون آسانسوری قرار دارد و آسانسور از طبقه دوم به سوم رفته، سپس تا طبقه اول پایین می‌آید. اگر نیروی عمودی سطح هنگام بالارفتن و پایین آمدن به ترتیب  $16\text{ N}$  و  $20\text{ N}$  باشد، کار آن را هنگام بالارفتن و پایین آمدن جداگانه به دست آورید. (ارتفاع هر طبقه  $3\text{ m}$  است).



**پاسخ:** هنگامی که آسانسور از طبقهٔ دوم به سوم می‌رود، جعبه  $3\text{m}$  رو به بالا جابه‌جا شده است.

$$W_{F_N} = (F \cos 0^\circ)d = 16 \times 1 \times 3 = 48\text{J}$$

هنگامی که آسانسور از طبقهٔ سوم به اول می‌رود،  $6\text{m}$  پایین رفته است.

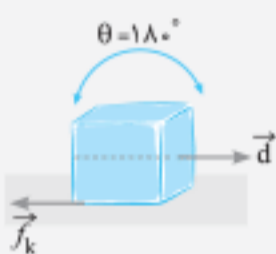
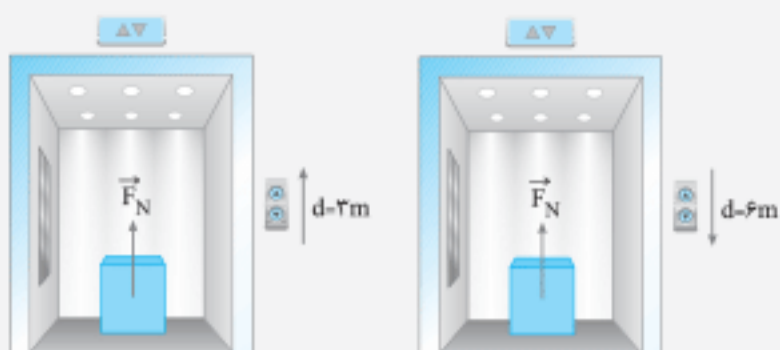
$$W_{F_N} = (F \cos 180^\circ)d = 20(-1)(6) = -120\text{J}$$

**نکته**

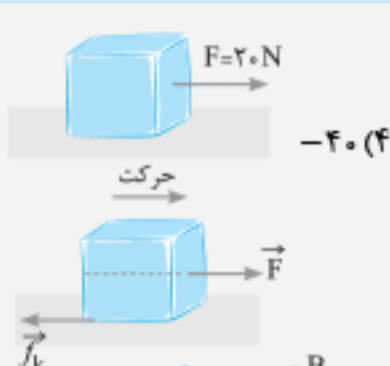
کار نیروی اصطکاک جنبشی ( $W_{f_k}$ ) و کار نیروی مقاومت هوا ( $W_{f_D}$ ):

در سوالاتی که در این کتاب آمده است، نیروی اصطکاک جنبشی ( $f_k$ ) همواره در خلاف جهت حرکت به جسم وارد می‌شود (مانند شکل).

پس همواره زاویهٔ این نیرو و جابه‌جایی برابر  $180^\circ$  است، (در رابطه با نیروی مقاومت هوا نیز به همین صورت است) که این یعنی کار نیروی اصطکاک جنبشی همواره منفی است. (این رابطه را به یاد داشته باشید)  $W = (F \cos \theta)d \Rightarrow W_{f_k} = (f_k \cos 180^\circ)d \Rightarrow W_{f_k} = -f_k d$



**مثال:** در شکل روبه‌رو جسم تحت تأثیر نیروی  $\vec{F}$  با تندی ثابت به اندازهٔ  $2\text{m}$  متر جابه‌جا می‌شود. کار نیروی اصطکاک در این حرکت چند ژول است؟



**پاسخ:** گزینهٔ «۴» در این تست چون  $f_k$  در خلاف جهت حرکت به جسم وارد می‌شود (مانند شکل) و تندی جسم ثابت است، می‌توان گفت:

$$W_{f_k} = -f_k d = -20 \times 2 = -40\text{J}$$

پس:

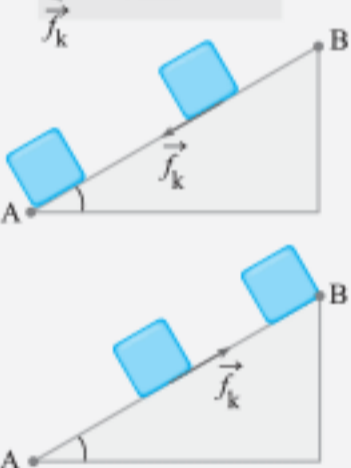
**نتیجه:** وقتی جسمی روی یک سطح مسیری را پیش می‌رود و

روی همان مسیر برمی‌گردد، جهت نیروی اصطکاک جنبشی و همچنین مقاومت هوا هم در نقطهٔ تغییر جهت حرکت، تغییر می‌کند. مثلاً در شکل روبه‌رو، جعبه‌ای را روی سطحی شیب‌دار روبه‌بالا پرتاب می‌کنیم. جعبه از نقطهٔ A تا B بالا رفته و دوباره به نقطهٔ B برمی‌گردد.

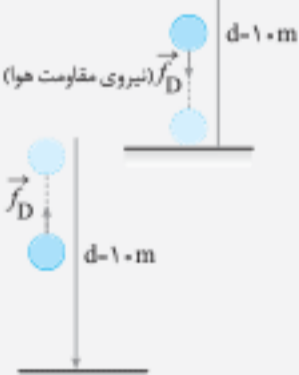
در اینجا اگر بخواهیم کار نیروی اصطکاک جنبشی را در کل مسیر رفت و برگشت به دست آوریم، نمی‌توانیم بگوییم که چون جعبه به نقطهٔ اول مسیر برگشته و جابه‌جایی آن صفر است، کار نیروی  $f_k$  صفر است. بلکه باید کار نیروی  $f_k$  را در بالا رفتن و پایین آمدن جداگانه حساب کنیم و با هم جمع کنیم.

هنگام بالا رفتن، نیروی  $f_k$  رو به پایین سطح است.

هنگام پایین آمدن، نیروی  $f_k$  رو به بالای سطح است.



**مثال:** گلوله‌ای را از سطح زمین در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. اگر مقدار نیروی مقاومت هوا ثابت و برابر با  $2\text{N}$  باشد و گلوله نهایتاً تا ارتفاع  $10\text{m}$  متری نقطهٔ پرتاب بالا برود، کار نیروی مقاومت هوا در کل مسیر چند ژول است؟



$$W_{f_D} = (f_D \cos 180^\circ)d = 2(-1)(10) = -20\text{J}$$

هنگام پایین آمدن نیروی مقاومت هوا رو به بالا است.

$$W_{f_D} = (f_D \cos 180^\circ)d = 2(-1)(10) = -20\text{J}$$

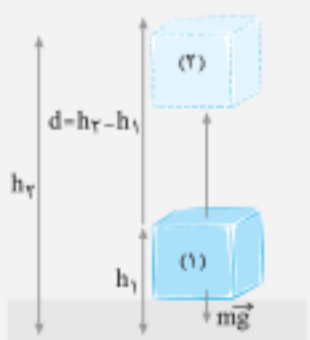
$$W_{f_D} = W_{\text{برگشت}} + W_{\text{رفت}} = -20 + (-20) = -40\text{J}$$

**نکته**

کار نیروی وزن ( $W_{\text{وزن}}$ ): می‌خواهیم رابطه‌ای ساده برای محاسبهٔ کار نیروی وزن به شما معرفی کنیم.

