

# فیزیکا

**آموزش و تست دهم**  
پُر از تست‌های دوست‌داشتنی

• نصراله افاضل • اکبر کوهی فائق  
• حمیدرضا عارف‌پور • سعید نصیری  
• مدیر و ناظر علمی گروه فیزیک: نصراله افاضل



# مقدمه




شما، دانش‌آموز رشته تجربی به خوبی آگاهید که برای پیشرفت تحصیلی و ورود به دانشگاه و تحصیل در رشته مورد نظرتان علاوه بر تلاش فراوان، باید بسیار منظم و دقیق باشید، زیرا در رقابت‌های فشرده و سخت، جزئیات، بسیار مهم و سرنوشت‌ساز است. از هر مورد، هرچند کوچک، نباید به سادگی عبور کرد، مگر مطمئن باشید که به آنها مسلط هستید.

درس فیزیک نیز جزئیات فراوان و سرنوشت‌ساز دارد. بر این اساس، در این کتاب کوشیده‌ایم ضمن حفظ حرکت هدفمند با رویکرد آموزشی، جزئیات را نیز برای شما آشکار کنیم. تلاش کردیم با استفاده از تجربه گروهی از دبیران خلاق، پیچ و خم‌های مباحث فیزیک دهم را هرچه بیشتر برایتان بازگو کنیم. آموزش کامل و متناسب با ساختار کتاب درسی، همچنین تست‌های متنوع اما غیر تکراری را با پاسخ‌های ابرتشریحی و مفهومی همراه با روش‌های گوناگون تستی در اختیار شما قرار دهیم. کتاب را به گونه‌ای نوشتیم که شما با استفاده از آن بر مفاهیم و نکات آموزشی فیزیک، پایه دهم، مسلط شوید و به مهارت و توانایی بالاتری در پاسخ به تست‌ها دست یابید.

## برخی از ویژگی‌های این کتاب

- ۱ ساختار منطقی آموزشی و متناسب با آخرین تغییرات کتاب درسی به طوری که شما می‌توانید پس از تدریس دبیر محترم و یادگیری مفاهیم هر بخش، تست‌های مربوط به جلسه تدریس را پاسخ دهید.
- ۲ درسنامه‌های جامع و روان که به منظور درک عمیق‌تر مفاهیم برای شما نگاشته شده است.
- ۳ سوال‌های کنکور سراسری و تست‌های تالیفی شبیه‌سازی شده با کنکور که حاصل خرد جمعی مولفان است.
- ۴ تست‌ها تیپ‌بندی شده‌اند و در هر بخش بر اساس روند آموزشی و از تست‌های ساده به دشوار چیده شده‌اند تا یادگیری برایتان لذت‌بخش و آسان‌تر باشد و قوت قلب بیشتری بیابد.
- ۵ پوشش صددرصدی و نعل به نعل تمرین‌ها، فعالیت‌ها، مسئله‌ها و تصویرهای کتاب درسی که در قالب تست آورده شده‌اند.
- ۶ پاسخ‌های ابرتشریحی مفهومی همراه با ارائه روش‌های تستی متنوع
- ۷ راهبردهای آموزشی همراه با آخرین فوت‌وفن‌های مورد نیاز برای پاسخ سریع تست‌ها
- ۸ تذکرها و یادآوری‌های بسیار مفید در پاسخ‌نامه که تکمیل‌کننده آموزش مفاهیم درسی است.
- ۹ آزمون استاندارد در پایان هر فصل برای محک زدن و اطمینان از تلاش و زحمتی که به کار بردید.
- ۱۰ امکان استفاده از انیمیشن‌ها و آزمایش‌های جذاب و مفهومی مرتبط با درسنامه که به شما در یادگیری و تسلط مفاهیم کمک می‌کند.

## راهنمای استفاده از کتاب

- مرحله اول:** پیش از شروع باید مطمئن باشید که مفاهیم درسی که دبیر گرامی تدریس کرده‌اند را به خوبی یاد گرفته‌اید و تمرینات کتاب درسی و مثال‌های آن را کار کرده باشید. توصیه می‌کنیم که در این مرحله، کتاب کار فیزیک ۱ مهر و ماه را کار کنید.
- مرحله دوم:** درسنامه‌ای را که در بخش مورد نظر آورده‌ایم به دقت مطالعه و خلاصه‌نویسی کنید.
- مرحله سوم:** تست‌های شاخص بخش، (تست‌هایی که با علامت  مشخص شده‌اند) را پاسخ دهید و حتما پاسخ‌نامه تشریحی را هم مطالعه کنید. در این مرحله، مفاهیم این بخش در ذهنتان تثبیت می‌شود.
- مرحله چهارم:** دیگر تست‌های بخش را به ترتیب (سعی کنید ترتیب را رعایت کنید) پاسخ دهید. کوشیده‌ایم ترتیب تست‌ها از ساده به دشوار باشد.

**مرحله پنجم:** پاسخ تشریحی را مطالعه کنید تا بر مفاهیم درسی مسلط شوید. (اگرچه گزینه درست را انتخاب کرده باشید،) بخشی از یادگیری و تسلط شما با مطالعه پاسخ نامه انجام می شود.  
**مرحله ششم:** در پایان هر فصل آزمون استاندارد را پاسخ دهید.

### و اما قدردانی...

در پایان وظیفه خود می دانم که از همه همکاران مهروماهی عزیز که برای به ثمر رساندن این کتاب، مولفین را یاری نمودند سپاسگزارم:

- جناب آقای احمد اختیاری، مدیر فرزانه انتشارات مهروماهی که از هرگونه راهنمایی و حمایت فروگذاری نکردند!
- جناب آقای استاد محمدحسین انوشه، مدیر شورای تالیف که از تجربه غنی تالیف و مدیریت خود، ما را بهره مند ساختند!
- استاد محمد طالب که زحمت ویرایش علمی کتاب را به عهده داشتند و راهنمایی های سازنده ای در این کتاب ارائه دادند!
- سرکار خانم زهرا خوشنود، مدیر اجرایی دروس اختصاصی که لطف و زحمت ایشان جبران ناشدنی است!
- همکاران گروه هنری که با طراحی زیبای جلد و صفحه های داخل کتاب بر ارزش آن افزودند!
- سرکار خانم سمیه جباری، مدیر تولید که با پیگیری و تلاش ایشان و همکارانشان کتاب به مرحله چاپ رسید!
- سرکار خانم الهام پیلوایه مسئول فنی و صفحه آرا، که کتاب را با دقت هرچه تمام تر صفحه آرایی کردند و آراستند!
- سرکار خانم الناز رضوانی و آقای محسن کامران پور حروف نگاران، خانم ها فرشته شاهبیک و منصوره محمدی، رسام شکل های کتاب!
- خانم ها سیده سکینه موسوی، کیانا معظمی و تکتم کاظمی که در ویرایش علمی و ساختاری کتاب، اهتمام کامل ورزیدند!
- همچنین از خانم فرزانه قنبری، مدیر روابط عمومی، آقای عباس گودرزی، مدیر فروش و آقای امیر انوشه مدیر سایت و همکارانشان که معرفی کتاب و رساندن آن به شمارا به عهده دارند و از آقایان ذوالفقار بهبودی و مهدی بخشی که آسایش همکاران را در انتشارات فراهم کردند، بسیار سپاسگزارم.

مدیر و ناظر علمی گروه فیزیک  
نصراله افاضل

# فهرست

فصل اول فیزیک و اندازه‌گیری

۹

فصل دوم کار، انرژی و توان

۴۵

فصل سوم ویژگی‌های فیزیکی مواد

۱۴۷

فصل چهارم دما و گرما

۲۲۹

# کار، انرژی و توان

عنوان این فصل گویای کاربرد فراوان آن در همهٔ بحث‌های فیزیک است. با تسلط بر مفهوم انرژی جنبشی و کار و نکته‌های مربوط به آن‌ها، بحث‌های بعدی این فصل برایتان دشوار نخواهد بود. با مفاهیم کار، انرژی و توان، آشنا شده‌اید. اما در این کتاب به مفاهیم و کاربردهای عمیق‌تر انرژی و کار پرداخته می‌شود. قضیه کار و انرژی جنبشی نیز از بحث‌های بسیار مهم این فصل است و خواهید دید که در پاسخ به بسیاری از تست‌ها به کار می‌آید. انرژی پتانسیل و رابطهٔ آن با کار و همچنین قانون پایستگی انرژی مکانیکی را خوب یاد بگیرید، در سال‌های بعد در مباحثی مانند الکتروسیسته و دینامیک کارتان آسان‌تر خواهد بود. توان و بازده نیز از تعریف‌های بسیار کاربردی در فیزیک و مهندسی هستند و در فصل ۴ و ۵ این کتاب نیز استفاده می‌شوند. احتمال این‌که از این فصل، ۲ تست در کنکور سراسری مطرح شود زیاد است. یک توصیهٔ مهم: لازم است که به تجزیه‌برداری و برابری (جمع) برداری خوب مسلط باشید، همچنین نسبت‌های مثلثاتی مانند سینوس و کسینوس را به خوبی فراگرفته باشید. این دو مبحث تقریباً در همهٔ بحث‌های فیزیک ابزار کار و حل مسئله شما هستند. البته این مطالب در حد نیاز در این فصل یادآوری شده‌اند.



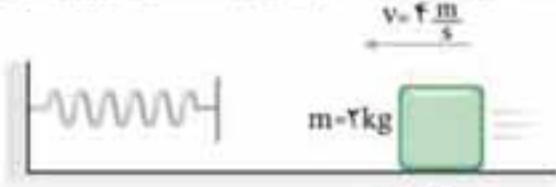
۱۶۹. در شکل زیر، دستگاه از حال سکون رها می‌شود و جسم A با تندی ثابت به سمت پایین حرکت می‌کند. هنگامی که انرژی پتانسیل گرانشی دستگاه



۴۰ J کاهش می‌یابد، کار نیروی اصطکاک روی وزنه B چند ژول خواهد بود؟ ( $m_B = 4 \text{ kg}$  و  $m_A = 2 \text{ kg}$ )

- (۱) -۴۰  
(۲) +۴۰  
(۳) -۸۰  
(۴) +۸۰

۱۷۰. در شکل زیر، جسم با تندی  $4 \frac{m}{s}$  به فنر برخورد کرده و آن را فشرده می‌کند. تا لحظه‌ای که تندی جسم به صفر می‌رسد، کار نیروی فنر



چند ژول است؟

- (۱) -۸  
(۲) -۱۶  
(۳) -۲۸  
(۴) -۲۴



۱۷۱. جسمی به جرم ۴۰۰ g مطابق شکل زیر با تندی  $5 \frac{m}{s}$  به فنری برخورد کرده و آن را

فشرده می‌کند. اگر بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره‌شده در سامانه جسم - فنر ۲ J باشد، کار نیروی اصطکاک وقتی سامانه از موقعیت شکل (الف) به موقعیت شکل (ب) می‌رود چند ژول خواهد بود؟



- (۱) ۳  
(۲) -۳  
(۳) ۶  
(۴) -۶

۱۷۲. در شکل مقابل، جسمی با تندی ۷ به فنری برخورد کرده و آن را حداکثر ۱۰ cm

فشرده می‌سازد. اگر در این حالت انرژی پتانسیل سامانه جسم - فنر ۲۳ J باشد، تندی اولیه جسم چند متر بر ثانیه بوده است؟ (جرم جسم ۲ kg و نیروی اصطکاک بین جسم و سطح افقی ۲۰ N است.)



- (۱) ۲/۵  
(۲) ۳  
(۳) ۵  
(۴) ۷

۱۷۳. جسمی به جرم ۲ kg مطابق شکل از حال سکون رها شده و پس از برخورد با فنر، آن را فشرده کرده و متوقف می‌شود. اگر حداکثر فشردگی فنر ۲۰ cm و اندازه تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر ۱۰ J باشد،

کار نیروی اصطکاک تا زمان توقف جسم چند ژول است؟ ( $\cos 37^\circ = 0.8$ ،  $\sin 37^\circ = 0.6$  و  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



- (۱) صفر  
(۲) -۲  
(۳) -۱  
(۴) -۶

### پایستگی انرژی مکانیکی

به مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی یک جسم، انرژی مکانیکی جسم می‌گویند و آن را با نماد (E) نمایش می‌دهند

$E = K + U$   
E: انرژی مکانیکی ← ژول (J) و K: انرژی جنبشی ← ژول (J) و U: انرژی پتانسیل ← ژول (J)

اصل پایستگی انرژی مکانیکی: اگر مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل جسم (انرژی مکانیکی) در طول مسیر حرکت جسم ثابت بماند، می‌گوییم انرژی مکانیکی پایسته است.



اگر کار نیروهایی مانند اصطکاک، مقاومت هوا و یا نیروی دست ما ناچیز و صفر باشد، پایستگی انرژی مکانیکی برقرار است و برای وضعیت‌های مختلف جسم می‌توان نوشت:

$$E_1 = E_2 = E_3 = \dots \quad \text{و} \quad K_1 + U_1 = K_2 + U_2 = K_3 + U_3 = \dots$$

هنگامی که انرژی مکانیکی ثابت و پایسته است، هر مقدار که انرژی جنبشی سامانه افزایش می‌یابد، انرژی پتانسیل آن به همان مقدار کاهش می‌یابد و مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل سامانه تغییر نمی‌کند.

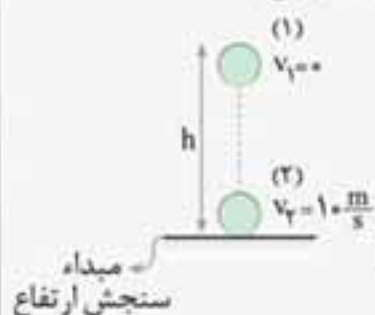
برای استفاده از رابطه  $(E_1 = E_2)$ ، دو وضعیت جسم که در صورت سؤال در مورد آن‌ها اطلاعاتی داده یا خواسته شده است را مشخص و آن‌ها را با شماره‌های ۱ و ۲ نام‌گذاری می‌کنیم، سپس مبدأ سنجش انرژی پتانسیل را مشخص کرده و در رابطه  $(K_1 + U_1 = K_2 + U_2)$  عددگذاری می‌کنیم.



مثال: در شکل زیر، جسمی بدون تندی اولیه و در شرایط خلأ از ارتفاع h رها می‌شود. اگر تندی جسم

هنگام برخورد به زمین  $10 \frac{m}{s}$  باشد، ارتفاع h چند متر است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )

پاسخ: منظور از شرایط خلأ شرایطی است که مقاومت هوا وجود ندارد و می توان از اصل پایستگی انرژی مکانیکی استفاده کرد.



نقطه رهاکردن جسم را وضعیت ۱ و نقطه برخورد به زمین را وضعیت ۲ در نظر می گیریم و مانند شکل، سطح زمین را مبدأ سنجش انرژی پتانسیل گرانشی جسم فرض می کنیم. حال می توان نوشت:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

در نقطه ۱ جسم از حال سکون رها شده پس تندی و انرژی جنبشی آن در این نقطه صفر است. ( $K_1 = 0$ )

در نقطه ۲ ارتفاع جسم از سطح زمین صفر است پس انرژی پتانسیل گرانشی جسم صفر است. ( $U_2 = 0$ )

$$U_1 = K_2 \Rightarrow mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 \Rightarrow h_1 = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{10^2}{2 \times 10} = 5 \frac{m}{s}$$

پس می توان نوشت:

تذکره: در ضمن پاسخ به این سؤال مشاهده کردید که تندی جسم هنگام برخورد به زمین به جرم جسم بستگی ندارد.

به کم مشاوره: اگر دقت کرده باشید، تست‌هایی از جنس سقوط یک جسم را در قسمت «قضیه کار و انرژی» نیز حل کردیم. واقعیت این است که بسیاری از تست‌های فصل کار و انرژی هم با استفاده از قضیه «کار - انرژی جنبشی» قابل حل هستند و هم با استفاده از اصل «پایستگی انرژی مکانیکی». ما سعی کردیم در هر دو قسمت تست‌های متنوعی تدارک ببینیم تا شما عزیزان به هر دو روش مسلط شوید. اما در نهایت تصمیم با شماست که با کدام روش تست‌ها را حل کنید. البته روش «کار - انرژی جنبشی» در بسیاری از موارد سریع‌تر عمل می کند.»

۱۷۴. گلوله‌ای به جرم  $5 \text{ kg}$  را از ارتفاع  $2$  متری سطح زمین با تندی  $4 \frac{m}{s}$  در راستای قائم به سمت پایین پرتاب می کنیم. انرژی مکانیکی گلوله در لحظه پرتاب نسبت به سطح زمین چند ژول است؟

- ۵۰ (۱)      ۱۰۰ (۲)      ۱۵۰ (۳)      ۱۴۰ (۴)

۱۷۵. وزنه‌ای به جرم  $500 \text{ g}$  تحت زاویه  $37^\circ$  نسبت به افق، از سطح زمین پرتاب می شود. اگر تندی اولیه پرتاب  $10 \frac{m}{s}$  باشد، انرژی مکانیکی وزنه در نقطه اوج چند ژول است؟ ( $\cos 37^\circ = 0.8$ ,  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ ) و مقاومت هوا ناچیز و مبدأ پتانسیل گرانشی سطح زمین است.

(ریاضی خارج ۸۵)

- ۱۶ (۱)      ۲۵ (۲)      ۳۲ (۳)      ۵۰ (۴)

۱۷۶. گلوله‌ای به جرم  $m$  از ارتفاع  $h$  بدون تندی اولیه رها می شود. اگر مقاومت هوا ناچیز باشد:

(تجربی ۸۷)

- (۱) تندی گلوله ثابت می ماند.  
(۲) تندی گلوله هنگام برخورد به زمین، با  $h$  متناسب است.  
(۳) انرژی جنبشی گلوله، هنگام برخورد به زمین، با  $h$  متناسب است.  
(۴) انرژی جنبشی گلوله، هنگام برخورد به زمین، به جرم آن بستگی ندارد.

