

انتہا  
نترالگو

تمام  
تمرین امتحان

# فیزیک دہم

## ریاضے

رضا خالو، امیرعلی میری

پاسخہای  
تشریحی

سوالات  
امتحانی

سوالات  
تکمیلی

سوالات  
تالیفی

درس نامہ  
سوال محور

## مقدمه مؤلف

به نام خدا

سلام به شما دهمی‌های عزیز

سال دهم، سال ورود شما به مقطع جدید (دوره دوم دبیرستان) رو تبریک می‌گیم. سالی که شما احساس می‌کنید برای وفق دادن خودتون با شرایط جدید وقت کافی دارید. البته احساس چندان اشتباهی نیست اما با توجه به اینکه در طراحی جدید آزمون سراسری دانشگاه‌ها، سوابق تحصیلی یا همون نمرات امتحاناتون در آخر سال تأثیر مهمی داره شما باید از ابتدای سال به فکر این آزمون‌ها باشید. همون‌طور که ما به فکر بودیم و برای این موضوع کتابی با شرح حال زیر نوشتیم.

داستان کتاب ما از این قراره که کتاب رو به ۶ قسمت تقسیم کردیم:

**۱** درس‌نامه: امتحان نهایی در درس فیزیک معمولاً شامل دو بخش است. یک بخش حفظی با سؤال‌های جای خالی، تعریف کنید، درست و نادرست و ... از متن کتاب و بخش دیگر مسئله‌های معاسباتی.

الف) برای بخش حفظی، در درس‌نامه تمام قسمت‌های حفظی و مهم متن کتاب درسی را تحت عنوان «خط به خط کتاب درسی» و شکل‌های مهم کتاب را به صورت «عکس و مکث» آوردیم.

ب) برای بخش مسئله‌ها هم، در هر درس‌نامه مسئله‌ها را تیپ‌بندی کردیم و نکته‌های مهم برای حل مسئله رو در پاسخ اون نوشتیم.

**۲** در هر فصل بعد از درس‌نامه کامل، یک‌سری تمرین و کار در منزل برای شما قرار دادیم تا با حل اون‌ها قدرت حل مسئله و آزمون دادن شما بالا بره. در بخش تمرین بیشتر، تمرین‌ها شامل چند قسمت بوده یعنی یک مبحث رو به چند صورت از شما پرسیده‌ایم تا هم شما و هم همکار عزیز ما یعنی معلمتون خیالتون راحت باشه این نمونه سؤال رو یاد گرفتید.

**۳** برای محکم‌کاری بیشتر در آخر تمام بخش‌ها مسائل و سؤالاتی با سطح بالاتر گذاشته شده که این سؤال‌ها کمی سخت‌تر هستن. به همین دلیل پیشنهاد می‌کنیم که پس از مشورت با معلم این مسائل رو حل کنید.

**۴** در بخش جمع‌بندی مسائل امتحانی بارم‌بندی شده هست که شامل سؤال‌های امتحانی کل فصل بوده و بارم‌بندی اون‌ها رو مشخص کردیم. در پاسخ این مسائل هم کلید تصحیح شبیه امتحانات آموزش و پرورش گذاشته شده. به‌طور مثال مشخص

کردیم که کدوم فرمول باید نوشته بشه و هر بخش از پاسخ چه نمره‌ای داره.

۵ یک سؤال مهم در آزمون نهایی، سؤال‌های مربوط به آزمایش‌کننده‌های کتاب درسی هست که تمام این آزمایش‌کننده‌ها رو در آخر این کتاب و فصل به فصل برای شما قرار دادیم.

۶ حل تمام مسائل و تمرین‌ها در پاسخنامه به‌طور کاملاً تشریحی قرار داره.

در آخر باید بگیم این کتاب  
«تمام آن چیزی است که شما برای ۲۰ گرفتن لازم دارید»

در پایان از تلاش صمیمانه کارکنان نشر الگو به ویژه خانم‌ها زهره نوری، شارونا قطبی‌نژاد و آقای محسن شعبان شمیرانی که ویرایش این کتاب بی‌یاری آنان امکان‌پذیر نبود و خانم‌ها فاضله محسنی و مریم احمدی برای تایپ و صفحه‌آرایی کتاب تشکر و قدردانی می‌کنیم.

رضا خالو - امیرعلی میری



## فهرست مطالب

### فصل اول: فیزیک و اندازه‌گیری

بخش اول، کمیت‌ها - یکاها	۲
تمرین‌های بخش اول	۵
بخش دوم، تبدیل یکا	۷
تمرین‌های بخش دوم	۱۱
بخش سوم، اندازه‌گیری	۱۴
تمرین‌های بخش سوم	۱۵
بخش چهارم، جگالی	۱۷
تمرین‌های بخش چهارم	۲۰
مسائل تکمیلی	۲۴
مسائل امتحانی بارم‌بندی شده	۲۶

