۹ ۵۱. **واحد فرعی فشار کدام است؟**

۱) $\frac{kg}{m \cdot s}$ ۲) $\frac{kgm}{s}$ ۳) $\frac{kgm}{s^2}$ ۴) $\frac{kg}{m \cdot s^2}$

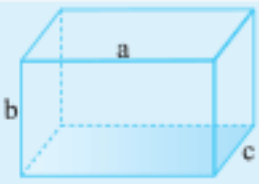
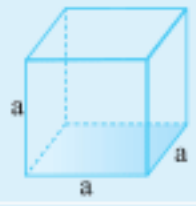
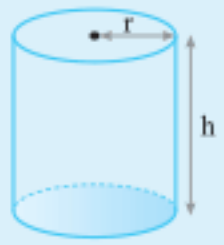
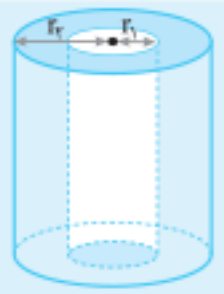
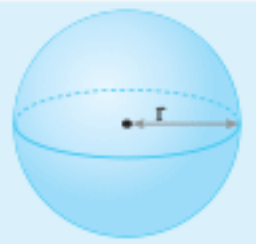
۱۰ ۵۲. **۱۵۲/۴cm چند فوت است؟** $(1ft = 12in \ , \ 1in = 2/54cm)$ (کانون فرهنگی آموزش)

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۴/۵

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 $A = \pi r^2$	$V = Ah$ و یا $V = \pi r^2 h$
استوانهٔ توخالی r_1: شعاع داخلی r_2: شعاع خارجی		$A = \pi(r_2^2 - r_1^2)$	$V = Ah$ $V = \pi(r_2^2 - r_1^2)h$
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.

$$m^3 \underset{\times 10^{-6}}{\overset{\times 10^{6}}{\rightleftharpoons}} cm^3 \underset{\times 10^{-3}}{\overset{\times 10^{3}}{\rightleftharpoons}} mm^3 \qquad m^2 \underset{\times 10^{-4}}{\overset{\times 10^{4}}{\rightleftharpoons}} cm^2 \underset{\times 10^{-2}}{\overset{\times 10^{2}}{\rightleftharpoons}} mm^2 \qquad m \underset{\times 10^{-2}}{\overset{\times 10^{2}}{\rightleftharpoons}} cm \underset{\times 10^{-1}}{\overset{\times 10}{\rightleftharpoons}} mm$$

نکته

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

$$m^3 \underset{\times 10^{-3}}{\overset{\times 10^{3}}{\rightleftharpoons}} L \underset{\times 10^{-3}}{\overset{\times 10^{3}}{\rightleftharpoons}} cm^3$$

۸۰. چگالی مخلوط دو مایع A و B با حجم‌های اولیهٔ V_A و V_B برابر $۰/۷۵\frac{g}{cm^۳}$ است. اگر چگالی مایع A برابر $۶۰۰\frac{g}{L}$ و چگالی مایع B برابر $۸۰۰\frac{g}{L}$ باشد، V_A چند برابر V_B است؟ (ریاضی خارج ۹۲)

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

۸۱. مخلوطی از دو مایع با چگالی‌های $\rho_۱$ و $\rho_۲$ درست شده است. اگر $\frac{۱}{۳}$ حجم آن از مایعی با چگالی $\rho_۱$ بوده و $\frac{۲}{۳}$ باقی مانده از مایعی با چگالی $\rho_۲$ باشد، چگالی مخلوط برابر با کدام است؟ (ریاضی ۹۱)

۱) $\frac{\rho_۱+۲\rho_۲}{۳}$ ۲) $\frac{\rho_۲+۲\rho_۱}{۳}$ ۳) $\frac{۳\rho_۱\rho_۲}{\rho_۲+۲\rho_۱}$ ۴) $\frac{۳\rho_۱\rho_۲}{\rho_۱+۲\rho_۲}$

۸۲. ۶۰۰g از مادهٔ A را با $۴۰cm^۳$ از مادهٔ B مخلوط می‌کنیم. اگر چگالی این مخلوط $۱۵\frac{g}{cm^۳}$ باشد، طی عمل مخلوط کردن، چندسانتی‌متر مکعب کاهش حجم رخ می‌دهد؟ $(\rho_B = ۷/۵\frac{g}{cm^۳}$ و $\rho_A = ۲۰\frac{g}{cm^۳})$

۱) صفر ۲) ۵ ۳) ۷/۵ ۴) ۱۰

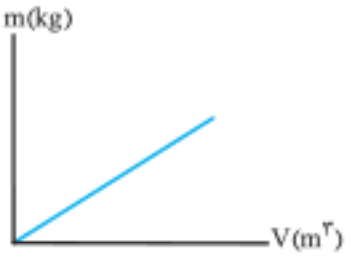
آزمون مبحثی ۲

زمان پیشنهادی: ۱۳ دقیقه

۱ ۸۳. حجم ۹۶kg از مایعی به چگالی $۲۴۰۰\frac{kg}{m^۳}$ چند لیتر است؟

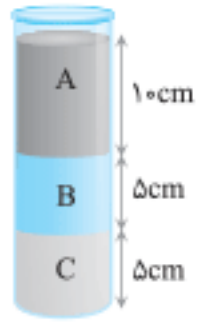
۱) ۴۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۴۰۰۰ ۴) ۴۰۰۰۰

۲ ۸۴. نمودار جرم برحسب حجم یک ماده مطابق شکل روبه‌رو است. اگر شیب خط این نمودار برابر ۸۰۰ باشد، ۱۰۰g از این ماده چه حجمی برحسب میلی‌لیتر دارد؟



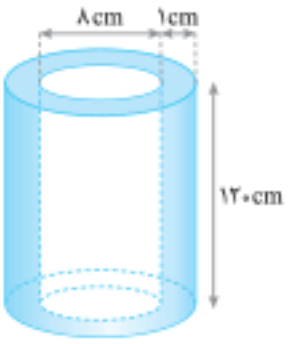
۱) ۱۲/۵
۲) ۸
۳) ۱۲۵
۴) ۸۰

۳ ۸۵. سه مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های $۱۳۶۰\frac{kg}{m^۳}$، $۸۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ داخل استوانه‌ای به مساحت کف $۰/۲m^۲$ ریخته شده‌اند. جرم موجود از مادهٔ A چند کیلوگرم است؟ (کانون فرهنگی آموزش)



۱) ۲/۴
۲) ۴۰/۸
۳) ۳
۴) ۳۰/۸

۴ ۸۶. در شکل روبه‌رو یک لوله (استوانهٔ توخالی) به ضخامت ۱cm و چگالی $۷۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ نشان داده شده است. جرم این لوله چند کیلوگرم است؟ $(\pi \simeq ۳)$



۱) ۲/۵۲
۲) ۲۵/۲
۳) ۲/۲۶۸
۴) ۲۲/۶۸

۵ ۸۷. طول هر ضلع مکعب A، ۲ برابر طول هر ضلع مکعب B و چگالی آن ۰/۸ برابر چگالی مکعب B است. جرم مکعب A چندبرابر جرم مکعب B است؟ (کانون فرهنگی آموزش)

۱) ۱ ۲) ۱/۶ ۳) ۶/۴ ۴) ۸

۶ ۸۸. مخلوطی از دو مادهٔ A و B به چگالی‌های $۲\frac{g}{cm^۳}$ و $\frac{۱}{۳}\frac{g}{cm^۳}$ درست می‌کنیم. اگر جرم مادهٔ A، چهار برابر جرم مادهٔ B باشد، چگالی مخلوط چند درصد چگالی مادهٔ A است؟

۱) ۴۰ ۲) ۵۰ ۳) ۶۰ ۴) ۷۰

۷ ۸۹. در ظرفی حاوی آب و یخ، قطعه یخی شناور است. با ذوب بخشی از یخ، مجموع حجم آب و یخ موجود در ظرف، $۴۰cm^۳$ کاهش می‌یابد. جرم یخ ذوب‌شده چند گرم است؟ $(\rho_{یخ} = ۰/۹\frac{g}{cm^۳}$ ، $\rho_{آب} = ۱\frac{g}{cm^۳})$ (کانون فرهنگی آموزش)

۱) ۰/۳۶ ۲) ۳۶۰ ۳) ۰/۲۸ ۴) ۲۸۰

آزمون مبحثی ۱

زمان پیشنهادی: ۱۳ دقیقه

۱ **۸۳. کشش سطحی مایع به دلیل ..... است.**

۱) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های مایع و از نوع الکتریکی،

۲) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های مایع و از نوع گرانشی،

۳) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های سطح مایع و از نوع الکتریکی،

۴) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های سطح مایع و از نوع گرانشی،

۲ **۸۴. مولکول‌های مایع به صورت ..... کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و فاصله آن‌ها در حدود ..... است.**

۱) نامنظم ـ 10^{-1} نانومتر ۲) نامنظم ـ یک نانومتر ۳) منظم ـ 10^{-1} نانومتر ۴) منظم ـ یک نانومتر

۳ **۸۵. چند لولهٔ شیشه‌ای تمیز خیلی باریک با قطرهای داخلی متفاوت را به طور عمود وارد ظرف آب می‌کنیم. سطح آب درون لوله‌ها چگونه است؟**

۱) در سطوح مختلف و همه بالاتر از سطح آب ظرف ۲) در سطوح مختلف و همه پایین‌تر از سطح آب ظرف

۳) در یک سطح و بالاتر از سطح آب ظرف ۴) در تمام لوله‌ها هم‌سطح با آب ظرف

۴ **۸۶. کدام شکل آب را در لولهٔ مویین درست نشان می‌دهد؟** (تجربی ۸۳)

۱)

۲)

۳)

۴)

۵ **۸۷. جرم جسمی $4\,kg$ و روی سطح افقی است. اگر مساحت قاعدهٔ (تکیه‌گاه) جسم $10\,cm^2$ باشد فشار جسم بر سطح چند کیلوپاسکال است؟** $\left(g = 10\frac{m}{s^2}\right)$

۱) 4×10^{-3} ۲) ۴ ۳) ۴۰ ۴) 4×10^{4}

۶ **۸۸. ظرفی تا ارتفاع $50\,cm$ از مایعی که جرم هر سانتی‌مترمکعب آن $\frac{120}{98}\,g$ است، پر شده است. فشار وارد از طرف مایع بر ته ظرف چند پاسکال است؟** $\left(g = 9/8\frac{m}{s^2}\right)$

۱) ۶ ۲) $\frac{6}{9/8}\times10^{2}$ ۳) 6×10^{3} ۴) 6×10^{2}

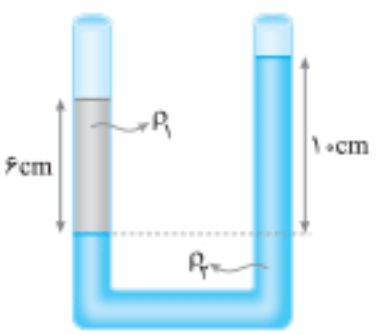
۷ **۸۹. اگر عمق آب استخری ۴ متر باشد، اختلاف فشار بین کف استخر و سطح آب چند پاسکال است؟** $\left(g = 10\frac{m}{s^2},\ \rho_{آب} = 10^{3}\frac{kg}{m^3}\right)$ (ریاضی ۸۲)

۱) 4×10^{4} ۲) 4×10^{5} ۳) $1/4\times10^{4}$ ۴) $1/4\times10^{5}$

۸ **۹۰. عمق یک مایع در مخزنی ۵ متر و فشار هوا برابر ۷۵ سانتی‌متر جیوه است. فشار کلی که بر کف مخزن وارد می‌شود، چند سانتی‌متر جیوه است؟ (چگالی مایع و جیوه به ترتیب ۳/۴ و ۱۳/۶ گرم‌برسانتی‌مترمکعب است.)**

۱) ۱۲۵ ۲) ۱۷۵ ۳) ۲۰۰ ۴) ۲۲۵

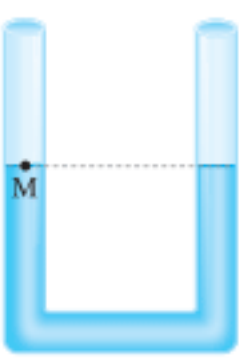
۹ **۹۱. در شکل مقابل دو مایع مخلوط‌نشدنی در لولهٔ U شکل در حال تعادل هستند. اگر $\rho_2 = 1000\frac{kg}{m^3}$ باشد، ρ_1 چند کیلوگرم‌برمترمکعب است؟** $\left(g = 10\frac{m}{s^2}\right)$ (ریاضی خارج ۸۵)



۱) ۶۰۰ ۲) ۵۰۰۰

۳) $\frac{5000}{3}$ ۴) $\frac{10000}{3}$

۱۰ **۹۲. در شکل روبه‌رو در لولهٔ U شکل آب ریخته شده و نقطهٔ M روی لوله نشانه‌گذاری شده است. اگر در قسمت سمت راست لوله، روی آب به ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت بریزیم، در لولهٔ مقابل سطح آب چند سانتی‌متر از نقطهٔ M بالاتر می‌رود؟ (چگالی نفت و آب به ترتیب ۰/۸ و ۱ گرم‌برسانتی‌مترمکعب است.)** (ریاضی ۹۱)

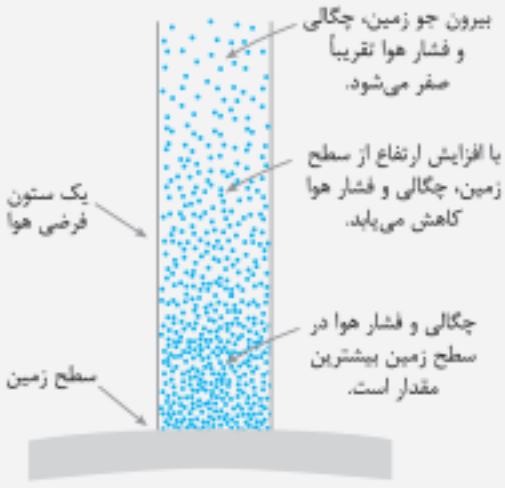


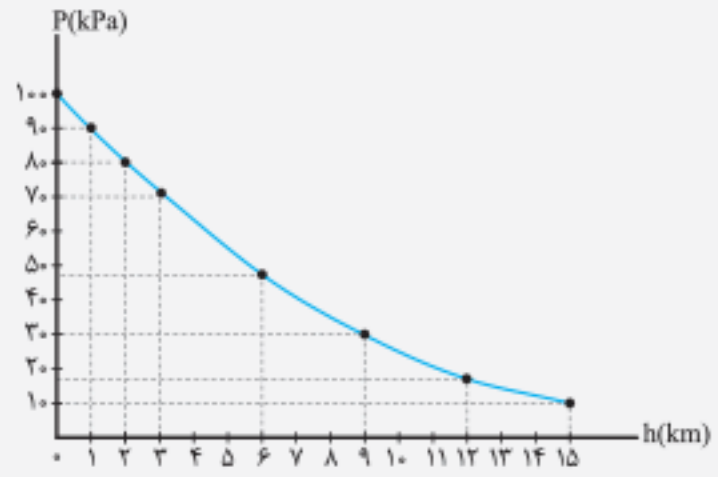
۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۲/۵ ۴) ۴

فشار هوا ـ جوسنج (بارومتر)

ما ساکنین کرهٔ زمین در کف اقیانوسی از هوا زندگی می‌کنیم. از این رو هوا بر ما و اجسام اطراف ما فشار وارد می‌کند. نیروی گرانشی زمین بر هوای اطراف زمین نیز وارد می‌شود. سنگینی هوا سبب می‌شود که لایه‌های زیرین آن (نزدیک به سطح زمین) فشرده‌تر و چگالی هوا بیش‌تر شود. از این رو چگالی هوا ثابت نیست و با **افزایش ارتفاع** از سطح زمین، **فشار هوا کم** شده و **چگالی هوا** نیز **کاهش** می‌یابد.