در شکل مقابل، جسمی به جرم  $m$ ، از وضعیت (۱) به وضعیت (۲) برده شده است. اگر به شکل دقت کنید، متوجه می‌شوید که اندازهٔ جابه‌جایی جسم ( $d = h_2 - h_1$ ) است. از طرفی چون نیروی وزن و جابه‌جایی در خلاف جهت یکدیگرند ( $\theta = 180^\circ$ ) می‌توان نوشت:

$$W = (F \cos \theta)d \Rightarrow W_{\text{وزن}} = (mg) \cos 180^\circ (h_2 - h_1) \xrightarrow{h_2 - h_1 = \Delta h} W_{\text{وزن}} = -mg \Delta h$$



		۳ سقوط جسم در راستای قائم و رو به پایین
		۴ پرتاب جسم در راستای قائم و رو به بالا
توضیحات: پس از پرتاب نیروی محرک وجود ندارد.		
		۵ جسم در حال کشیده شدن رو به بالا
توضیحات: اگر جسم رو به بالا پرتاب شود، نیروی F در این شکل‌ها حذف خواهد شد.		
		۶ جسم در حال کشیده شدن رو به پایین
توضیحات: در اینجا اگر جسم پرتاب یا رها شود، نیروی F حذف خواهد شد.		
		۷ پرتاب جسم در راستای غیرقائم (حرکت پرتابی)
توضیحات: ۱- نیروی اصطکاک هوا در هر لحظه در خلاف جهت حرکت (مماس بر مسیر) رسم می‌شود. ۲- اگر مقاومت هوا نباشد، همواره از شکل حذف می‌شود و فقط تحت تأثیر نیروی وزن خواهد بود.		
		۸ آونگ
توضیحات: در لحظات مختلف، مقاومت هوا خلاف جهت حرکت و نیروی کشش نخ عمود بر مسیر حرکت است.		
		۹ حرکت بر مسیر منحنی یکنواخت
توضیحات: در مسیر خمیده نیز نیروی عمودی سطح وارد بر جسم، بر مسیر حرکت عمود است.		
		۱۰ حرکت بر مسیر منحنی غیریکنواخت

موارد زیر را حتماً به خاطر بسپارید:

**الف:** در حالت‌های (۱)، (۵)، (۶)، (۹) و (۱۰) چون نیروی عمودی سطح  $\vec{F}_N$  بر راستای حرکت عمود است، کار این نیرو صفر است.

**ب:** در حالت (۸) (یعنی آونگها) نیروی کشش نخ  $(\vec{T})$  بر مسیر حرکت عمود بوده و کار آن صفر است.

**پ:** در حالت‌های (۱)، (۵) و (۶)، اگر جسم را به جای نیروی  $\vec{F}$ ، توسط نخ بکشیم، آن‌گاه به جای  $\vec{F}$ ،  $\vec{T}$  را در همان جهت و راستا قرار می‌دهیم.

۶۶. ۱ ۲ ۳ ۴

هنگام سقوط گلوله، چون در سؤال گفته شده شرایط خلأ است، نیروی مقاومت هوا وجود نداشته و تنها نیرویی که روی جسم کار انجام می‌دهد، همان نیروی وزن  $(mg)$  است؛ پس کار آن با کار کل برابر بوده و می‌توان نوشت:



تندی اولیه را با نماد  $(v_i)$  و تندی نهایی برای هر جسم را با نماد  $(v_f)$  نشان می‌دهیم. (دقت شود،  $m_1 = m$  و  $m_2 = 2m$  و  $v_{i1} = v_{i2} = 0$  است.)

$$W_{T_1} = W_{T_2} \Rightarrow \frac{1}{2} m (v_{f1}^2 - 0) = \frac{1}{2} (2m) (v_{f2}^2 - 0)$$

$$\Rightarrow v_{f1}^2 = 2v_{f2}^2 \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم.}} v_{f1} = \sqrt{2} \times v_{f2}$$

$$\xrightarrow{\sqrt{2} = 1.4} v_{f1} > v_{f2} \Rightarrow v_1 > v_2$$

۶۵. ۱ ۲ ۳ ۴

**گام اول:** طبق قضیه کار-انرژی جنبشی می‌دانیم که کار کل از رابطه  $W_T = \Delta K$  به دست می‌آید در نتیجه برای این دو حالت می‌توان نوشت:

$$W_T = \Delta K = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) = \begin{cases} W_1 = \frac{1}{2} m (v^2 - 0) = \frac{1}{2} m v^2 \\ W_2 = \frac{1}{2} m ((2v)^2 - v^2) = 2m v^2 \end{cases}$$

**گام دوم:** حالا نسبت  $\frac{W_2}{W_1}$  را محاسبه می‌کنیم:  $\frac{W_2}{W_1} = \frac{2m v^2}{\frac{1}{2} m v^2} = 8$

**نکته:** شناخت نیروهای وارد بر جسم:

در تست‌هایی که بعد از این حل خواهیم کرد، نیاز است که شما عزیزان نیروهای وارد بر جسم را به خوبی بشناسید، برای همین جدولی آماده کرده‌ایم که در آن نیروهای وارد بر اجسام در حالت‌های مختلف و پرتکرار رسم شده است. اما قبل از پرداختن به جدول، ابتدا یک بار دیگر نحوه رسم نیروهای مختلف را یادآوری می‌کنیم:

	<b>الف:</b> نیروی وزن $(mg)$ : در راستای قائم و رو به پایین رسم می‌شود.
	<b>ب:</b> نیروی عمودی سطح $(\vec{F}_N)$ : در راستای عمود بر سطح و در جهت خارج شدن از جسم رسم می‌شود.
	<b>پ:</b> اصطکاک یا مقاومت هوا $(\vec{f}_k)$ : در خلاف جهت حرکت رسم می‌شود.
	<b>ت:</b> نیروی کشش نخ $(\vec{T})$ : همواره در راستای نخ و در جهت خارج شدن از جسم رسم می‌شود.