### فصل سوم: کار، انرژی و توان

بخش اول، انرژی جنبشی	۶۸
تمرین‌های بخش اول	۷۰
بخش دوم، کار	۷۲
تمرین‌های بخش دوم	۷۷
بخش سوم، قضیه کار - انرژی جنبشی	۸۰
تمرین‌های بخش سوم	۸۴
بخش چهارم، کار و انرژی پتانسیل	۸۷
تمرین‌های بخش چهارم	۸۹
بخش پنجم، پایستگی انرژی مکانیکی	۹۰
تمرین‌های بخش پنجم	۹۵
بخش ششم، کار و انرژی درونی - قانون پایستگی انرژی	۹۸
تمرین‌های بخش ششم	۱۰۳
بخش هفتم، توان و بازده	۱۰۵
تمرین‌های بخش هفتم	۱۰۹
مسائل تکمیلی	۱۱۱
مسائل امتحانی بارم‌بندی شده	۱۱۳

### فصل دوم: ویژگی‌های فیزیکی مواد

بخش اول، ویژگی‌های ماده - مفاهیم اولیه	۳۰
تمرین‌های بخش اول	۳۱
بخش دوم، فشار شاره‌ها	۳۳
تمرین‌های بخش دوم	۳۷
بخش سوم، لوله‌های U شکل	۳۹
تمرین‌های بخش سوم	۴۰
بخش چهارم، فشار هوا - بارومتر	۴۱
تمرین‌های بخش چهارم	۴۴
بخش پنجم، فشارسنج شاره‌ها (مانومتر)	۴۶
تمرین‌های بخش پنجم	۴۹

### فصل چهارم: دما و گرما

بخش پنجم: ماشین گرمایی - یخچال	۲۰۹
تمرین‌های بخش پنجم	۲۱۵
مسائل تکمیلی	۲۱۸
مسائل امتحانی بارم‌بندی شده	۲۲۰

### آزمایش‌های کتاب درسی

آزمایش‌های فصل ۱، ۲ و ۴	۲۲۴
آزمایش فصل ۵	۲۲۵

### آزمون‌های نوبت اول

آزمون ۱	۲۲۶
آزمون ۲	۲۲۸
آزمون ۳	۲۳۰

### آزمون‌های جامع

آزمون ۱	۲۳۲
آزمون ۲	۲۳۴
آزمون ۳	۲۳۶

### فصل ششم: پاسخ‌های تشریحی

پاسخ‌های تشریحی فصل اول	۲۴۰
پاسخ‌های تشریحی فصل دوم	۲۵۶
پاسخ‌های تشریحی فصل سوم	۲۷۴
پاسخ‌های تشریحی فصل چهارم	۳۰۵
پاسخ‌های تشریحی فصل پنجم	۳۳۲
پاسخ‌های تشریحی آزمایش‌های کتاب درسی	۳۵۴
پاسخ‌های تشریحی آزمون ۱ (نوبت اول)	۳۵۷
پاسخ‌های تشریحی آزمون ۲ (نوبت اول)	۳۵۷
پاسخ‌های تشریحی آزمون ۳ (نوبت اول)	۳۵۹
پاسخ‌های تشریحی آزمون جامع ۱	۳۶۱
پاسخ‌های تشریحی آزمون جامع ۲	۳۶۲
پاسخ‌های تشریحی آزمون جامع ۳	۳۶۳

بخش اول، دما و دماسنجی	۱۱۸
تمرین‌های بخش اول	۱۲۰
بخش دوم، انبساط گرمایی	۱۲۲
تمرین‌های بخش دوم	۱۲۹
بخش سوم، گرما	۱۳۴
تمرین‌های بخش سوم	۱۳۷
بخش چهارم، دمای تعادل	۱۴۰
تمرین‌های بخش چهارم	۱۴۳
بخش پنجم، تغییر حالت‌های ماده	۱۴۴
تمرین‌های بخش پنجم	۱۵۱
بخش ششم، روش‌های انتقال گرما	۱۵۴
تمرین‌های بخش ششم	۱۵۵
بخش هفتم، قوانین گازها	۱۵۷
تمرین‌های بخش هفتم	۱۶۳
مسائل تکمیلی	۱۶۷
مسائل امتحانی بارم‌بندی شده	۱۷۰

### فصل پنجم: ترمودینامیک

بخش اول: فرایندهای ترمودینامیکی - قانون اول ترمودینامیک	۱۷۶
تمرین‌های بخش اول	۱۷۹
بخش دوم: فرایندهای هم‌حجم و هم‌فشار	۱۸۱
تمرین‌های بخش دوم	۱۸۶
بخش سوم: فرایندهای هم‌دما و بی‌دررو - فرایندهای غیرخاص و ترکیب فرایندها	۱۸۹
تمرین‌های بخش سوم	۱۹۶
بخش چهارم: چرخه ترمودینامیکی	۲۰۱
تمرین‌های بخش چهارم	۲۰۵



۷۱- به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

- الف) اگر بر سطح یک شیشهٔ دوداندود چند قطره آب بریزیم، آب به چه صورت بر این سطح قرار می‌گیرد؟ علت را توضیح دهید.  
 ب) علت آن‌که درون لولهٔ موئین، سطح آب فرورفته و درون لولهٔ موئین سطح جیوه برآمده است، چیست؟  
 پ) معمولاً دیوارهای کنار باغچه‌ها مرطوب است، علت را بیان کنید.  
 ت) عامل بالا رفتن نفت از فتیلهٔ چراغ نفتی چیست؟

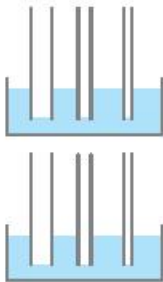
۷۲- یک مایع روی سطح جامدی ریخته‌ایم. در هر حالت نحوهٔ قرارگیری مایع روی سطح را نشان دهید.