۱۷۷. جسمی به جرم  $2 \text{ kg}$  را از ارتفاع  $15$  متری سطح زمین در شرایط خلأ رها می کنیم. انرژی جنبشی جسم در لحظه رسیدن به زمین چند ژول است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )

(ریاضی خارج ۸۷)

- ۳۰۰ (۱)      ۳۰ (۲)      ۱۵۰ (۳)      ۷۵ (۴)

۱۷۸. جسمی به جرم  $2 \text{ kg}$  را با تندی  $10 \frac{m}{s}$  در راستای قائم رو به بالا پرتاب می کنیم. انرژی مکانیکی جسم در نصف ارتفاع اوج چند ژول است؟ (مبدأ پتانسیل گرانشی محل پرتاب فرض شده است.)

(کشور زیرنمایی)

- $45\sqrt{2}$  (۱)      ۵۰ (۲)       $50\sqrt{2}$  (۳)      ۱۰۰ (۴)

۱۷۹. جسم  $A$  به جرم  $m$  از ارتفاع  $10$  متری سطح زمین و جسم  $B$  به جرم  $2m$  از ارتفاع  $20$  متری سطح زمین رها می شوند. انرژی جنبشی جسم  $B$  در لحظه رسیدن به زمین چند برابر انرژی جنبشی جسم  $A$  در لحظه رسیدن به زمین است؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود.)

(ریاضی خارج ۸۸)

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

۱۸۰. جسمی به جرم  $2 \text{ kg}$  را با تندی  $20 \frac{m}{s}$  در راستای قائم، رو به بالا پرتاب می کنیم. انرژی جنبشی جسم در ارتفاع  $4$  متری از سطح زمین چند ژول است؟ (اصطکاک و مقاومت هوا ناچیز است.)

- ۴۴۰ (۱)      ۳۲۰ (۲)      ۱۸۰ (۳)      ۲۷۰ (۴)

۱۸۱. گلوله‌ای در شرایط خلأ، از سطح زمین با تندی اولیه  $30 \frac{m}{s}$  در امتداد قائم به طرف بالا پرتاب می شود. در چند متری سطح زمین، انرژی جنبشی گلوله نصف انرژی پتانسیل گرانشی آن است؟

(تجربی ۸۹)

- ۱۵ (۱)      ۲۰ (۲)      ۳۰ (۳)      ۳۵ (۴)

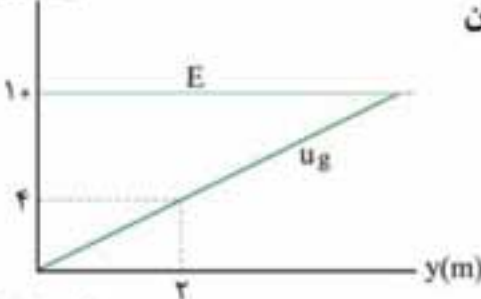
۱۸۲\* جسمی در شرایط خلأ در نزدیکی سطح زمین از ارتفاع  $h$  رها می‌شود. اگر بعد از طی مسافتی معین انرژی جنبشی جسم  $۳۰J$  افزایش یابد، انرژی مکانیکی آن ..... و انرژی پتانسیل گرانشی جسم ..... به ترتیب از راست به چپ:  
 (۱) ثابت می‌ماند - افزایش می‌یابد.  
 (۲) ثابت می‌ماند - کاهش می‌یابد.  
 (۳) افزایش می‌یابد - ثابت می‌ماند.  
 (۴) کاهش می‌یابد - کاهش می‌یابد.



۱۸۳\* جسمی به جرم  $۴۰۰$  گرم مانند شکل زیر، از نقطه  $A$  رها شده و با تندی  $۲ \frac{m}{s}$  از نقطه  $B$  عبور می‌کند. انرژی پتانسیل گرانشی جسم در نقطه  $B$ ، چند ژول کم‌تر از انرژی پتانسیل گرانشی آن در  $A$  است؟ (سطح بدون اصطکاک است.)

- (۱)  $۰/۸$   
 (۲)  $۰/۶$   
 (۳)  $۱$   
 (۴)  $۰/۳$

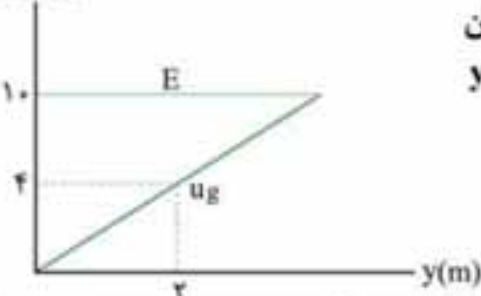
انرژی (ژول)



۱۸۴\* نمودار انرژی بر حسب مکان برای جسمی به جرم  $۲kg$  به صورت زیر است. تندی جسم در مکان  $y = ۲m$  چند متر بر ثانیه است؟ (خط مایل در نمودار زیر مربوط به انرژی پتانسیل گرانشی است.)

- (۱)  $\sqrt{۵}$   
 (۲)  $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$   
 (۳)  $\sqrt{۶}$   
 (۴)  $\frac{\sqrt{۷}}{۲}$

انرژی (ژول)



۱۸۵\* جسمی به جرم  $۲kg$  را در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم. نمودار انرژی بر حسب مکان (ارتفاع) برای این جسم به شکل زیر است. کار کل انجام شده روی جسم در جابه‌جایی آن از  $y_1 = ۰$  تا  $y_2 = ۴m$  چند ژول است؟ (از اصطکاک و مقاومت هوا صرف نظر شود.)

- (۱)  $-۸$   
 (۲)  $۸$   
 (۳)  $۴$   
 (۴)  $۱۰$

۱۸۶\* جسمی به جرم یک کیلوگرم در شرایط خلأ، بدون تندی اولیه از ارتفاع  $h$  رها می‌شود. اگر انرژی جنبشی آن در نیمه مسیر  $۲۰$  ژول باشد، ارتفاع  $h$  چند متر است؟ ( $g = ۱۰ \frac{m}{s^2}$ )

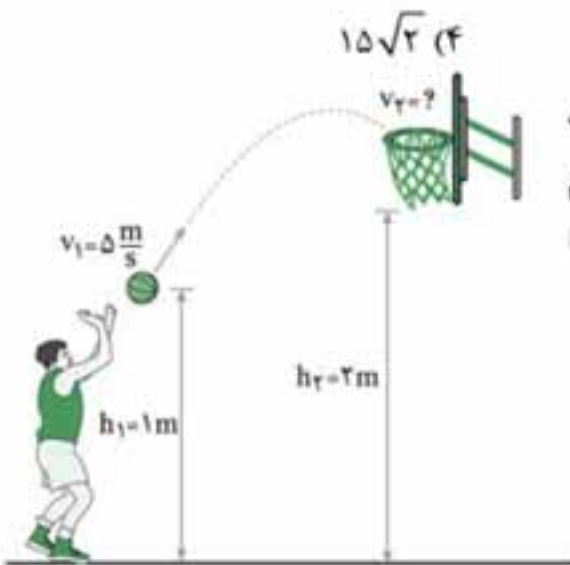
- (۱)  $۱/۵$   
 (۲)  $۲/۷۵$   
 (۳)  $۶$   
 (۴)  $۴$

۱۸۷\* جسمی را از ارتفاع  $h$  از سطح زمین رها می‌کنیم. تندی این جسم در ارتفاع  $\frac{1}{4}h$  از سطح زمین برابر کدام است؟ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید.)

- (۱)  $\sqrt{\frac{1}{2}gh}$   
 (۲)  $\sqrt{\frac{3}{2}gh}$   
 (۳)  $\frac{\sqrt{gh}}{2}$   
 (۴)  $\frac{3\sqrt{gh}}{2}$

۱۸۸\* گلوله‌ای در شرایط خلأ با تندی اولیه  $۳۰ \frac{m}{s}$  از ارتفاع  $۴۵$  متری در راستای قائم رو به پایین رها می‌شود. تندی گلوله در لحظه برخورد به زمین چند متر بر ثانیه است؟

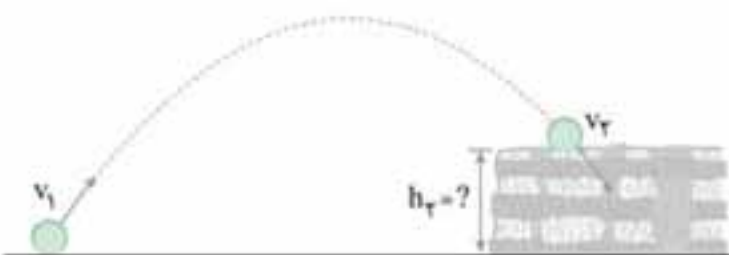
- (۱)  $۳۰$   
 (۲)  $۳۰\sqrt{۲}$   
 (۳)  $۱۵$   
 (۴)  $۱۵\sqrt{۲}$



۱۸۹\* شکل زیر ورزشکاری را در حال پرتاب توپ بسکتبالی با تندی  $v_1 = ۵ \frac{m}{s}$  به طرف سبد نشان می‌دهد. تندی توپ هنگام رسیدن به دهانه سبد چقدر است؟ (مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.)

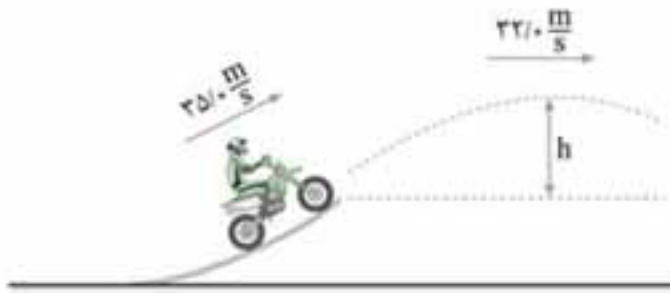
- (۱)  $\sqrt{۵}$   
 (۲)  $\sqrt{۱۰}$   
 (۳)  $\sqrt{۲۵}$   
 (۴)  $\sqrt{۲۰}$

۱۹۰\* توبی مطابق شکل از سطح زمین با تندی  $v_1 = ۴۰ \frac{m}{s}$  به طرف صخره‌ای پرتاب می‌شود. اگر توپ با تندی  $v_2 = ۲۴ \frac{m}{s}$  به بالای صخره برخورد کند، ارتفاع  $h_2$  چند متر خواهد بود؟ (مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.)



- (۱)  $۲۰/۳$   
 (۲)  $۵۱/۲$   
 (۳)  $۱۰۰$   
 (۴)  $۸۰/۴$





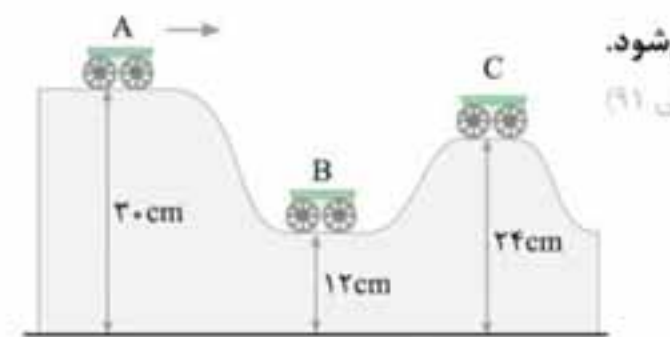
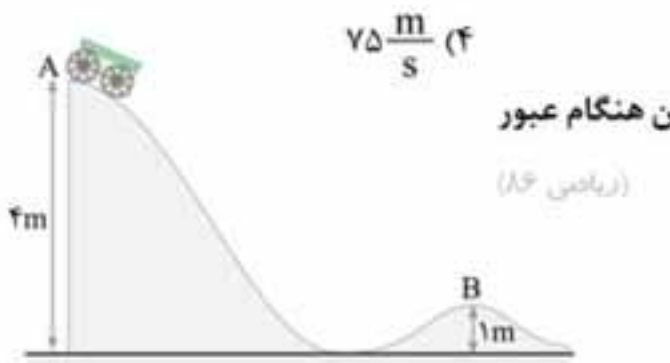
۱۹۱. موتورسواری از انتهای سکویی مطابق شکل مقابل، پرشی را با تندی  $25 \frac{m}{s}$  انجام می‌دهد. اگر تندی موتورسوار در بالاترین نقطه مسیرش به  $22 \frac{m}{s}$  برسد، ارتفاع  $h$  چند متر است؟ (اصطکاک و مقاومت هوا را در طول مسیر حرکت موتورسوار نادیده بگیرید.)

- (برگرفته از تمرین کتاب درسی)
- ۱)  $10/05$       ۲)  $100/5$   
 ۳)  $50/5$       ۴)  $50/05$



۱۹۲. در شکل مقابل هواپیمایی که در ارتفاع  $225m$  از سطح زمین قرار داشته و با تندی  $198 \frac{km}{h}$  پرواز می‌کند، بسته‌ای را برای کمک به آسیب‌دیدگان زلزله رها می‌کند. تندی بسته هنگام برخورد به زمین چقدر است؟ (از تأثیر مقاومت هوا روی حرکت بسته چشم‌پوشی کنید.)

- (برگرفته از تمرین کتاب درسی)
- ۱)  $80 \frac{m}{s}$       ۲)  $70 \frac{m}{s}$       ۳)  $85 \frac{m}{s}$       ۴)  $75 \frac{m}{s}$
۱۹۳. مطابق شکل، ارابه‌ای به جرم  $m$  از نقطه  $A$  با تندی  $2$  متر بر ثانیه می‌گذرد. تندی آن هنگام عبور از نقطه  $B$  چند متر بر ثانیه است؟ (از اصطکاک صرف نظر شود،  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )
- ۱)  $4$       ۲)  $8$       ۳)  $\sqrt{46}$       ۴) بستگی به جرم  $m$  دارد.



۱۹۴. در شکل مقابل اصطکاک ناچیز است و ارابه بدون تندی اولیه از حالت  $A$  رها می‌شود. نسبت تندی ارابه در حالت  $B$  به تندی آن در حالت  $C$  کدام است؟ (ریاضی ۹۱)

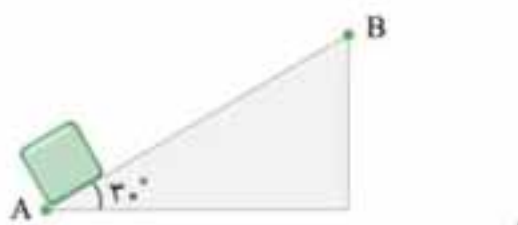
- ۱)  $2$       ۲)  $3$       ۳)  $\sqrt{2}$       ۴)  $\sqrt{3}$



۱۹۵. در شکل مقابل، جسم از نقطه  $A$  رها شده و در مسیر دایره‌ای حرکت رفت و برگشتی انجام می‌دهد. با فرض بدون اصطکاک بودن مسیر حرکت، بیشترین تندی جسم چند متر بر ثانیه خواهد بود؟

- ۱)  $\sqrt{15}$       ۲)  $\sqrt{30}$       ۳)  $\sqrt{40}$       ۴)  $\sqrt{80}$

۱۹۶. در شکل مقابل، جسم با تندی  $4 \frac{m}{s}$  از نقطه  $A$ ، به بالای سطح شیب‌دار پرتاب می‌شود. بیشترین ارتفاعی که جسم روی سطح می‌تواند بالا رود، چند متر است؟ (سطح بدون اصطکاک است.)

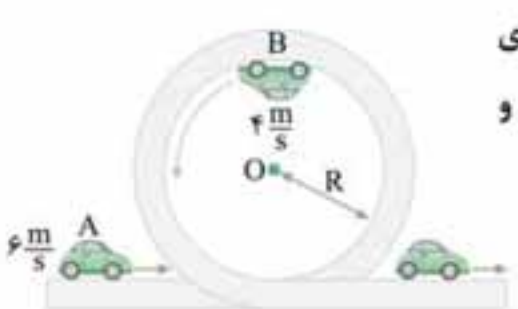


- ۱)  $\frac{1}{6}$       ۲)  $\frac{4}{5}$       ۳)  $\frac{2}{7}$       ۴)  $\frac{7}{10}$



۱۹۷. در شکل مقابل، به گلوله در نقطه  $A$ ، تندی  $v$  داده شده و این گلوله در نقطه  $B$  از قسمت قائم مسیر جدا شده و حداکثر تا ارتفاع  $7m$  از سطح زمین، بالا رفته است. اگر اصطکاک در سطح مسیر

- و مقاومت هوا ناچیز باشد،  $v$  چند متر بر ثانیه بوده است؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )
- ۱)  $5$       ۲)  $10$       ۳)  $15$       ۴)  $20$

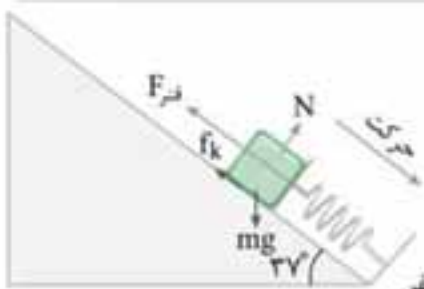


۱۹۸. در شکل مقابل، به یک ماشین اسباب‌بازی کوچک، در سطح افقی، تندی  $6 \frac{m}{s}$  داده می‌شود. تندی این ماشین در بالاترین نقطه دایره قائم مسیر،  $4 \frac{m}{s}$  است. اگر از اصطکاک ماشین با سطح مسیر و

- مقاومت هوا، چشم‌پوشی کنیم، شعاع دایره مسیر چند متر بوده است؟ ( $g = 10 \frac{N}{kg}$ )
- ۱)  $0/25$       ۲)  $0/4$       ۳)  $0/2$       ۴)  $0/5$

**تذکره:** چون فنر فشرده شده است، تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی آن مثبت خواهد بود، یعنی  $\Delta U_{\text{فنر}} = +23 \text{ J}$  به همین دلیل، کار نیروی فنر  $(-23 \text{ J})$  است.