حالا می‌توانیم به جدول زیر بپردازیم:

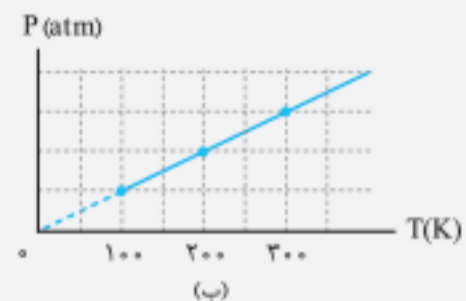
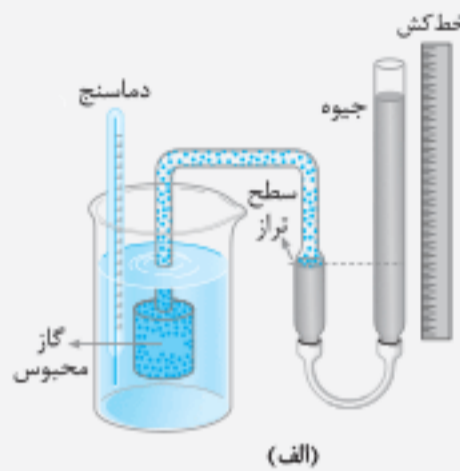
نوع حرکت	شکل موجود در صورت سؤال	مشخص کردن همه نیروها
۱ کشیدن جسم روی سطح افقی		
۲ بردن جسم رو به بالا در راستای قائم		

● پاسخ: گزیتة «۲» فشار گاز ثابت است، بنابراین می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta V}{V_1} &= \frac{\Delta T}{T_1} \\ \Delta T &= \Delta \theta = 20 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{1/6}{32} = \frac{20}{T_1} \Rightarrow T_1 = 400 \text{ K} \Rightarrow T_1 = 273 + \theta_1 \Rightarrow \theta_1 = 400 - 273 = 127^\circ \text{C}$$

### بررسی گاز در حجم ثابت

شیمیدان فرانسوی ژوزف لوئیس گی لوساک به طور تجربی دریافت که اگر حجم مقدار معینی از یک گاز ثابت باشد، فشار آن متناسب با دمای مطلق آن دما (برحسب کلوین) است.



نمودار فشار برحسب دمای مطلق یک گاز، در حجم ثابت آزمایشی ساده برای اندازه‌گیری فشار گاز در دماهای مختلف (در حجم ثابت)

بنابراین اگر جرم و حجم گاز ثابت باشد، رابطه بین فشار و دمای کلوین آن به صورت مقابل است:

$$\frac{P}{T} = \text{مقدار ثابت} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$P_1$  و  $T_1$  فشار و دمای مطلق اولیه و  $P_2$  و  $T_2$  فشار و دمای مطلق نهایی گاز است.

$T$  دمای گاز برحسب کلوین و  $P$  فشار مطلق گاز است که یکای آن در دو طرف رابطه باید یکسان باشد ولی نیاز نیست که یکای خاصی باشد.

● مثال: راننده‌ای فشار لاستیک اتومبیل خود را قبل از حرکت با فشارسنج اندازه می‌گیرد که مقدار  $200 \text{ kPa}$  است. در این زمان دما  $27^\circ \text{C}$  است. پس از مدتی رانندگی دوباره فشار لاستیک را اندازه می‌گیرد که مقدار  $240 \text{ kPa}$  می‌باشد. اگر از تغییر حجم کم هوای درون لاستیک صرف نظر کنیم، دمای هوای درون لاستیک در این حالت چند درجه سلسیوس است؟ (فشار هوای محیط را  $100 \text{ kPa}$  فرض کنید)

● پاسخ: دما را باید برحسب کلوین تبدیل کنیم:

فشارسنج فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرد ولی باید فشار مطلق را در رابطه گاز قرار دهیم. پس باید فشار هوا را با آن جمع کنیم:

$$P_1 = 200 + 100 = 300 \text{ kPa}, \quad P_2 = 240 + 100 = 340 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{300}{300} = \frac{340}{T_2}$$

چون حجم و جرم هوا ثابت است، داریم:

$$T_2 = 340 \text{ K} \Rightarrow \theta_2 = 340 - 273 = 67^\circ \text{C}$$

● مثال: در حجم ثابت، فشار گاز کاملی را  $50 \text{ cmHg}$  افزایش می‌دهیم. در نتیجه دمای مطلق گاز  $25$  درصد افزایش می‌یابد.

فشار اولیه گاز چند سانتی‌متر جیوه بوده است؟

● پاسخ: دمای اولیه گاز را  $100$  فرض می‌کنیم در نتیجه دمای نهایی گاز  $125$  می‌شود:  $P_2 = P_1 + 50$ ,  $T_2 = 125$ ,  $T_1 = 100$

در حجم ثابت، فشار گاز با دمای مطلق آن متناسب است:

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_1} \Rightarrow \frac{P_1 + 50}{125} = \frac{P_1}{100} \Rightarrow \Delta P_1 = 4P_1 + 200 \Rightarrow P_1 = 200 \text{ cmHg}$$

### نکته

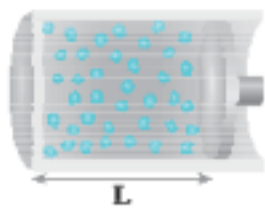
در مواردی که تغییرات فشار یا تغییرات دما مورد نظر باشد، می‌توانیم رابطه گازها در حجم ثابت را به صورت زیر تغییر دهیم:

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_1} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{P_2 - P_1}{P_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \Rightarrow \frac{\Delta P}{P_1} = \frac{\Delta T}{T_1}$$

● مثال: هرگاه به دمای گاز کاملی  $546^\circ \text{C}$  بیفزاییم، در حجم ثابت فشارش  $3$  برابر می‌شود. دمای اولیه گاز برحسب درجه

(کنکور زیرفکری)

سلسیوس کدام است؟



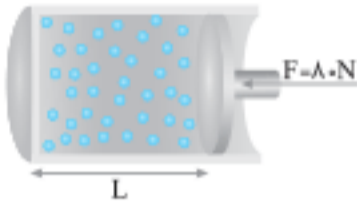
۳۱۶. مطابق شکل مقدار ۱/ مول گاز کامل به وسیله پیستون بدون اصطکاک درون استوانه‌ای محبوس است و پیستون ساکن است. سطح مقطع پیستون  $16 \text{ cm}^2$  و دمای گاز  $300 \text{ K}$  است.  $L$  چند سانتی‌متر است؟

$$(R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \text{ و } P = 1.5 \text{ Pa})$$

- (۱) ۰/۱۵ (۲) ۱۵ (۳) ۰/۳ (۴) ۳۰

۳۱۷. مطابق شکل، به وسیله نیروی  $F = 8 \text{ N}$  وارد بر پیستون بدون اصطکاک، مقدار ۲/ مول گاز کامل را درون استوانه‌ای محبوس کرده‌ایم.

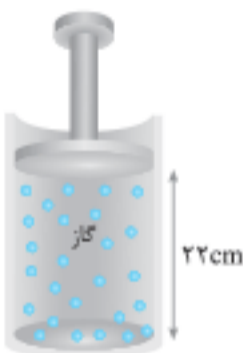
اگر  $L = 6 \text{ cm}$  و سطح مقطع پیستون  $8 \text{ cm}^2$  و پیستون ساکن باشد، دمای گاز چند کلون است؟ ( $R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$  و فشار هوا  $1.5 \text{ Pa}$ )



- (۱) ۳۰۰ (۲) ۴۰۰ (۳) ۵۰۰ (۴) ۶۰۰

۳۱۸. مطابق شکل، پیستون بدون اصطکاک، گاز کاملی با دمای  $57^\circ\text{C}$  را محبوس کرده است. دمای گاز را به تدریج به  $27^\circ\text{C}$  می‌رسانیم. در این صورت پیستون چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود؟ (تجربی ۸۸)

- (۱) ۰/۵ (۲) ۲ (۳) ۲/۵ (۴) ۵



۳۱۹. مطابق شکل مقداری گاز کامل درون استوانه‌ای توسط یک پیستون بدون اصطکاک محبوس شده است و دمای گاز در این حالت  $17^\circ\text{C}$  است. دمای گاز را چند درجه سلسیوس افزایش دهیم، تا ارتفاع پیستون از ته استوانه ۲ برابر شود؟ (سطح مقطع پیستون ثابت فرض می‌شود.)