- الف) نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر از نیروی دگرچسبی بین مایع و سطح باشد.  
 ب) نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع کمتر از نیروی دگرچسبی بین مایع و سطح باشد.

۷۳- در هر یک از پدیده‌های زیر علت پخش شدن مایع چیست؟

- الف) پخش شدن نفت در سطح آب دریا  
 ب) پخش شدن جوهر در آب  
 ب) پخش شدن آب روی سطح تمیز شیشه

۷۴- الف) نحوهٔ قرارگیری آب در لوله‌های موئین شکل زیر را به صورت تقریبی نشان دهید.



ب) نحوهٔ قرارگیری جیوه در لوله‌های موئین شکل زیر را به صورت تقریبی نشان دهید.

۷۵- شکل‌های الف) و ب) نحوهٔ قرارگیری دو مایع درون لولهٔ شیشه‌ای را نشان می‌دهد. نیروی هم‌چسبی مایع و نیروی دگرچسبی مایع با شیشه را در هر شکل با هم مقایسه کنید.



### بخش دوم: فشار شاره‌ها

صفحه ۳۲ تا ۳۶ کتاب درسی

**تعریف فشار** برابر است با نسبت اندازهٔ نیروی عمودی وارد بر سطح به مساحت سطح  

$$P = \frac{F}{A}$$
 نیوتون  $\rightarrow$   $F$  باسکال  $\leftarrow$   
 متر مربع  $\rightarrow$   $A$

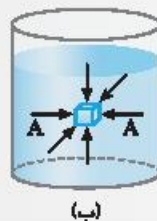
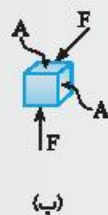
هر باسکال برابر  $1 \text{ N/m}^2$  است.

#### خطبه خط کتاب

- با وجود اینکه شاره به عنوان کل ساکن است مولکول‌های آن در حال حرکت‌اند.
- نیرویی که توسط شاره به دیوارهٔ داخلی ظرف یا به جسم درون شاره وارد می‌شود به دلیل این حرکت‌ها و نیروی تماسی بین مولکولی است.
- برای گازهای رقیق، به علت اینکه فاصلهٔ متوسط بین مولکول‌ها زیاد است، تقریباً تمام این نیرو ناشی از برخورد مولکول‌های گاز است.

#### عکس و مکث کتاب

الف) برخورد مولکول‌های هوای درون لاستیک به ب) به هر نقطه از سطح جسم غوطه‌ور در شاره ب) برای سادگی تنها نیروهای وارد بر دو سطح سطح داخلی آن سبب ایجاد نیروی عمودی می‌شود. (آب) نیرویی عمودی وارد می‌شود. که به صورت عمود است نشان داده شده است.



• تیپ ۲-۱: به دست آوردن فشار از نیرو

مسئله ۱



غواصی که مساحت عینک او  $180 \text{ cm}^2$  است، در زیر آب در حال غواصی بوده و فشار آب در محل عینک او  $2 \times 10^5 \text{ Pa}$  است. نیرویی که توسط آب بر عینک غواص وارد می شود چند نیوتون است؟

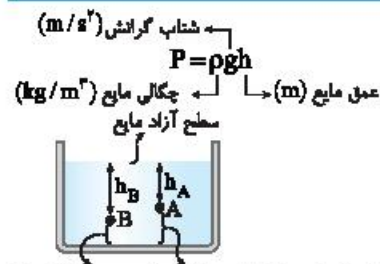
$$A = 180 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow A = 180 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

راه حل ابتدا باید مساحت عینک را بر حسب مترمربع بنویسیم:

به کمک تعریف فشار نیروی وارد بر عینک توسط آب را حساب می کنیم:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow 2 \times 10^5 = \frac{F}{180 \times 10^{-4}} \xrightarrow{\text{طرفین وسطین}} F = 2 \times 10^5 \times 180 \times 10^{-4} \Rightarrow F = 360 \times 10 \Rightarrow F = 3600 \text{ N}$$

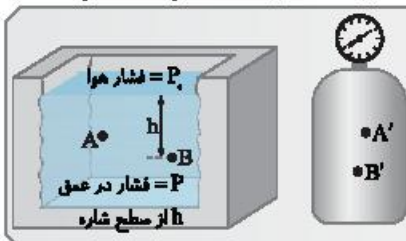
رابطه فشار شاره‌ها بر حسب عمق شاره



- در رابطه فشار شاره،  $h$  عمق مایع یعنی فاصله قائم هر نقطه درون مایع تا سطح آزاد مایع است. به طور مثال در شکل روبه‌رو عمق نقطه  $A$ ،  $h_A$  و عمق نقطه  $B$ ،  $h_B$  است.

این سمت عمق  $A$  نیست. این قسمت عمق  $B$  نیست.