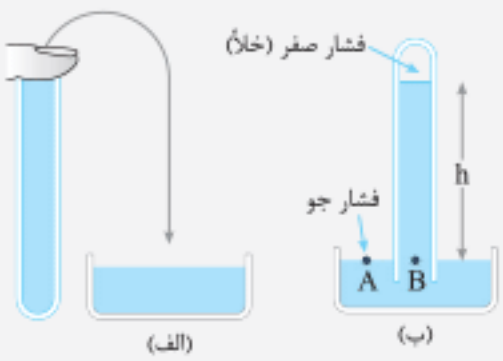
نمودار فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح دریای آزاد به‌صورت منحنی است.

جوسنج (بارومتر)

◄ برای اندازه‌گیری فشار جو (هوا) به کار می‌رود.

مطابق شکل، اگر لوله‌ای شیشه‌ای به طول حداقل $80cm$ را به‌طور کامل پُر از جیوه کنیم و آن را به‌صورت وارونه در مخزن جیوه قرار دهیم، جیوهٔ درون لوله کمی پایین می‌رود و در ارتفاع ثابتی (h) می‌ایستد. در این حالت فضای بالای جیوه محتوی بخار جیوه با فشار ناچیز است و برای دو نقطهٔ A و B می‌توان نوشت:

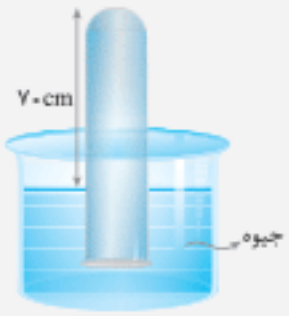
$$P_A = P_B \xrightarrow{P_A = P_0} P_0 = \rho gh$$



نکته

فشار هوا متناسب با ارتفاع جیوهٔ درون جوسنج است. یعنی هرچه ارتفاع مایع (h) در شکل (ب) کمتر شود، P_0 هم کمتر می‌شود.

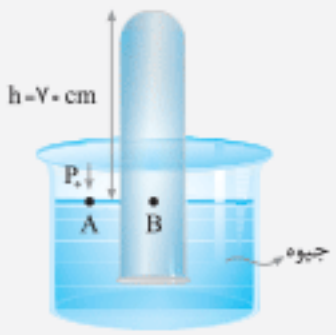
یادآوری: در سطح دریای آزاد ارتفاع جیوهٔ جوسنج حدود $760mm$ یا $76cm$ است.



مثال: **شکل مقابل یک جوسنج جیوه‌ای را نشان می‌دهد. اگر فشار هوا ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار جیوه بر ته لوله چند پاسکال است؟** $(\rho_{\text{جیوه}} = 13/5 \frac{g}{cm^3}$ و $g = 10 \frac{N}{kg})$

۱) ۱۴۵ ۲) ۵

۳) ۶۷۵۰ ۴) ۱۹۵۷۵۰



تذکر: فشار جهت ندارد چون کمیت برداری نیست و منظور از جهت فشار جهت نیرویی است که فشار، آن نیرو را ایجاد کرده از این‌رو فشاری که از طرف ته لوله بر جیوه به‌طرف پایین وارد می‌شود (P) را نیز باید در نظر گرفت. یعنی می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \xrightarrow{P_A = P_0} P_0 = \rho gh + P_{(\text{ته لوله})}$$

عدد P_0 برحسب $cmHg$ داده شده که آن را در ۱۳۵۰ ضرب می‌کنیم که به پاسکال تبدیل شود.

$$75 \times 1350 = 13500 \times 10 \times 0/7 + P_{(\text{ته لوله})} \Rightarrow P_{(\text{ته لوله})} = 6750Pa$$

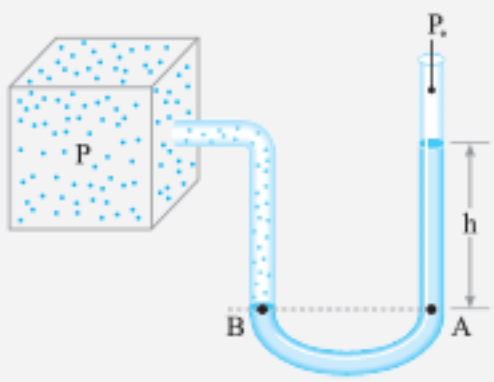
فشارسنج (مانومتر)

برای اندازه‌گیری فشار شارهٔ محبوس (محصور) به کار می‌رود. این شاره می‌تواند گاز یا مایع باشد.

در شکل مقابل براساس هم‌ترازی دو نقطهٔ A و B و یکسان بودن فشار دو نقطه می‌توان نوشت:

$$P_B = P_A \xrightarrow[P_A = \rho gh + P_0]{P_B = P_{\text{فشار شارهٔ محبوس}}} P = \rho gh + P_0 \Rightarrow P - P_0 = \rho gh$$

در این رابطه P **فشار مطلق** شارهٔ محبوس در ظرف و $P_g = P - P_0 = \rho gh$ را **فشار پیمانه‌ای** شارهٔ محبوس در ظرف می‌نامند.



فشار پیمانه‌ای گاز می‌تواند مثبت یا منفی باشد برای هر حالت می‌توان یکی از این دو رابطه را نوشت.

$P_g = P - P_0 = \rho gh$

$P_g > 0 \Rightarrow P > P_0$ فشار مطلق گاز بیشتر از فشار جو است.

$P_g < 0 \Rightarrow P < P_0$ فشار مطلق گاز کم‌تر از فشار جو است.

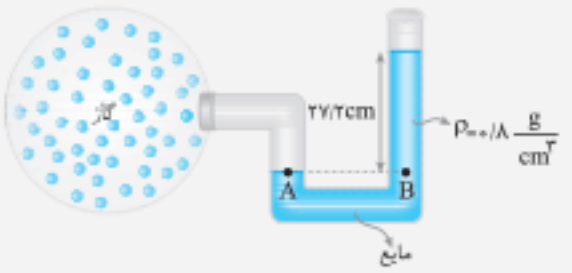
نکته

فشارسنج پزشکی و فشارسنج‌های صنعتی مانند فشارسنج بوردون، فشار **پیمانه‌ای** را نشان می‌دهند.

مثال: در شکل مقابل فشار هوا برابر یک بار و مایع ساکن است.

الف) فشار مطلق گاز چند پاسکال است؟ ($P_0 = 10^5 Pa$)

ب) فشار پیمانه‌ای گاز چند cmHg است؟ ($\rho_{جیوه} = 13/6 \frac{g}{cm^3}$)



پاسخ: توجه داریم که سطح A از مایع با گاز در تماس است. پس فشار در بالای سطح A برابر با فشار مطلق گاز محبوس در ظرف است.

الف) با استفاده از هم‌ترازی دو نقطهٔ A و B که در یک مایع ساکن هستند، می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{گاز} = \rho gh + P_0 \xrightarrow{P_0 = 10^5 Pa} P_{گاز} = 0/8 \times 10^3 \times 10 \times 27/2 \times 10^{-2} + 10^5 \Rightarrow P_{گاز} = 102176 Pa$$

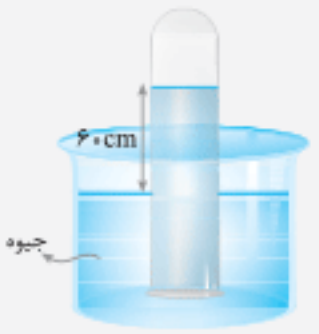
ب) فشار پیمانه‌ای گاز برابر با $P_g = \rho gh$ است.

$$P_g = \rho gh = \underbrace{0/8 \times 10^3}_{\frac{kg}{m^3}} \times \underbrace{10}_{\frac{N}{kg}} \times \underbrace{27/2 \times 10^{-2}}_{m} = 2176 Pa \div 1360 = 1/6 cmHg$$

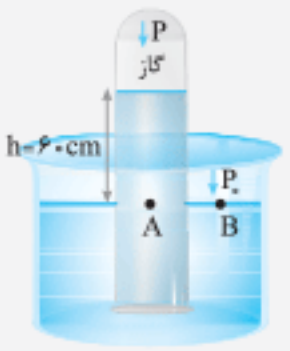
مثال: در شکل مقابل، مقداری هوا درون لوله و فضای بالای جیوه محبوس شده است. فشار پیمانه‌ای هوای محبوس‌شده چند پاسکال است؟ (چگالی جیوه $13/5 \frac{g}{cm^3}$ و $g = 10 \frac{N}{kg}$)

۱) ۲۱۶۰۰۰ ۲) -216000

۳) ۸۱۰۰۰ ۴) -81000



پاسخ: گزینهٔ «۴» می‌دانید که برای محاسبهٔ فشار پیمانه‌ای گاز یا هوای محبوس‌شده کافی است اختلاف فشار گاز با فشار هوای محیط را به‌دست آوریم و نیاز به داشتن فشار هوا نیست.



$$P_A = P_B \Rightarrow P_{گاز} + \rho gh = P_0 \Rightarrow P_{گاز} - P_0 = -\rho gh \xrightarrow{\text{یکاها در SI}}$$

$$P_g = -13/5 \times 10^3 \times 10 \times 0/6 = -81000 Pa$$

سوال: علامت منفی بیانگر چیست؟

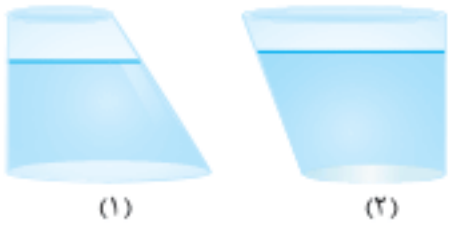
پاسخ: بیانگر این است که فشار گاز محبوس در بالای لوله، ۸۱۰۰۰Pa، کمتر از فشار هوا است.

نیروی گاز بر جدارهٔ ظرف

اگر مقدار معینی گاز در یک مخزن محبوس باشد، فشار گاز در همهٔ قسمت‌های مخزن یکسان است و برای محاسبهٔ نیرویی که گاز بر سطح A از جدارهٔ مخزن وارد می‌کند از رابطهٔ روبه‌رو استفاده می‌کنیم:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F_{(گاز)} = P_{(گاز)} A$$

۱۳۳. **شکل روبه‌رو دو ظرف با سطح قاعدهٔ 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 ـ بیشتر از
۲) کمتر از ـ کمتر از
۳) بیشتر از ـ کمتر از
۴) مساوی ـ 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 کدام‌یک از روابط زیر صحیح است؟**

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

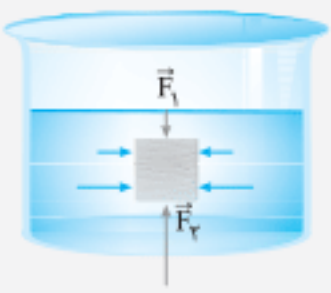
شناوری

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 به‌طرف بالا بر جسم وارد می‌شود؟



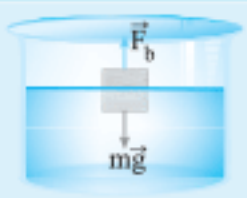
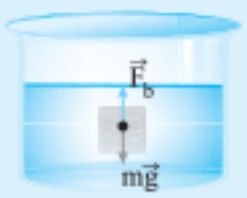
■ **پاسخ:** مطابق شکل روبه‌رو، جسمی را درون شاره در نظر بگیرید، فشار در سطح بالایی جسم کمتر از فشار در سطح پایینی آن است. از این‌رو اندازهٔ نیرویی که شاره بر سطح پایینی جسم وارد می‌کند (F_2) بزرگ‌تر از اندازهٔ نیرویی است که بر سطح بالای جسم (F_1) وارد می‌کند. پس برایند این دو نیرو به‌طرف بالا است و آن 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 به‌طرف 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:

حالت‌های قرار گرفتن جسم در شاره‌ای با چگالی $\rho_{شاره}$

شمارهٔ	نام حالت	مقایسهٔ چگالی جسم و شاره	مقایسهٔ وزن جسم با نیروی شناوری	موقعیت جسم در شاره	حرکت جسم در شاره	شکل
۱	شناوری	$\rho_{جسم} < \rho_{شاره}$	$F_b = mg$	بخشی از جسم بیرون از شاره است.	ساکن	
۲	غوطه‌وری	$\rho_{جسم} = \rho_{شاره}$	$F_b = mg$	همهٔ جسم درون شاره است.	ساکن	
۳	فروروی	$\rho_{جسم} > \rho_{شاره}$	$F_b < mg$	همهٔ جسم درون شاره است.	حرکت به‌طرف پایین است	
۴	بالاروی	$\rho_{جسم} > \rho_{شاره}$	$F_b > mg$	همهٔ جسم درون شاره (برده‌شده) است.	حرکت به‌طرف بالا است.	

از طرف دیگر $P_B = P_C$ است و برای این دو نقطه هم داریم:

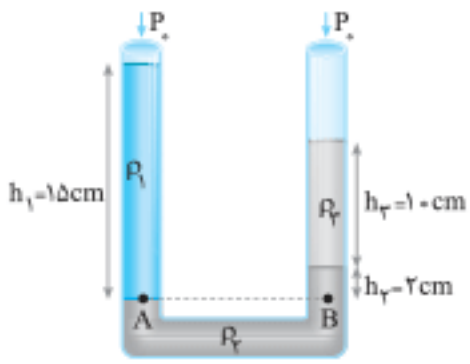
$$P_B = P_C \Rightarrow \rho_۲ g h'_۲ + P_۰ = \rho_۲ g h_۲ + P_۰ \xrightarrow{h'_۲ = ۱۰cm}$$

$$\rho_۲ \times ۱۰ = \rho_۲ \times ۲۰ \Rightarrow \rho_۲ = ۲\rho_۲ \quad (۲)$$

$$\xrightarrow{(۱)\,,\,(۲)} ۲\rho_۲ = ۸\rho_۱ \Rightarrow \frac{\rho_۲}{\rho_۱} = ۴$$

۷۴. ۱ ۲ ۳ ۴

با توجه به شکل و این‌که فشار دو نقطهٔ A و B یکسان است، (زیرا این دو نقطه در یک تراز افقی و در یک مایع ساکن قرار دارند) می‌توانیم بنویسیم:



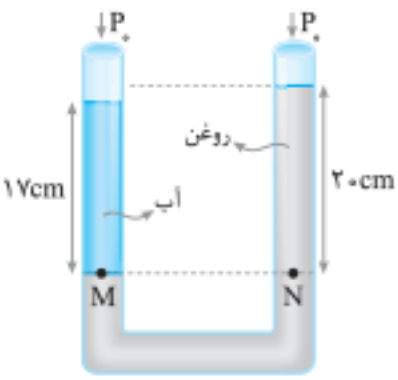
$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_۱ g h_۱ + P_۰ = \rho_۲ g h_۲ + \rho_۳ g h_۳ + P_۰$$

$$\Rightarrow \rho_۱ \times ۱۵\,(cm) = \rho_۲ \times ۲\,(cm) + \rho_۳ \times ۱۰\,(cm)$$

$$\Rightarrow \rho_۳ = ۱/۵\rho_۱ - ۰/۲\rho_۲$$

۷۵. ۱ ۲ ۳ ۴

خب با استفاده از این‌که فشار درون مایع ساکن، در دو نقطهٔ هم‌تراز، برابر است داریم:



$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{آب} h_{آب} = \rho_{روغن} h_{روغن}$$

$$\frac{\rho_{روغن}}{\rho_{آب}} = \frac{۱۷}{۲۰} \Rightarrow \frac{\rho_{روغن}}{\rho_{آب}} = \frac{۸۵}{۱۰۰}$$

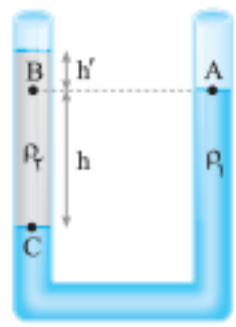
در نتیجه $\rho_{روغن}$ به اندازهٔ $۱۵ = ۸۵ - ۱۰۰$ درصد از چگالی آب کمتر است.