- (۱) ۱۷ (۲) ۲۹۰ (۳) ۲۵۶ (۴) ۳۰۷

۳۲۰. مطابق شکل درون یک استوانه مقداری گاز کامل توسط یک پیستون با وزن و اصطکاک ناچیز محبوس شده است. سطح مقطع پیستون  $100 \text{ cm}^2$  است. برای آن که ارتفاع پیستون از ته ظرف نصف شود و دمای گاز ثابت باشد، وزنه چند کیلوگرمی باید روی پیستون قرار دهیم؟ (فشار هوای محیط برابر  $1.5 \text{ Pa}$  و  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$  است.)

- (۱) ۲۰۰ (۲) ۱۰۰ (۳) ۱۰ (۴) ۲۰

۳۲۱. مطابق شکل مقداری گاز کامل درون استوانه و زیر یک پیستون بدون اصطکاک با جرم ناچیز قرار دارد. دمای گاز  $27^\circ\text{C}$  و سطح مقطع پیستون  $4 \text{ cm}^2$  است. اگر دمای گاز را به  $127^\circ\text{C}$  برسانیم، چند کیلوگرم وزنه باید روی پیستون اضافه کنیم تا پیستون حرکت نکند؟ (فشار هوای محیط  $1.5 \text{ Pa}$  و سطح مقطع پیستون ثابت است و  $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )

- (۱) ۲۴ (۲) ۱۶ (۳) ۱۲ (۴) ۸

۳۲۲. در شکل روبه‌رو جرم پیستون بدون اصطکاک  $1 \text{ kg}$ ، جرم وزنه روی آن  $4 \text{ kg}$  و دمای گاز درون ظرف  $27^\circ\text{C}$  است. اگر دمای گاز را به آرامی به  $87^\circ\text{C}$  برسانیم، ضمن گرم شدن گاز، چند کیلوگرم وزنه به تدریج روی پیستون اضافه کنیم تا پیستون جابه‌جا نشود؟ (سطح قاعده پیستون  $5 \text{ cm}^2$ ، فشار هوا برابر  $1.5 \text{ Pa}$  و  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  است.)

$$(R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \text{ و } P = 1.5 \text{ Pa})$$

(ریاضی ۹۶)

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۶ (۴) ۷

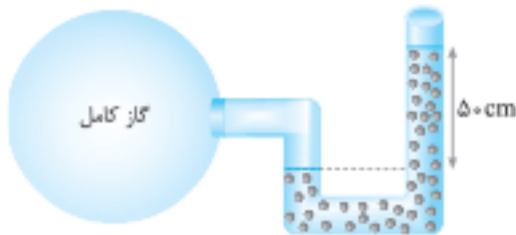
۳۲۳. پیستونی بدون اصطکاک به وزن  $W$ ، گازی به حجم  $V_1$  را در ظرف محبوس کرده است. وزنه‌ای به وزن  $W$  را روی پیستون قرار می‌دهیم. پس از تعادل پیستون، حجم گاز  $V_2$  می‌شود. اگر دما ثابت فرض شود، کدام گزینه درباره  $k = \frac{V_2}{V_1}$  اظهار نظر دقیق‌تری است؟ (کنکور زیرخاک)

- (۱)  $k = 0/5$  (۲)  $0 < k < 1$

- (۳)  $0/5 < k < 1$  (۴) بسته به شرایط هر کدام از گزینه‌های دیگر می‌تواند درست باشد.

۳۲۴. در شکل زیر حجم گاز کامل برابر ۴۰ لیتر و دمای آن  $27^{\circ}\text{C}$  است. مایع درون لوله، جیوه و فشار هوای محیط  $1.0^5\text{Pa}$  است. اگر جرم

مولی گاز  $2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$  باشد، جرم گاز چند گرم است؟  $(R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$



- ۲/۸ (۱)
- ۵/۶ (۲)
- ۱۱/۲ (۳)
- ۲۲/۴ (۴)

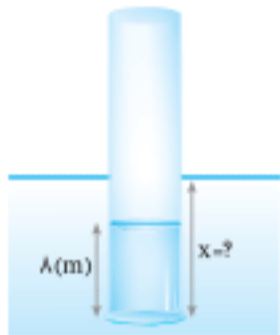
۳۲۵. لوله‌ای به طول  $L = 24\text{ m}$  که یک طرف آن بسته است، حاوی هوا در فشار  $1.0^5\text{Pa}$  می‌باشد. این لوله

را به طور قائم در یک دریاچه آب شیرین فرو می‌بریم تا وقتی که آب مانند شکل تا  $\frac{1}{3}$  طول لوله بالا

بیاید. لوله چند متر در آب فرو رفته است؟  $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$  و دما در تمام نقاط برابر و

(ریاضی ۸۹)

ثابت فرض می‌شود.



- ۵ (۲)
- ۸ (۱)
- ۲۰ (۴)
- ۱۳ (۳)

۳۲۶. لوله استوانه‌ای به طول  $40\text{ cm}$  را که هر دو طرف آن باز است، تا ارتفاع  $30\text{ cm}$  به طور قائم در جیوه فرو می‌بریم و سپس انگشت خود

را در بالای لوله قرار داده و لوله را از جیوه بیرون می‌آوریم. اگر فشار هوا در محل  $75\text{ cmHg}$  باشد و دما ثابت بماند، چند سانتی‌متر از

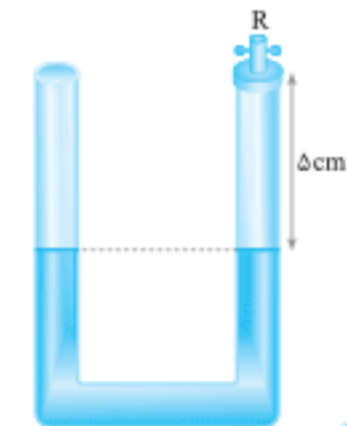
جیوه در لوله باقی می‌ماند؟

- ۲۵ (۴)
- ۲۰ (۳)
- ۱۵ (۲)
- ۱۰ (۱)

۳۲۷. در شکل روبه‌رو شیر R را بسته و دمای هوای محبوس در لوله را، از  $39^{\circ}\text{C}$ ، چند درجه افزایش

دهیم تا اختلاف ارتفاع ستون جیوه در دو لوله به  $2\text{ cm}$  برسد؟ (فشار هوای محل  $78\text{ cmHg}$  و