عکس و معکث کتاب



برای هر دو شماره ساکن فشار از رابطه  $P = \rho gh$  به دست می آید اما چون چگالی گازها خیلی کم است، اختلاف فشار بین دو نقطه در محفظه گاز ناچیز است:

$$\begin{cases} P_B > P_A \\ P_{A'} \approx P_{B'} \end{cases}$$

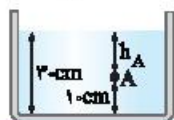
• تیپ ۲-۲: فشار حاصل از مایع

مسئله ۲

در یک ظرف تا ارتفاع  $30 \text{ cm}$  مایعی به چگالی  $4 \text{ g/cm}^3$  ریخته شده است. در نقطه  $A$  واقع در ارتفاع  $10 \text{ cm}$  از کف ظرف فشار را بیابید. ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

$$\rho = 4 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \Rightarrow \rho = 4000 \text{ kg/m}^3$$

برای تبدیل  $4 \text{ g/cm}^3$  به  $\text{kg/m}^3$  کافی است آن را در عدد  $1000$  ضرب کرد.



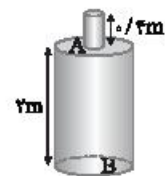
$$h_A = 30 - 10 = 20 \text{ cm} \Rightarrow h = \frac{20}{100} = 0.2 \text{ m}$$

عمق نقطه  $A$  از سطح آزاد مایع برابر است با:

$$P = \rho gh \Rightarrow P = 4000 \times 10 \times 0.2 \Rightarrow P = 8000 \text{ Pa}$$

فشار مایع در نقطه  $A$  را حساب می کنیم:

مسئله ۳



لوله باریکی مطابق شکل، بالای بشکه‌ای وصل شده است. این ظرف تا سر لوله پر از آب است. فشار حاصل از مایع را در  $A$  (سر بشکه) و  $B$  (ته بشکه) به دست آورید. (فشار جو را در نظر نگیرید و  $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ )

راه حل نکته فشار مایع به چگالی و عمق مایع بستگی دارد و شکل ظرف و مساحت کف آن در فشار مایع بی تأثیر است. چگالی آب را بر حسب  $\text{kg/m}^3$  می نویسیم:

$$\rho = 1 \text{ g/cm}^3 \times 1000 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

با توجه به رابطه فشار برای مایع، فشار در نقطه  $A$  و  $B$  را به دست می آوریم:

$$P_A = \rho gh_A = 1 \times 10^3 \times 10 \times \frac{4}{10} = 4 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$P_B = \rho gh_B = 1 \times 10^3 \times 10 \times 2/4 = 24 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$P = P_0 + \rho gh$$

مجموع فشار هوا و فشار مایع

خطبه خط کتاب

$P_0$ : فشار هوای محیط است. فشار هوای سطح دریای آزاد حدود  $1.0135 \times 10^5$  پاسکال (Pa) است که به آن ۱ اتمسفر (atm) گویند.  $P_0 = 1 \text{ atm} \approx 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$   
این رابطه نشان می دهد فشار در عمق  $h$  از سطح شاره، به اندازه  $\rho gh$  از فشار  $P_0$  در سطح شاره بیشتر است.

• تیپ ۲-۳: فشار کل مایع

مسئله ۴

چگالی آب دریاچه‌ای  $1200 \text{ kg/m}^3$  است. در چه عمقی از سطح آب دریاچه، فشار کل برابر ۱۷ اتمسفر است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $P_0 = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$ )

**راه حل** با توجه به فرض مسئله:

$$P = \gamma \text{ atm} \Rightarrow P = \gamma \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow \gamma \times 10^5 = 10^5 + 1200 \times 10 \times h \Rightarrow 6 \times 10^5 = 12 \times 10^3 \times h \Rightarrow h = 50 \text{ m}$$

• تیپ ۲-۴: نیروی حاصل از فشار مایع در عمق h

مسئله ۵

در عمق ۲ متری آب دریاچه‌ای در بدنه یک قایق تفریحی، یک سوراخ به مساحت  $3 \text{ cm}^2$  ایجاد شده است. برای جلوگیری از نفوذ آب به درون قایق چه نیرویی بر سطح سوراخ باید اعمال گردد؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ )

**راه حل** نکته با توجه به تعریف فشار و فشار مایع می‌توان نوشت:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \xrightarrow{P = \rho gh} F = \rho ghA$$

چگالی و مساحت را بر حسب یکای SI باید بنویسیم تا نیرو و بر حسب نیوتون به دست بیاید.

$$\rho = 1 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \Rightarrow \rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad A = 3 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} \Rightarrow A = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

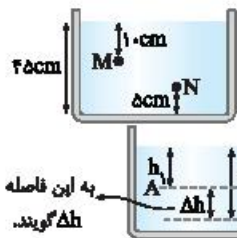
تبدیل به  $\text{cm}^2$  به  $\text{m}^2$

$$F = \rho ghA \Rightarrow F = 1000 \times 10 \times 2 \times 3 \times 10^{-4} \Rightarrow F = 6 \text{ N}$$

اکنون نیرو را به دست می‌آوریم:

• تیپ ۲-۵: اختلاف فشار در دو نقطه از یک مایع ساکن

مسئله ۶



مایعی به چگالی  $0.8 \text{ kg/L}$  درون ظرف شکل روبه‌رو ریخته شده است. اختلاف فشار بین نقاط M و N را بیابید. ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