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_{آب}} = \frac{۸۵ - ۱۰۰}{۱۰۰} = ٪ - ۱۵$$

تذکر: معمولاً هنگامی‌که دو یا چند مایع مخلوط‌نشدنی درون ظروف U شکل قرار می‌گیرند، مایع با چگالی بیشتر در قسمت پایین‌تر و مایع با چگالی کمتر در قسمت‌های بالاتر قرار می‌گیرند. اما می‌توان در حالت‌هایی مایع‌ها را برخلاف حالت معمولی نیز درون ظرف در نظر گرفت. این سؤال نیز جزء این حالت‌های خاص است و بهتر این بود که آب در زیر و روغن روی آب قرار می‌گرفت.

۷۶. ۱ ۲ ۳

روش اول: نخست فشار هر نقطه را در نظر می‌گیریم و رابطهٔ آن را می‌نویسیم:



$$\left.\begin{aligned} P_C &= P_B + \rho_۲ g h \\ P_B &= \rho_۲ g h' + P_۰ \end{aligned}\right\} \Rightarrow P_C > P_B$$

$$P_A = P_۰ \Rightarrow P_B > P_A$$

اکنون با مقایسه رابطه‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت:

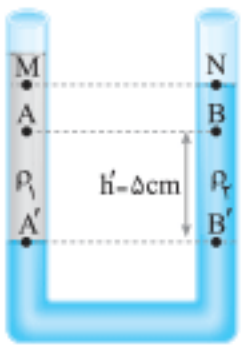
$$P_C > P_B > P_A$$

روش دوم: مایع $\rho_۱$ سنگین‌تر است زیرا قسمت پایینی لوله را اشغال کرده است و همان طوری که در درس‌نامه گفته شد، از بین دو نقطه‌ای که روبه‌روی هم هستند، مثل B و A هر کدام در مایع سبکتری قرار دارد فشارش بیشتر است $(P_B > P_A)$. در ضمن نقطهٔ C از نقطهٔ B پایین‌تر است یعنی به‌دلیل ارتفاع h (ستونی از مایع) که روی C قرار دارد $P_C > P_B$.

۷۷. ۱ ۳ ۴

چون نقطهٔ A در مایع سبکتری است پس فشار بیشتری دارد. $P_A > P_B$

۷۸. ۱ ۲ ۳



روش اول: $\rho_۱$ بزرگ‌تر است یا $\rho_۲$ ؟ درست است، $\rho_۲ > \rho_۱$ است.

آیا $P_A = P_B$ است؟ خیر، چون A و B در یک مایع قرار ندارند پس این تساوی برقرار نیست. اما در شکل روبه‌رو $P_{A'} = P_{B'}$ است و برای هر کدام از نقاط A' و B' می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} P_{A'} = P_A + \rho_۱ g h' \\ P_{B'} = P_B + \rho_۲ g h' \end{cases} \xrightarrow[\rho_۱ = ۸۰۰(\frac{kg}{m^۳}),\ \rho_۲ = ۱۰۰۰(\frac{kg}{m^۳})]{P_{A'} = P_{B'}}$$

$$P_A + ۸۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۰۵ = P_B + ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۰۵ \Rightarrow P_A = P_B + ۱۰۰$$

روش دوم: چون نقطهٔ A در مایع سبکتری قرار دارد فشارش بیشتر است و تنها گزینه‌ای که به این موضوع اشاره دارد **گزینهٔ ۴** است.

۷۹. ۱ ۲ ۳ ۴

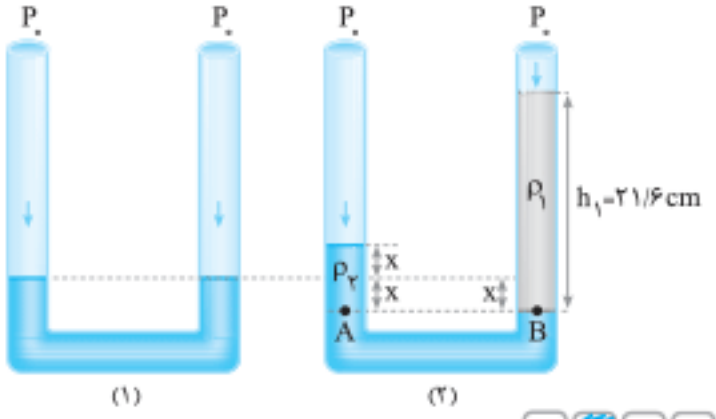
مطابق شکل (۲)، در شاخه سمت راست به اندازهٔ $h_۱ = ۲۱/۶cm$ آب ریخته‌ایم و جیوه در این شاخه به اندازهٔ x پایین می‌رود از این‌رو در شاخهٔ سمت چپ نیز جیوه به اندازهٔ x بالا می‌رود. پس اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه برابر $۲x$ می‌شود. با توجه به هم‌ترازی دو نقطهٔ A و B که در یک مایع (جیوه) هستند، می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_۲ g(۲x) + P_۰ = \rho_۱ g h_۱ + P_۰$$

$$\rho_۲(۲x) = \rho_۱ h_۱$$

$$\xrightarrow{\rho_۱ ,\, \rho_۲ \text{ یکای یکسان}} ۱۳/۵\frac{g}{cm^۳} \times ۲x = ۱\frac{g}{cm^۳} \times ۲۱/۶cm$$

$$\Rightarrow x = ۰/۸cm$$



۸۰. ۱ ۳ ۴

فشار ۲۵ سانتی‌متر روغن را در نظر می‌گیریم و ارتفاع h از آب که برابر فشار روغن باشد را حساب می‌کنیم:

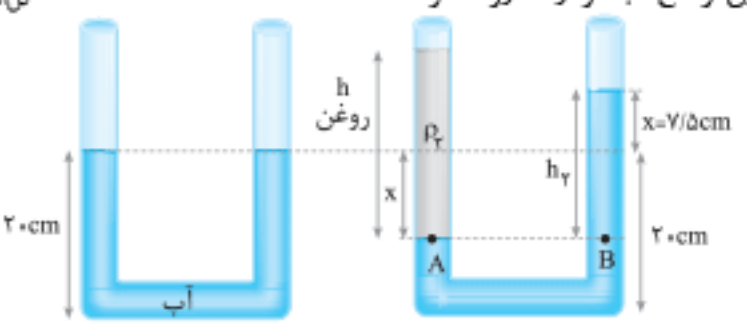
$$P_{روغن} = P_{آب} \Rightarrow \rho_{روغن} g h_۱ = \rho_{آب} g h_۲ \Rightarrow ۰/۶ \times ۲۵ = ۱ \times h_۲$$

$$\Rightarrow h_۲ = ۱۵cm$$

چون اختلاف ارتفاع آب $۱۵cm$ است پس در شاخه $۷/۵\,cm$ بالاتر رفته است. در واقع $h_۲$ شامل $۲x$ است

$$h_۲ = ۲x \Rightarrow ۱۵ = ۲x \Rightarrow x = ۷/۵cm$$

چون ارتفاع آب در لوله مورد نظر است: $h_{کل\,آب} = ۷/۵ + ۲۰ = ۲۷/۵\,cm$



۱۷۳. ۱ ۲ ۳ ۴

چون فشار وارد از طرف مخلوط بر کف ظرف مورد نظر است، باید چگالی مخلوط را به‌دست آوریم، پس از رابطهٔ 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 $V_A = \frac{1}{3}V$ ، $V_B = \frac{2}{3}V$ و $V_A + V_B = V$ است؛ پس با جای‌گذاری این کمیت‌ها در رابطهٔ فوق، می‌توان نوشت:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{1/2 \times \frac{1}{3}V + 0/6 \times \frac{2}{3}V}{V} = 0/8 \frac{g}{cm^3}$$

اکنون فشار مخلوط را در کف ظرف به‌دست می‌آوریم:

$$P_{\text{مخلوط}} = \rho_{\text{مخلوط}} gh \xrightarrow{\rho = (0/8 \times 1000)\frac{kg}{m^3}}$$

$$P_{\text{مخلوط}} = 800 \times 10 \times 0/75 = 6000 Pa$$

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

۱۷۴. ۱ ۲ ۳

در این نمودار شیب خط برابر است با: $\text{شیب خط} = \rho g$

بخش اول نمودار مربوط به ρ_1 است و داریم:

$$\Delta P_1 = \rho_1 g \Delta h \Rightarrow (102/4 - 100) \times 10^3 = \rho_1 \times 10 \times 30 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow \rho_1 = 800 \frac{kg}{m^3}$$

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

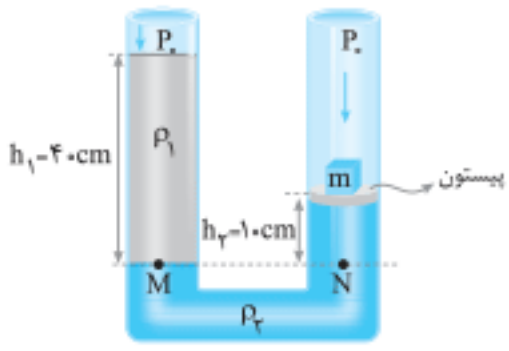
$$\frac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1} = \frac{\rho_2 g}{\rho_1 g} \Rightarrow 17 = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

$$\Rightarrow \rho_2 = 17\rho_1 = 17 \times 8 \times 10^2 = 13600 \frac{kg}{m^3}$$

۱۷۵. ۱ ۲ ۳

دو نقطهٔ M و N در مایع ρ_2 قرار دارند و هم‌تراز هستند. پس فشار این دو نقطه یکسان است. برای هر یک می‌توان نوشت:

$$P_M = \rho_1 g h_1 + P_0 \quad , \quad P_N = \rho_2 g h_2 + \frac{m'g}{A'} + P_0$$



حتماً متوجه شدید که $\frac{m'g}{A'}$ فشاری است که وزنهٔ m و پیستون بر مایع ρ_2 وارد می‌کنند. یعنی m' را مجموع جرم وزنهٔ m و جرم پیستون در نظر گرفته‌ایم. A' مساحت پیستون است نه مساحت تکیه‌گاه وزنه. چون فشار از طریق پیستون به مایع ρ_2 منتقل می‌شود، A' مساحت پیستون باید باشد. چون $P_M = P_N$ است، داریم:

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + \frac{m'g}{A'} + P_0$$

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

$$0/8 \times 1000 (\frac{kg}{m^3}) \times 10 (\frac{m}{s^2}) \times 40 \times 10^{-2} (m)$$

$$= 1 \times 1000 (\frac{kg}{m^3}) \times 10 (\frac{m}{s^2}) \times 10 \times 10^{-2} (m) + \frac{m'(kg) \times 10 (\frac{m}{s^2})}{10 \times 10^{-4} (m^2)}$$

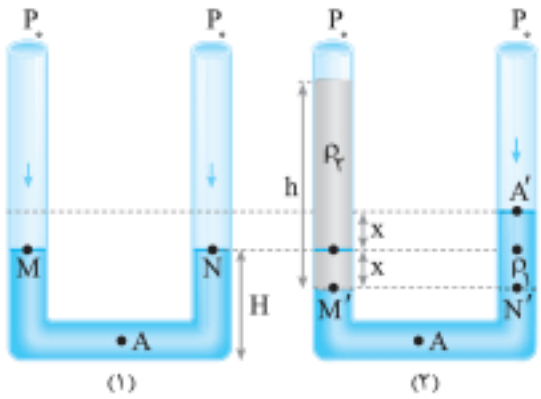
$$m' = 0/22 kg$$

۱۷۶. ۱ ۲ ۳ ۴

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

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

$$= 1700 Pa \div 1360 = 1/25 cmHg$$

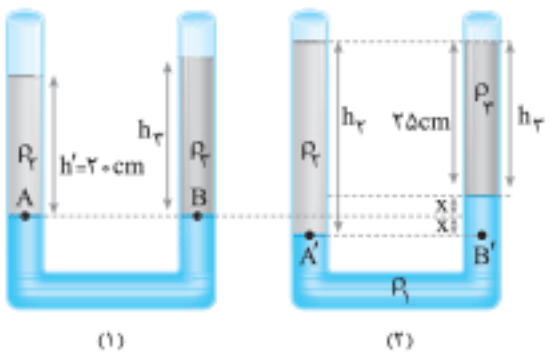


۱۷۷. ۱ ۲ ۴

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

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 g h'_2 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0$$

$$\Rightarrow 1 \frac{g}{cm^3} \times 20 = \rho_2 \times 25 \Rightarrow \rho_2 = 0/8 \frac{g}{cm^3}$$



اکنون با استفاده از شکل (۲) برای دو نقطهٔ 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) پیداست که: $h_2 = 2x + 25$ (2)

و بالاخره از دو رابطهٔ (1) و (2) می‌توان نتیجهٔ نهایی را به‌دست آورد:

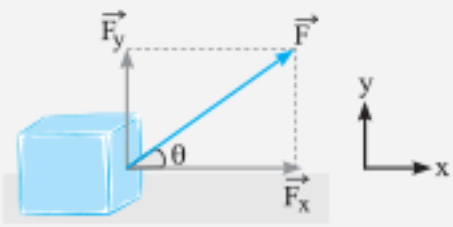
$$\begin{cases} h_2 = 27/2x + 20 \\ h_2 = 2x + 25 \end{cases} \Rightarrow h_2 \simeq 25/4 cm$$

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

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 قضیهٔ کار ـ 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 متوسطهٔ اول با هم مرور کنیم.

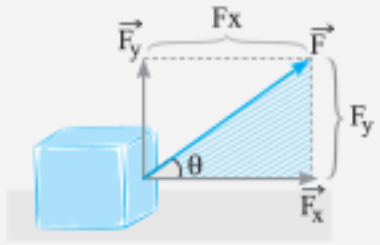
تجزیهٔ بردارها



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

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

F_x، اندازهٔ مؤلفهٔ بردار $\vec{F}$ در راستای محور x و F_y، اندازهٔ مؤلفهٔ بردار $\vec{F}$ در راستای محور y است (به‌طور کلی اگر علامت بردار روی نماد یک کمیت قرار نگیرد، منظور اندازهٔ آن بردار است).



برای محاسبهٔ 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:

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

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

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

نسبت‌های مثلثاتی \ θ	۰°	۳۰°	۳۷°	۴۵°	۵۳°	۶۰°	۹۰°	۱۸۰°
$\sin\theta$	۰	$\frac{۱}{۲}$	۰/۶	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	۰/۸	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	۱	۰
$\cos\theta$	۱	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	۰/۸	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	۰/۶	$\frac{۱}{۲}$	۰	−۱

روابط حرکت‌شناسی

حرکت با تندی ثابت: اگر جسمی با تندی ثابت v در حرکت باشد، مسافتی که جسم در مدت Δt طی می‌کند از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

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

مثلاً وقتی می‌گوییم جسمی روی خط راست با تندی ثابت $۵\frac{m}{s}$ به مدت $۲s$ حرکت می‌کند، یعنی جسم در این مدت مسافت $۱۰m$ را می‌پیماید:

$$d = v\Delta t = ۵\times۲ = ۱۰m$$

تذکر: 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

۱ **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.