قطر دو لوله با یکدیگر مساوی است. از انبساط جیوه و ظرف صرف‌نظر کنید.) (ریاضی ۹۶)

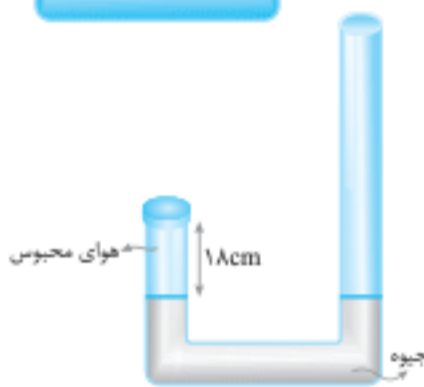


- ۷۲ (۱)
- ۱۰۰ (۲)
- ۲۱۱ (۳)
- ۳۸۴ (۴)

۳۲۸. در شکل مقابل جیوه در دو شاخه لوله در یک سطح قرار دارد و سطح مقطع لوله  $1\text{ cm}^2$  است. از

طرف باز لوله  $21\text{ cm}^3$  جیوه داخل لوله می‌ریزیم و ارتفاع هوا در طرف بسته لوله به  $15\text{ cm}$  می‌رسد.

فشار هوای محیط چند سانتی‌متر جیوه است؟ (دمای هوای محبوس در لوله ثابت است.) (ریاضی ۹۳)



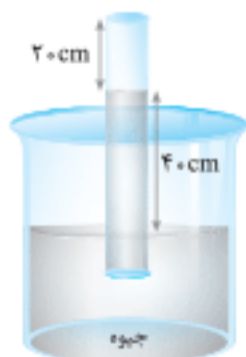
- ۷۳ (۱)
- ۷۴ (۲)
- ۷۵ (۳)
- ۷۶ (۴)

۳۲۹. در ظرفی مطابق شکل مقابل، مقداری هوا بالای ستون جیوه در لوله وجود دارد. لوله را به آرامی

چند سانتی‌متر پایین ببریم تا ارتفاع ستون هوا نصف شود؟ (فشار هوای محیط را  $76\text{ cmHg}$

بگیرید و دما ثابت است.) (تجربی ۹۰)

بگیرید و دما ثابت است.)



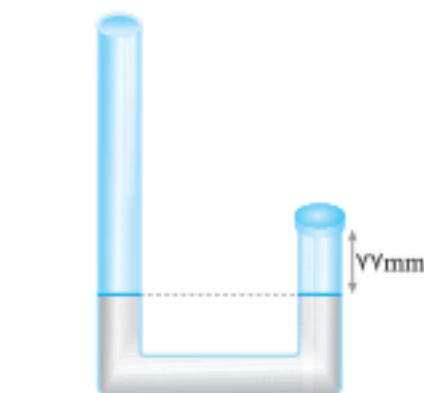
- ۱۰ (۱)
- ۳۰ (۲)
- ۳۶ (۳)
- ۴۶ (۴)

۳۳۰. در شکل مقابل، داخل لوله U شکلی به سطح مقطع  $1\text{ cm}^2$ ، مقداری جیوه در دو طرف لوله در یک

سطح قرار دارد. ارتفاع هوای موجود در طرف بسته لوله برابر  $77\text{ mm}$  است. چند سانتی‌متر مکعب

جیوه در لوله بریزیم تا ارتفاع هوای موجود در طرف بسته لوله به  $50\text{ mm}$  برسد؟

$(\rho_{\text{جیوه}} = 13500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, P = 1.0^5\text{ Pa})$  و دمای هوا ثابت است. (تجربی خارج ۹۵)



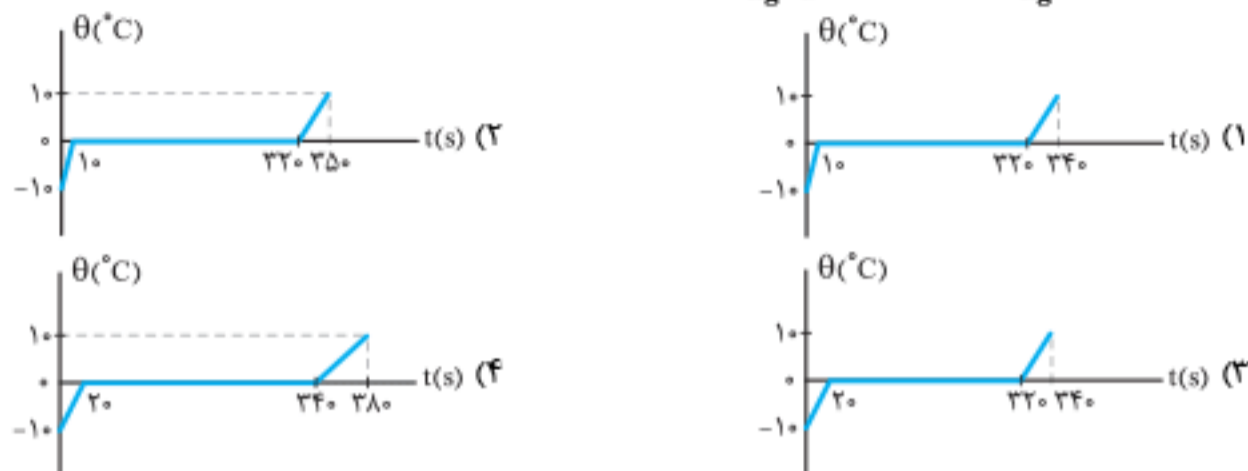
- ۴۰ (۲)
- ۲۰ (۱)
- ۴۵/۴ (۴)
- ۴۲/۷ (۳)



۳. ۲۰۰ g به  $-10^{\circ}\text{C}$  یخ با آهنگ ثابت  $210 \frac{\text{J}}{\text{s}}$  گرما می‌دهیم تا به آب  $10^{\circ}\text{C}$  تبدیل شود. کدام نمودار، تغییرات دما را بر حسب زمان درست

(ریاضی خارج ۹۸)

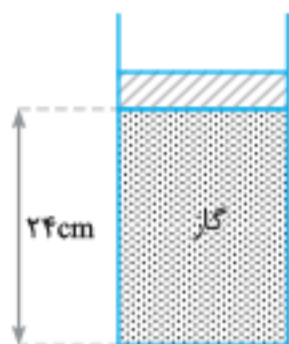
نشان می‌دهد؟ ( $L_F = 336000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$  و  $c_{\text{یخ}} = 2c_{\text{آب}}$ )



۴. ۳۴۱ در مکانی که فشار هوا  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  است، مطابق شکل مقداری گاز با دمای  $7^{\circ}\text{C}$  در استوانه‌ای به سطح

قاعده  $10 \text{ cm}^2$  زیر پیستونی به جرم  $3/6$  کیلوگرم که می‌تواند آزادانه و بدون اصطکاک حرکت کند، محبوس است. اگر وزنه‌ای به جرم  $2/4$  کیلوگرم روی پیستون اضافه کنیم، برای آن که پیستون جابه‌جا