۱۷۳



هنگام فشرده شدن فنر، تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی آن مثبت است، در نتیجه کار نیروی فنر منفی است. از طرفی هنگامی که فنر به بیشترین فشردگی می‌رسد، جسم به صورت لحظه‌ای متوقف می‌شود و جابه‌جایی جسم تا این لحظه برابر  $10 \text{ cm}$  است (چون علاوه بر  $8 \text{ cm}$ ، که طی می‌کند تا به فنر برسد،  $2 \text{ cm}$  هم به خاطر جمع شدن فنر، روی سطح شیب‌دار پایین می‌آید). حال می‌توان نوشت:

$$W_f = K_f - K_i \Rightarrow W_{\text{وزن}} + W_N + W_{f_k} + W_{\text{فنر}} = K_f - K_i \xrightarrow{W_{\text{فنر}} = -\Delta U_{\text{فنر}}} mg\Delta h + W_{f_k} + (-\Delta U_{\text{فنر}}) = 0$$

$$\Delta h = 10 \sin 37^\circ = 6 \text{ m} \Rightarrow (2 \times 10 \times 6) + W_{f_k} + (-10) = 0 \Rightarrow W_{f_k} = -2 \text{ J}$$

۱۷۴

با توجه به این که  $(E = K + U)$  است، کافی است  $K$  و  $U$  حساب شوند و در رابطه  $E$  جای‌گذاری شوند:

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2 = 40 \text{ J} \\ U &= mgh = 5 \times 10 \times 2 = 100 \text{ J} \end{aligned} \right\} \Rightarrow E = K + U = 40 + 100 = 140 \text{ J}$$

۱۷۵

با قراردادن مبدأ سنجش انرژی پتانسیل گرانشی در نقطه پرتاب جسم، انرژی مکانیکی را در این نقطه حساب می‌کنیم:

$$E = K + U = \frac{1}{2}mv^2 \xrightarrow{g+1000=kg} \frac{1}{2} \times 5 \times 10^2 = 250 \text{ J}$$

حال می‌توان گفت چون مقاومت هوا وجود ندارد، انرژی مکانیکی ثابت بوده و در هر نقطه دیگری (از جمله در نقطه اوج) مقدار انرژی مکانیکی  $250$  ژول است.

۱۷۶

گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

**گزینه ۱:** با تجربه‌های روزمره نیز مشخص است که وقتی گلوله‌ای رها می‌شود، با گذشت زمان، تندی آن همواره افزایش می‌یابد.

**گزینه ۲ و ۳:** چون اصطکاک ناچیز است، می‌توان بین نقطه رهاکردن گلوله و نقطه برخورد به زمین نوشت:  $E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2$  در لحظه رهاکردن، تندی صفر است پس  $(K_1 = 0)$  می‌باشد و در نقطه برخورد به زمین، ارتفاع جسم صفر می‌شود پس  $(U_2 = 0)$  است و رابطه بالا به صورت زیر درمی‌آید:

$$U_1 = K_2 \xrightarrow{U_1 = mgh_1, h_1 = h} K_2 = \overset{\text{ثابت}}{mg} h \Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 = mgh \Rightarrow v_2 = \sqrt{2gh}$$

حال می‌توان گزینه‌ها را تحلیل کرد:

**گزینه ۲:** طبق رابطه  $v_2 = \sqrt{2gh}$ ، تندی در لحظه برخورد به زمین با  $(\sqrt{h})$  متناسب است.

**گزینه ۳:** طبق رابطه  $K_2 = mgh$ ، چون  $(mg)$  مقدار ثابتی دارد،  $K_2$  متناسب  $h$  است و این گزینه درست است.

**گزینه ۴:** طبق رابطه  $K_2 = mgh$ ، مشخص است که انرژی جنبشی به جرم بستگی دارد. (ولی تندی گلوله به جرم بستگی ندارد).

۱۷۷

بین نقطه پرتاب و نقطه برخورد به زمین می‌توان نوشت:  $E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow mgh_1 = K_2 \Rightarrow K_2 = 2 \times 10 \times 15 = 300 \text{ J}$

۱۷۸

ابتدا انرژی مکانیکی را در لحظه پرتاب به دست می‌آوریم، فقط باید دقت کنید که چون مبدأ سنجش انرژی پتانسیل را محل پرتاب جسم

فرض کردیم،  $h_1 = 0$  بوده و  $U_1 = 0$  می‌شود:  $E_1 = K_1 + U_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (10)^2 = 100 \text{ J}$

حال می‌توان گفت، چون انرژی مکانیکی ثابت است، در هر نقطه دیگر (از جمله در نصف ارتفاع اوج)، مقدار انرژی مکانیکی  $100 \text{ J}$  باید باشد.

۱۷۹

در تست‌های قبل، دیدیم برای جسمی که از ارتفاعی رها می‌شود و به زمین اصابت می‌کند، رابطه  $E_1 = E_2$  به رابطه زیر ختم می‌شود:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow K_2 = mgh_1$$



رابطه بالا را به صورت مقایسه‌ای می‌نویسیم:

$$\frac{K_{rB}}{K_{rA}} = \frac{m_B \cdot g \cdot h_{1B}}{m_A \cdot g \cdot h_{1A}}$$

$$\frac{K_{rB}}{K_{rA}} = \frac{2m \times 2.0}{(m) \times 1.0} = \frac{4.0}{1.0} = 4$$

حال می‌توان در رابطه مقایسه‌ای عددگذاری کرد:

۱۸۰

بین نقطه پرتاب جسم (که آن را مبدأ سنجش انرژی پتانسیل گرانشی در نظر می‌گیریم  $(U_1 = 0)$ ) و ارتفاع ۴ متری از سطح زمین (نقطه ۲) می‌توان نوشت:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + \overset{\text{صفر}}{U_1} = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 = K_2 + mgh_2 \Rightarrow \frac{1}{2} \times 2 \times 2.0^2 = K_2 + 2 \times 1.0 \times 4 \Rightarrow K_2 = 4.0 - 8.0 = -3.2 \text{ J}$$

۱۸۱

شرایط خلأ (بدون اصطکاک) بوده و می‌توان نوشت:

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \xrightarrow{K_2 = \frac{1}{2}U_2} K_1 + \overset{\text{صفر}}{U_1} = \frac{1}{2}U_2 + U_2 = \frac{3}{2}U_2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + 0 = \frac{3}{2}(mgh_2) \Rightarrow \frac{1}{2} \times (2.0)^2 = \frac{3}{2}(1.0 \times h_2) \Rightarrow h_2 = 2.0 \text{ m}$$

۱۸۲

### راهبرد ۱۷

تغییر انرژی مکانیکی ( $\Delta E$ ): انرژی مکانیکی یک جسم در دو نقطه از مسیر حرکتش برابر است با:

$$\begin{cases} E_2 = K_2 + U_2 & \text{رابطه بالا را منهای} \\ E_1 = K_1 + U_1 & \text{رابطه پایین می‌کنیم} \end{cases} \Rightarrow E_2 - E_1 = \underbrace{(K_2 - K_1)}_{\Delta K} + \underbrace{(U_2 - U_1)}_{\Delta U}$$

تغییر انرژی مکانیکی

$$\Delta E = \Delta K + \Delta U \rightarrow \text{تغییر انرژی پتانسیل}$$

تغییر انرژی جنبشی

در نتیجه می‌توان گفت:

۱ از این رابطه زمانی استفاده می‌شود که تغییر انرژی مورد توجه باشد.

۲ اگر انرژی مکانیکی ثابت و پایسته باشد (مانند شرایط خلأ)،  $E_1 = E_2$  بوده و  $\Delta E = 0$  می‌شود، در این حالت، داریم:

$$\Delta E = \Delta K + \Delta U \xrightarrow{\Delta E = 0} \Delta K = -\Delta U$$

چون شرایط خلأ است، انرژی مکانیکی ثابت خواهد بود، این یعنی  $\Delta E = 0$  بوده و می‌توان نوشت:

رابطه به دست آمده نشان می‌دهد که «در شرایطی که انرژی مکانیکی پایسته است، تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل هم‌اندازه ولی قرینه‌اند».

پس، در این قسمت با افزایش انرژی جنبشی به اندازه ۳.۰ J، انرژی پتانسیل گرانشی جسم باید ۳.۰ J کاهش یابد.

۱۸۳

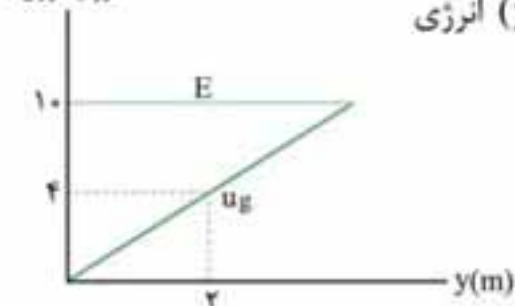
هدف محاسبه  $\Delta U$  است پس می‌توان نوشت:

$$\Delta K = -\Delta U \Rightarrow \Delta U = -\Delta K = -(K_2 - K_1) = -\frac{1}{2}m(v_2^2 - \overset{\text{صفر}}{v_1^2}) \Rightarrow \Delta U = -\frac{1}{2} \times 0.4 \times (2)^2 = -0.8 \text{ J}$$

علامت منفی نشان‌دهنده کاهش انرژی پتانسیل گرانشی است.

۱۸۴

انرژی (ژول)



با توجه به نمودار داده‌شده، انرژی مکانیکی، مقداری ثابت و  $(E = 10 \text{ J})$  است و در مکان  $(y = 2 \text{ m})$  انرژی

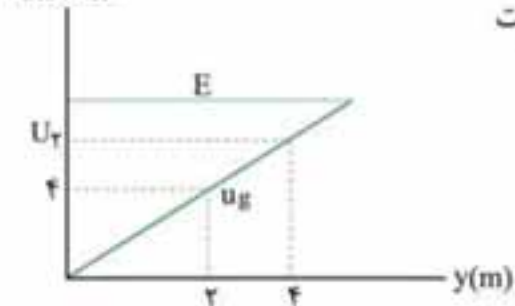
پتانسیل گرانشی جسم  $(U = 4 \text{ J})$  است، پس:  $E = K + U \Rightarrow 10 = K + 4 \Rightarrow K = 6 \text{ J}$

حال می‌توان از رابطه انرژی جنبشی تندی جسم را حساب کرد:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 6 = \frac{1}{2} \times 2 \times v^2 \Rightarrow v = \sqrt{6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۱۸۵

انرژی (ژول)



انرژی پتانسیل گرانشی جسم در  $y_2 = 4 \text{ m}$  را در شکل زیر، می‌توان با استفاده از قضیه تالس (نسبت

$$\frac{4}{2} = \frac{U_2}{4} \Rightarrow U_2 = 8 \text{ J}$$

اضلاع) به دست آورد:

در ادامه برای نقاط  $y_1 = 0$  و  $y_2 = 4 \text{ m}$  می‌توان رابطه مربوط به محاسبه انرژی مکانیکی را نوشت:

$$y_1 = 0: E_1 = K_1 + U_1 \xrightarrow{U_1 = 0, E_1 = 10 \text{ J}} K_1 = 10 \text{ J}$$

دقت کنید، چون از مقاومت هوا صرف نظر شده است، انرژی مکانیکی پایسته است ( $E_1 = E_2$ ).

$$y_2 = 4m : E_2 = K_2 + U_2 \xrightarrow{U_2 = 4J} 10 = K_2 + 4 \Rightarrow K_2 = 2J$$

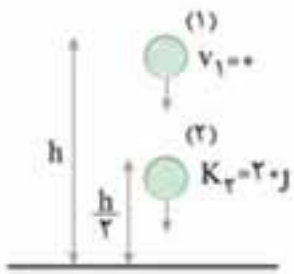
$$W_f = K_2 - K_1 = 2 - 10 = -8J$$

حال می‌توان کار کل را حساب کرد:

**تذکره:** چون تنها نیروی وارد بر جسمی که در شرایط خلأ در راستای قائم حرکت می‌کند، نیروی وزن است، کار کل برابر با کار نیروی وزن بوده

$$W_f = W_{mg} = -\Delta U = -(4 - 0) = -4J$$

۱۸۶



رابطه پایستگی انرژی مکانیکی را برای نقطه پرتاب (نقطه (۱)) و نیمه مسیر (نقطه (۲)) به صورت رویه‌رو است:

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

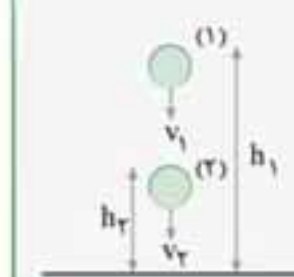
با توجه به این که تندی اولیه، صفر ( $K_1 = 0$ ) و نیمه مسیر  $\frac{h}{4}$  است، داریم:

$$0 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow mgh = K_2 + mg\left(\frac{h}{4}\right) \Rightarrow 1 \times 10 \times h = 2.0 + 1 \times 10 \left(\frac{h}{4}\right)$$

$$\Rightarrow 10 \cdot h = 2.0 + \Delta h \Rightarrow \Delta h = 2.0 \Rightarrow h = 4m$$

۱۸۷

### راهبرد ۱۸



فرض کنید در شرایط خلأ و در شکل زیر جسم از نقطه ۱ به سمت پایین رها شده و وقتی به نقطه ۲ می‌رسد، ارتفاع آن از سطح زمین ( $h_2$ ) است. اگر بین این دو نقطه رابطه پایستگی انرژی مکانیکی را بنویسیم خواهیم داشت:

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

$$= \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \xrightarrow{\times(2)} v_1^2 + 2gh_1 = v_2^2 + 2gh_2 \Rightarrow v_2^2 = v_1^2 + 2g\Delta h$$

$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{\text{بالا}}^2 + 2g\Delta h$$

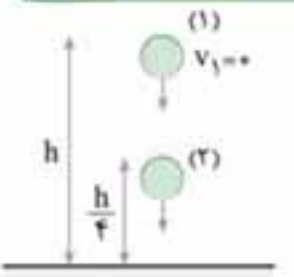
رابطه به دست آمده را (با توجه به شکل بالا) می‌توان به صورت زیر نیز مورد استفاده قرار داد:

**تذکره:**

در رابطه فوق منظور از  $\Delta h$ ، ( $\Delta h = h_{\text{بالا}} - h_{\text{پایین}}$ ) است. از این رو  $\Delta h$  همواره مقداری مثبت است.

رابطه به دست آمده در هر مسیری چه مستقیم و چه منحنی قابل استفاده است و تنها شرط استفاده از آن پایسته بودن انرژی مکانیکی است. یعنی فقط نیروی گرانش بر جسم اثر کند و کار انجام دهد.

**روش اول:** مقاومت هوا ناچیز است پس می‌توان نوشت:



$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \xrightarrow{K_1=0} mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

$$\xrightarrow{h_1=h} gh = \frac{1}{2}v_2^2 + g\left(\frac{1}{4}h\right) \Rightarrow \frac{1}{2}v_2^2 = \frac{3}{4}gh$$

$$\xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} v_2 = \sqrt{\frac{3}{2}gh}$$

**روش دوم:** از رابطه به دست آمده در راهبرد اخیر کمک می‌گیریم:

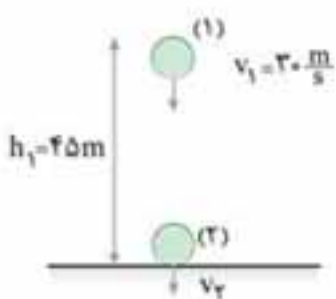
$$\Delta h = h - \frac{1}{4}h = \frac{3}{4}h$$

با توجه به شکل زیر، داریم:

$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{\text{بالا}}^2 + 2g\Delta h \Rightarrow v_{\text{پایین}}^2 = 0 + 2g\left(\frac{3}{4}h\right) \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} v_{\text{پایین}} = \sqrt{\frac{3}{2}gh}$$

حال می‌توان نوشت:

۱۸۸



**روش اول:** بین نقطه پرتاب (۱) و نقطه برخورد به زمین (۲)، رابطه پایستگی انرژی مکانیکی را می‌نویسیم:

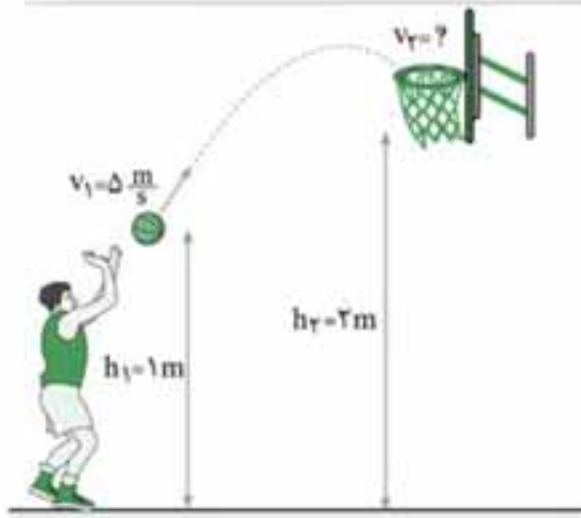
$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

$$\xrightarrow{h_2=0} \frac{1}{2}(3.0)^2 + (10 \times 4.5) = \frac{1}{2}v_2^2 + 0$$

$$\Rightarrow v_2^2 = 2 \times (3.0)^2 \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} v_2 = 3.0\sqrt{2} \frac{m}{s}$$

**روش دوم:** این بار به سراغ روش تستی می‌رویم؛ (دقت شود که  $\Delta h = 4.5m$  است):

$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{\text{بالا}}^2 + 2g\Delta h \Rightarrow v_{\text{پایین}}^2 = (3.0)^2 + (2 \times 10 \times 4.5) = 2 \times (3.0)^2 \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} v_{\text{پایین}} = 3.0\sqrt{2} \frac{m}{s}$$



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

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{2} \times (5)^2\right) + (10 \times 1) = \left(\frac{1}{2} \times v_2^2\right) + (10 \times 2)$$