**راه حل** نکته اختلاف فشار دو نقطه از مایع به اختلاف فاصله قائم آن‌ها از هم بستگی دارد.

$$\Delta P_{AB} = P_B - P_A = \rho gh_B - \rho gh_A \Rightarrow \Delta P_{AB} = \rho g(h_B - h_A) \Rightarrow \Delta P_{AB} = \rho g \Delta h_{AB}$$

ابتدا اختلاف عمق نقاط M و N را از روی شکل بر حسب متر به دست می‌آوریم.

$$\Delta h = 45 - 10 - 5 \Rightarrow \Delta h_{MN} = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

یکای چگالی را به یکای SI تبدیل می‌کنیم.

$$\rho = 0.8 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \times \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \Rightarrow \rho = 800 \text{ kg/m}^3$$

تبدیل لیتر به  $\text{m}^3$

$$\Delta P = \rho g \Delta h \Rightarrow \Delta P_{MN} = 800 \times 10 \times 0.3 \Rightarrow \Delta P_{MN} = 2400 \text{ Pa}$$

اختلاف فشار را حساب می‌کنیم:

• تیپ ۲-۶: حل مسئله با استفاده از وزن مایع

مسئله ۷

مقدار  $3 \text{ kg}$  روغن در یک قابلمه قرار دارد و مساحت کف قابلمه  $1200 \text{ cm}^2$  است. فشار وارد بر کف قابلمه چند پاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )



**راه حل** نکته در حل بعضی از مسائل فشار مایع، که مایع در ظرف استوانه‌ای یا مکعبی شکل قرار دارد یعنی در ظرفی که سطح مقطع آن در هر ارتفاعی یکسان است، می‌توان از وزن مایع استفاده کرد.

$$P = \frac{F}{A} \xrightarrow{F=W} P = \frac{mg}{A}$$

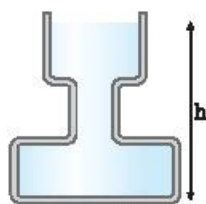
در این مسئله روغن درون قابلمه ریخته شده است و فشار وارد بر کف خواسته شده است، این فشار ناشی از وزن مایع است. دقت کنید که ارتفاع مایع و چگالی آن داده نشده است پس بهتر است فشار را به صورت زیر به دست آورد:

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{3 \times 10}{1200 \times 10^{-4}} \Rightarrow P = \frac{3 \times 10^4}{1200} \Rightarrow P = \frac{3000}{12} \Rightarrow P = 250 \text{ Pa}$$

تبدیل به  $\text{m}^2$



مسئله ۸



در شکل روبه‌رو ظرف تا ارتفاع  $h$  از آب پر شده است و سطح مقطع ظرف در سه قسمت از بالا به پایین به ترتیب  $۰/۰۴\text{m}^2$ ،  $۰/۰۲\text{m}^2$  و  $۰/۰۸\text{m}^2$  است. اگر ۲ لیتر آب به آب ظرف اضافه کنیم، فشار در کف ظرف چند پاسکال افزایش می‌یابد؟  
( $g = ۱۰\text{N/kg}$ ،  $\rho_{\text{آب}} = ۱۰۰۰\text{kg/m}^3$ )

**راه‌حل نکته:** در کتاب علوم نهم اصل پاسکال به صورت زیر بیان شده است:

اصل پاسکال: هر تغییری در فشار وارد بر هر شاره تراکم‌ناپذیر و محبوس بدون کاهش به تمام قسمت‌های شاره و دوباره‌های ظرف منتقل می‌شود.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow ۱۰۰۰ = \frac{m}{۲ \times ۱۰^{-۳}} \Rightarrow m = ۲\text{kg} \quad W = mg \Rightarrow W = ۲ \times ۱۰ = W = ۲۰\text{N}$$

تبدیل به  $\text{m}^3$

این آب در دهانه ظرف با مساحت  $۰/۰۴\text{m}^2$  ریخته شده است و فشاری برابر مقدار زیر ایجاد می‌کند:  $P = \frac{W}{A} \Rightarrow P = \frac{۲۰}{۰/۰۴} \Rightarrow P = ۵۰۰\text{Pa}$   
طبق اصل پاسکال این فشار به تمام نقاط مایع از جمله کف ظرف وارد شده و فشار وارد بر کف ظرف  $۵۰۰\text{Pa}$  افزایش می‌یابد.

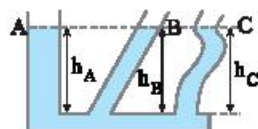
برای حل این مسئله نیز می‌توان از روش دیگری استفاده کرد. در این روش، افزایش ارتفاع آب پس از افزودن  $۲\text{L}$  آب را حساب می‌کنیم.

$$\Delta V = A \Delta h \Rightarrow ۲ \times ۱۰^{-۳} = ۰/۰۴ \Delta h \Rightarrow \Delta h = ۰/۰۵\text{m}$$

$$\Delta P = \rho g \Delta h \Rightarrow \Delta P = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۰۵ = ۵۰۰\text{Pa}$$

افزایش فشار خواهد شد:

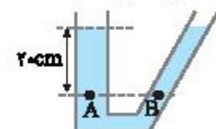
• تیپ ۲ - ۷: ظروف مرتبط



در ظروف مرتبط که محتوی یک مایع معینی هستند، مایع در ظرف‌ها هم‌سطح است. علت آن نیز وابستگی فشار مایع به عمق مایع است و این که شکل ظرف در فشار مایع تأثیری ندارد. - در تمام ظرف‌های محتوی مایع، سطح مایع درون ظرف افقی قرار می‌گیرد.