۲ **قانون دوم نیوتون:** اگر به جسمی به جرم m نیروی خالصِ $\vec{F}$ وارد شود، جسم شتاب $\vec{a}$ می‌گیرد و رابطهٔ کمیت‌های گفته شده به‌صورت روبه‌رو است:

$$\vec{F}_{\text{خالص}} = m\vec{a}$$

مهروماه

مثال: انرژی جنبشی جسمی ۱۰۰J است. اگر تندی این جسم ۲۰ درصد کاهش یابد، انرژی جنبشی آن به چند ژول خواهد رسید؟

۱) ۶۴ ۲) ۳۲ ۳) ۵۸ ۴) ۸۰

● **پاسخ:** گزینهٔ «۱»

روش اول:

$$\text{تندی جسم ۲۰ درصد کاهش یافته} \Rightarrow v_۲ = v_۱ - \frac{۲۰}{۱۰۰}v_۱ = ۰/۸v_۱$$

$$\frac{K_۲}{K_۱} = \frac{m_۲}{m_۱} \times (\frac{v_۲}{v_۱})^۲ \Rightarrow \frac{K_۲}{۱۰۰} = ۱ \times (\frac{۰/۸v_۱}{v_۱})^۲ \Rightarrow K_۲ = ۶۴J$$

روش دوم: در این تست برای تندی از کلمهٔ درصد استفاده شده، پس $v_۱$ را ۱۰۰ واحد در نظر می‌گیریم (واحد $v_۱ = ۱۰۰$)، چون تندی ۲۰ درصد کم شده، (واحد) $v_۲ = ۱۰۰ - ۲۰ = ۸۰$ می‌شود و می‌توان نوشت:

$$\frac{K_۲}{۱۰۰} = ۱ \times (\frac{۸۰}{۱۰۰})^۲ \Rightarrow K_۲ = ۶۴J$$

۱. انرژی جنبشی کمیتی ..... و همواره ..... است. این کمیت به جهت حرکت جسم وابسته ..... (کانون فرهنگی آموزش)

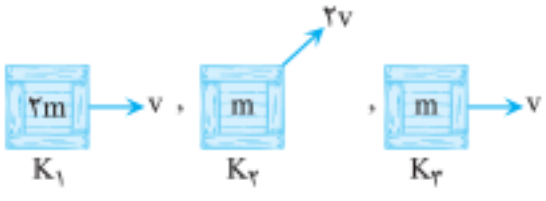
۱) نرده‌ای ـ مثبت ـ نیست. ۲) نرده‌ای ـ منفی ـ است.

۳) برداری ـ مثبت ـ نیست. ۴) برداری ـ مثبت ـ است.

۲. توپ فوتبالی به جرم ۴۰۰ گرم را طوری شوت می‌کنیم که تندی آن به $۱۰۸\frac{km}{h}$ برسد. انرژی جنبشی توپ در این وضعیت چند ژول است؟ (کانون فرهنگی آموزش)

۱) ۶۰ ۲) ۱۸۰۰ ۳) ۲۳۰۰ ۴) ۱۸۰

۳. در کدام گزینه مقایسهٔ بین انرژی جنبشی اجسام به درستی نشان داده شده است؟ (کانون فرهنگی آموزش)



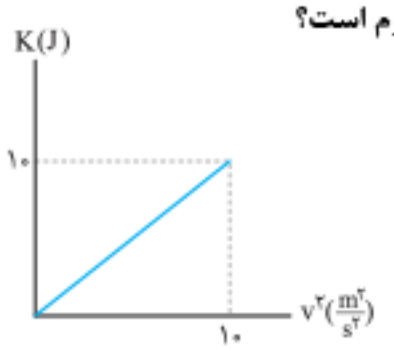
۱) $K_۲ > K_۳ > K_۱$

۲) $K_۲ > K_۱ > K_۳$

۳) $K_۱ > K_۲ = K_۳$

۴) $K_۱ < K_۲ = K_۳$

۴. نمودار انرژی جنبشی یک جسم برحسب مجذور تندی آن به‌صورت مقابل است. جرم جسم چند کیلوگرم است؟



۱) ۰/۲

۲) ۲

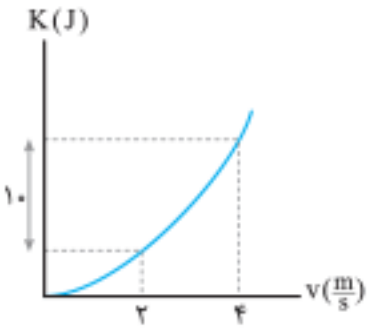
۳) ۴

۴) ۰/۴

۵. انرژی جنبشی جسمی ۵J است. اگر تندی جسم ۲ برابر شود، انرژی جنبشی جسم چند ژول خواهد شد؟

۱) ۵۰ ۲) ۲۵ ۳) ۲۰ ۴) ۱۰۰

۶. نمودار انرژی جنبشی برحسب تندی یک جسم به‌صورت مقابل است. جرم این جسم چند کیلوگرم است؟



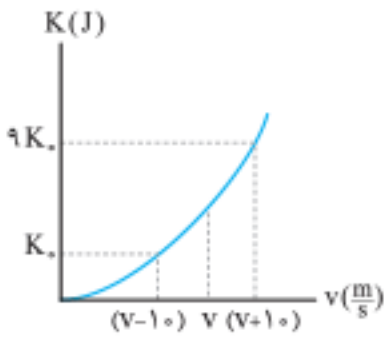
۱) ۵

۲) $\frac{۳}{۵}$

۳) $\frac{۵}{۳}$

۴) ۳

۷. نمودار انرژی جنبشی برحسب تندی جسمی به جرم m مطابق شکل است. v برحسب متر بر ثانیه کدام‌یک از مقادیر زیر است؟ (کانون فرهنگی آموزش)



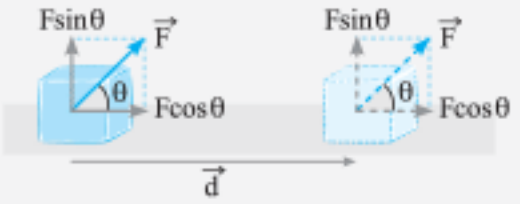
۱) ۲/۵

۲) ۱۲

۳) ۵

۴) ۲۰

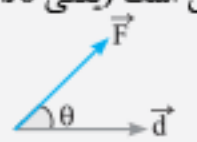
نتیجه: اگر نیرو و جابه‌جایی بر هم عمود باشند، کار آن نیرو صفر خواهد بود و هنگامی‌که نیروی $\vec{F}$ با جابه‌جایی، زاویهٔ θ می‌سازد (مانند شکل) مؤلفه‌ای از نیرو که عمود بر جابه‌جایی است (یعنی $F\sin\theta$)، کارش صفر خواهد بود و فقط مؤلفه‌ای از نیرو که هم‌راستا با جابه‌جایی است (یعنی $F\cos\theta$) روی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



علامت کار:

$W=(F\cos\theta)d$

- $0\le\theta<90^\circ$ (θ حاده‌است.) $\Rightarrow W=(\overbrace{F\cos\theta}^{\text{مثبت}})d>0 \Rightarrow W_F>0$



- $\theta=90^\circ$ (نیرو عمود بر جابه‌جایی است.) $\Rightarrow W=F\times 0\times d=0 \Rightarrow W_F=0$

- $90^\circ<\theta\le180^\circ$ (θ منفرجه‌است.) $\Rightarrow W=(\overbrace{F\cos\theta}^{\text{منفی}})d<0 \Rightarrow W_F<0$

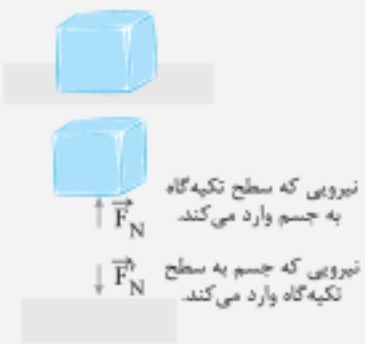
در ادامه به بررسی کار نیروهای عمودی سطح $(\vec{F}_N)$، اصطکاک جنبشی $(\vec{f}_k)$، مقاومت هوا $(\vec{f}_D)$ و نیروی وزن $(m\vec{g})$ می‌پردازیم.

نکته

کار نیروی عمودی سطح (W_{F_N}):

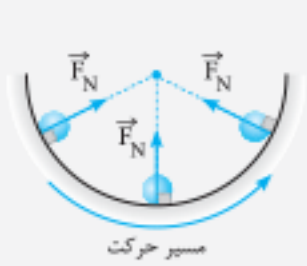
هر گاه دو جسم با هم در تماس باشند، سطح هر یک بر سطح دیگری نیرویی وارد می‌کند. این نیرو همیشه بر سطح تماس دو جسم عمود است و به همین دلیل به آن نیروی عمودی سطح می‌گویند.

در شکل روبه‌رو جسم روی سطح افقی، ساکن است. جهت نیروی عمودی سطحی که جسم و تکیه‌گاه برهم وارد می‌کنند به این صورت است:

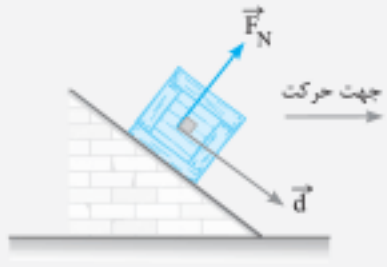


کار نیروی عمودی سطح می‌تواند صفر، مثبت یا منفی باشد.

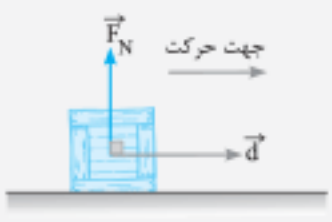
در شکل‌های زیر، نیروی عمودی سطح بر جابه‌جایی عمود است $(\theta=90^\circ)$ و کار آن صفر است.



$W_{F_N}=(F_N\cos90^\circ)d=0$



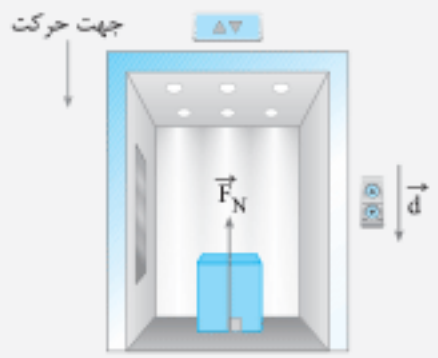
$W_{F_N}=(F_N\cos90^\circ)d=0$



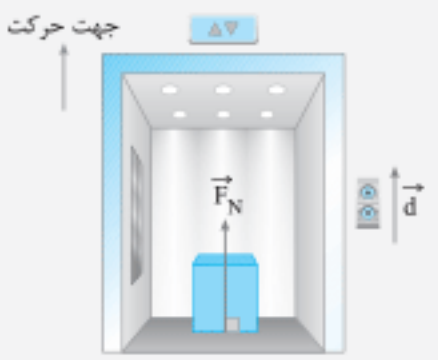
$W_{F_N}=(F_N\cos90^\circ)d=0$

در شکل‌های زیر جسم بر کف آسانسور قرار دارد:

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.



$W_{F_N}=(F_N\cos180^\circ)d \Rightarrow W_{F_N}<0$



$W_{F_N}=(F_N\cos0^\circ)d \Rightarrow W_{F_N}>0$

مثال: جسمی به جرم ۱۰ kg روی سطح شیبداری به طول ۵ متر که با افق زاویهٔ ۶۰ درجه می‌سازد، رو به پایین می‌لغزد. کار نیروی عمودی سطح وارد بر جسم در این جابه‌جایی چند ژول است؟ $(g=10\frac{N}{kg})$

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) صفر ۴) ۱۸

● **پاسخ:** گزینهٔ «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 طبقهٔ دوم به سوم رفته، سپس تا طبقهٔ اول پایین می‌آید. اگر نیروی عمودی سطح هنگام بالارفتن و پایین آمدن به‌ترتیب ۱۶N و ۲۰N باشد، کار آن را هنگام بالارفتن و پایین آمدن جداگانه به‌دست آورید. (ارتفاع هر طبقه ۳m است.)

اگر جسم همین مسیر را پایین برود (یعنی از وضعیت (۲) به (۱) منتقل شود)، چون $m\vec{g}$ و $\vec{d}$ هم‌جهت می‌شوند $(\theta = ۰)$، کار نیروی وزن برابر می‌شود با:

$$W_{وزن} = mg\overbrace{(\cos ۰^\circ)}^{۱}\overbrace{(h_۲ - h_۱)}^{\Delta h} \Rightarrow W_{وزن} = +mg\Delta h$$

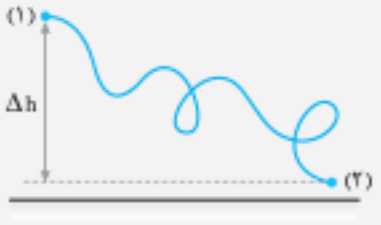
پس به طور خلاصه می‌توان گفت، کار نیروی وزن برابر است با: $W_{وزن} = \pm mg\Delta h$

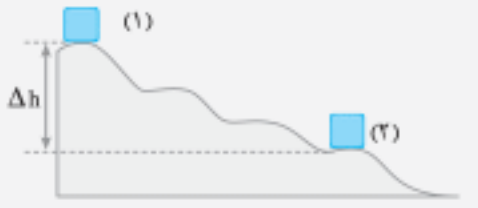
به نکته‌های زیر در رابطهٔ $W_{وزن} = \pm mg\Delta h$ توجه کنید:

۱ منظور از Δh، اندازهٔ تغییرات ارتفاع بوده و همواره باید مثبت جایگذاری شود.

۲ اگر جسم به سمت بالا حرکت کند، از علامت منفی $(-)$ و اگر به سمت پایین حرکت کند، از علامت مثبت $(+)$ باید استفاده شود.