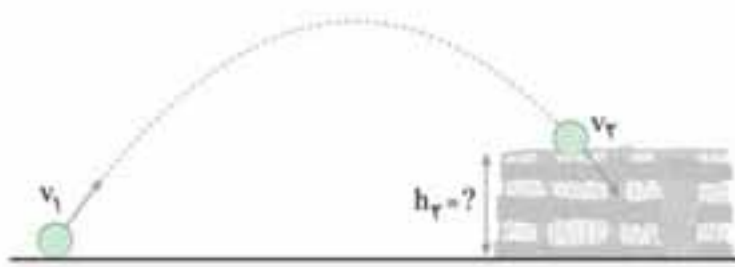
$$\Rightarrow v_2^2 = 5 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_2 = \sqrt{5} \frac{m}{s}$$

روش اول:

روش دوم:

$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{\text{بالا}}^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{\Delta h = 2-1=1m} \Delta^2 = v_{\text{بالا}}^2 + (2 \times 10 \times 1)$$

$$\Rightarrow v_{\text{بالا}}^2 = 25 - 20 = 5 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_{\text{بالا}} = \sqrt{5} \frac{m}{s}$$



$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + \overset{\text{صفر}}{mgh_1} = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times (40)^2 = \frac{1}{2} \times (24)^2 + 10 \cdot h_2 \Rightarrow \frac{1}{2} \left( (40)^2 - (24)^2 \right) = 10 \cdot h_2$$

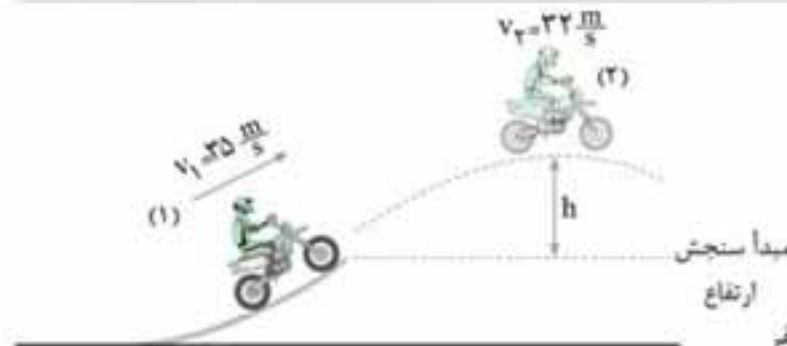
$$\Rightarrow \frac{1}{2} (16 \times 64) = 10 \cdot h_2 \Rightarrow h_2 = 51.2m$$

روش اول:

روش دوم:

$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{\text{بالا}}^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{\Delta h = h_2 - h_1 = h_2} (40)^2 = (24)^2 + (2 \times 10 \cdot h_2) \Rightarrow ((40)^2 - (24)^2) = 20 \cdot h_2$$

$$\Rightarrow (40 - 24)(40 + 24) = 20 \cdot h_2 \Rightarrow 10 \cdot 24 = 20 \cdot h_2 \Rightarrow h_2 = 51.2m$$



روش اول: این تست یک نکته متفاوت دارد، چون ارتفاع انتهای سکو از سطح زمین را نداریم، باید مبدأ سنجش انرژی پتانسیل گرانشی را، ابتدای سکو (یعنی جایی که موتور، سکو را با تندی  $35 \frac{m}{s}$  ترک می‌کند) در نظر بگیریم، که در این حالت  $h_1 = 0$  شده و  $h_2 = h$  خواهد شد:

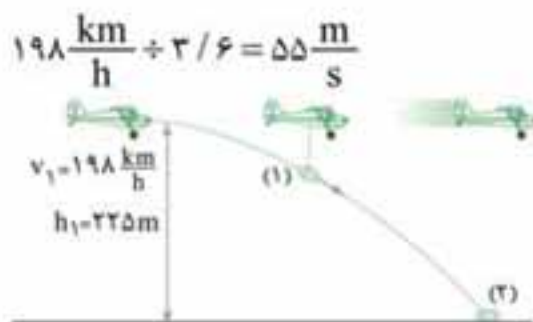
$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + \overset{\text{صفر}}{mgh_1} = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times (35)^2 = \frac{1}{2} \times (22)^2 + 10 \cdot h_2 \Rightarrow \frac{1}{2} \left( (35)^2 - (22)^2 \right) = 10 \cdot h \Rightarrow \frac{1}{2} \times 3 \times 67 = 10 \cdot h \Rightarrow h = 10.05m$$

روش دوم: دو نقطه (1) و (2) در انتهای سکو قرار دارند. برای محاسبه نقطه اوج از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{\text{بالا}}^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{\Delta h = h} (35)^2 = (22)^2 + 2(10)(\Delta h) \Rightarrow (35)^2 - (22)^2 = 20 \cdot \Delta h$$

$$\Rightarrow (35 - 22)(35 + 22) = 20 \cdot \Delta h \Rightarrow \Delta h = 10.05m$$



ابتدا تندی هواپیما را به  $\frac{m}{s}$  تبدیل می‌کنیم:

روش اول:

تذکره: چون بسته قبل از پرتاب در هواپیما قرار دارد، تندی اولیه آن با تندی هواپیما برابر است.  $(v_1 = 198 \frac{km}{h})$ .

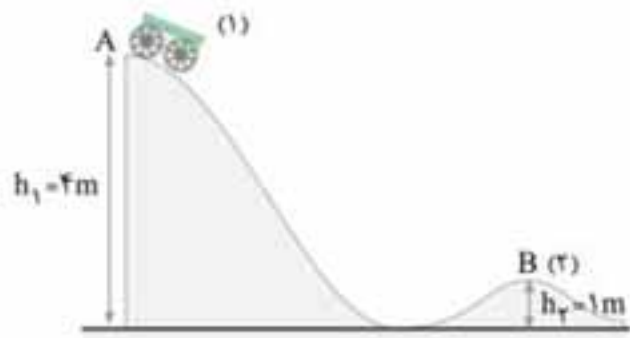
$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \Rightarrow \frac{1}{2}(55)^2 + (10 \times 225) = \frac{1}{2}v_2^2 \Rightarrow v_2^2 = 7525$$

$$\xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_2 = 85 \frac{m}{s}$$

$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{\text{بالا}}^2 + 2g\Delta h \Rightarrow v_{\text{پایین}}^2 = (55)^2 + 2 \times 10 \times 225 \Rightarrow v_{\text{پایین}}^2 = 7225 \xrightarrow{\sqrt{}} v_{\text{پایین}} = 85 \frac{m}{s}$$

روش دوم:

نقطه A را نقطه (۱) و نقطه B را نقطه (۲) در نظر می‌گیریم:  
روش اول:



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

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times (2)^2 + (1 \times 4) = \frac{1}{2}v_2^2 + (1 \times 1) \Rightarrow v_2^2 = 64$$

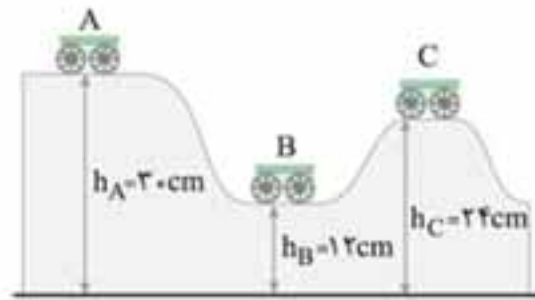
از طرفین جذر می‌گیریم.

$$v_2 = 8 \frac{m}{s}$$

$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{y_2}^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{\Delta h = 4-1=3m} v_{\text{پایین}} = \sqrt{(2)^2 + 2 \times 10 \times 3} = 8 \frac{m}{s}$$

روش دوم:

اجازه بدید این تست را فقط با روش تستی حل کنیم، زحمت روش اول رو خودتون بکشید. ابتدا بین دو نقطه A و B از رابطه تستی استفاده می‌کنیم:



$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{y_B}^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{v_{y_B} = v_B} v_B^2$$

$$= 0 + (2 \times 10 \times (30 - 12) \times 10^{-2}) \Rightarrow v_B = \sqrt{3/6} \frac{m}{s}$$

اختلاف ارتفاع بر حسب متر

$$v_{\text{پایین}}^2 = v_{y_C}^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{v_{y_C} = v_C} v_C^2$$

حال بین دو نقطه A و C از رابطه تستی استفاده می‌کنیم:

$$v_C^2 = 0 + (2 \times 10 \times (30 - 24) \times 10^{-2}) \Rightarrow v_C^2 = \sqrt{2 \times 10 \times 0.6} \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم.}} v_C = \sqrt{1/2} \frac{m}{s}$$

اختلاف ارتفاع بر حسب متر

$$\frac{v_B}{v_C} = \frac{\sqrt{3/6}}{\sqrt{1/2}} = \sqrt{\frac{3/6}{1/2}} = \sqrt{3}$$

حال می‌توان خواسته تست را به دست آورد:

**تذکر:** در مرحله دوم، بین B و C نیز می‌توانستیم از رابطه تستی استفاده کنیم.

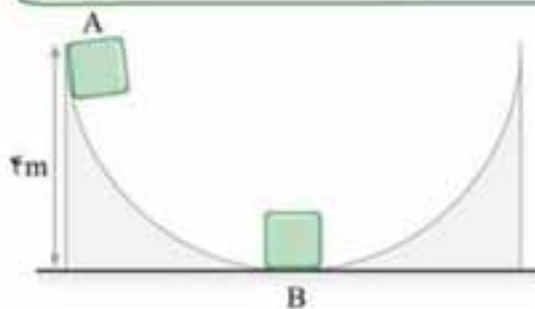
راهبرد ۱۹

بیشترین تندی: تا این جا یاد گرفتیم که در نبود اصطکاک می‌توان از رابطه  $(K + U = E)$  استفاده کرد و در این رابطه چون  $(E)$  ثابت است، می‌توان نتیجه گرفت که:

$$K + U = \text{ثابت}$$

با توجه به رابطه به دست آمده، می‌توان گفت، با افزایش  $K$ ،  $U$  کاهش می‌یابد (و برعکس).  
«پس بیشترین مقدار  $(K)$  در نقطه‌ای اتفاق می‌افتد که  $(U)$  کم‌ترین مقدار را داشته باشد (یعنی صفر شود).»  
این جمله را به صورت زیر نیز می‌توان بیان کرد:

در نقطه‌ای که  $\left[ \begin{matrix} \text{تندی} \\ \text{ارتفاع} \end{matrix} \right]$  کمینه است،  $\left[ \begin{matrix} \text{ارتفاع} \\ \text{تندی} \end{matrix} \right]$  بیشینه است.



با توجه به راهبرد اخیر، در شکل زیر، در نقطه B تندی متحرک باید بیشینه باشد. پس می‌توان نوشت: (تندی در پایین  $v_B$  و تندی در بالا،  $v_A$  است)

$$v_B^2 = v_A^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{v_A=0} v_B = \sqrt{2 \times 10 \times 4} = \sqrt{80} \frac{m}{s}$$

$$v_A^2 = v_B^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{v_B=0} 4^2 = 0 + 2 \times 10 \times h \Rightarrow 16 = 20 \cdot h$$

در بیشترین ارتفاع، تندی صفر است، پس:

$$\Rightarrow h = \frac{16}{20} m = \frac{4}{5} m \xrightarrow{\text{پس}} h_{\text{max}} = \frac{4}{5} m$$

**تذکر:** اگر در صورت سؤال، بیشترین مسافت طی شده توسط متحرک، خواسته شده بود، با توجه به شکل مقابل، می‌توانستیم به صورت زیر آن را حساب کنیم:



$$\sin 30^\circ = \frac{\Delta h_{\text{max}}}{d_{\text{max}}} \Rightarrow d_{\text{max}} = \frac{\Delta h_{\text{max}}}{\sin 30^\circ} = \frac{4/5}{1/2} = \frac{8}{5} = 1.6 m$$

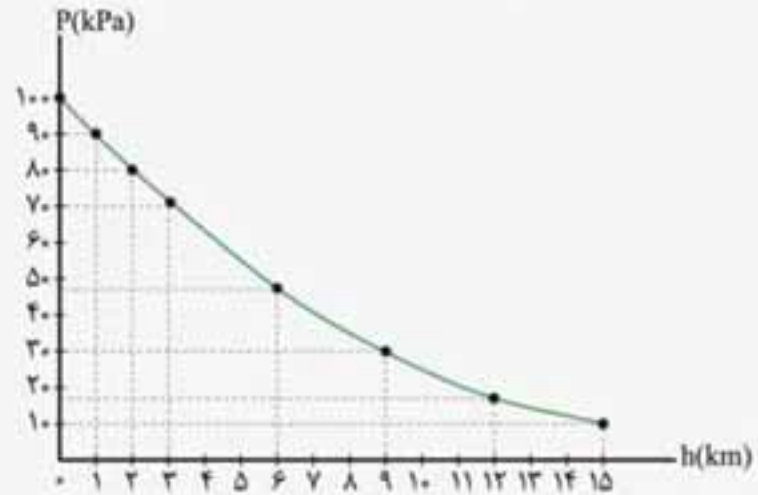
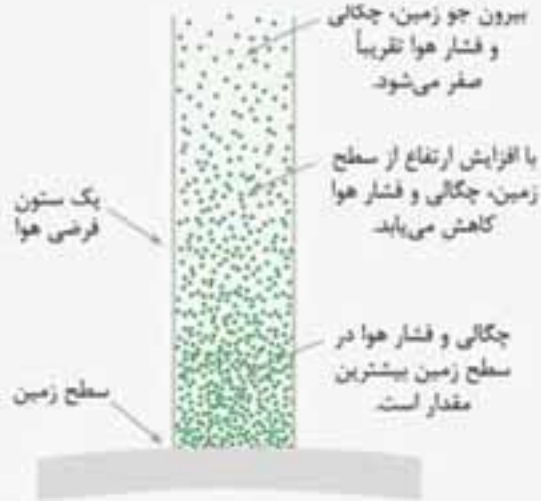
## ویژگی‌های فیزیکی مواد

آشنایی بیشتر با حالت‌های مختلف ماده و برخی پدیده‌های مربوط به این حالت‌ها و نیروهای بین مولکولی از اهداف قسمت اول این فصل است. با مطالعه دقیق کتاب درسی و درس‌نامه‌های این کتاب می‌توانید به راحتی بر مفاهیم آن تسلط یابید. فشار در شماره‌ها مبحث مهم دیگری است که در مهندسی و علوم تجربی کاربردهای فراوان دارد و در دو بخش شماره‌ساکن و شماره در حرکت مطرح شده است. درس‌نامه‌ها و تست‌های مربوط به بخش شماره ساکن را باید با دقت بیشتری و اگر لازم باشد دو بار یا بیشتر کار کنید تا فشارتان تنظیم شود! بخش شماره در حرکت مربوط به مفاهیم شناوری، اصل ارشمیدس، معادله پیوستگی و اصل برنولی است و در نظام کنونی آموزشی کشور وارد کتاب فیزیک شده است. از این رو پیش‌تر سؤال‌های آن تالیفی است. به نظر می‌رسد از این فصل در کنکور سراسری، ۲ تست طرح شود.



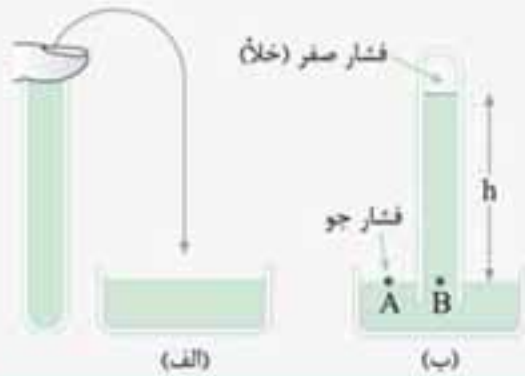
## فشار هوا - جوسنج (بارومتر)

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



نمودار فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح زمین به صورت منحنی است.

### جوسنج (بارومتر)



برای اندازه‌گیری فشار جو (هوا) به کار می‌رود. مطابق شکل، اگر لوله‌ای شیشه‌ای به طول حداقل ۸۰cm را پر از جیوه کنیم و آن را به صورت وارونه در مخزن جیوه قرار دهیم، جیوه درون لوله کمی پایین می‌رود و در ارتفاع ثابتی (h) می‌ایستد. در این حالت فضای بالای جیوه (درون لوله) خلأ است و برای دو نقطه A و B می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \xrightarrow{P_A = P_0} P_0 = \rho g h$$

**نکته**

فشار هوا متناسب با ارتفاع جیوه درون جوسنج است.

**یادآوری:** در سطح دریای آزاد ارتفاع جیوه جوسنج حدود ۷۶۰mm یا ۷۶cm است. از این رو یکای دیگری از فشار را برحسب سانتی‌متر جیوه (cmHg) نیز بیان می‌کنند.

### یکای سانتی‌متر جیوه

یکای اندازه‌گیری فشار است و برابر فشار ارتفاع ستون جیوه می‌باشد.

برای تبدیل یکای فشار از پاسکال به سانتی‌متر جیوه (و برعکس) می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$P = \rho g h \Rightarrow P_{(\text{Pa})} = \rho_{(\text{جیوه})} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times g \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \times h(\text{m}) \quad (\text{I})$$

**یادآوری:** یکای دیگر فشار بار (bar) است و در هواشناسی و صنعت کاربرد دارد. برای تبدیل یکای فشار از پاسکال به بار (و برعکس) می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\text{bar} \xleftrightarrow{\times 10^5} \text{Pa} \quad (\text{II})$$

**مثال:** اگر چگالی جیوه  $\frac{13}{6} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  باشد،  $27200 \text{ (Pa)}$  چند cmHg و چند mmHg و چند bar است؟  $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

$$27200 = 13600 \times 10 \times h \Rightarrow h = 0.2 \text{ m}$$

پاسخ: از رابطه (I) داریم:

چون ارتفاع ستون جیوه‌ای که ۲۷۲۰۰ پاسکال فشار ایجاد می‌کند برابر ۰/۲m است، پس می‌توان گفت این فشار برابر ۰/۲mHg یا ۲۰cmHg یا ۲۰×۱۰=۲۰۰mmHg است.

$$P(\text{bar}) \times 10^5 = P(\text{Pa}) \Rightarrow P = \frac{27200 \text{ (Pa)}}{10^5} \Rightarrow P = 0.272 \text{ (bar)}$$

از طرفی از رابطه (II) داریم:

**نکته**

اگر (بادت باشد) چگالی جیوه  $\frac{13}{6} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  یا  $13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  باشد، رابطه (I) را می‌توان به صورت روبه‌رو نوشت:

$$h(\text{cmHg}) = \frac{P_{(\text{Pa})}}{13600} = \frac{27200 \text{ (Pa)}}{13600} = 20 \text{ cmHg}$$

بنابراین در این مثال می‌توان نوشت:





**یادآوری:** برای این که فشار ستونی از یک مایع به چگالی  $\rho$  را بر حسب cmHg به دست آوریم می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم.

$$P_{\text{مایع}} = P_{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_{\text{مایع}} g h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}}$$

کافی است چگالی دو طرف یکسان باشد و ارتفاع مایع  $h$  اگر بر حسب cm باشد (جیوه) فشار مایع نیز، بر حسب cmHg به دست می‌آید.