$$h_A = h_B = h_C$$

مسئله ۹



در شکل روبه‌رو مایعی به چگالی  $۲۰۰۰\text{g/L}$  در دو ظرف مرتبط با هم ریخته شده است. فشار در نقطه A چقدر است؟ در نقطه B چطور؟ ( $P_0 = ۱۰^۵\text{Pa}$ ،  $g = ۱۰\text{N/kg}$ )

**راه‌حل نکته:** فشار در نقطه A مجموع فشار هوا و فشار مایع به ارتفاع  $۲۰\text{cm}$  است. یکای چگالی را به SI تبدیل می‌کنیم:

$$\rho = ۲۰۰۰ \frac{\text{g}}{\text{L}} \times \frac{۱\text{kg}}{۱۰^۳\text{g}} \times \frac{۱۰^۳\text{L}}{۱\text{m}^3} \Rightarrow \rho = ۲۰۰۰\text{kg/m}^3$$

$$P = \rho g h_A \Rightarrow P_A = ۲۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۲ \Rightarrow P_A = ۴۰۰۰\text{Pa}$$

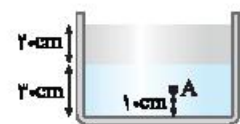
**نکته:** در ظروف مرتبط محتوی یک مایع ساکن فشار در تمام نقاط هم‌عمق با هم برابر است.

$$P_B = P_A = ۴۰۰۰\text{Pa}$$

عمق نقطه B و عمق نقطه A یکسان است، بنابراین فشار در نقطه B خواهد شد:

• تیپ ۲ - ۸: فشار حاصل از دو یا چند مایع

مسئله ۱۰



در شکل روبه‌رو دو مایع با چگالی‌های  $۸۰۰\text{kg/m}^3$  و  $۹۰۰\text{kg/m}^3$  درون ظرف استوانه‌ای شکلی ریخته شده‌اند. (الف) فشار در کف ظرف چقدر است؟ (ب) فشار حاصل از دو مایع در نقطه A را بیابید. ( $P_0 = ۱۰^۵\text{Pa}$ ،  $g = ۱۰\text{N/kg}$ )

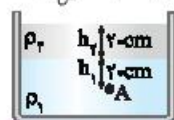
**راه‌حل نکته:** هرگاه چند مایع مخلوط‌نشده درون ظرفی ریخته می‌شود، مایع‌ها به ترتیب چگالی روی هم قرار می‌گیرند و مایع دارای بیشترین چگالی ته‌نشین می‌شود و مایع دارای کمترین چگالی روی سطح قرار می‌گیرد.

$$\rho_A > \rho_B > \rho_C \quad P_{\text{کف}} = P_A + P_B + P_C$$

فشار حاصل از چند مایع درون ظرف مجموع فشار تک تک مایع‌ها است.

(الف) مایعی که ته‌نشین شده دارای چگالی  $۹۰۰\text{kg/m}^3$  است. فشار در کف ظرف را حساب می‌کنیم:  $P_{\text{کف}} = P_0 + P_1 + P_2 \Rightarrow P = P_0 + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2$

$$\Rightarrow P_{\text{کف}} = ۱۰^۵ + ۹۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۲ + ۸۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۲ \Rightarrow P = ۱۰^۵ + ۲۷۰۰ + ۱۶۰۰ \Rightarrow P = ۱۰۴۳۰۰\text{Pa}$$



(ب) فشار ناشی از دو مایع در نقطه A:

$$P_A = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 \Rightarrow P_A = ۹۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۲ + ۸۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۲ \Rightarrow P_A = ۱۸۰۰ + ۱۶۰۰ = ۳۴۰۰\text{Pa}$$

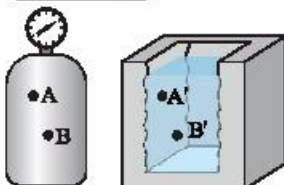
تمرین‌های بخش دوم

در این بخش نمونه سؤالاتی که احتمال طرح در امتحان نوبتی دارن، برات آماده کردیم تا خوب تمرین کنی. شماره تیب، هر سوال کنارش اومده که آگه نثونسنی عل کنی، بتونی از درس زده اون تیب، رو مطالعه کنی.

۷۶ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



الف) در شکل روبه‌رو تندی خروجی آب از قسمت‌های A و B را با هم مقایسه کنید. شکل ۲-۱۲، صفحه ۳۳ کتاب درسی

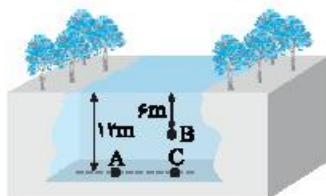


ب) در شکل روبه‌رو نقاط A و B در مخزن گاز و A' و B' نقطه‌ای در یک مایع اند. فشار نقاط A و B را با یکدیگر و سپس فشار نقاط A' و B' را نیز با هم مقایسه کنید. شکل ۲-۱۵، صفحه ۳۴ کتاب درسی