۳ اگر مسیر حرکت مستقیم و در راستای قائم نباشد، باز هم می‌توان از این رابطه استفاده کرد. فقط باید دقت کنید که در همهٔ حالت‌ها، منظور از Δh، اندازهٔ جابه‌جایی در راستای قائم یا همان اندازهٔ تغییر ارتفاع است و جابه‌جایی افقی جسم در محاسبهٔ کار نیروی وزن بی‌تأثیر است. در شکل‌های زیر، Δh را در چند حالت مختلف برای شما رسم کرده‌ایم:





مثال: در شکل روبه‌رو، جسمی به جرم $۱kg$ از نقطهٔ A تا B حرکت می‌کند. کار نیروی وزن در این حرکت چند ژول است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

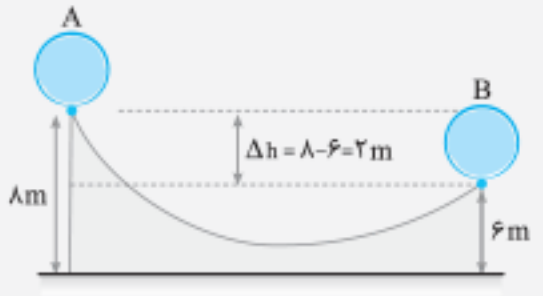
۱) -۲۰

۲) -۴۰

۳) $+۲۰$

۴) $+۴۰$

پاسخ: گزینهٔ «۳» جسم در راستای قائم $۸ - ۶ = ۲m$ تغییر ارتفاع داده است، پس:



$$W_{وزن} = \overset{\text{حرکت جسم رو به پایین}}{\overset{\downarrow}{+}} mg\Delta h = ۱ \times ۱۰ \times ۲ = ۲۰J$$

۱۳. مطابق شکل روبه‌رو، توسط نیروی افقی $\vec{F}$ به بزرگی $۵۰N$، جسمی به جرم $۲kg$ را با تندی متوسط $۲\frac{m}{s}$ در مدت ۱۰ ثانیه در امتداد سطح افقی به سمت راست جابه‌جا می‌کنیم. کار نیروی افقی $\vec{F}$ در این مدت چند کیلوژول است؟ (کانون فرهنگی آموزش)

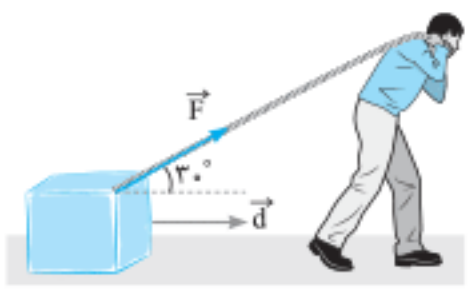
۱) ۱۰۰۰

۲) ۱۰

۳) ۱

۴) ۶۰۰

۱۴. شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که جعبه‌ای را با نیروی ثابت $F = ۲۰۰N$ روی سطح افقی بدون اصطکاکی، به اندازهٔ ۴ متر جابه‌جا می‌کند. کار نیروی $\vec{F}$ چند ژول است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) ۴۰۰

۲) ۲۰۰

۳) $۴۰۰\sqrt{۳}$

۴) $۲۰۰\sqrt{۳}$

۱۵. در شکل روبه‌رو جسم به سمت بالای سطح شیبدار در حرکت است. کار نیروی $\vec{F}$ در جابه‌جایی جسم از نقطهٔ A تا B چند ژول است؟

۱) -۱۵۰

۲) -۲۰۰

۳) ۱۵۰

۴) ۲۰۰

۳ اگر نیروی خالصی در راستای حرکت بر جسم وارد نشود، یا نیروی خالص وارد بر جسم عمود بر مسیر حرکت باشد و یا جابه‌جایی در کل مسیر صفر باشد، کار کل و تغییر انرژی جنبشی جسم برابر صفر خواهد بود: در نتیجه انرژی جنبشی و تندی جسم ثابت می‌ماند. مثلاً در شکل زیر گلوله‌ای را در شرایط خلأ از سطح زمین پرتاب می‌کنیم. از لحظهٔ پرتاب تا لحظهٔ بازگشت گلوله به سطح زمین تنها نیروی مؤثر بر گلوله نیروی وزن است که کار آن در این جابه‌جایی صفر است. در نتیجه کار کل صفر می‌شود و انرژی جنبشی و تندی گلوله در نقاط (۱) و (۲) با هم برابر می‌شود.

$$W_t = 0 \Rightarrow K_2 - K_1 = 0 \Rightarrow K_2 = K_1 \Rightarrow v_2 = v_1$$

	اگر نیروی خالص در جهت حرکت به جسم وارد شود	اگر نیروی خالص در خلاف جهت حرکت به جسم وارد شود.	اگر نیروی خالصی به جسم وارد نشود. یا عمود بر راستای حرکت باشد.
مثال	شروع به حرکت یک هواپیما	کاهش تندی یک اتومبیل برای توقف	حرکت با تندی ثابت
شکل			
نیروی خالص	$F_{\text{خالص}}$ درجهت حرکت	$F_{\text{خالص}}$ خلاف جهت حرکت	$F_{\text{خالص}} = 0$
کار کل (W_t)	$W_t > 0$	$W_t < 0$	$W_t = 0$
انرژی جنبشی (K)	افزایش $(K_2 > K_1)$	کاهش $(K_2 < K_1)$	ثابت $(K_2 = K_1)$
تندی (v)	افزایش $(v_2 > v_1)$	کاهش $(v_2 < v_1)$	ثابت $(v_2 = v_1)$
تبادل انرژی	به جسم انرژی داده می‌شود.	از جسم انرژی گرفته می‌شود.	صفر

مثال: جسمی به جرم ۲kg روی سطح افقی در حال حرکت است. اگر نیروی خالص ۲۰N به این جسم وارد شده و انرژی جنبشی آن را بعد از طی مسافت ۲ متر کاهش دهد، کار کل انجام‌شده روی جسم چند ژول خواهد بود؟

۱) ۸۰ ۲) ۴۰ ۳) −۸۰ ۴) −۴۰

■ **پاسخ: گزینهٔ «۴»** چون نیروی خالص باعث کاهش انرژی جنبشی جسم شده است، می‌توان گفت، نیروی خالص در خلاف جهت جابه‌جایی بوده ($\theta = 180^\circ$) و داریم:

$$W_t = F_{\text{خالص}} \times \cos 180^\circ \times d = 20 \times (-1) \times (2) = -40J$$

مثال: برای آن‌که تندی خودرویی از حال سکون به v برسد، باید کار کل W_{t_1} روی آن انجام شود. همچنین برای آن‌که تندی خودرو از v به ۲v برسد، باید کار کل W_{t_2} روی آن انجام شود (مانند شکل). نسبت $\frac{W_{t_1}}{W_{t_2}}$ کدام است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $\frac{1}{3}$ ۲) ۳

۳) $\frac{1}{2}$ ۴) ۲

■ **پاسخ: گزینهٔ «۱»** برای این‌که سؤال راحت‌تر حل شود، در شکل زیر، هر حالت را شماره‌گذاری کرده‌ایم:

برای بازهٔ ۱ تا ۲ می‌توان نوشت:

$$W_t = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \xrightarrow[W_t = W_{t_1}]{v_2 = v,\ v_1 = 0} W_{t_1} = \frac{1}{2}m(v^2 - 0) = \frac{1}{2}mv^2$$

برای بازهٔ ۲ تا ۳ نیز می‌توان نوشت:

$$W_t = \frac{1}{2}m(v_3^2 - v_2^2) \xrightarrow[W_t = W_{t_2}]{v_2 = 2v,\ v_3 = v} W_{t_2} = \frac{1}{2}m(4v^2 - v^2) = \frac{3}{2}mv^2$$

در آخر، نسبت خواسته‌شده را حساب می‌کنیم:

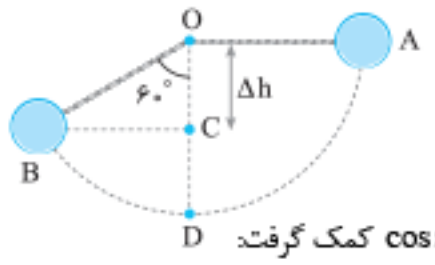
$$\frac{W_{t_1}}{W_{t_2}} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{\frac{3}{2}mv^2} = \frac{1}{3}$$

$$\cos۶۰^\circ=\frac{OC}{OB}\xrightarrow[OB=\text{شعاع دایره}=R]{\cos۶۰^\circ=\frac{۱}{۲}}OC=\frac{۱}{۲}R\Rightarrow\Delta h=\frac{۱}{۲}R$$

پس:

$$W_{\text{وزن}}=\overset{\text{حرکت جسم رو به پایین}}{\oplus}mg\Delta h=+\frac{۱}{۲}mgR$$

۳۷. ۱ ۲ ۳ ۴



باز هم کلیدی‌ترین بخش حل تست، محاسبهٔ Δh است. با توجه به شکل روبه‌رو، می‌توان گفت: $\Delta h=OC$

برای محاسبهٔ OC هم می‌توان از $\cos۶۰^\circ$ کمک گرفت:

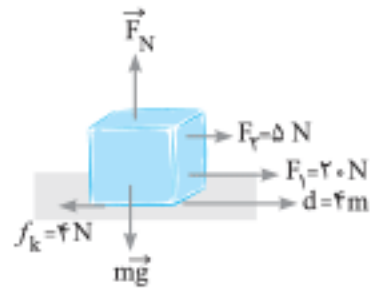
$$\cos۶۰^\circ=\frac{OC}{OB}\xrightarrow[OB=\text{طول نخ}=۱m]{\cos۶۰^\circ=\frac{۱}{۲}}OC=\frac{۱}{۲}\times۱=\frac{۱}{۲}m$$

پس کار نیروی وزن برابر است با:

$$W_{\text{وزن}}=\overset{\text{جسم در حال پایین آمدن}}{\oplus}mg\Delta h=۲\times۱۰\times\frac{۱}{۲}=۱۰J$$

۳۸. ۱ ۲ ۳ ۴

روش اول: ابتدا کار تک‌تک نیروها را حساب می‌کنیم و بعد آن‌ها را با هم جمع می‌کنیم. دقت کنید که متحرک در جهت محور x جابه‌جا شده است (مانند شکل)



$$W_{F_۱}=F_۱\cos۰^\circ\times d=۲۰\times۱\times۴=۸۰J$$
$$W_{F_۲}=F_۲\cos۰^\circ\times d=۵\times۱\times۴=۲۰J$$
$$W_{f_k}=-f_k d=-۴\times۴=-۱۶J$$
$$W_{F_N}=W_{mg}=۰$$

حال می‌توان کار کل را حساب کرد:

$$W_t=W_{F_۱}+W_{F_۲}+W_{f_k}+\overset{\text{صفر}}{W_{F_N}}+\overset{\text{صفر}}{W_{mg}}$$
$$=۸۰+۲۰-۱۶=۸۴J$$

روش دوم: ابتدا باید از نیروهایی که در راستای جابه‌جایی‌اند، برایندگیری کنیم. چون $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ هم‌جهت‌اند، برایندشان (یعنی $\vec{F}_{۱,۲}$) به سمت راست بوده و برابر است با: $F_{۱,۲}=F_۱+F_۲=۲۵N$ ، به سمت راست

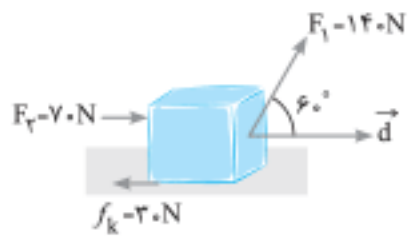
حال می‌توان گفت چون $\vec{F}_{۱,۲}$ و $\vec{f}_k$ در خلاف جهت یکدیگرند، $\vec{F}_{\text{خالص}}$ برابر است با: $F_{\text{خالص}}=F_{۱,۲}-f_k=۲۵-۴\Rightarrow F_{\text{خالص}}=۲۱N$ ، به سمت راست

پس $(\vec{F}_{\text{خالص}})$ و $\vec{d}$ هم‌جهت‌اند و می‌توان نوشت:

$$W_t=F_{\text{خالص}}\cos۰\times d=۲۱\times۱\times۴=۸۴J$$

۳۹. ۱ ۳ ۴

روش اول: با توجه به شکل روبه‌رو، می‌توان کار هر نیرو را حساب کرد:



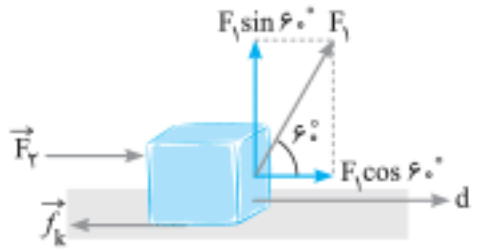
$$\left.\begin{aligned}W_{F_۱}&=F_۱\cos۶۰^\circ\times d=۱۴۰\times\frac{۱}{۲}\times۲=۱۴۰J\\W_{F_۲}&=F_۲\cos۰^\circ\times d=۷۰\times۱\times۲=۱۴۰J\\W_{f_k}&=-f_k d=-۳۰\times۲=-۶۰J\end{aligned}\right\}$$

حالا برای محاسبهٔ کار کل کافی است کار نیروها را با هم جمع کنیم:

$$\Rightarrow W_t=W_{F_۱}+W_{F_۲}+W_{f_k}+\overset{\cdot}{W}_{F_N}+\overset{\cdot}{W}_{mg}$$
$$=۱۴۰+۱۴۰+(-۶۰)=۲۲۰J$$

تذکر: چون کار نیروهای $m\vec{g}$ و $\vec{F}_N$ برابر صفر بود، آن‌ها را بر روی شکل نشان نداده‌ایم.

روش دوم: ابتدا $\vec{F}_۱$ را مانند شکل زیر تجزیه می‌کنیم:



حال باید نیروی خالص نیروهایی که در امتداد جابه‌جایی‌اند را حساب کنیم (پس $F_۱\sin۶۰^\circ$، $m\vec{g}$ و $\vec{F}_N$ که عمود بر جابه‌جایی هستند را کنار می‌گذاریم). $F_۱\cos۶۰^\circ$ و $\vec{F}_۲$ هم‌جهت‌اند و $\vec{f}_k$ در خلاف جهت این دو نیرو است:

پس می‌توان نوشت:

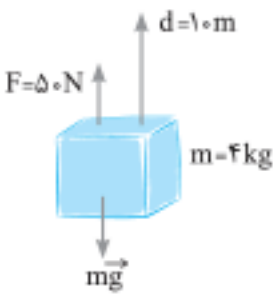
$$F_{\text{خالص}}=(\overbrace{F_۱\cos۶۰^\circ}^{۷۰}+\overbrace{F_۲}^{۷۰})-\overbrace{f_k}^{۳۰}=۱۱۰N\text{ ، به سمت راست}$$

چون $\vec{F}_{\text{خالص}}$ و $\vec{d}$ هم‌جهت‌اند، $\theta=۰^\circ$ است و کار کل برابر می‌شود با:

$$W_t=F_{\text{خالص}}\times\cos۰^\circ\times d=۱۱۰\times۱\times۲=۲۲۰J$$

۴۰. ۱ ۲ ۳ ۴

روش اول:



ابتدا کار نیروی $\vec{F}$ و $m\vec{g}$ را با توجه به شکل روبه‌رو محاسبه می‌کنیم و سپس آن‌ها را با هم جمع می‌کنیم.

$$W_F=F\cos۰^\circ\times d=۵۰\times۱\times۱۰=۵۰۰J$$
$$W_{\text{وزن}}=\overset{\text{حرکت جسم رو به بالا}}{\ominus}mg\Delta h=-۴\times۱۰\times۱۰=-۴۰۰J$$

حال می‌توان گفت: $W_t=W_F+W_{\text{وزن}}=۵۰۰+(-۴۰۰)=۱۰۰J$

تذکر: در این تست، چون جسم روی هیچ سطحی قرار ندارد، $F_N=۰$ است. یعنی برای وجود نیروی عمودی سطح، جسم باید به سطحی تکیه داده یا روی سطحی قرار گیرد. به همین دلیل کار نیروی عمودی سطح حساب نشد.