**مثال:** اگر چگالی جیوه  $\frac{13}{5} \frac{g}{cm^3}$  باشد، در عمق  $4/5$  متری آب دریا ( $\rho = 1 \frac{g}{cm^3}$ )، فشار کل چند cmHg است؟

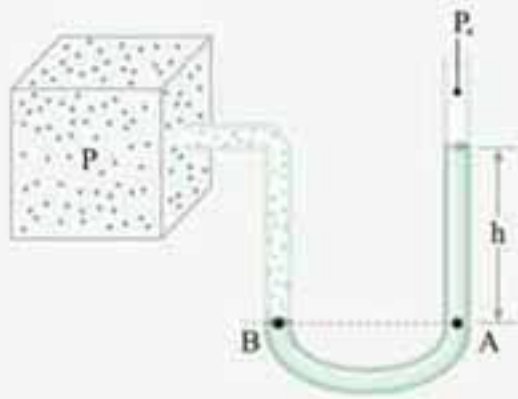
$$(P_0 = 76 \text{ cmHg})$$

**پاسخ:** ابتدا فشار آب را بر حسب cmHg به دست می‌آوریم، سپس فشار کل را حساب می‌کنیم:

$$\rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow 1 \left( \frac{g}{cm^3} \right) \times 450 \text{ (cm)} = \frac{13}{5} \left( \frac{g}{cm^3} \right) \times h$$

$$h = 30 \text{ cmHg}, P = 30 + 76 = 106 \text{ cmHg}$$

### فشارسنج (مانومتر)

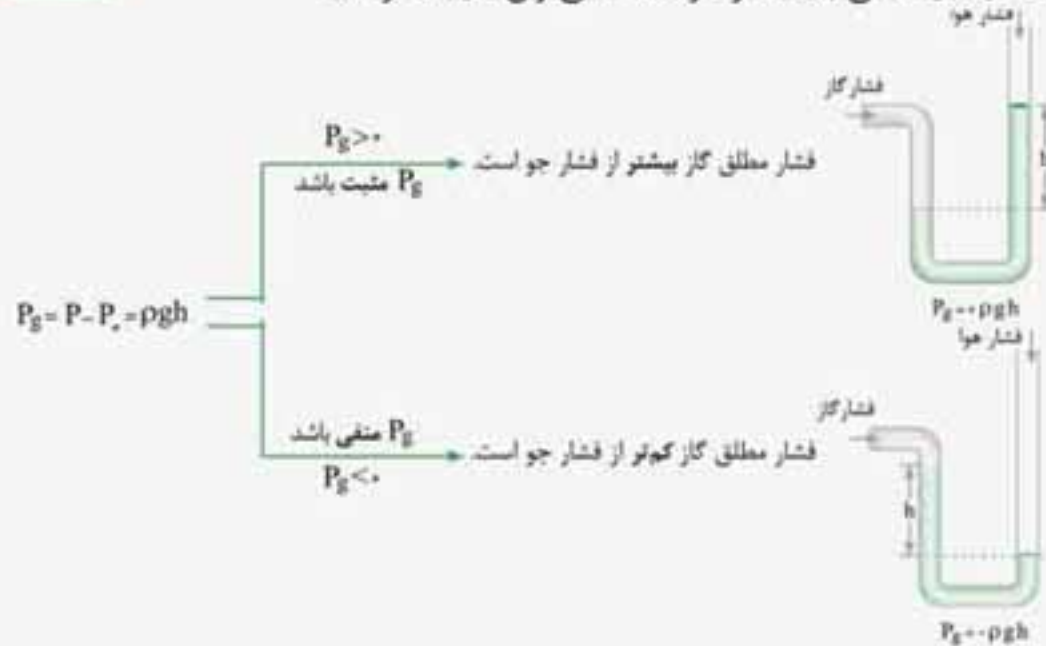


برای اندازه‌گیری فشار شارهٔ محبوس (محصور) به کار می‌رود. این شاره می‌تواند گاز یا مایع باشد. در شکل مقابل بر اساس هم‌ترازی دو نقطه A و B و یکسان بودن فشار دو نقطه می‌توان

$$\text{نوشت: } P_A = P_B \xrightarrow{P_B = P_{\text{شاره محبوس}}} P = \rho g h + P_0 \Rightarrow P - P_0 = \rho g h$$

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

فشار پیمانه‌ای گاز می‌تواند مثبت یا منفی باشد، در هر حالت می‌توان نتیجه گرفت:



### 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؟ ( $P_0 = 1.0^5 \text{ Pa}$ )

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

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

**الف:** با استفاده از هم‌ترازی دو نقطه A و B که در یک مایع هستند می‌توان فشار ستونی از جیوه که برابر فشار  $27/2 \text{ cm}$  از این مایع است

$$\text{را به دست آورد. } P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = \rho g h + P_0 \xrightarrow{P_0 = 1.0^5 \text{ Pa}} P_{\text{گاز}} = 0.8 \times 10^2 \times 10 \times 27/2 \times 10^{-2} + 1.0^5 \Rightarrow P_{\text{گاز}} = 1.02176 \text{ Pa}$$

**ب:** فشار پیمانه‌ای گاز برابر  $P_g = P_A - P_0 = \rho g h$  است و چون بر حسب سانتی‌متر جیوه مورد نظر است می‌توان ستونی از جیوه را که

$$\text{فشارش برابر فشار } 27/2 \text{ cm از مایع است به دست آورد. } \rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{0.8 \times 27/2}{13/6} = 1/6 \text{ cmHg}$$



برای مشاهده‌ی انیمیشن یا آزمایش، رمزینزهٔ روبه‌رو را اسکن کنید.

۱۱۶. کدام گزینه درست است؟

- (۱) با افزایش ارتفاع از سطح زمین چگالی هوا افزایش و فشار هوا کاهش می‌یابد.
  - (۲) یک بار (bar) برابر یک پاسکال است.
  - (۳) نیروی ناشی از فشار هوای ساکن بر اجسام و بدن ما فقط به صورت عمودی و در راستای قائم وارد می‌شود.
  - (۴) در شارژ ساکن نیرویی که توسط شارژ بر اجسام وارد می‌شود، ناشی از برخورد مولکول‌ها با اطراف است.
۱۱۷. شکل مقابل یک جوسنج جیوه‌ای را نشان می‌دهد. فشار در نقاط A و B به ترتیب برابر است با:

(بر گرفته از تصویر کتاب درسی)



- (۱) صفر - صفر  
(۲) صفر - فشار جو  
(۳) فشار جو - صفر  
(۴) فشار جو - فشار جو

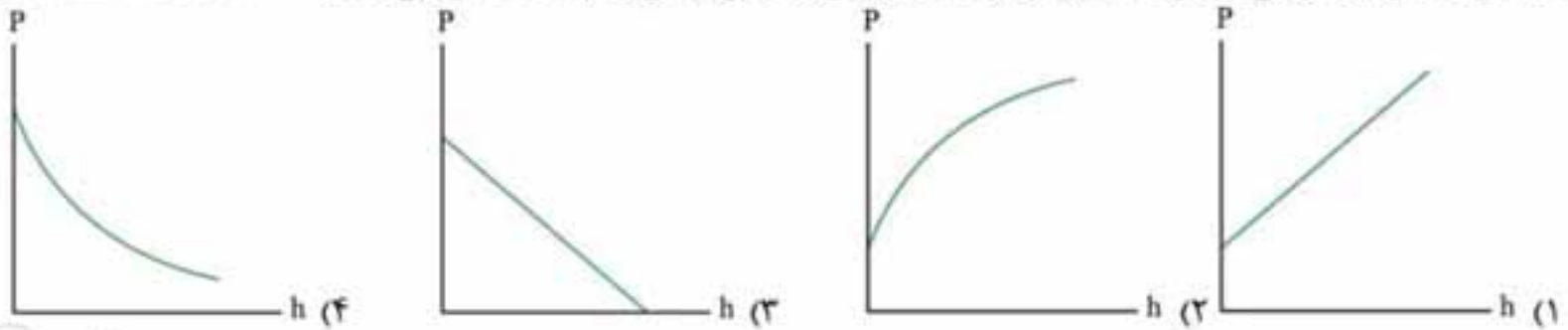
۱۱۸. کدام یک از عبارات زیر صحیح است؟

- (الف) ارتفاع ستون جیوه در جوسنج به قطر داخلی لوله (غیرمویین) بستگی دارد.
- (ب) اگر به جای جیوه از آب در جوسنج استفاده کنیم ارتفاع آب بسیار بیشتر از جیوه خواهد بود.
- (پ) پایین رفتن ارتفاع جیوه در جوسنج نشانگر زیاد شدن فشار جو است.

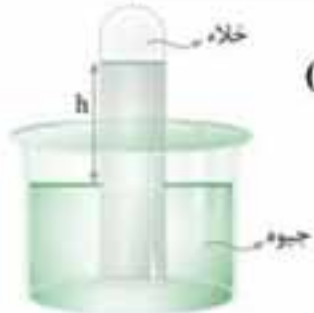
- (۱) الف و ب      (۲) الف و پ      (۳) ب      (۴) پ

(بر گرفته از تصویر کتاب درسی)

۱۱۹. کدام گزینه نمودار تقریبی تغییرات فشار هوا بر حسب ارتفاع از سطح زمین را درست نشان می‌دهد؟



۱۲۰. در شکل مقابل اگر  $h = 7.0 \text{ cm}$  باشد، فشار هوا بر حسب پاسکال چقدر است؟  $(\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$



- (۱) ۹۵۲  
(۲) ۹۵۲۰  
(۳) ۹۵۲۰۰  
(۴) ۹۵۲۰۰۰

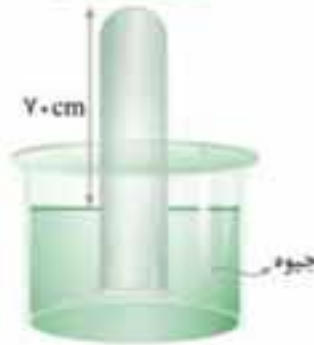
۱۲۱. شکل مقابل یک جوسنج جیوه‌ای را نشان می‌دهد. اگر فشار هوا ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار جیوه بر ته لوله چند پاسکال است؟



$(\rho_{\text{جیوه}} = 13.5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

- (۱) ۱۴۵  
(۲) ۵  
(۳) ۶۷۵۰  
(۴) ۱۹۵۷۵۰

۱۲۲. در شکل مقابل، فشار هوا ۷۶ cmHg است. اگر حداکثر فشاری که ته لوله می‌تواند تحمل کند تا نشکند ۱۳۶۰ پاسکال باشد، لوله جوسنج را حداکثر چند سانتی‌متر درون جیوه ببریم تا نشکند؟



$(\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

- (۱) ۴  
(۲) ۶  
(۳) ۶۶  
(۴) ۷۰

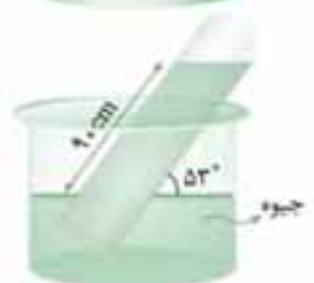
۱۲۳. در شکل مقابل، فشار هوا ۷۰ cmHg است. نیرویی که جیوه بر ته لوله وارد می‌کند چند نیوتون است؟ مساحت ته لوله  $4 \text{ cm}^2$  است.



$(\rho_{\text{جیوه}} = 13.5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

- (۱) ۳۷/۸  
(۲) ۲۷  
(۳) ۱۵  
(۴) ۱۰/۸

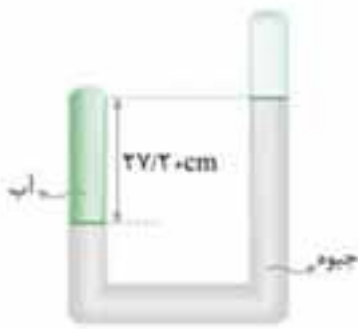
۱۲۴. شکل مقابل یک جوسنج جیوه‌ای را نشان می‌دهد. فشار هوا چند پاسکال است؟  $(\rho_{\text{جیوه}} = 13.5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$



$(\sin 37^\circ = 0.6, \sin 53^\circ = 0.8, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

- (۱) ۱۲۱۵۰۰  
(۲) ۹۷۲۰۰  
(۳) ۶۲۹۰۰  
(۴) ۵۸۲۰۰

۱۲۵. در شکل مقابل، فشار هوا ۷۰cmHg است. فشار آب بر ته لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟

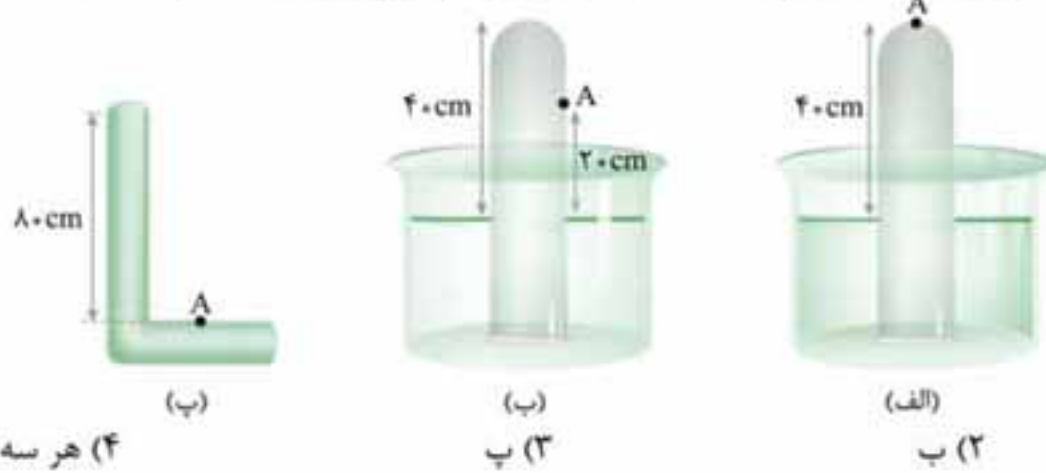


$$(\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$$

۸۸ (۲)  
۲ (۴)

- ۹۵/۲ (۱)  
۵۰ (۳)

۱۲۶. در کدام یک از شکل‌های زیر، با ایجاد سوراخ در نقطه A، جیوه از سوراخ بیرون می‌ریزد؟ ته هر سه لوله بسته است. ( $P_0 = 76 \text{cmHg}$ )



(۴) هر سه شکل

### فشار گاز محبوس

۱۲۷. در شکل زیر، فشار گاز جمع شده در انتهای لوله، ۷۲ سانتی‌متر جیوه است. اگر اختلاف سطح آب در لوله و ظرف

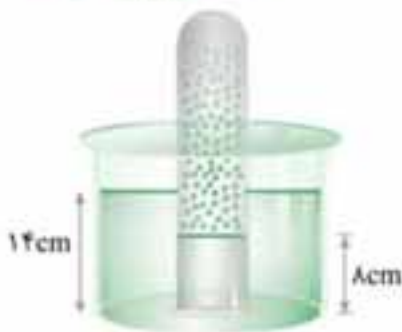


باشد، ۲۴cm، فشار هوا چند سانتی‌متر جیوه است؟ (چگالی آب  $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  و چگالی جیوه  $13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  است.)

- ۷۴/۵ (۲)  
۶۸ (۴)

- ۷۶ (۱)  
۶۹/۵ (۳)

۱۲۸. در شکل، دهانه لوله قائمی تا عمق ۱۴ سانتی‌متر درون مایعی به چگالی ۰/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب



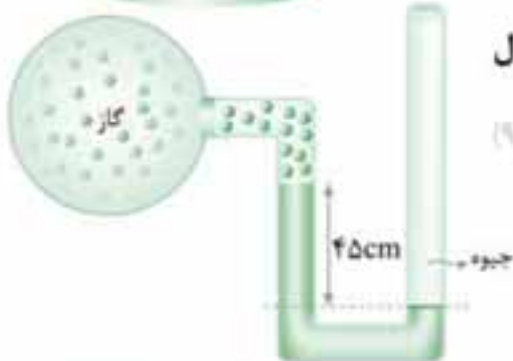
فرو رفته است. اگر ارتفاع مایع در داخل لوله ۸ سانتی‌متر باشد. فشار هوای داخل لوله چند سانتی‌متر

جیوه است؟ (فشار هوا ۷۶cmHg و چگالی جیوه  $13/5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  است.)