نشود، دمای گاز را چند کلون باید بالا ببریم؟ ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ) (ریاضی خارج ۹۸)



- ۴۸ (۱)
- ۶۵ (۳)
- ۵۶ (۲)
- ۷۰ (۴)

۵. ۳۴۲ ۸۰۰ گرم یخ صفر درجه سلسیوس را با ۸۰۰ گرم آب  $20^{\circ}\text{C}$  مخلوط می‌کنیم. اگر گرما فقط بین آب و یخ مبادله شود، بعد از برقراری

تعادل گرمایی چند گرم آب و با چه دمایی بر حسب سلسیوس خواهیم داشت؟ ( $L_F = 336 \frac{\text{J}}{\text{g}}$ ،  $c_{\text{آب}} = 4/2 \frac{\text{J}}{\text{g.K}}$ ) (ریاضی ۹۷)

- ۱۰۰۰ و صفر (۱)
- ۱۲۰۰ و صفر (۲)
- ۱۶۰۰ و ۲ (۳)
- ۱۶۰۰ و ۴ (۴)

(تجربی ۹۷)

۶. ۳۴۳ تبدیل بخار به مایع، جامد به بخار و مایع به بخار را به ترتیب چه می‌نامند؟

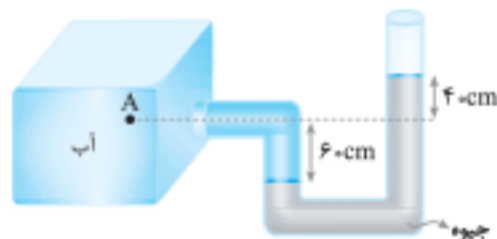
- (۱) تصعید، چگالش و تبخیر (۲) میعان، چگالش و تصعید (۳) تصعید، تبخیر و میعان (۴) میعان، تصعید و تبخیر

۷. ۳۴۴ حجم مقدار معینی گاز کامل در دمای  $7^{\circ}\text{C}$  برابر  $2 \text{ L}$  است. در فشار ثابت دمای گاز را چند کلون افزایش دهیم تا حجم گاز  $400 \text{ cm}^3$

(تجربی ۹۷)

افزایش یابد؟

- ۴۶ (۱)
- ۵۶ (۲)
- ۳۱۹ (۳)
- ۳۲۹ (۴)



۸. ۳۴۵ در شکل مقابل، اختلاف فشار نقطه A و فشار هوا چند کیلوپاسکال است؟

(تجربی خارج ۹۷) ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ،  $\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ،  $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ )

- ۱۳/۶ (۱)
- ۱۳۰ (۳)
- ۱۳۶ (۲)
- ۶۰ (۴)

۹. ۳۴۶ مقداری آب را که در فشار یک اتمسفر قرار دارد، به تدریج سرد می‌کنیم و هم‌زمان فشار محیط را افزایش می‌دهیم. در این صورت،

(تجربی خارج ۹۷)

آب در دمای ..... درجه سلسیوس منجمد می‌شود.

- صفر (۱)
- ۴ (۲)
- پایین‌تر از صفر (۳)
- بین ۴ درجه و صفر (۴)

۱۰. ۳۴۷ قطعه‌ای مس به جرم ۲۸۲ گرم و دمای  $\theta^{\circ}\text{C}$  را داخل ۱۰۰ گرم آب  $100^{\circ}\text{C}$  می‌اندازیم. اگر ۵ گرم آب بخار شود،  $\theta$  چند درجه

(تجربی خارج ۹۷)

سلسیوس است؟ ( $L_V = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  و  $c_{\text{مس}} = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg.C}}$ )

- ۱۵۰ (۱)
- ۲۰۰ (۲)
- ۳۰۰ (۳)
- ۴۰۰ (۴)

### هایپر تست



۳۴۸. هنگامی که دمای جسمی در مقیاس سلسیوس ۳ برابر می‌شود، دمای آن در مقیاس فارنهایت ۷۲ درصد افزایش می‌یابد. دمای این

جسم چند کلون بوده است؟

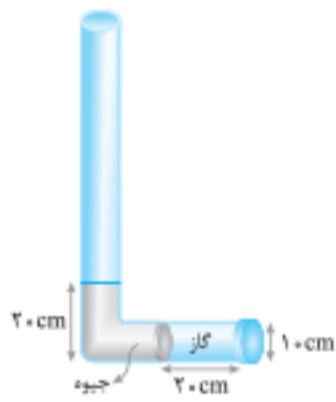
- ۲۸۳ (۱)
- ۳۲۳ (۲)
- ۲۹۳ (۳)
- ۳۰۰ (۴)

۳۴۹. دمای جسمی  $127^{\circ}\text{C}$  است. دمای این جسم را چند درجه فارنهایت افزایش دهیم تا دمای آن بر حسب کلون ۲۵ درصد افزایش یابد؟

(کانون فرهنگی آموزش)

- ۱۰۰ (۱)
- ۵۴۰ (۲)
- ۲۱۲ (۳)
- ۱۸۰ (۴)





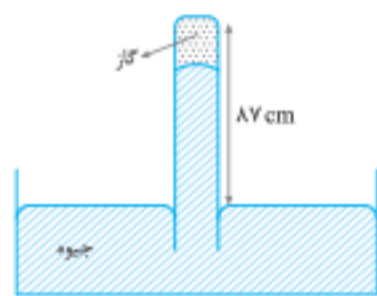
۳۵۹. در شکل مقابل مقداری گاز کامل درون لوله محبوس شده است. سطح مقطع لوله  $75 \text{ cm}^2$  در تمام طول آن یکسان و پیستون بدون اصطکاک است. فشار هوای محیط برابر  $75 \text{ cmHg}$  است. چند سانتی‌متر مکعب جیوه در لوله باید اضافه کنیم تا حجم گاز محبوس ۲۵ درصد کاهش یابد و دمای آن ۲۵ درصد افزایش یابد؟

- (۱) ۴۵۰۰
- (۲) ۲۰۰۰
- (۳) ۶۰۰۰
- (۴) ۴۸۷۵



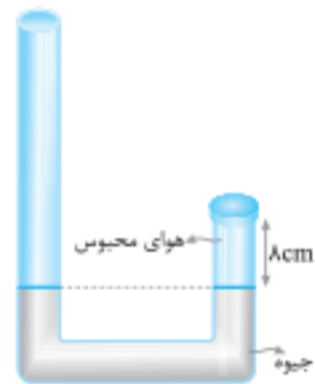
۳۶۰. مطابق شکل ستونی از جیوه به طول  $5 \text{ cm}$  مقداری هوا را در لوله حبس کرده است. اگر لوله را برگردانیم، ستون جیوه چند سانتی‌متر در لوله جابه‌جا می‌شود؟ (فشار هوای محیط  $75 \text{ cmHg}$  و دما ثابت است.)