روش دوم: ابتدا $\vec{F}_{\text{خالص}}$ را محاسبه می‌کنیم: چون $\vec{F}$ و $m\vec{g}$ در خلاف جهت یکدیگرند و $F>mg$ است، $\vec{F}_{\text{خالص}}$ رو به بالا بوده و برابر است با:

$$F_{\text{خالص}}=F-mg=۵۰-۴۰=۱۰N$$

پس: $W_t=F_{\text{خالص}}\cos\theta d\xrightarrow[\text{هم‌جهت‌اند}]{F_{\text{خالص}}\text{ و }d}W_t=۱۰\times\cos۰^\circ\times۱۰=۱۰۰J$

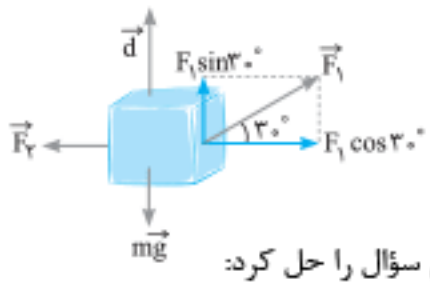
سوال: اگر در این تست جهت حرکت را طراح تست (یعنی خودم!) مشخص نکرده بود، باز هم سؤال قابل حل بود؟

■ **پاسخ:** بله، چون $F>mg$ است و جسم از حال سکون شروع به حرکت می‌کند، به راحتی می‌توانستیم ادعا کنیم که جسم رو به بالا حرکت می‌کند. (در تست بعدی از این نکته استفاده خواهیم کرد.)

۴۱. ۲ ۳ ۴

ابتدا نیروی $\vec{F}_۱$ را تجزیه و $m\vec{g}$ را رسم می‌کنیم. چون جسم فقط در راستای قائم حرکت کرده، کار ناشی از نیروهای افقی صفر است (با $\vec{F}_۲$ و $F_۱\cos۳۰^\circ$ خداحافظی می‌کنیم). در ادامه می‌توان گفت چون

$\underbrace{F_1 \sin 30^\circ}_{100\times\frac{1}{2}=50} > \frac{mg}{40}$ است، جسم از حال سکون شروع به حرکت به سمت بالا حرکت می‌کند.



از این‌جا به بعد به دو روش می‌توان سؤال را حل کرد:

روش اول: کار تک‌تک نیروها را حساب کرده و با هم جمع می‌کنیم:

$$\left.\begin{aligned} W_{F_1 \sin 30^\circ} &= F_1 \sin 30^\circ \times \cos 0^\circ \times d = 50\times 1\times 10 = 500\,J \\ W_{وزن} &= -mg\Delta h = -4\times 10\times 10 = -400\,J \end{aligned}\right\}$$
$$\Rightarrow W_t = 500 + (-400) = 100\,J$$

روش دوم: $\vec{F}_{خالص}$ در راستای قائم را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{خالص\,قائم} = F_1 \sin 30^\circ - mg = 50 - 40 = 10\,N$$

$\vec{F}_{خالص}$ و جابه‌جایی هر دو به سمت بالا هستند، پس:

$$W_t = F_{خالص} d \cos 0^\circ = 10\times 10\times 1 = 100\,J$$

۴۲. ۱ ۲ ۳ ۴

نکته: اگر جسم از حال سکون شروع به حرکت کند، $\vec{F}_{خالص}$ و جابه‌جایی، هم‌جهت خواهند بود.

از قانون دوم نیوتون، می‌توان $\vec{F}_{خالص}$ را حساب کرد:

$$F_{خالص} = ma = 50\times 2 = 100\,N$$

با توجه به نکتهٔ بالا، $\theta = 0$ است، پس:

$$W_t = F_{خالص} \cos\theta\, d = 100\times 1\times 10 = 1000\,J$$

۴۳. ۱ ۳ ۴

مؤلفهٔ افقی نیرو فقط در راستای افقی روی جسم کار انجام می‌دهد و مؤلفهٔ قائم آن فقط در راستای قائم. کافی است کار هر مؤلفه را محاسبه و با یکدیگر جمع کنیم:

$$W_F = F_x d_x + F_y d_y \xrightarrow[F_x=-3N\,,\,F_y=5N]{d_x=-2m\,,\,d_y=-4m}$$
$$W_F = (-3)(-2) + (+5)(-4) = -14\,J$$

۴۴. ۱ ۲ ۴

با توجه به شکل مقابل، فقط $\vec{F}$ و $\vec{f}_k$ بر روی جسم کار انجام می‌دهند، پس:

$$W_t = W_{f_k} + W_F \xrightarrow{W_F = F\cos 0^\circ d = 40\times 1\times 10 = 400\,J}$$
$$300 = W_{f_k} + 400 \Rightarrow W_{f_k} = -100\,J$$

از طرفی برای محاسبهٔ کار نیروی اصطکاک می‌توان نوشت:

$$W_{f_k} = -f_k d \xrightarrow[d=10m]{W_{f_k}=-100J} -100 = -f_k \times 10 \Rightarrow f_k = \frac{100}{10} = 10\,N$$

۴۵. ۱ ۳ ۴

در چهار گام سؤال را حل می‌کنیم:

گام اول: محاسبهٔ نیروی خالص: $F_{خالص} = m_1 a = 1\times 4 = 4\,N$

گام دوم: محاسبهٔ کار نیروی خالص که برابر با کار کل است:

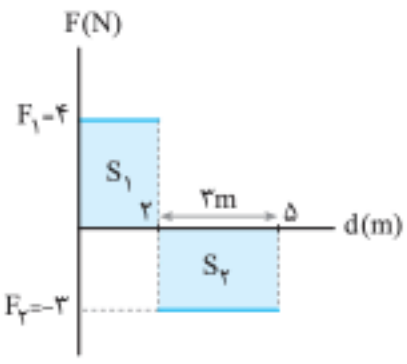
$$W_t = F_{خالص} \cos\theta\, d \xrightarrow[(\theta=0^\circ)]{\text{چون جسم از حال سکون رها شده است، پس } \vec{F}_{خالص} \text{ و } \vec{d} \text{ هم‌جهت‌اند}}$$
$$W_t = 4\times \cos 0^\circ \times 20 = 80\,J$$

گام سوم: محاسبهٔ کار نیروی وزن: $W_{وزن} = +mg\Delta h = 1\times 10\times 20 = 200\,J$

گام چهارم: به جسمی که در حال سقوط آزاد است، دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود. پس کار کل برابر است با:

$$W_t = W_{f_D} + W_{وزن} \Rightarrow 80 = W_{f_D} + 200 \Rightarrow W_{f_D} = -120\,J$$

۴۶. ۱ ۲ ۳ ۴



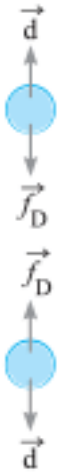
گفته بودیم که مساحت زیر نمودار $F-d$ با کار انجام شده توسط نیرو برابر است:

$$W_{F_1} = +S_1 = 4\times 2 = 8\,J$$
$$W_{F_2} = -S_2 = -(3)\times(3) = -9\,J$$
پس: $W_{کل} = 8 + (-9) = -1\,J$

۴۷. ۱ ۳ ۴

شاید اول فکر کنی چون جسم به نقطهٔ پرتاب برگشته است، جابه‌جایی آن صفر بوده و می‌توان نوشت: $W_{کل\,مقاومت\,هوا} = f_D \cos\theta\, d = 0$

ولی این استدلال کاملاً غلط است. (به نظر شما کجای کار ایراد داره؟! می‌شه یه‌کم فکر کنی بعداً جواب رو بخونی؟)



حل درست: در هنگام بالارفتن نیروی مقاومت هوا رو به پایین است:

و در هنگام پایین‌آمدن نیروی مقاومت هوا رو به بالا است:

قبلاً گفتیم زمانی حق استفاده از رابطهٔ $F\cos\theta d$ را داریم که اندازه و جهت $\vec{F}$ ثابت باشد. اما با توجه به توضیحات داده شده، در این حرکت جهت نیروی اصطکاک تغییر کرده است پس برای کل حرکت نمی‌توان به صورت یکجا از این رابطه استفاده کرد. پس چگونه باید سؤال را حل کرد؟ (بازم اول سعی کن خودت یه‌کم فکر کنی بعد جواب رو بخون).

کافی است یک بار برای مسیر رفت و یک بار برای مسیر برگشت کار نیروی مقاومت هوا (اصطکاک) را حساب کرده و با هم جمع کنیم (دوباره به شکل‌های بالا نیاز داریم).

$$\left.\begin{aligned} \text{در مسیر رفت}: W_{f_D} &= f_D \overbrace{\cos 180^\circ}^{-1} d = -5\times 10 = -50\,J \\ \text{در مسیر برگشت}: W_{f'} &= f_D \overbrace{\cos 180^\circ}^{-1} d = -5\times 10 = -50\,J \end{aligned}\right\}$$
$$\Rightarrow W_{کل} = (-50) + (-50) = -100\,J$$

۴۸. ۱ ۳ ۴

تک‌تک جملات را بررسی می‌کنیم:

الف: این جمله غلط است. چون اگر $K_2 < K_1$ باشد، مقدار ΔK منفی خواهد شد.

ب: این جمله درست است. چون طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی، $W_{کل} = \Delta K$ است و از قبل می‌دانیم $W_{کل}$ برابر جمع کار تک‌تک نیروهاست.

پ: در حالت کلی این جمله غلط است. فقط در حالتی که $v_1 = 0$ باشد، این جمله درست خواهد بود:

$$\Delta K = K_2 - \underbrace{K_1}_{\text{صفر}} = \frac{1}{2}mv_2^2 \Rightarrow \Delta K \propto v^2$$

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 $v_{i_1} = v_{i_2} = 0$ است.)

$$W_{t_1} = W_{t_2} \Rightarrow \frac{1}{2}m(v^2_{f_1} - 0) = \frac{1}{2}(2m)(v^2_{f_2} - 0)$$

$$\Rightarrow v^2_{f_1} = 2v^2_{f_2} \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} v_{f_1} = \sqrt{2} \times v_{f_2}$$

$$\xrightarrow{\sqrt{2}=1/4} v_{f_1} > v_{f_2} \Rightarrow v_1 > v_2$$

۶۵. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی می‌دانیم که کار کل از رابطهٔ $W_t = \Delta K$ به‌دست می‌آید؛ در نتیجه برای این دو حالت می‌توان نوشت:

$$W_t = \Delta K = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) = \begin{cases} W_1 = \frac{1}{2}m(v^2 - 0) = \frac{1}{2}mv^2 \\ W_2 = \frac{1}{2}m((3v)^2 - v^2) = 4mv^2 \end{cases}$$

گام دوم: حالا نسبت $\frac{W_2}{W_1}$ را محاسبه می‌کنیم: $\frac{W_2}{W_1} = \frac{4mv^2}{\frac{1}{2}mv^2} = 8$

نکته: شناخت نیروهای وارد بر جسم:

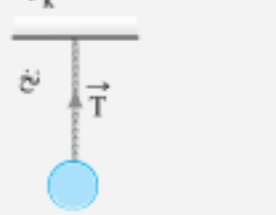
در تست‌هایی که بعد از این حل خواهیم کرد، نیاز است که شما عزیزان نیروهای وارد بر جسم را به خوبی بشناسید، برای همین جدولی آماده کرده‌ایم که در آن نیروهای وارد بر اجسام در حالت‌های مختلف و پرتکرار رسم شده است.

اما قبل از پرداختن به جدول، ابتدا یک بار دیگر نحوهٔ رسم نیروهای مختلف را یادآوری می‌کنیم:

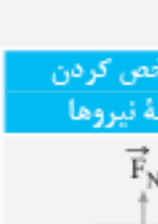
الف: نیروی وزن $(\vec{mg})$: در راستای قائم و رو به پایین رسم می‌شود.

ب: نیروی عمودی سطح $(\vec{F}_N)$: در راستای عمود بر سطح و در جهت خارج‌شدن از جسم رسم می‌شود.

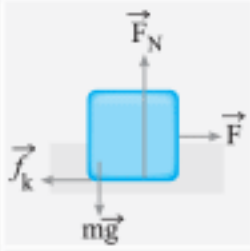
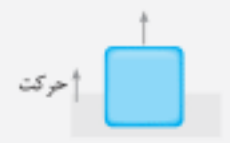
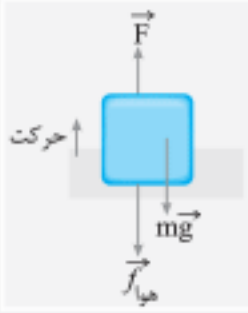
پ: اصطکاک یا مقاومت هوا $(\vec{f}_{هوا})$: در خلاف جهت حرکت رسم می‌شود.

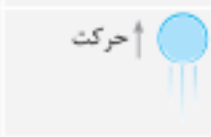
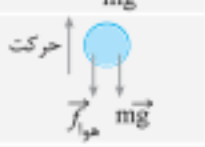


ت: نیروی کشش نخ $(\vec{T})$: همواره در راستای نخ و در جهت خارج‌شدن از جسم رسم می‌شود.

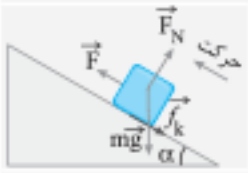


حالا می‌توانیم به جدول زیر بپردازیم:

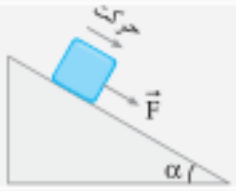
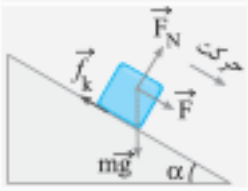
نوع حرکت	شکل موجود در صورت سؤال	مشخص کردن همهٔ نیروها
۱ کشیدن جسم روی سطح افقی		
۲ بردن جسم رو به بالا در راستای قائم		

۳ سقوط جسم در راستای قائم و رو به پایین		
۴ پرتاب جسم در راستای قائم و رو به بالا		

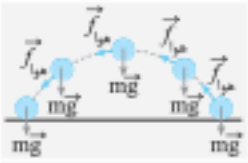
توضیحات: پس از پرتاب نیروی محرک وجود ندارد.

۵ جسم در حال کشیده‌شدن رو به بالا		

توضیحات: اگر جسم رو به بالا پرتاب شود، نیروی $\vec{F}$ در این شکل‌ها حذف خواهد شد.

۶ جسم در حال کشیده‌شدن 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، $\vec{f}_{هوا}$ از شکل حذف می‌شود و جسم 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:

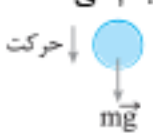
الف: در حالت‌های (۱)، (۵)، (۶)، (۹) و (۱۰) چون نیروی عمودی سطح $\vec{F}_N$ بر راستای حرکت عمود است، کار این نیرو صفر است.