- ۷۵/۶ (۲)  
۷۶/۵ (۴)

- ۷۵/۵ (۱)  
۷۶/۴ (۳)

۱۲۹. در شکل روبه‌رو اگر فشار هوا ۱۰۵ پاسکال و چگالی جیوه  $13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  باشد، فشار گاز درون ظرف چند پاسکال



(ریاضی خارج ۹۵)

- ۶۱۲۰۰ (۲)  
۱۶۱۲۰۰ (۴)

- است؟ ( $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )  
۳۸۸۰۰ (۱)  
۱۳۸۸۰۰ (۳)

۱۳۰. در شکل روبه‌رو اگر فشار گاز ۹۵/۲ کیلوپاسکال و اختلاف ارتفاع بین دو سطح جیوه برابر ۵ سانتی‌متر



باشد، فشار هوا چند سانتی‌متر جیوه است؟ ( $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$  و چگالی جیوه  $13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  است.) (ریاضی ۷۸)

- ۷۵ (۲)  
۶۵ (۴)

- ۷۶ (۱)  
۷۰ (۳)

### فشار پیمانه‌ای

۱۳۱. کدام گزینه درست است؟

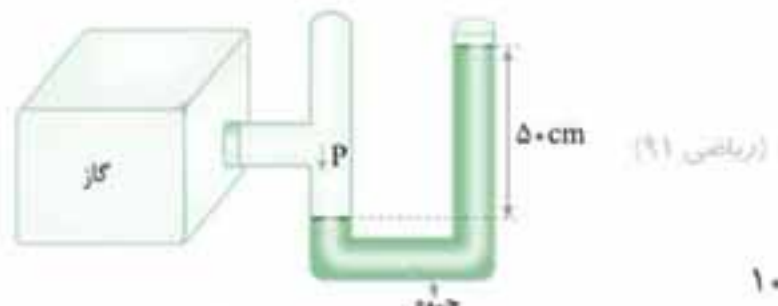
- (۱) فشار مطلق یک گاز اختلاف فشار هوا با فشار پیمانه‌ای گاز است.
- (۲) فشارسنج بوردون فشار پیمانه‌ای را نشان می‌دهد.
- (۳) جوسنج فشار پیمانه‌ای هوای محیط را نشان می‌دهد.
- (۴) هر قدر به عمق بیشتری از یک دریاچه برویم فشار پیمانه‌ای شاره کاهش می‌یابد.

(ریاضی خارج ۹۱)

۱۳۲. فشار لاستیک بادشده‌ای، ۲۲۰ کیلوپاسکال اندازه‌گیری می‌شود. این فشار، ..... ( $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ،  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

- (۱) فشار مطلق است و معادل ۲۲ اتمسفر است.
- (۲) فشار پیمانه‌ای است و معادل ۲۲ اتمسفر است.
- (۳) فشار پیمانه‌ای است و معادل ۱۶۲cmHg است.
- (۴) فشار مطلق است و تقریباً معادل ۱۶۲cmHg است.

۱۳۳. در شکل روبه‌رو، فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟



(چگالی جیوه  $13/6 \frac{g}{cm^3}$  و  $g = 10 \frac{m}{s^2}$  است.)

- (۱) ۵  
(۲) ۸۱  
(۳) ۶۸۰۰۰  
(۴)  $1.68 \times 10^5$

۱۳۴. اگر یک اتمسفر برابر  $1.0^5 Pa$  باشد، فشار پیمانه‌ای بر بدن یک غواص در عمق ۵ متری آب چند اتمسفر است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )، ( $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$ )

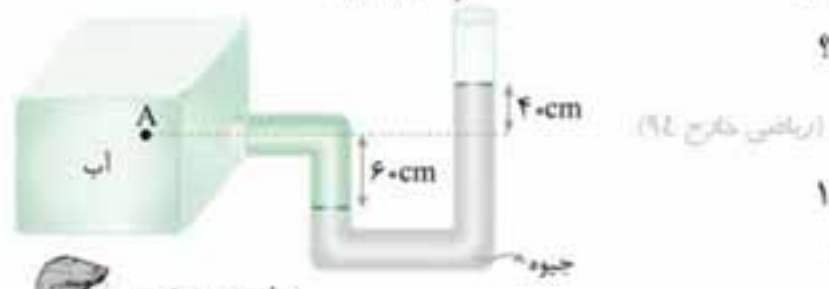
- (۱) ۱۵۰۰۰۰  
(۲) ۱/۵  
(۳) ۵۰۰۰۰  
(۴) ۰/۵

۱۳۵. چگالی محلولی که به یک بیمار تزریق می‌شود ۱۰۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. اگر فشار پیمانه‌ای سیاهرگ ۱۳۳۰ پاسکال باشد ارتفاع تقریبی محلول از بدن بیمار حداقل چند متر باید باشد؟ ( $P_0 = 1.0^5 Pa$ )

(بر گرفته از کمترین کتاب درسی)

- (۱) ۱۳  
(۲) ۱/۳  
(۳) ۰/۱۳  
(۴) ۰/۰۱۳

۱۳۶. در شکل مقابل اختلاف فشار نقطه A و فشار هوا چند کیلوپاسکال است؟



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

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

۱۳۷. در شکل روبه‌رو فشار پیمانه‌ای هوای درون ریه شخص که از شاخه سمت چپ لوله درون آن دمیده است، چند پاسکال است؟



(بر گرفته از مسئله کتاب درسی)

(چگالی روغن  $800 \frac{kg}{m^3}$  و چگالی آب  $1000 \frac{kg}{m^3}$  است.)

- (۱) ۹۰۰۰  
(۲) ۵۰۰۰  
(۳) ۴۰۰۰  
(۴) ۱۰۰۰

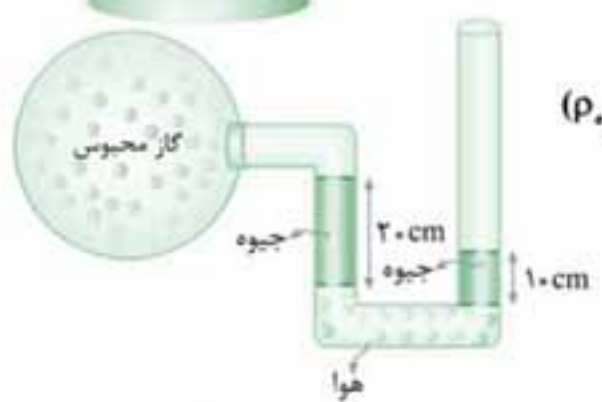
۱۳۸. در شکل مقابل مقداری هوا درون لوله و فضای بالای جیوه محبوس شده است. فشار پیمانه‌ای هوای محبوس شده چند پاسکال است؟ (چگالی جیوه  $13/5 \frac{g}{cm^3}$  و  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



( $g = 10 \frac{m}{s^2}$  و  $13/5 \frac{g}{cm^3}$  چگالی جیوه)

- (۱) ۲۱۶۰۰  
(۲) -۲۱۶۰۰۰  
(۳) ۸۱۰۰۰  
(۴) -۸۱۰۰۰

۱۳۹. در شکل روبه‌رو فشار پیمانه‌ای گاز محبوس در ظرف چند پاسکال است؟



( $\rho_{\text{جیوه}} = 13500 \frac{kg}{m^3}$ ،  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )

- (۱) ۱۳۵۰۰ - کمتر از فشار هوا  
(۲) ۱۳۵۰۰ - بیشتر از فشار هوا  
(۳) ۴۱۵۰۰ - کمتر از فشار هوا  
(۴) ۴۱۵۰۰ - بیشتر از فشار هوا

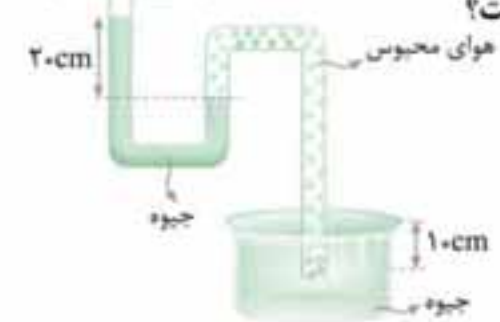
۱۴۰. شخص، با مکیدن هوای یک شیلنگ، از یک ظرف آب را تا ارتفاع قائم  $40/8 cm$  درون شیلنگ بالا می‌برد. فشار پیمانه‌ای هوای درون ریه شخص چند سانتی‌متر جیوه است؟ ( $\rho = 13600 \frac{kg}{m^3}$ ،  $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$ ، فشار هوا  $76 cmHg$  است.)



( $\rho = 13600 \frac{kg}{m^3}$ ،  $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$ ، فشار هوا  $76 cmHg$  است.)

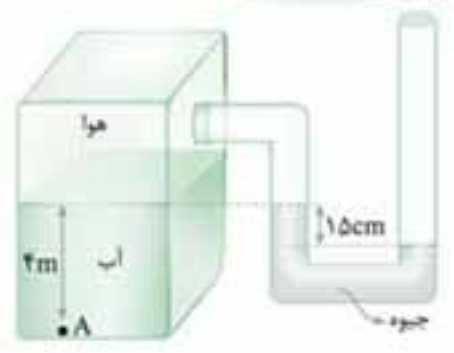
- (۱) -۷۳  
(۲) ۷۳  
(۳) -۳  
(۴) ۳

۱۴۱. در شکل مقابل اگر فشار هوا  $70 cmHg$  باشد، فشار پیمانه‌ای مخزن گاز چند سانتی‌متر جیوه است؟



- (۱) ۶۰  
(۲) -۶۰  
(۳) -۱۰  
(۴) +۱۰

۱۴۲. فشار در نقطه A چند کیلوپاسکال است؟

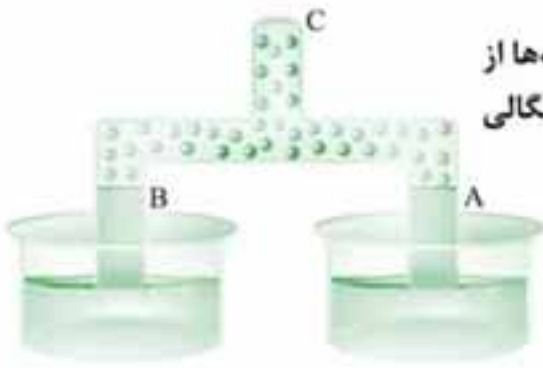


(تقریبی)

(چگالی آب  $1000 \frac{kg}{m^3}$ ، چگالی جیوه  $13600 \frac{kg}{m^3}$ ، فشار هوای بیرون  $1.0^5 Pa$  و  $g = 10 \frac{N}{kg}$  است.)

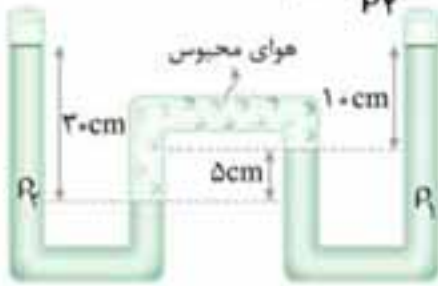
- (۱) ۷۹/۶  
(۲) ۱۱۹/۶  
(۳) ۶۸/۴  
(۴) ۱۲۰/۴

۱۴۳. در شکل مقابل قطر مقطع لوله در قسمت A نصف قسمت B است. اگر مقداری از هوای لوله‌ها از قسمت C مکیده شود، نسبت ارتفاع آب در لوله B به ارتفاع نفت در لوله A چقدر است؟ (چگالی نفت ۰/۸ و چگالی آب ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.)



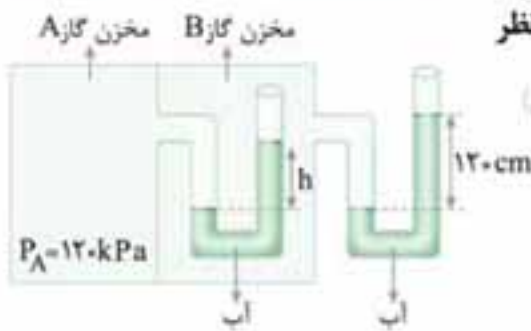
- (۱)  $\frac{1}{8}$   
 (۲)  $\frac{1}{4}$   
 (۳)  $\frac{5}{8}$   
 (۴)  $\frac{1}{2}$

۱۴۴. در شکل زیر دو مایع  $\rho_1$  و  $\rho_2$  در حال تعادل هستند و مقداری هوا در بین دو مایع محبوس شده است. کدام است  $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ ؟



- (۱) ۵  
 (۲)  $\frac{1}{5}$   
 (۳) ۳  
 (۴)  $\frac{1}{3}$

۱۴۵. در شکل روبه‌رو مقدار h چند سانتی‌متر است؟ فشار هوا را  $1.0^5$  پاسکال و چگالی آب را  $1 \frac{g}{cm^3}$  در نظر بگیرید.



(بر گرفته از مسئله کتاب درسی)

- (۱) ۱۲۰  
 (۲) ۱۰۰  
 (۳) ۸۰  
 (۴) ۶۰

### نیروی وارد بر گاز

۱۴۶. هواپیمایی در ارتفاع ۹ کیلومتری پرواز می‌کند. اگر فشار هوا در این ارتفاع ۳۰ کیلوپاسکال و فشار هوای داخل کابین هواپیما ۱۰۰ کیلوپاسکال باشد، نیروی عمودی خالصی که بر پنجره هواپیما به مساحت  $1m^2$  وارد می‌شود چند نیوتون و کدام طرف است؟

- (۱)  $3 \times 10^4$  - بیرون هواپیما (۲)  $13 \times 10^4$  - داخل هواپیما (۳)  $7 \times 10^4$  - بیرون هواپیما (۴)  $7 \times 10^4$  - داخل هواپیما

۱۴۷. مساحت دریچه خروجی یک زودپز  $6/0 mm^2$  است. می‌خواهیم فشار بخار داخل دیگ حداکثر ۳ atm شود. چند گرم وزنه باید روی دریچه خروجی گذاشت؟ (فشار محیط زودپز  $1 atm = 100 kPa$  است و  $g = 10 \frac{m}{s^2}$  است.)



- (۱) ۲۴۰  
 (۲) ۱۸۰  
 (۳) ۱۲۰  
 (۴) ۶۰

۱۴۸. در شکل مقابل وزن و اصطکاک پیستون ناچیز است. وزنه چند کیلوگرمی را به آرامی روی پیستون قرار دهیم تا در حالت تعادل اختلاف ارتفاع بین دو سطح جیوه در لوله به  $7/5$  سانتی‌متر برسد؟

(پیش‌نویس ۸۹)

( $g = 10 \frac{m}{s^2}$  و مساحت قاعده پیستون  $50 cm^2$  و چگالی جیوه  $13/6 \frac{g}{cm^3}$  است.)

- (۱)  $3/2$   
 (۲)  $4/3$   
 (۳)  $5/1$   
 (۴)  $6/4$



۱۴۹. در شکل مقابل جرم پیستون  $1/25 kg$  و مساحت آن  $10 cm^2$  است. h چند سانتی‌متر است؟

( $\rho_{\text{جیوه}} = 13/5 \frac{g}{cm^3}$ ،  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )

- (۱) ۵  
 (۲) ۱۰  
 (۳) ۱۵  
 (۴) ۲۰

بنابر متن کتاب درسی حرکت و برخورد مولکول‌های شاره، فشار را ایجاد می‌کند و نیرو بر اجسام وارد می‌گردد. ما در کف اقیانوسی از هوا زندگی می‌کنیم و با افزایش ارتفاع، چگالی هوا کم می‌شود و اگر درس‌نامه را خوانده باشید متوجه می‌شوید که  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$  است و نیروی ناشی از فشار هوا در همه جهت‌ها بر اجسام از جمله بدن ما به صورت عمودی بر سطح وارد می‌شود نه در راستای قائم.

فضای بالای ستون جیوه فشارسنج خلأ است و فشار در سطح آزاد جیوه برابر فشار جو است.

این را می‌دانیم که فشار مایع به شکل ظرف و قطر داخلی ظرف از جمله لوله جوسنج بستگی ندارد. پس عبارت **الف** نادرست است. عبارت **پ** هم که می‌دانیم نادرست است و از درس‌نامه یادمان هست که ارتفاع جیوه درون جوسنج بیانگر و متناسب با فشار هواست. با توجه به این که چگالی جیوه بسیار بیشتر از چگالی آب است، ارتفاع بسیار بیشتری از آب لازم است تا با فشار ستونی از جیوه درون جوسنج، برابری کند و نسبت

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{جو}} &= \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}} \\ P_{\text{جو}} &= \rho_{\text{آب}} gh_{\text{آب}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} \Rightarrow \frac{\rho_{\text{جیوه}}}{\rho_{\text{آب}}} = \frac{h_{\text{آب}}}{h_{\text{جیوه}}} \Rightarrow \frac{h_{\text{آب}}}{h_{\text{جیوه}}} = 13/5$$

ارتفاع آب به ارتفاع جیوه برابر است با:

نیروی گرانش زمین بر هوا سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا متراکم‌تر و چگالی بیشتری داشته باشند و لایه‌های بالایی چگالی کم‌تر. از این رو چگالی هوا ثابت نیست و فشار فقط تابعی از ارتفاع (h) نیست. دقت کنید که اگر چگالی هوا ثابت بود، **گزینه ۳** پاسخ درست بود.

با توجه به درس‌نامه این قسمت، اگر شکل رو ببینید متوجه می‌شوید که چگونه سؤال را پاسخ دهید!