۷۷ الف) در عمق ۸ متری مایعی، فشار کل ۱/۷۶ اتمسفر است. اگر فشار هوا ۱ اتمسفر باشد، چگالی مایع را به دست آورید. (تیب ۲-۲ و ۳-۲) مثال ۲-۲، صفحه ۳۵ کتاب درسی  
 (g = 10 N/kg, 1 atm = 10<sup>5</sup> Pa)

ب) اگر فشار هوا ۱۰<sup>۵</sup> پاسکال باشد، فشار در عمق ۲ متری آب یک استخر چند پاسکال است؟ (ρ<sub>آب</sub> = 1 g/cm<sup>۳</sup>)

۷۸ الف) در شکل روبه‌رو فشار در نقاط A و B را حساب کنید. (P<sub>۰</sub> = 10<sup>۵</sup> Pa, g = 10 N/kg, ρ<sub>آب</sub> = 1 g/cm<sup>۳</sup>) مثال ۲-۲، صفحه ۳۵ کتاب درسی

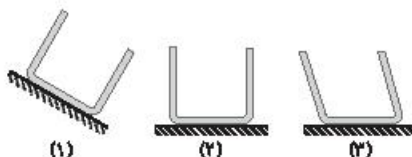


ب) همچنین فشار حاصل از آب را در نقاط A و B به دست آورید. (تیب ۲-۲ و ۳-۲)  
 پ) فشار در نقاط A و C را با هم مقایسه کنید.

۷۹ در عمق ۵cm مایعی فشار ۱۰۰kPa و در عمق ۲۰cm آن فشار ۱۰۶kPa است: (تیب ۲-۲ و ۳-۲) تمرین ۲-۲، صفحه ۳۶ کتاب درسی

الف) چگالی مایع را به دست آورید.  
 ب) فشار هوای محیط را حساب کنید.

۸۰ در سه ظرف نشان داده شده آب ریخته شده است. در کدام یک از ظرفها نیروی وارد از طرف آب بر دیواره ظرف عمود است؟ (تیب ۱-۲)



۸۱ الف) هواپیمایی در ارتفاعی از سطح زمین در حال پرواز است. فشار هوا در این ارتفاع ۷۰ kPa است. اگر پنجره‌های هواپیما دایره‌هایی با قطر ۴۰cm باشد، نیروی وارد بر سطح خارجی این پنجره‌ها چند نیوتون است؟ (π ≈ ۳) (تیب ۱۰-۲ و ۴-۲) تمرین ۱-۲، صفحه ۳۶ کتاب درسی

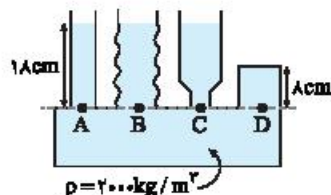
ب) شناگری در عمق ۵ متری از سطح آب دریاچه‌ای شنا می‌کند. اگر مساحت پرده گوش را یک سانتی‌متر مربع فرض کنیم، بزرگی نیرویی که به پرده گوش این شناگر وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ (فشار هوا را ۱۰<sup>۵</sup> پاسکال بگیرد و ρ<sub>آب</sub> = 1 g/cm<sup>۳</sup>) تمرین ۱-۲، صفحه ۳۶ کتاب درسی

پ) یک زیردریایی در عمق ۲۰۰ متری زیر آب غوطه‌ور است. بالای این زیردریایی در چاه‌ای مربعی به ابعاد ۰/۸ متر نصب شده است. برای بازکردن این در چه حداقل چند نیوتون نیرو لازم است؟ (ρ<sub>آب</sub> = 1 g/cm<sup>۳</sup>) مثال ۲-۲، صفحه ۳۳ کتاب درسی

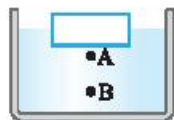
۸۲ در یک لوله استوانه‌ای قائم تا ارتفاع ۱۰cm مایعی به چگالی ۷/۲g/cm<sup>۳</sup> می‌ریزیم. قطر داخلی لوله ۴cm است. الف) فشار وارد بر کف استوانه را حساب کنید. (π ≈ ۳, P<sub>۰</sub> = 10<sup>۵</sup> Pa, g = 10 N/kg) (تیب ۲-۲)

ب) فشار حاصل از مایع در کف استوانه را حساب کنید.  
 پ) نیروی وارد از طرف مایع بر کف لوله را به دست آورید.  
 ت) نیروی وارد بر کف لوله را به دست آورید.





۸۳ در شکل زیر، مایع درون لوله های مرتبط در حال تعادل است. الف) فشار در نقاط A، B، C و D را با هم مقایسه کنید. (تیپ ۲-۵ و ۲-۷)  
 ب) فشار حاصل از مایع در نقطه D چقدر است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )  
 پ) اگر مساحت مقطع شاخه سمت راست برابر  $10 \text{ cm}^2$  باشد، نیروی وارد به انتهای این شاخه چند نیوتون است؟



ت) در ظرف حاوی آب (شکل مقابل) اگر قطعه چوب را روی سطح آب قرار دهیم فشار در نقطه A به اندازه  $\Delta P_A$  و در نقطه B به اندازه  $\Delta P_B$  افزایش می یابد.  $\Delta P_B$  و  $\Delta P_A$  را با هم مقایسه کنید.