- (۱) ۸۰
- (۲) ۱۰
- (۳) ۱۵
- (۴) ۲۰



۳۶۱. در شکل مقابل، پیوسته  $87 \text{ cm}$  از لوله خارج از جیوه نگه‌داشته شده است. در شرایطی که فشار هوا  $75 \text{ cmHg}$  و دمای گاز  $27^\circ \text{C}$  است، ارتفاع ستون جیوه در لوله  $72 \text{ cm}$  است. بر اثر افزایش فشار هوا ستون جیوه بالا می‌رود. دمای گاز را به  $47^\circ \text{C}$  می‌رسانیم تا دوباره ستون جیوه به همان  $72 \text{ cm}$  برسد. فشار هوا چگونه تغییر کرده است؟ (ریاضی ۹۷)

- (۱) ۲ میلی‌متر جیوه کاهش یافته است.
- (۲) ۲ میلی‌متر جیوه افزایش یافته است.
- (۳)  $0/2$  میلی‌متر جیوه کاهش یافته است.
- (۴)  $0/2$  میلی‌متر جیوه افزایش یافته است.



۳۶۲. مطابق شکل دمای هوای محبوس بالای جیوه  $31^\circ \text{C}$  است. دمای هوای محبوس را چند درجه سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف دو سطح جیوه  $4 \text{ cm}$  شود؟ (فشار هوای خارج لوله  $76 \text{ cmHg}$  است و قطر لوله‌ها در دو طرف یکسان است.)

- (۱) ۲
- (۲) ۹۶
- (۳) ۱۵۲
- (۴) ۱۷۶

۳۶۳. در محفظه‌ای به حجم  $22/6$  لیتر مخلوطی از دو گاز اکسیژن و هلیوم وجود دارد. فشار گاز  $2 \times 10^5$  پاسکال و دمای آن  $7$  درجه سلسیوس است.

اگر جرم گاز  $54$  گرم باشد، چند درصد مولکول‌های آن اکسیژن است؟  $(M_{\text{He}} = 4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, M_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}})$  (ریاضی ۹۷)

- (۱) ۵۰
- (۲) ۶۰
- (۳) ۴۰
- (۴) ۲۰

مدت زمان پیشنهادی: ۳۰ دقیقه

## آزمون پایانی فصل



۱. کدام گزینه درباره فرایند ذوب نادرست است؟

- (۱) افزایش فشار وارد بر جسم در بیشتر موارد، سبب پایین رفتن نقطه ذوب می‌شود.
- (۲) افزایش فشار بر یخ، سبب کاهش اندک نقطه ذوب آن می‌شود.
- (۳) فرایند ذوب، عملی گرماگیر است.
- (۴) گرمایی که جسم در نقطه ذوب خود می‌گیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمی‌شود.

۲. وقتی جسمی گرما می‌گیرد، کدام کمیت در جسم قطعاً تغییر می‌کند؟

- (۱) دما
- (۲) ظرفیت گرمایی
- (۳) انرژی جنبشی مولکول‌ها
- (۴) انرژی درونی

۳. در یک دمانگاشت، ناحیه‌های گرم‌تر با رنگ ..... و ناحیه‌های سردتر با رنگ ..... مشخص شده است. (برگرفته از کتاب درسی)

- (۱) قرمز - سیاه
- (۲) سفید - سیاه
- (۳) آبی - قرمز
- (۴) قرمز - آبی

۴. اگر سطح خارجی جسم، صیقلی با رنگ روشن و درخشان باشد، تابش گرمایی آن ..... و اگر سطح خارجی جسم، ناصاف با رنگ تیره و مات باشد، تابش گرمایی آن ..... است. (برگرفته از کتاب درسی)

- (۱) کمتر - بیشتر
- (۲) بیشتر - بیشتر
- (۳) کمتر - بیشتر
- (۴) بیشتر - کمتر

۵. دمای  $122$  درجه فارنهایت معادل با چند درجه سلسیوس و چند کلون است؟ (ریاضی ۹۸)

- (۱)  $50$  و  $322$
- (۲)  $50$  و  $323$
- (۳)  $59$  و  $322$
- (۴)  $59$  و  $323$

# سوالات کنکور ۱۴۰۰

## فصل ۱



۱. ابزار روبه‌رو یک وسیله اندازه‌گیری طول است. این وسیله چه نام دارد و دقت اندازه‌گیری آن کدام است؟

- ۱) ریزسنج و  $0.001\text{mm}$
- ۲) کولیس و  $0.001\text{mm}$
- ۳) ریزسنج و  $0.003\text{mm}$
- ۴) کولیس و  $0.003\text{mm}$

۲. یکای فرعی فشار کدام است؟

- ۱) Pa
- ۲)  $\frac{\text{kg}}{\text{ms}^2}$
- ۳)  $\frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2}$
- ۴)  $\frac{\text{N}}{\text{ms}}$

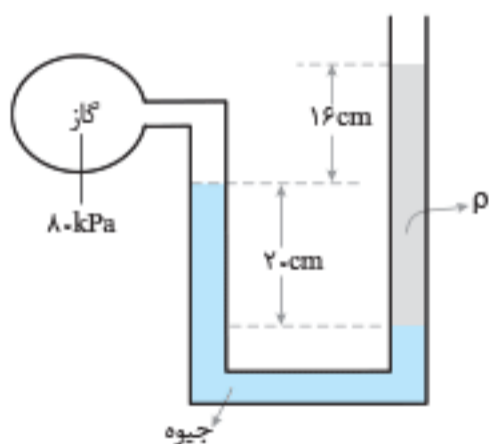
## فصل ۲

۳. در مکانی که فشار هوا  $1.026 \times 10^5 \text{Pa}$  است، اگر از عمق ۱۰ سانتی‌متری متری مایعی، به عمق ۵۳ سانتی‌متری برویم، فشار  $1/5$  برابر می‌شود. چگالی مایع چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

- ۱)  $2/5$
- ۲)  $2/6$
- ۳)  $13/5$
- ۴)  $13/8$

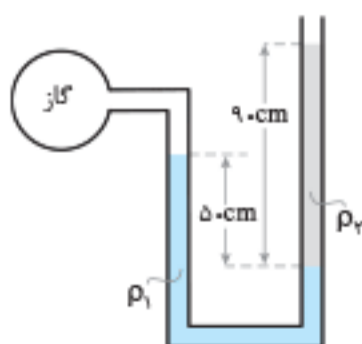
۴. درون لوله U شکلی که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است، جیوه به چگالی  $13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  و مایعی به چگالی  $\rho$  وجود دارد. اگر فشار هوای بیرون لوله  $10^5 \text{Pa}$  باشد،  $\rho$  چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

- ۱) ۱۰۰۰
- ۲) ۱۵۰۰
- ۳) ۲۰۰۰
- ۴) ۲۵۰۰



۵. در شکل روبه‌رو، دو مایع به حالت تعادل قرار دارند. اگر چگالی آن‌ها  $\rho_1 = 1/2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  و  $\rho_2 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  باشد، فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟ ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ )

- ۱) ۳۰۰۰
- ۲) ۳۶۰۰
- ۳) ۵۰۰۰
- ۴) ۵۸۰۰



۶. اگر در عمق ۵ سانتی‌متری متری مایعی فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال و در عمق ۲۰ سانتی‌متری آن فشار ۱۰۶ کیلوپاسکال باشد، فشار هوا در محیط چند کیلوپاسکال است؟ ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