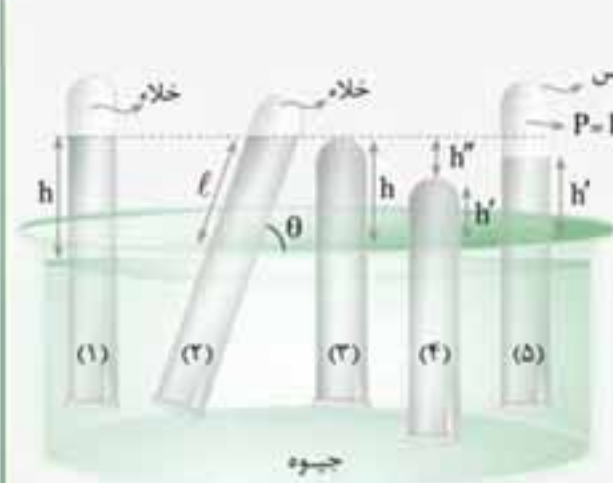


$$P_A = P_B = P_C \xrightarrow{P_A = P_C = P_{\text{جو}}} P_{\text{جو}} = \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}}$$

$$\xrightarrow{h_{\text{جیوه}} = 70 \text{ cm}} P_{\text{جو}} = 13/6 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10 \times 70 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\Rightarrow P_{\text{جو}} = 95200 \text{ Pa}$$

### راهبرد ۶



شکل روبه‌رو را خوب نگاه کنید. ظرف و لوله‌ها محتوی جیوه هستند. هر لوله بیانگر حالتی می‌تواند باشد که ممکن است با آن سرو کار داشته باشید.  
**در لوله (۱)** که فضای بالای جیوه درون لوله خلأ است،  $h = P_{\text{جو}}$  است. (یادتان هست که در اینجا می‌توان یکای h را برحسب سانتی‌متر جیوه یا میلی‌متر جیوه هم در نظر گرفت.)  
**لوله (۲)** قائم نیست و با افق زاویه  $\theta$  می‌سازد، طول ستون جیوه در لوله برابر  $\ell$  است و از آنجا که فشار مایع (در این‌جا جیوه) به ازای ارتفاع مایع باید در نظر گرفته شود، می‌توان نوشت:  $h = \ell \sin \theta \Rightarrow h = P_{\text{جو}} = \ell \sin \theta$   
**لوله (۳)** در راستای قائم قرار دارد و آن‌قدر درون ظرف فرو رفته که ته آن در ارتفاع h قرار دارد و در این حالت ته لوله بر جیوه یا جیوه بر ته لوله نیرو وارد نمی‌کند و داریم:

$$h = P_{\text{جو}}$$

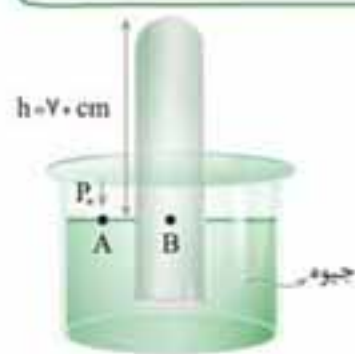
**لوله (۴)** آن‌قدر درون ظرف جیوه پایین رفته که ارتفاع جیوه آن کم‌تر از h و برابر  $h'$  است و در نتیجه جیوه بر ته لوله نیرو وارد می‌کند و فشار ایجاد می‌کند و اگر  $h''$  فشار جیوه بر ته لوله یا فشار ته لوله بر جیوه باشد، داریم:

$$P_{\text{جو}} = h = h' + h''$$

$$P_{\text{جو}} = \rho gh + P_{\text{لوله}}$$

**لوله (۵)** در این لوله کمی گاز یا هوا در بالای سطح جیوه وجود دارد. در نتیجه در بالای سطح جیوه درون لوله، فشار هوای محبوس هم وجود دارد و این فشار را  $h''$  می‌نامیم. بنابراین می‌توان نوشت:

توجه کنید که هر یک از فشارهای  $h'$  و  $h''$  را در همه لوله‌ها می‌توان برحسب cmHg یا mmHg در نظر گرفت یا می‌توان آن‌ها را برحسب پاسکال، بار یا اتمسفر هم نوشت.



**تذکره:** در حالتی که جیوه به ته لوله جوسنج چسبیده باشد ممکن است ارتفاع ستون جیوه برابر با فشار هوا یا کم‌تر از فشار هوا باشد. (حالت ۳ و ۴ راهبرد ۶)  
 از این رو بنابر نتیجه‌ای که از این راهبرد به دست آوردیم، در حالت دوم فشاری که از طرف ته لوله بر جیوه به طرف پایین وارد می‌شود را نیز باید در نظر گرفت. یعنی می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \xrightarrow{P_A = P_{\text{جو}}} P_{\text{جو}} = \rho gh + P_{\text{لوله}}$$


فشار ستون جیوه و فشار هوا را برحسب cmHg در نظر می‌گیریم و ابتدا فشار ته لوله را برحسب cmHg به دست می‌آوریم:

$$\left. \begin{array}{l} P_c = \gamma \Delta \text{cmHg} \\ h = \gamma \cdot \text{cmHg} \end{array} \right\} \xrightarrow{P_c = h + P_{\text{ته لوله}}} \Rightarrow \gamma \Delta = \gamma \cdot + P_{\text{ته لوله}} \Rightarrow P_{\text{ته لوله}} = \Delta \text{cmHg}$$

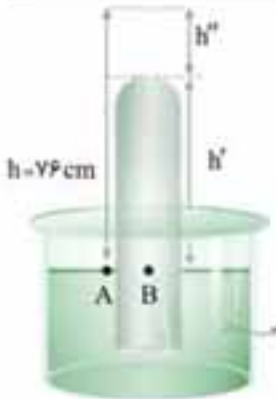
اکنون این فشار را برحسب پاسکال به دست می‌آوریم و می‌دانید که چه کنید!

$$P_{\text{ته لوله}} = 13/5 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 5 \times 10^{-2} \text{m} = 6750 \text{Pa}$$

**سوال:** اگر ته لوله را سوراخ کنیم چه می‌شود؟

**پاسخ:** سطح جیوه در لوله پایین می‌رود، تا با سطح جیوه در ظرف برابر شود.

۱۲۲



مطابق شکل مقابل دو نقطه A و B هم‌فشارند. از طرف دیگر فشار هوا 76 cmHg و ارتفاع جیوه جوستج 70 cm است و جیوه به ته لوله چسبیده است. یعنی ته لوله 6 cm پایین‌تر از فشار جو قرار دارد و از راهبرد 6

می‌توان نوشت:  $h = h' + h''$

از طرفی اگر  $h''$  برحسب cmHg باشد،  $h'$  و  $h$  هم برحسب cmHg خواهند بود. اما بیشترین مقدار  $h''$  برابر 1360 Pa است پس آن را به cmHg تبدیل می‌کنیم:

$$h'' = \frac{13600}{1360} = 10 \text{cmHg}$$

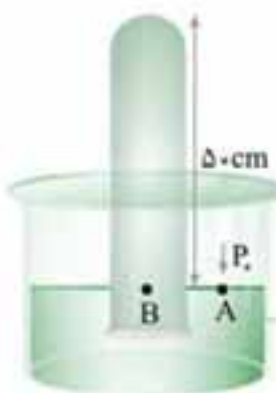
در قدم آخر حداقل ارتفاع  $h$  را حساب می‌کنیم و می‌توان نوشت:

$$h = h' + h'' \Rightarrow 76 = h' + 10 \Rightarrow h = 66 \text{cmHg}$$

$$70 - 66 = 4 \text{cm}$$

حداکثر مقداری که لوله را می‌توان داخل جیوه برد برابر است با:

۱۲۳



برای این که نیرویی که جیوه ته لوله، بر ته لوله وارد می‌کند را حساب کنیم، ابتدا باید فشار ته لوله بر جیوه که برابر فشار جیوه بر ته لوله است، به دست آوریم. بنابر راهبرد 6، و با توجه به شکل مقابل می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_c = \rho gh + P_{\text{ته لوله}}$$

می‌توان فشار ته لوله را برحسب cmHg به دست آورد:

$$h = h' + h'' \xrightarrow{h'' = P_{\text{ته لوله}} / h = P_c = 70 \text{cmHg}} 70 (\text{cmHg}) = 50 + P_{\text{ته لوله}} \Rightarrow P_{\text{ته لوله}} = 20 \text{cmHg}$$

و برای نیرویی که ته لوله بر جیوه یا جیوه بر ته لوله وارد می‌کند داریم: (فشار بر حسب پاسکال)

$$F_{\text{ته لوله}} = P_{\text{ته لوله}} \times A \xrightarrow{A = 4 \times 10^{-4} \text{m}^2} F = 13500 \times 10 \times 20 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-4} \Rightarrow F_{\text{ته لوله}} = 10/8 \text{N}$$

۱۲۴



**تذکره:** این را می‌دانیم که فشار مایع درون ظرف به ارتفاع مایع در راستای قائم بستگی دارد. از این رو با توجه به راهبرد 6، در جوستجی مانند شکل زیر فشار هوا از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_c = \rho gh$$

$$P_c (\text{cmHg}) = h = \ell (\text{cm}) \sin \theta \quad \text{یا} \quad P_c (\text{Pa}) = \rho \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) g \ell (\text{m}) \sin \theta$$

$$h = \ell \sin \theta$$

اکنون دیگر می‌توانید پاسخ سؤال را به دست آورید چون فشار هوا را برحسب پاسکال باید به دست آوریم، می‌توان نوشت:

$$P_c = \rho g \ell \sin \theta \Rightarrow P_c = 13/5 \times 10^3 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times 10 \cdot 0/90 (\text{m}) \times \sin 53^\circ \Rightarrow P_c = 9720 \text{Pa}$$

۱۲۵



فشار B و C که با هم برابر است. خوب دیگر می‌توانیم بنویسیم:

$$P_B = P_C \Rightarrow P_{\text{ته لوله}} + P_{\text{آب}} = P_{\text{جیوه}} + P_c \quad (1)$$

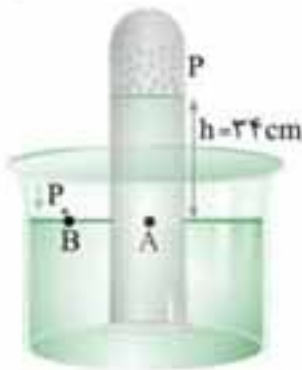
قبل از ادامه پاسخ، چون فشار هوا بر حسب cmHg داده شده و فشار ته لوله را هم برحسب cmHg باید به دست آوریم، پس بهتر است فشار آب را نیز برحسب cmHg بنویسیم. یعنی این که:

$$\rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{1 \times 27/20}{13/6} = 2 \text{cmHg} \Rightarrow P_{\text{آب}} = 2 \text{cmHg}$$

و با جای‌گذاری در رابطه (1) می‌توانید بنویسید:

$$P_{\text{ته لوله}} + 2 (\text{cmHg}) = 27/2 (\text{cmHg}) + 70 (\text{cmHg}) \Rightarrow P_{\text{ته لوله}} = 95/2 (\text{cmHg})$$

در هر شکل، فشار هوا از بیرون و فشار جیوه‌ای که بالای نقطه A قرار دارد از درون، به نقطه A وارد می‌شود. در شکل‌های الف و ب و ج چون فشار هوا از فشار جیوه بالای نقطه A بیشتر است، جیوه به بیرون نمی‌ریزد. ولی در شکل پ؛ چون فشار هوا کم‌تر از فشار جیوه بالای نقطه A است، جیوه بیرون خواهد ریخت.



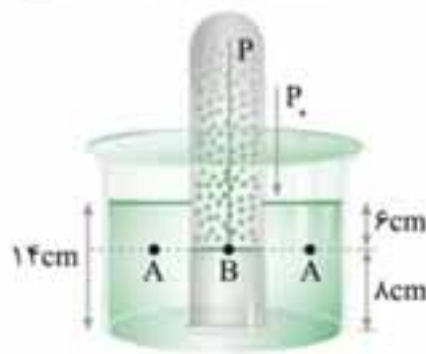
این که می‌گویید فشار گاز منظورش فشار مطلق گاز است. با توجه به این که فشار دو نقطه A و B یکسان است داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P + \rho gh = P_1 \quad (1)$$

اما این جا بهتر است فشار 34 cm آب را بر حسب cmHg به دست آوریم و یادتان هست که چه کار باید کرد؟

$$\rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{1 \times 34}{13/6} = 2/5 \text{ cmHg}$$

و حالا می‌رویم سراغ رابطه (1) و کار تمام است:  $P_1 = 72 + 2/5 = 72/5 \text{ cmHg}$



فشار هوای داخل لوله را با P نشان داده‌ایم و دو نقطه هم‌تراز هم که A و B هستند و می‌توان برای این دو نقطه نوشت:

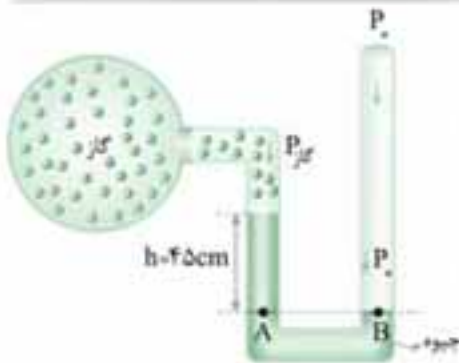
$$P_B = P_A \xrightarrow{P_B = P} P = \rho gh + P_1 \quad (1)$$

اما چون فشار هوای داخل لوله را بر حسب cmHg باید به دست آوریم، ابتدا فشار مایع یعنی  $\rho gh$  را بر حسب سانتی‌متر جیوه حساب می‌کنیم، پس داریم:

$$\rho_{\text{مایع}} gh_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{0/9 \times 6}{13/5} = 0/4 \text{ cmHg}$$

$$(1) \rightarrow P = 0/4 + 76 = 76/4 \text{ cmHg}$$

و بالاخره فشار هوای داخل لوله برابر است با:



بسیار خوب، منظور از فشار گاز همان فشار مطلق گاز است و با توجه به دو نقطه A و B می‌توانید بنویسید:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} + \rho gh = P_1$$

گمان کنم می‌دانید که چه کنید. منظور از فشار گاز همان فشار مطلق گاز است.

$$P_{\text{گاز}} = 1.05 + 13600 \times 10 \times 0/45 \Rightarrow P_{\text{گاز}} = 161200 \text{ Pa}$$

منظور از فشار گاز همان فشار مطلق گاز است و دیگر می‌دانید که برای یافتن پاسخ درست چه کار کنید:

$$P_{\text{مخزن}} + \rho gh = P_1 \Rightarrow 95200 + 13600 \times 10 \times 0/5 = P_1 \Rightarrow P_1 = 102000 \text{ Pa}$$

$$\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow h = \frac{102000}{13600} = 75 \text{ cmHg}$$

و برای تبدیل یکای پاسکال به سانتی‌متر جیوه، می‌توان نوشت:

فشار پیمانه‌ای برابر اختلاف فشار مطلق گاز با فشار هواست و جوسنج فشار مطلق هوای محیط را نشان می‌دهد و در اعماق بیشتر آب دریاچه، فشار پیمانه‌ای آب (شاره) که برابر اختلاف فشار آب با هوا یعنی  $\rho gh$  است، افزایش می‌یابد.

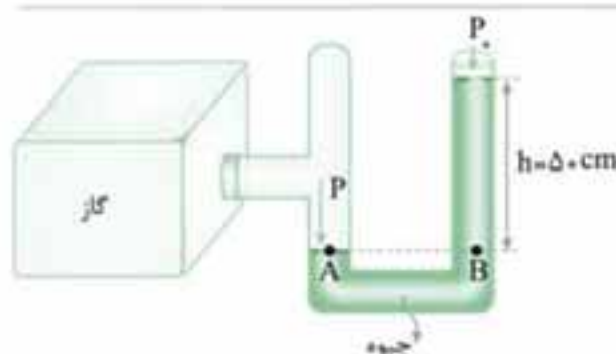
از درس‌نامه می‌دانیم با فشارسنج، فشار پیمانه‌ای لاستیک اندازه‌گیری می‌شود مشخص است. اما این که این فشار یعنی 22 kPa بر حسب cmHg چقدر است، را به دست می‌آوریم:

$$P = \rho gh \Rightarrow 22 \times 10^3 = 13600 \times 10 \times h \Rightarrow h = 1/62 \text{ mHg} \Rightarrow h = 162 \text{ cmHg}$$

راه می‌تبری هم داشتیم یادتان هست؟ اگر  $\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  یا  $\rho_{\text{جیوه}} = \frac{13}{6} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  باشد داریم:

$$h = \frac{P(\text{Pa})}{13600} = \frac{22000}{13600} = 162 \text{ cmHg}$$

البته اگر به گزینه‌ها نگاهی بیندازید، بدون محاسبه می‌توان دریافت فقط گزینه 3 می‌تواند درست باشد.



معلوم است که باید اختلاف فشار گاز با فشار هوای محیط را به دست بیاورید اگر فشار گاز را با P نشان دهیم از شکل پیدا است که می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \xrightarrow{P_A = P} P = \rho gh + P_1$$

$$P - P_1 = \Delta P = \rho gh \Rightarrow \Delta P = 13600 \times 10 \times 0/5$$

$$\Delta P = 68000 \text{ Pa}$$



فشار پیمانه‌ای در عمق  $h$  از آب برابر است با اختلاف فشار هوا با فشار در این عمق.

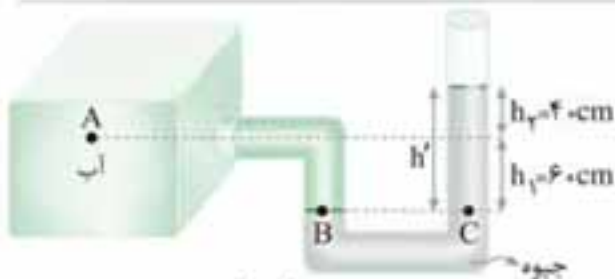
$$P = P_0 + \rho gh \rightarrow P - P_0 = \rho gh \Rightarrow \Delta P = P_g = 1000 \times 10 \times 5 = 50000 \text{ Pa}$$

اکنون فقط باید این فشار را از پاسکال به اتمسفر تبدیل کنیم و داریم:

$$Pa \xrightarrow{\div 1.0^5} at \Rightarrow P_g = \frac{50000}{1.0^5} = 0.5 \text{ at}$$

فشار پیمانه‌ای محلول حداقل باید از فشار پیمانه‌ای سیاه‌رگ بیشتر باشد؛ پس می‌توان فشار پیمانه‌ای محلول را از رابطه  $\rho gh$  به دست آورد:

$$P_g = \rho gh \xrightarrow{P_g = 1330 \text{ Pa}} 1330 = 1050 \times 10 \times h \Rightarrow h = 0.126 \text{ m}$$



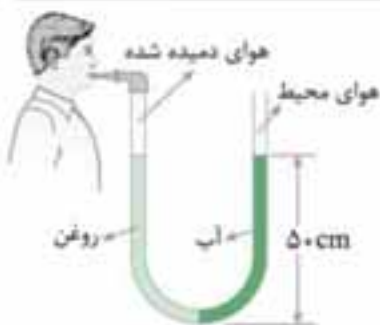
مطابق شکل می‌توان ابتدا فشار  $B$  و  $C$  را برابر در نظر گرفت و نوشت:

$$P_B = P_C \xrightarrow{P_B = P_A + \rho gh_1, P_C = \rho gh' + P_0}$$

که در آن  $h' = h_1 + h_2 = 0.4 + 0.6 = 1 \text{ m}$  چگالی جیوه و  $\rho$  چگالی آب است. اکنون با جای‌گذاری مقدارهای  $P_B$  و  $P_A$  در رابطه بالا داریم:

$$P_A + \rho gh_1 = \rho gh' + P_0 \Rightarrow P_A - P_0 = 13/6 \times 10^3 \times 10 \times 1 - 1000 \times 10 \times 0.6 \Rightarrow P_A - P_0 = 13000 \text{ Pa} \Rightarrow P_A - P_0 = 13 \text{ kPa}$$

دقت کنید که  $P_A - P_0$  همان فشار پیمانه‌ای  $A$  نیز می‌باشد.