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 $(\vec{mg})$ است؛ پس کار آن با کار کل برابر بوده و می‌توان نوشت:



۲۶۱. ۴ گرم بخار آب ۱۰۰°C حداکثر چند گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را می‌تواند به‌طور کامل ذوب کند؟ $(L_V = ۲۲۶۸\frac{J}{g}\ ،L_F = ۳۳۶\frac{J}{g}$ و $c_{آب} = ۴/۲\frac{J}{g°C})$

۱) ۲۷ ۲) ۲۸ ۳) ۳۲ ۴) ۱۸/۵

۲۶۲. در ظرفی مقداری یخ صفر درجهٔ سلسیوس موجود است. اگر ۸۰۰g آب ۲۰°C را در ظرف بریزیم و مبادلهٔ گرما فقط بین یخ و آب باشد، ۸۰٪ از جرم یخ ذوب می‌شود. جرم اولیهٔ یخ چند گرم بوده است؟ $(L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ و $c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg°C})$

۱) ۲۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۵۰۰

۲۶۳. یک قطعه یخ به جرم ۵۰۰g با دمای ۱۰°C− را درون ظرفی حاوی ۵۰۰g آب با دمای ۶۰°C می‌اندازیم. اگر انتقال انرژی مخلوط آب و یخ با ظرف و هوا ناچیز باشد، پس از برقراری تعادل گرمایی، چند گرم از یخ در ظرف باقی می‌ماند؟ $(c_{یخ} = ۲/۱\frac{kJ}{kg°C}\ ،L_F = ۳۳۰\frac{kJ}{kg}$ و $c_{آب} = ۴/۲\frac{kJ}{kg°C})$

۱) ۵۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۳۵۰ ۴) ۲۵۰

۲۶۴. در گرماسنجی با ظرفیت گرمایی $۲۱۰۰\frac{J}{°C}$، ۲۰۰ گرم آب وجود دارد و مجموعه در دمای ۶۰°C در تعادل گرمایی است. اگر یک قطعهٔ ۳۰۰ گرمی یخ با دمای صفر درجهٔ سلسیوس در داخل آب بیندازیم، دمای تعادل مجموعه در حالت جدید به ۱۹°C می‌رسد. گرمای نهان ذوب یخ در این آزمایش چند $\frac{J}{kg}$ خواهد شد؟ $(c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg°C}$ ، $c_{یخ} = ۲۱۰۰\frac{J}{kg°C})$

۱) $۳/۲۲\times۱۰^۵$ ۲) $۳/۶۲\times۱۰^۵$ ۳) $۳/۲۴\times۱۰^۵$ ۴) $۳/۳۶\times۱۰^۵$

۲۶۵. ظرف هایقی محتوی m کیلوگرم آب صفر درجهٔ سلسیوس است. بر اثر تبخیر سطحی، مقداری از آب، بخار و بقیه تبدیل به یخ صفر درجهٔ سلسیوس می‌شود. اگر گرمای نهان ویژهٔ تبخیر آب را $۲۴۰۰\frac{kJ}{kg}$ و گرمای نهان ویژهٔ ذوب یخ را $۳۰۰\frac{kJ}{kg}$ فرض کنیم، جرم یخ باقی‌مانده، چند برابر جرم آب بخارشده است؟ (آب با محیط اطراف تبادل گرما ندارد.)

۱) ۸ ۲) $\frac{۱}{۸}$ ۳) ۹ ۴) $\frac{۱}{۹}$

۲۶۶. درون ظرفی، یک کیلوگرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با یک کیلوگرم آب ۴۰ درجهٔ سلسیوس مخلوط می‌کنیم. با صرف‌نظر از تبادل گرمای آب و یخ با ظرف و محیط، کدام‌یک از گزینه‌های زیر بعد از تعادل آب و یخ صحیح است؟ $(L_F = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ و $c_{آب} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg°C})$

۱) ۱/۲۵ کیلوگرم آب و ۰/۷۵ کیلوگرم یخ در ظرف باقی می‌ماند.
۲) ۱/۵ کیلوگرم آب و ۰/۵ کیلوگرم یخ در ظرف باقی می‌ماند.
۳) ۲ کیلوگرم آب صفر درجهٔ سلسیوس در ظرف باقی می‌ماند.
۴) ۱/۷۵ کیلوگرم آب و ۰/۲۵ کیلوگرم یخ در ظرف باقی می‌ماند.

آزمون پایانی فصل

مدت زمان پیشنهادی: ۳۰ دقیقه

۱. کدام گزینه دربارهٔ فرایند ذوب نادرست است؟
۱) افزایش فشار وارد بر جسم در بیشتر موارد، سبب پایین رفتن نقطهٔ ذوب می‌شود.
۲) افزایش فشار بر یخ، سبب کاهش اندک نقطهٔ ذوب آن می‌شود.
۳) فرایند ذوب، عملی گرماگیر است.
۴) گرمایی که جسم در نقطهٔ 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 ـ سیاه ۲) سفید ـ سیاه ۳) آبی ـ قرمز ۴) قرمز ـ 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 ـ کمتر ۲) بیشتر ـ بیشتر ۳) کمتر ـ بیشتر ۴) بیشتر ـ کمتر

۵. دمای ۱۲۲ درجهٔ فارنهایت معادل با چند درجهٔ سلسیوس و چند کلوین است؟ (ریاضی ۹۸)
۱) ۵۰ و ۳۳۲ ۲) ۵۰ و ۳۲۳ ۳) ۵۹ و ۳۳۲ ۴) ۵۹ و ۳۲۳

۶. گرمکنی در هر ثانیه ۵۰۰ J گرما می‌دهد. چند دقیقه طول می‌کشد تا این گرمکن ۱۰۰ گرم آب ۱۰۰°C را به بخار آب ۱۰۰°C تبدیل کند؟ $(L_V = 2250 \frac{kJ}{kg})$ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۵ ۲) ۷/۵ ۳) ۱۰ ۴) ۱۲/۵

۷. مقدار ۳۰۰ گرم آب ۲۰°C را با ۲۰۰ گرم آب ۸۰°C مخلوط می‌کنیم، اگر اتلاف گرما نباشد، دمای تعادل چند °C می‌شود؟ $(c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg.K})$

۱) ۵۰ ۲) ۴۰ ۳) ۴۲ ۴) ۴۴

۸. دمای ذوب فلز گالیم (Ga) ۲۹/۸°C و گرمای نهان ذوب آن $80/4 \frac{kJ}{kg}$ است. اگر ۵ گرم از این فلز با دمای ۱۹/۸°C را در دست بگیریم، تا زمانی که به طور کامل ذوب شود، چند ژول گرما از دست ما می‌گیرد؟ (گرمای ویژهٔ گالیم $370 \frac{J}{kg.K}$ است.) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۴۱۸/۵ ۲) ۴۲۰/۵ ۳) ۴۲۵ ۴) ۸۰۴

۹. به وسیلهٔ یک گرمکن الکتریکی با توان ثابت به مقداری یخ °C۰ گرما می‌دهیم. اگر ۱۶ دقیقه طول بکشد تا یخ ذوب شود، چند دقیقهٔ دیگر طول می‌کشد تا آب حاصل از ذوب یخ به دمای جوش در فشار 1atm برسد؟ (اتلاف گرما ناچیز است و $L_F = 80 c_{آب}$)

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۲۵ ۴) ۴۰

۱۰. قطعه فلزی به جرم ۲/۵ کیلوگرم و دمای ۶۸°C را روی یک قطعه یخ بزرگ °C۰ قرار می‌دهیم. اگر تبادل گرما فقط بین یخ و فلز باشد، چند گرم یخ ذوب می‌شود؟ $(c_{فلز} = 380 \frac{J}{kg.K}$ و $L_F = 3/4 \times 10^5 \frac{J}{kg})$ (کنکور زیرخاکی)

۱) ۹۵ ۲) ۱۹۰ ۳) ۳۸۰ ۴) ۵۷۰

۱۱. ۱۰۰ گرم یخ °C۰ را داخل ۴۰۰ گرم آب ۳۰°C می‌اندازیم. اگر تبادل گرما فقط بین آب و یخ باشد، پس از برقراری تعادل گرمایی دمای آب چند درجهٔ سلسیوس است؟ $(L_F = 336000 \frac{J}{kg}$ و $c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg.K})$ (تجربی خارج ۹۴)

۱) صفر ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۲

۱۲. درون ظرفی ۲۰۰ گرم یخ °C۱۰− وجود دارد. حداقل چند گرم آب با دمای °C۲۰ به آن اضافه کنیم، تا تمام یخ ذوب شود؟ (تبادل گرما فقط بین آب و یخ انجام می‌شود و $c_{یخ} = 2/1 \frac{J}{g.K} = \frac{1}{2} c_{آب}$ و $L_F = 336 \frac{J}{g}$) (ریاضی ۹۲)

۱) ۵۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۸۵۰ ۴) ۱۲۰۰

۱۳. مقدار ۵۰۰ گرم آب °C۲۰ را درون یک یخ‌ساز قرار می‌دهیم. چند کیلوژول گرما باید از آب گرفته شود، تا به یخ °C۱۰− تبدیل شود؟ $(L_F = 336 \frac{kJ}{kg}$ و $c_{آب} = \frac{1}{2} c_{یخ} = 2100 \frac{J}{kg.K})$

۱) ۲۰۵ ۲) ۲۱۵ ۳) ۲۲۰/۵ ۴) ۲۲۸/۵

۱۴. درون چالهٔ کوچکی مقداری آب °C۰ وجود دارد. اگر در اثر تبخیر سطحی، بخشی از آب تبخیر شده و بقیهٔ آن یخ بزند، چند درصد از آب تبخیر شده است؟ (تبادل گرما با محیط وجود ندارد و $L_V = 7 L_F$) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۱۰ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۸ ۴) ۱۵

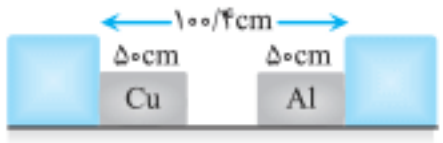
۱۵. در دمای °C۱۰ دو میلهٔ فلزی A و B دارای طول برابر 1m هستند. اگر دمای دو میله را به °C۵۱۰ برسانیم، اختلاف طول آن‌ها برابر 1mm می‌شود. اختلاف ضرایب انبساط طولی این دو فلز چند واحد SI است؟

۱) 2×10^{-6} ۲) 4×10^{-6} ۳) $2/5 \times 10^{-6}$ ۴) 5×10^{-5}

۱۶. ضریب انبساط طولی آلومینیم $2/3 \times 10^{-5} \frac{1}{K}$ است و روی یک ورقهٔ تخت آلومینیمی، حفرهٔ دایره‌ای شکل ایجاد کرده‌ایم که مساحت آن در دمای صفر درجهٔ سلسیوس $50\ cm^2$ است. اگر دمای ورقه را به آرامی به ۸۰ درجهٔ سلسیوس برسانیم، مساحت حفره چند سانتی‌متر مربع می‌شود؟ (تجربی ۹۸)

۱) ۴۹/۸۱۶ ۲) ۴۹/۹۰۸ ۳) ۵۰/۰۹۲ ۴) ۵۰/۱۸۴

۱۷. دو میلهٔ مسی و آلومینیمی بین دو دیوارهٔ ثابت قرار دارند. دمای دو میله را چند کلوین بالا ببریم تا دو میله به یکدیگر برسند؟ $(\alpha_{Al} = 2/2 \times 10^{-5} \frac{1}{K}, \alpha_{مس} = 1/7 \times 10^{-5} \frac{1}{K})$ (تجربی خارج ۹۸)



۱) ۴۷۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۲۵۰ ۴) ۳۴۷

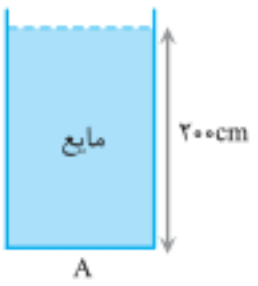
۱۸. به دو جسم هم‌حجم A و B گرمای مساوی داده‌ایم. اگر گرمای ویژهٔ A دو برابر گرمای ویژهٔ B و همچنین چگالی A دو برابر چگالی B باشد، تغییر دمای جسم A چند برابر تغییر دمای جسم B است؟ (تجربی ۹۸)

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

۱۹. یک گلولهٔ سربی به شعاع 1cm و جرم 44g در دمای °C۰ قرار دارد. اگر دمای گلوله به °C۱۰۰ برسد، چگالی آن چند کیلوگرم بر متر مکعب و چگونه تغییر می‌کند؟ $(\pi = 3$ و $\alpha_{سرب} = 3 \times 10^{-5} \frac{1}{K})$ (ریاضی خارج ۹۸)

۱) ۳۳، کاهش می‌یابد. ۲) ۳۳، افزایش می‌یابد. ۳) ۹۹، کاهش می‌یابد. ۴) ۹۹، افزایش می‌یابد.

۲۰. در شکل مقابل ضریب انبساط طولی ظرف $6 \times 10^{-5} \frac{1}{K}$ و ضریب انبساط حجمی مایع $10^{-4} \frac{1}{K}$ است و در دمای °C۱۰ مقدار 2cm از ارتفاع ظرف خالی است. تقریباً در چه دمایی مایع ظرف را کاملاً پر می‌کند؟ (سطح مقطع ظرف ثابت فرض شود.)



۱) ۲۵۰ ۲) ۲۶۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۲۴۰

جرم آبی را که یخ را ذوب می‌کند حساب می‌کنیم:

$$Q_{آب} = m_{یخ} c_{آب} \Delta\theta_{آب} = m_{یخ} L_F = ۲۰۰ \times ۸۰ c_{آب}$$

$$\Rightarrow m_۲ \times c_{آب} \times (۲۰ - ۱) = ۲۰۰ \times ۸۰ c_{آب} \Rightarrow m_۲ = ۸۰۰ g$$

جرم دو مقدار از آب را جمع می‌کنیم:

$$m_{کل} = m_۱ + m_۲ = ۵۰ + ۸۰۰ = ۸۵۰ g$$

۱۳. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: گرمای لازم که باید از آب گرفته شود تا به صفر درجهٔ سلسیوس برسد را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_۱ = mc\Delta\theta \ , \ ۵۰ g = ۰/۵ kg \Rightarrow Q_۱ = ۰/۵ \times c_{آب} \times (۲۰ - ۱)$$

$$\Rightarrow Q_۱ = ۲۰ \times ۰/۵ \times c_{آب} = ۱۰ c_{آب}$$

گام دوم: گرمای گرفته‌شده لازم برای انجماد آب را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_۲ = mL_F \ , \ L_F = ۸۰ c_{آب} \Rightarrow Q_۲ = ۰/۵ \times ۸۰ c_{آب}$$

$$\Rightarrow Q_۲ = ۴۰ c_{آب}$$

گام سوم: گرمای گرفته‌شده برای رساندن دمای آب به $-۱۰^\circ C$ را حساب می‌کنیم:

$$Q_۳ = mC\Delta\theta, c_{یخ} = \frac{۱}{۲} c_{آب} \Rightarrow Q_۳ = ۰/۵ \times \frac{۱}{۲} c_{آب} \times (۰ - (-۱۰))$$

$$\Rightarrow Q_۳ = ۲/۵ c_{آب}$$

گام چهارم: و در آخر گرماهای به‌دست آمده را با هم جمع می‌کنیم:

$$Q_{کل} = Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ = ۱۰ c_{آب} + ۴۰ c_{آب} + ۲/۵ c_{آب}$$

$$Q_{کل} = ۵۲/۵ c_{آب} \ , \ c_{آب} = ۲ c_{یخ} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg}$$

$$\Rightarrow Q_{کل} = ۵۲/۵ \times ۴۲۰۰ = ۲۲۰۵۰۰ J = ۲۲۰/۵ kJ$$

۱۴. ۱ ۲ ۳ ۴

تذکر: تبادل گرما به این‌صورت است که بخشی از آب گرما را از بقیه آب می‌گیرد و تبخیر می‌شود و بخش دیگر آب که گرما از دست داده یخ می‌زند. پس گرمای گرفته‌شده برای تبخیر بخشی از آب برابر گرمای گرفته‌شده از بخش دیگر است.

پس می‌نویسیم: $Q_{تبخیر} = Q_{انجماد} \Rightarrow m_۱ L_V = m_۲ L_F$

($m_۱$ برابر جرم آب تبخیرشده و $m_۲$ برابر جرم آب یخ‌زده است.)