- ۱) ۹۶
- ۲) ۹۷
- ۳) ۹۸
- ۴) ۹۹

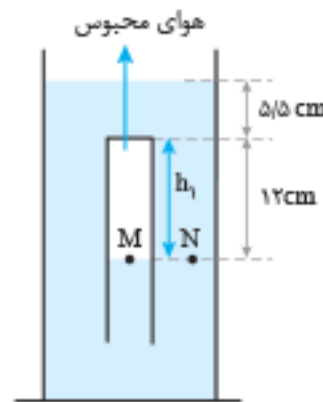
گزینه ۱

گام اول: ابتدا در حالت اول باید فشار هوای محبوس را محاسبه کنیم:

$$h = 12 + 5 / 5 = 17 / 5 \text{ cm}$$

$$P_M = P_N$$

$$P_1 = \rho gh + P_2 = 17 / 5 + 75 = 92 / 5 \text{ cmHg}$$



گام دوم: در حالت دوم فشار هوای محبوس را به دست می آوریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_2 = P_1 = 75 \text{ cmHg}$$

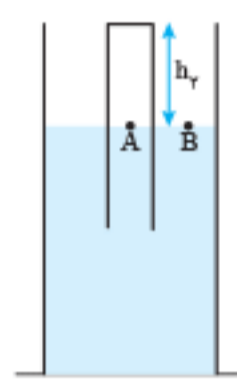
گام سوم: با توجه به قانون عمومی گازها می توانیم مقدار  $h_2$  را به دست آوریم:

$$(P_1 = 92 / 5 \text{ cmHg}, V_1 = h_1 A = 12 A)$$

$$(P_2 = 75 \text{ cmHg}, V_2 = h_2 A)$$

$$T = \text{ثابت} \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 92 / 5 \times 12 A = 75 \times h_2 A$$

$$\Rightarrow h_2 = 14 / 5 \text{ cm}$$



فصل ۳



گزینه ۱۱

گام اول:

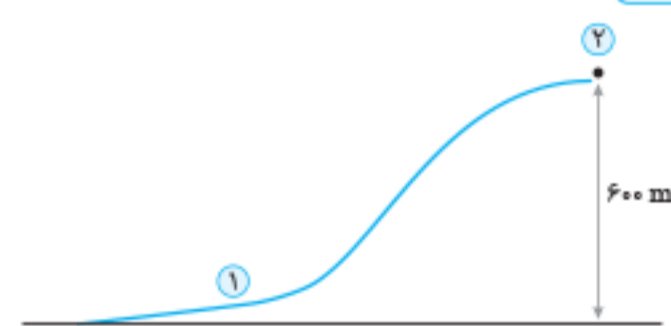
$$E_i = 200 \text{ J انرژی ورودی}$$

$$E_o = K + U = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 8^2 = 1600 \text{ J انرژی خروجی}$$

$$\text{بازده} = \frac{E_o}{E_i} \times 100 = \frac{1600}{2000} \times 100 = 80\%$$

گام دوم:

گزینه ۱۲



$$W_{mg} = -mgh = -6 \times 10^4 \times 10 \times 600 \Rightarrow W_{mg} = -3 / 6 \times 10^8 \text{ J}$$

$$E_2 - E_1 = (K_2 + U_2) - (K_1 + U_1)$$

$$\Rightarrow \Delta E = (K_2 - K_1) + \Delta U = \frac{1}{2} m ((2V)^2 - V^2) - W_{mg}$$

$$= \frac{3}{2} m V^2 - W_{mg} = \frac{3}{2} \times 6 \times 10^4 \times (80)^2 - (-3 / 6 \times 10^8)$$

$$= 5 / 76 \times 10^8 + 3 / 6 \times 10^8 = 9 / 36 \times 10^8 \text{ J}$$

بنابراین پاسخ درست، گزینه ۴، است.

گزینه ۱۳

بررسی همه عبارتها

$$W_t = K_2 - K_1$$

مهرماه الف) درست: طبق قضیه کار - انرژی جنبشی داریم:

اگر در یک مسیر تندی ثابت باشد پس  $K_2 = K_1$  و در نتیجه  $W_t = 0$

ب) نادرست: اگر جسمی را با تندی ثابت از نقطه ۱ تا ۲ جابه جا کنیم انرژی مکانیکی آن ثابت نیست.

$$\begin{cases} E_1 = U_1 + K \\ E_2 = U_2 + K \end{cases} \xrightarrow{U_2 > U_1} E_2 > E_1$$

ب) نادرست: اگر در مسیر دایره ای تندی ثابت بماند، سرعت متغیر است چون جهت بردار سرعت مرتباً تغییر می کند و حرکت شتابدار می شود. و نیروی خالص دارد بر جسم صفر نیست.

گزینه ۱۴

گام اول: محاسبه انرژی جنبشی در لحظه برخورد:

$$v = 8 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 8 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times 2 / 1 \times 10^4 \times 64 \times 10^6 = (32 \times 2 / 1 \times 10^{10}) \text{ J}$$

$$\frac{m}{1 \text{ Ton}} = \frac{32 \times 2 / 1 \times 10^{10}}{4 / 2 \times 10^9} \Rightarrow m = 160 \text{ Ton}$$

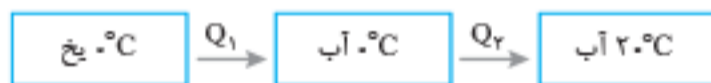
گام دوم:

فصل ۴



گزینه ۱۵

گام اول:



گرمایی که صرف ذوب شدن یخ ( $Q_1$ ) و بالارفتن دمای آب تا  $20^\circ\text{C}$  ( $Q_2$ ) می شود را محاسبه می کنیم:

$$Q_1 = mL_F = m \times 336000 = 80 \times 4200 \times m$$

$$Q_2 = mc\Delta\theta = m \times 4200 \times 20 = 20 \times 4200 \times m$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = (80 + 20) \times 4200 \times m$$

$$\Rightarrow Q_T = 100 \times 4200 \times m$$

$$\frac{Q_1}{Q_T} \times 100 = \frac{80 \times 4200 \times m}{100 \times 4200 \times m} \times 100 = 80\%$$

گزینه ۱۶

$$F = 1 / 8 \theta + 22 \Rightarrow 50 = 1 / 8 \theta + 22 \Rightarrow \theta = 10^\circ\text{C}$$

گام اول:

گام دوم:



$$Q_T = Q_1 + Q_F = mc\Delta\theta + mL_F$$

$$\Rightarrow Q_T = \frac{2}{100} \times 4200 \times 10 + \frac{2}{100} \times 336000 = 756 \text{ J}$$

گزینه ۱۷

$$T = 273 + \theta = 273 + 27 \Rightarrow T = 300 \text{ K}$$

$$V = \lambda L = 8 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$PV = nRT \Rightarrow P \times 8 \times 10^{-2} = 1 \times 8 \times 300 \Rightarrow P = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

گزینه ۱۸

A: میله آلومینیومی B: میله فولادی

$$L_{1A} = L_{1B} = 4 \text{ m}$$

فرض سؤال