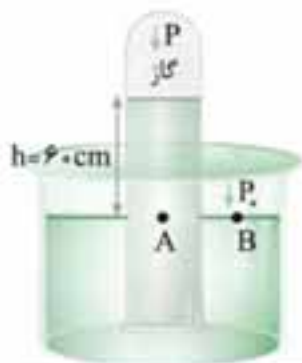
اگر مرز مشترک روغن و آب را  $A$  بنامیم، فشار در دو طرف  $A$  یکسان است. اما این‌که در هر شاخه فشار چقدر است، داریم:

$$P_{\text{روغن}} + \rho gh_{\text{روغن}} = \rho gh_{\text{آب}} + P_0$$

$$\Delta P = P_{\text{روغن}} - P_0 = \rho gh_{\text{آب}} - \rho gh_{\text{روغن}}$$

$$\xrightarrow{\text{یکای SI}} \Delta P = 1000 \times 0.05 (1000 - 800) \Rightarrow \Delta P = 1000 \text{ Pa}$$

می‌دانید که برای محاسبه فشار پیمانه‌ای گاز یا هوای محبوس شده کافی است اختلاف فشار گاز با فشار هوای محیط را به دست آورید و نیاز به داشتن فشار هوا نیست.



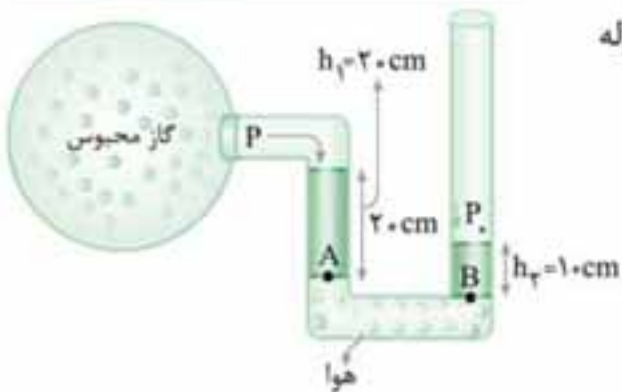
$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} + \rho gh = P_0 \Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = -\rho gh \xrightarrow{\text{یکای SI}}$$

$$\Delta P = -13/5 \times 10^3 \times 10 \times 0.06 = -81000 \text{ Pa}$$

**سوال:** علامت منفی بیانگر چیست؟

**پاسخ:** بیانگر این است که فشار گاز  $81000 \text{ Pa}$  کمتر از فشار هوا است.

به شکل که نگاه کنید متوجه می‌شوید که فشار  $A$  و  $B$  که هر دو در هوای پایین لوله هستند، یکسان می‌باشند و برای دو نقطه  $A$  و  $B$  می‌توانیم بنویسیم:



$$\left. \begin{aligned} P_A &= \rho gh_1 + P_{\text{گاز محبوس}} \\ P_B &= \rho gh_2 + P_0 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{طرفین دو رابطه را} \\ \text{از هم کم می‌کنیم} \end{array}$$

$$P_{\text{گاز محبوس}} - P_0 = \Delta P = \rho gh_2 - \rho gh_1$$

$$P_g = \Delta P = 13500 \times 10 (0.10 - 0.20) = -13500 \text{ Pa}$$

علامت منفی هم که می‌دانیم به معنی کمتر بودن فشار گاز محبوس نسبت به هواست.

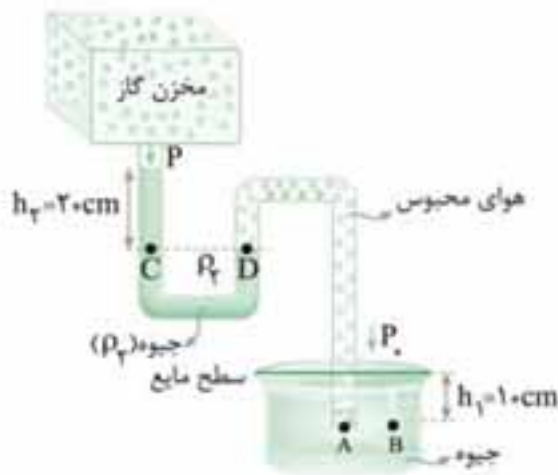
کافی است اختلاف فشار هوای بالای سطح آب درون شیلنگ یعنی هوای درون ریه شخص با فشار هوای محیط را به دست آوریم که برابر فشار ارتفاع آب بالا آمده درون شیلنگ است. دوست دارم این آزمایش را انجام بدهید.

می‌توانیم فشار پیمانه‌ای را برحسب پاسکال به دست آوریم و بعد تبدیل کنیم به سانتی‌متر جیوه. اما چه کاری است این کار؟ این کار رو انجام دهیم بهتر است:



$$\rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \xrightarrow{\text{یکای یکسان باشد}} 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 40/8 \text{ cm} = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} h \Rightarrow h = 3 \text{ cmHg}$$

اما باید دقت کنید که گزینه درست  $3 \text{ cmHg}$  است. چرا؟ زیرا که شخص هوای بالای شیلنگ را مکیده و فشار کمتر از فشار هوا شده است.



با توجه به تست‌هایی که تا این‌جا از این کتاب پاسخ داده‌اید، حتماً می‌توانید این تست را هم حل کنید. اما اجازه دهید این را هم با هم بریم جلو. نخست این‌که فشار هوای محبوس شده در نقاط D و A با هم برابر است و دوم این‌که نقاط B و C و همچنین نقاط D و C فشار یکسان دارند، بسیار خوب بقیه کار را دیگه خودتان دنبال کنید:

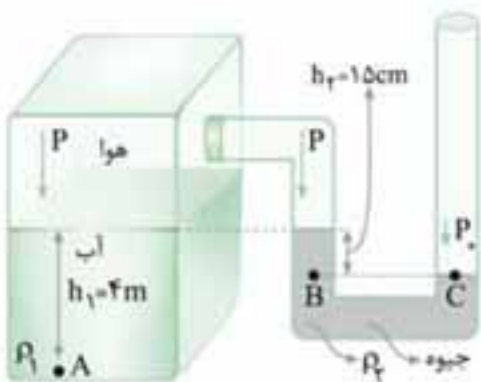
$$\left. \begin{aligned} P_C = P_D &\Rightarrow P_{\text{مخزن}} + \rho_2 g h_2 = P_{\text{هوای محبوس}} \quad (1) \\ P_B = P_A &\Rightarrow P_2 + \rho_1 g h_1 = P_{\text{هوای محبوس}} \quad (2) \end{aligned} \right\}$$

$$\xrightarrow{\text{طرفین دو رابطه (1) و (2) را از هم کم می‌کنیم}} P_{\text{مخزن}} - P_2 = \Delta P = \rho_1 g h_1 - \rho_2 g h_2$$

صبر کن! چون فشار پیمانه‌ای مخزن گاز را برحسب cmHg باید به دست آوریم و هر دو ظرف حاوی جیوه هستند می‌توان نوشت:

$$\Rightarrow \Delta P = h_1 - h_2 = -10 \text{ cmHg}$$

اگر هنوز کاملاً متوجه خط آخر نشدید؛ به عنوان یادآوری، عرض می‌کنم که برای مایع جیوه اگر مقدار  $\rho g h$  را در SI به دست آوردید فشار برحسب (Pa) خواهد بود و اگر فقط ارتفاع  $h$  جیوه را برحسب سانتی‌متر در نظر بگیرید فشار برحسب cmHg خواهد بود. خب حالا که خیالتان راحت شد بریم تست بعدی.



**تذکره:** فشار گاز یا هوای محصور یا درون یک ظرف، در همه نقاط آن یکسان است. مطابق شکل این فشار را با  $P$  نشان می‌دهیم. در این‌گونه مسائل که دو مایع جدا در ظرف‌ها وجود دارد، فشار گاز یا هوایی که با مایعات در تماس هستند را یکسان در نظر می‌گیریم. پس برای نقطه A از ظرف محتوی آب می‌توانید بنویسید:

$$P_A = \rho_1 g h_1 + P \quad (1)$$

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

$$P_B = P_C \Rightarrow \rho_2 g h_2 + P = P_2 \Rightarrow P = P_2 - \rho_2 g h_2 \quad (2)$$

اکنون با مقایسه دو معادله (1) و (2) می‌توان نوشت:

$$\xrightarrow{P = P_2 - \rho_2 g h_2 \text{ رادر رابطه (1) قرار می‌دهیم}} P_A = \rho_1 g h_1 + P_2 - \rho_2 g h_2 \Rightarrow P_A = 13600 \times 10 \times 15 \times 10^{-2} + 10^5 - 1000 \times 10 \times 4 \Rightarrow P_A = 119600 \text{ Pa}$$

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

یادتان نرود که  $P_A$  را برحسب کیلوپاسکال به دست آوردید.

دو تا نکته هست که باید در نظر داشته باشید:

① فشار هوای درون لوله (بالای مایع‌ها) با هم برابر است. (که آن را  $P$  در نظر گرفته‌ایم).

② ضخامت لوله‌ها اثری در فشار مایع درون آن‌ها ندارد.

بسیار خوب اکنون برای ظرف A و B می‌توانیم بنویسیم:

$$\text{برای A: } P_2 = \rho_1 g h_1 + P \quad (1) \quad \text{و برای B: } P_2 = \rho_2 g h_2 + P \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1)=(2)} \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \xrightarrow{\rho_1 = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \rho_2 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \frac{h_2}{h_1} = 0.8$$

چی؟ نه این قدر که نشان می‌دهد تست دشواری نیست. همراه شما هستیم و سؤال را با هم پاسخ می‌دهیم.

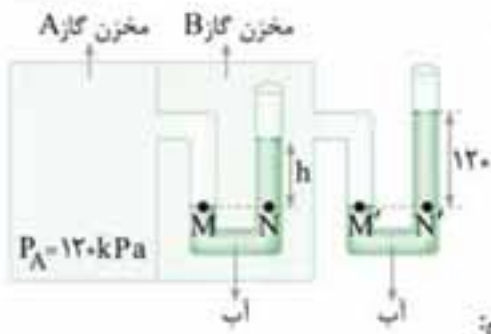
اول این‌که  $P_A = P_B$  است. درست؟! بسیار خوب.

دوم این‌که  $P_B = P_D$  و  $P_A = P_C$  است.

بنابراین اگر طرفین این دو معادله را باز کنید داریم:

$$\left. \begin{aligned} P_C = P_2 + \rho_2 g h_2 &\rightarrow P_A = P_2 + \rho_2 g h_2 \\ P_D = \rho_1 g h_1 + P_2 &\rightarrow P_B = P_2 + \rho_1 g h_1 \end{aligned} \right\} \xrightarrow{P_A = P_B} \rho_2 g h_2 + P_2 = \rho_1 g h_1 + P_2 \Rightarrow \rho_2 h_2 = \rho_1 h_1 \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{20}{10} = 2$$

عرض کردیم که دشوار نیست!



اگر فشار مخزن B را با  $P_B$  و فشار مخزن A را با  $P_A$  نشان دهیم، برای مخزن B دو نقطه M و N هم‌تراز و در یک مایع هستند و داریم:

$$P_M = P_N \Rightarrow P_A = \rho gh + P_B \quad (1)$$

و برای لوله بیرون از دو مخزن نیز حتماً می‌دانید که فشار دو نقطه  $M'N'$  نیز برابر است و داریم:

$$P_B = \rho gh' + P_0 \quad (2)$$

اکنون، دو معادله رو دستمون مونده و دو مجهول  $P_B$  و  $h$ ، که باید  $h$  را حساب کنیم، و ادامه می‌دهیم:

$$\frac{P_{(B)}}{P_A = 12 \text{ kPa}} \rightarrow 12 \times 10^3 = 1000 \times 10 \times h + 1000 \times 10 \times \frac{1}{2} + 10^5 \Rightarrow h = 0.8 \text{ m} \Rightarrow h = 8 \text{ cm}$$

برای این که نیروی خالص وارد بر پنجره هواپیما را به دست آوریم، باید اختلاف فشار هوای داخل کابین با هوای بیرون آن را به دست آوریم:

$$\Delta P = 100 \text{ kPa} - 93 \text{ kPa} = 7 \text{ kPa}$$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow \Delta P = \frac{F_{\text{خالص}}}{A}$$

با استفاده از تعریف فشار می‌توان نوشت:

$$F_{\text{خالص}} = 7 \times 10^3 \text{ (Pa)} \times 1 \text{ (m}^2\text{)} = 7 \times 10^3 \text{ N}$$

چون فشار داخل کابین بیشتر از فشار بیرون است، جهت این نیرو به طرف بیرون هواپیماست.

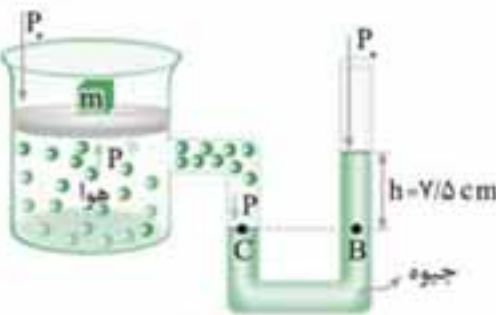
وزنه ای که روی روزنه خروج بخار آب قرار داده می‌شود.



اگر جرم وزنه مورد نظر را  $m$  در نظر بگیریم، فشاری که وزنه بر دریچه زودپز ایجاد می‌کند برابر  $P_{\text{وزنه}} = \frac{mg}{A}$  خواهد بود و حداکثر فشار زودپز برابر مجموع فشار وزنه و فشار هوا می‌شود و می‌توان نوشت:

$$P_{\text{زودپز}} = P_{\text{وزنه}} + P_0 = \frac{mg}{A} + P_0 \rightarrow 3 \times 10^5 \text{ (Pa)} = \frac{10 \times m}{6/0 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}} + 10^5 \text{ (Pa)}$$

$$m = 120 \times 10^{-3} \text{ kg} \Rightarrow m = 120 \text{ g}$$



اجازه دهید فشار هوای داخل سیلندر را  $P$  بنامیم و برای پاسخ به این سؤال دو نکته را باید در نظر داشته باشیم:

۱ در حالت تعادل پیستون، فشار هوای درون سیلندر ( $P$ ) برابر مجموع فشار هوای محیط و فشار وزنه است و اگر سطح قاعده پیستون را  $A$  بنامیم داریم:

$$P = P_0 + \frac{mg}{A} \quad (1)$$

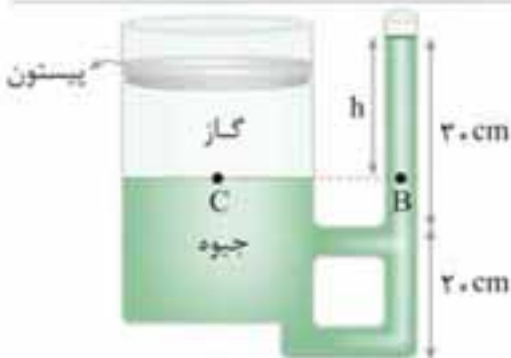
و این فشار  $P$  برای همه قسمت‌های درون استوانه یکسان است.

$$P_C = P_B \xrightarrow{P_C = P} P = \rho gh + P_0 \quad (2)$$

۲ دو نقطه  $B$  و  $C$  که هم‌تراز و درون جیوه هستند، فشار یکسان دارند، یعنی:

اکنون با مقایسه دو رابطه ۱ و ۲ می‌توانید بنویسید:

$$\xrightarrow{(1), (2)} P_0 + \frac{mg}{A} = \rho gh + P_0 \xrightarrow{P_0 = P_0} \frac{m \times 10}{50 \times 10^{-4}} = 13600 \times 10 \times \frac{7}{5} \times 10^{-2} \Rightarrow m = 5/1 \text{ kg}$$



می‌دانیم که فشار گاز در همه نقاط ظرف یکسان است و آن را با  $P_{\text{گاز}}$  نشان می‌دهیم، و چون پیستون در حال تعادل است برای پیستون و گاز می‌توان نوشت:

$$P_{\text{گاز}} = \frac{mg}{A} + P_0 \quad (1)$$

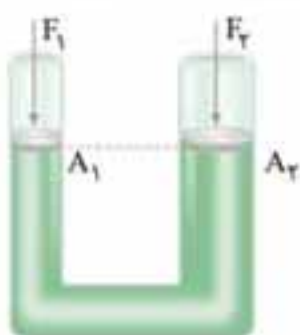
اکنون به دو نقطه  $B$  و  $C$  که هم‌ترازند و هر دو درون جیوه هستند توجه می‌کنیم، می‌دانیم که

$$P_C = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = \rho gh + P_0 \quad (2)$$

فشار این دو نقطه یکسان است یعنی:

$$\xrightarrow{(1), (2)} \frac{mg}{A} = \rho gh \Rightarrow \frac{1/25 \times 10}{10 \times 10^{-4}} = 13/5 \times 10^3 \times 10 \times h \Rightarrow h = 0.1 \text{ m} \Rightarrow h = 10 \text{ cm}$$

در نهایت داریم:



هر دو پیستون در یک تراز افقی قرار دارند، پس فشار در زیر پیستون‌ها با یکدیگر برابر است.

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} + P_0 = \frac{F_2}{A_2} + P_0 \Rightarrow F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) F_2$$