و طبق اطلاعات سؤال: $L_V = ۷ L_F \Rightarrow m_۱ \times ۷ L_F = m_۲ \times L_F$

$$\Rightarrow \frac{m_۱}{m_۲} = \frac{۱}{۷} \Rightarrow \frac{m_۱}{m_۱ + m_۲} = \frac{۱}{۱ + ۷} = \frac{۱}{۸} = ۱۲/۵٪$$

۱۵. ۱ ۲ ۳ ۴

$$\Delta L_A - \Delta L_B = ۱ mm = ۱ \times ۱۰^{-۳} m$$

$$\Delta L_A = L_A \times \alpha_A \times \Delta\theta \ , \Delta L_B = L_B \times \alpha_B \times \Delta\theta$$

$$L_A = L_B = ۱ m \ , \Delta\theta = (۵۱۰ - ۱۰) = ۵۰۰^\circ C$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta L_A = ۱ \times ۵۰۰ \times \alpha_A = ۵۰۰ \alpha_A \\ \Delta L_B = ۱ \times ۵۰۰ \times \alpha_B = ۵۰۰ \alpha_B \end{cases}$$

$$۵۰۰ \alpha_A - ۵۰۰ \alpha_B = ۵۰۰ (\alpha_A - \alpha_B) = ۱۰^{-۳}$$

$$\Rightarrow (\alpha_A - \alpha_B) = \frac{۱۰^{-۳}}{۵۰۰} = ۲ \times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{K}$$

۱۶. ۱ ۲ ۳ ۴

روش اول: می‌دانیم که ضریب انبساط سطحی دو برابر ضریب انبساط حجمی است.

$$A_۲ = A_۱ (۱ + ۲\alpha\Delta\theta)$$

$$\Rightarrow A_۲ = ۵۰ \times (۱ + (۲ \times ۲/۳ \times ۱۰^{-۵}) \times (۸۰ - ۰) = ۵۰/۱۸۴$$

روش دوم: با توجه به این‌که با افزایش دما مساحت جسم زیاد می‌شود، **گزینهٔ ۱ و ۲** حذف می‌شوند. سپس تغییر مساحت را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta A = A \times ۲\alpha\Delta\theta$$

$$= ۵۰ \times ۲ \times ۲/۳ \times ۱۰^{-۵} \times (۸۰ - ۰) = ۰/۱۸۴$$

با نگاه به **گزینهٔ ۴**، گزینه صحیح را می‌یابیم.

۱۷. ۱ ۳ ۴

مجموع انبساط دو میله برابر $(۱۰۰/۴ - (۲ \times ۵۰) = ۰/۴ cm)$ است:

$$\Delta L_{Al} + \Delta L_{Cu} = ۰/۴$$

$$\Rightarrow (۵۰ \times ۲/۳ \times ۱۰^{-۵} \times \Delta\theta) + (۵۰ \times ۱/۷ \times ۱۰^{-۵} \times \Delta\theta) = ۰/۴$$

$$\Rightarrow ۵۰ \times \Delta\theta (۲/۳ + ۱/۷) \times ۱۰^{-۵}) = ۰/۴$$

$$\Rightarrow ۵۰ \times ۴ \times ۱۰^{-۵} \times \Delta\theta = ۰/۴ \Rightarrow \Delta\theta = \frac{۰/۴}{۵۰ \times ۴ \times ۱۰^{-۵}}$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{۰/۴ \times ۱۰^{۵}}{۲۰۰} = ۲۰۰ K$$

۱۸. ۲ ۳ ۴

$$Q_A = Q_B \ , \ c_A = ۲ c_B$$

$$\rho_A = ۲\rho_B \ , \ V_A = V_B \Rightarrow m_A = ۲ m_B$$

$$Q_A = m_A c_A \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B = Q_B$$

$$\Rightarrow Q_A = ۲ m_B \times ۲ c_B \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B = Q_B$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} = \frac{m_B c_B}{۲ m_B \times ۲ c_B} = \frac{۱}{۴}$$

۱۹. ۱ ۲ ۳ ۴

با افزایش دما، حجم ماده افزایش یافته و در نتیجه چگالی آن کم می‌شود.

$$\rho = \frac{m}{V} \ , \ \beta = ۳\alpha$$

$$۱ cm = ۰/۰۱ m \ , \ ۴۴ g = ۰/۰۴۴ kg$$

$$\rho_۱ = \frac{m}{V} \ , \ V = \frac{۴}{۳}\pi r^۳ = \frac{۴}{۳} \times ۳ \times (۰/۰۱)^۳ = ۴ \times ۱۰^{-۶} m^۳$$

$$\rho_۱ = \frac{۰/۰۴۴}{۴ \times ۱۰^{-۶}} = \frac{۴۴ \times ۱۰^{۳}}{۴} = ۱۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$$

$$\rho_۲ = \rho_۱ (۱ - \beta\Delta\theta) \Rightarrow \rho_۲ - \rho_۱ = \rho_۱ \times (-\beta\Delta\theta)$$

$$\Rightarrow \rho_۲ - \rho_۱ = ۱۱۰۰۰ \times (-۳ \times ۳ \times ۱۰^{-۵}) \times (۱۰۰ - ۰) = -۹۹ \frac{kg}{m^۳}$$

۲۰. ۱ ۳ ۴

با افزایش دما حجم مایع و ارتفاع ظرف هر دو افزایش می‌یابند؛ اما انبساط مایع بیشتر از ظرف است و در یک دما ارتفاع مایع برابر ارتفاع ظرف خواهد شد.

تغییر حجم ظاهری برابر اختلاف تغییر حجم مایع و ظرف است که مساوی با حاصل‌ضرب سطح مقطع ظرف در اختلاف سطح مایع و لبه‌ی ظرف است.

ارتفاع ظرف را تقریباً $۲۰۰ cm$ فرض می‌کنیم.

$$\Delta V_{ظاهری} = \Delta V_{مایع} - \Delta V_{ظرف} = ۲ \times A$$

$$\Rightarrow ۲ \times A = (۲۰۰ A \times ۱۰^{-۴}) \times \Delta\theta = -(۲۰۰ A \times ۶ \times ۱۰^{-۵}) \times \Delta\theta$$

$$\Rightarrow ۲A = \Delta\theta \times ۲۰۰ A \times (۱۰^{-۴} - ۶ \times ۱۰^{-۵})$$

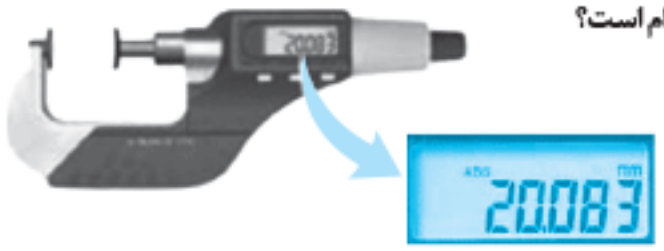
$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{۲\cancel{A}}{۲۰۰\cancel{A} \times ۴ \times ۱۰^{-۵}} = \frac{۱}{۴ \times ۱۰^{-۳}}$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = ۲۵۰^\circ C = \theta_۲ - \theta_۱ \Rightarrow \theta_۲ = ۲۶۰^\circ C$$

سؤالات کنکور ۱۴۰۰

فصل ۱

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



۱) ریزسنج و ۰/۰۰۱mm
۲) کولیس و ۰/۰۰۱mm
۳) ریزسنج و ۰/۰۰۳mm
۴) کولیس و ۰/۰۰۳mm

۲. یکای فرعی فشار کدام است؟

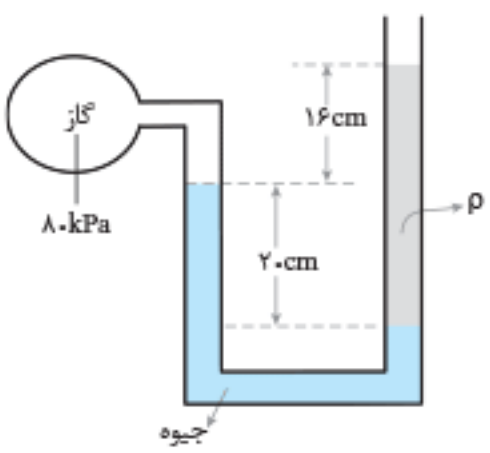
۱) Pa
۲) $\frac{kg}{m.s^2}$
۳) $\frac{kg.m}{s^2}$
۴) $\frac{N}{m.s}$

فصل ۲

۳. در مکانی که فشـــار هوا $1/026\times10^5\ Pa$ است، اگر از عمق ۱۰ سانتی‌متری مایعی، به عمق ۵۳ سانتی‌متری برویم، فشار ۱/۵ برابر می‌شود. چگالی مایع چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$

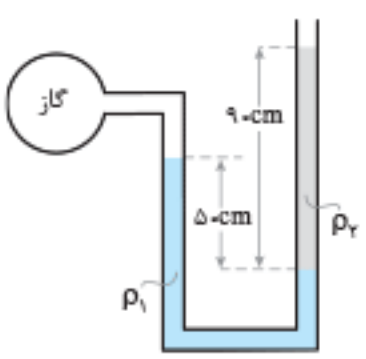
۱) ۲/۵
۲) ۲/۶
۳) ۱۳/۵
۴) ۱۳/۸

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



۱) ۱۰۰۰
۲) ۱۵۰۰
۳) ۲۰۰۰
۴) ۲۵۰۰

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



۱) ۳۰۰۰
۲) ۳۶۰۰
۳) ۵۰۰۰
۴) ۵۸۰۰

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

۱) ۹۶
۲) ۹۷
۳) ۹۸
۴) ۹۹

فصل ۱

۱. گزینهٔ ۱ با توجه به شکل تمرین آخر فصل کتاب درسی وسیلهٔ موردنظر ریزسنج است و دقت آن ۰/۰۰۱mm است.

۲. گزینهٔ ۲ با توجه به رابطهٔ فشار داریم:

$$\begin{cases} P=\frac{F}{A}\Rightarrow P_{\text{یکای}}=\frac{N}{m^2} \\ F=ma\Rightarrow N=\frac{kg.m}{s^2} \end{cases} \Rightarrow P_{\text{یکای}}=\frac{\frac{kg.m}{s^2}}{m^2}\Rightarrow P_{\text{یکای}}=\frac{kg}{m.s^2}$$

فصل ۲

۳. گزینهٔ ۳

گام اول: با توجه به رابطهٔ فشار مایعات داریم: $P=\rho gh+P_0$

$$h_1=0/1m\Rightarrow P_1=\rho\times10\times0/1+1/026\times10^5=\rho+1/026\times10^5$$

$$h_2=0/53m\Rightarrow P_2=\rho\times10\times0/53+1/026\times10^5$$

$$=5/3\rho+1/026\times10^5$$

گام دوم: $P_2=1/5P_1\Rightarrow5/3\rho+1/026\times10^5=1/5(\rho+1/026\times10^5)$

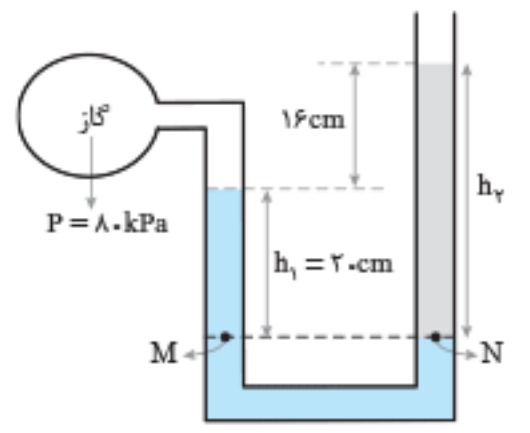
$$\Rightarrow(5/3-1/5)\rho=(1/5-1)\times1/026\times10^5$$

$$\Rightarrow\rho=13500\frac{kg}{m^3}=13/5\frac{g}{cm^3}$$

۴. گزینهٔ ۳ مطابق شکل زیر، دو نقطهٔ N و M هم‌تراز هستند: پس می‌توان نوشت: $P_M=P_N\Rightarrow P_{\text{گاز}}+\rho_1gh_1=P_0+\rho gh_2$

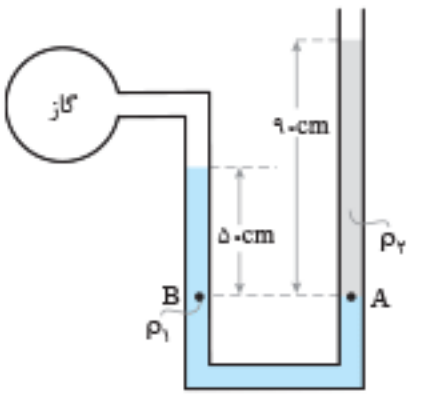
$$\Rightarrow80\times10^3+13600\times10\times0/2=10^5+\rho\times10\times(0/36)$$

$$\Rightarrow\rho=2000\frac{kg}{m^3}$$



۵. گزینهٔ ۱

اگر فشار گاز درونی مخزن را P در نظر بگیریم، با توجه به برابری فشار در نقاط هم‌تراز درون یک مایع داریم:



$$P_A=P_B$$

$$\Rightarrow\rho_1gh_1+P=\rho_2gh_2+P_0$$

$$\Rightarrow P-P_0=\rho_2gh_2-\rho_1gh_1$$

$$\Rightarrow P-P_0=1000\times10\times0/9-1200\times10\times0/5$$

$$\Rightarrow P-P_0=9000-6000=3000Pa$$

۶. گزینهٔ ۳

$$P=\rho gh+P_0\begin{cases}100\times10^3=\rho\times10\times\frac{5}{100}+P_0 & (1)\\ 106\times10^3=\rho\times10\times\frac{20}{100}+P_0 & (2)\end{cases}$$

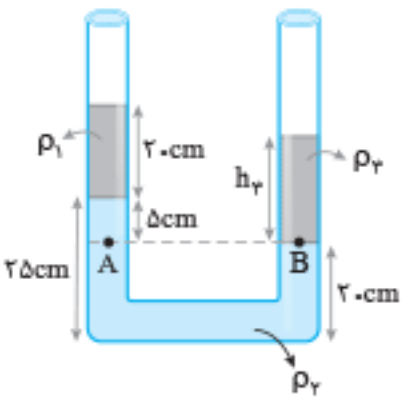
اگر دو رابطهٔ (۲) و (۱) را از یکدیگر کم کنیم، داریم:

$$(106-100)\times10^3=\rho\times(2-0/5)\Rightarrow\rho=4\times10^3\frac{kg}{m^3}$$

$$\xrightarrow{\text{جایگذاری در رابطهٔ (۱)}}100\times10^3=\rho\times10\times\frac{5}{100}+P_0$$

$$\Rightarrow10^5=4\times10^3\times10\times\frac{5}{100}+P_0\Rightarrow P_0=0/98\times10^5Pa=98\ kPa$$

۷. گزینهٔ ۱



گام اول: با توجه به برابری فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع ساکن، داریم:

$$P_A=P_B$$

$$\Rightarrow\rho_1h_1+\rho_2h_2=\rho_3h_3$$

$$\Rightarrow0/8\times20+2/4\times5=\rho_3h_3$$

$$\rho_3h_3=16+12=28\frac{g}{cm^3}$$

گام دوم: با توجه به رابطهٔ چگالی داریم:

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow m_3=\rho_3V_3=\rho_3h_3A=28\times2\Rightarrow m_3=56g$$

۸. گزینهٔ ۴

$$\text{آهنگ شارش حجمی شاره}=\frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}}=Av$$

با توجه به معادلهٔ پیوستگی ($A_Av_A=A_Bv_B$) آهنگ شارش حجمی از مقطع A با آهنگ شارش حجمی از مقطع B برابر است:

$$\frac{A_Av_A}{A_Bv_B}=1$$

فصل ۳

۹. گزینهٔ ۴

گام اول: $E_i=2000J$ انرژی ورودی

$$E_o=K+\cancel{U}=\frac{1}{2}mV^2=\frac{1}{2}\times50\times8^2=1600J$$ انرژی خروجی

گام دوم: $\text{بازده}=\frac{E_o}{E_i}\times100=\frac{1600}{2000}\times100=80\%$

۱۰. گزینهٔ ۴