۸۴ الف) در شکل زیر جسم درون مایعی غوطه ور است. اگر فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب ۱۰۰ و ۱۱۵ کیلوپاسکال باشد، چگالی شاره را به دست آورید. (تیپ ۲-۵)



ب) استوانه ای توپر که شعاع قاعده آن ۲ cm است، مطابق شکل درون آب به چگالی  $1 \text{ g/cm}^3$  غوطه ور است. اختلاف نیرویی که از طرف آب به قاعده های پایین و بالای استوانه وارد می شود، چند نیوتون است؟ ( $\pi \approx 3$ )

تمرین ۲-۳، صفحه ۳۶ کتاب درسی

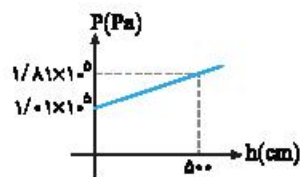
۸۵ در سؤالات زیر نسبت های خواسته شده را به دست آورید. (تیپ ۲-۲ و ۲-۴)

الف) دو ظرف مشابه A و B در اختیار داریم. در هر دو ظرف تا ارتفاع یکسان مایع می ریزیم. مایع ریخته شده در ظرف A دارای چگالی  $1 \text{ g/cm}^3$  و مایع ریخته شده در ظرف B دارای چگالی  $1/8 \text{ g/cm}^3$  است. نسبت فشار مایع در کف ظرف A به فشار مایع در کف ظرف B را بیابید.

ب) دو ظرف مکعب شکل A و B در اختیار داریم که ابعاد ظرف A دو برابر ابعاد ظرف B است. اگر هر دو ظرف را از مایع یکسانی پر کنیم، فشار مایع در کف ظرف A چند برابر فشار مایع در کف ظرف B است؟

پ) ظرف مکعب شکل A پر از مایع بوده و فشار در کف ظرف برابر  $P_A$  است. اگر تمام مایع را در ظرف مکعب شکل B بریزیم که ابعاد آن دو برابر ظرف A باشد، فشار در کف ظرف  $P_B$  می شود. نسبت  $\frac{P_A}{P_B}$  را بیابید.

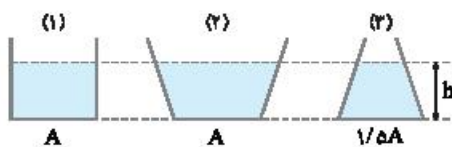
ت) در قسمت های (ب) و (پ) نسبت نیروی وارده از طرف مایع بر کف ظرفها را حساب کنید.



۸۶ شکل زیر، نمودار فشار بر حسب عمق مایع (h) را نشان می دهد.

الف) چگالی مایع را حساب کنید. ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

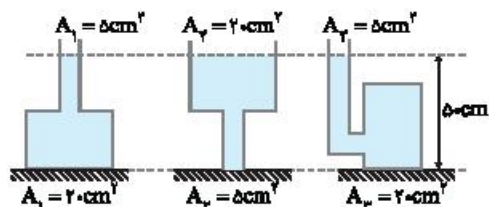
ب) فشار حاصل از مایع در عمق ۱ m را بیابید.



۸۷ در ظرف های شکل روبه رو مقداری آب ریخته شده است. (تیپ ۲-۴)

الف) فشار در کف ظرفها را با هم مقایسه کنید.

ب) نیروی وارد بر کف ظرفها توسط مایع را با هم مقایسه کنید.



۸۸ در شکل های زیر در ظرفها مایعی به چگالی  $3/6 \text{ g/cm}^3$  ریخته شده است.

نیروی که مایع بر کف ظرف وارد می کند چند نیوتون است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

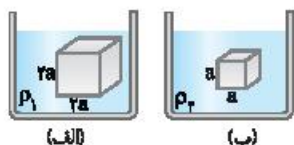
(تیپ ۲-۴)

مسائل تکمیلی

در این قسمت، برای مکمل کاری سؤالاتی که کمی سطح بالاتری از آزمون نوبتی دارند، آورده‌ایم. آنگه فکر می‌کنی که سؤالات بخش‌های قبلی رو کامل بلدی و دنبال سوال سخت‌تر هستی، عمده این قسمت رو حل کن.

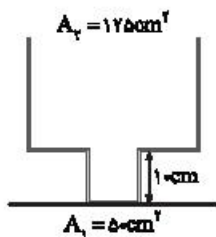


۱ در یک استخر مطابق شکل روبه‌رو مقداری مایع وجود دارد. اگر فشار در نقطه A برابر  $2/4 \text{ atm}$  و در نقطه B برابر  $2/48 \text{ atm}$  باشد، فشار در نقطه C چند اتمسفر است؟

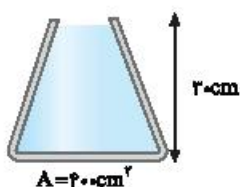


۲ مطابق شکل روبه‌رو دو جسم مکعبی شکل که طول اضلاع آن‌ها  $a$  و  $2a$  است، در دو ظرف حاوی مایع به چگالی‌های  $\rho_1$  و  $\rho_2$  غوطه‌ور و در حال تعادل هستند. اگر اختلاف فشار بین سطح پایین و سطح بالایی مکعب‌ها در دو مایع با هم برابر باشد،  $\rho_2 / \rho_1$  را به دست آورید.

۳ در یک لوله آزمایش تا ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر به جرم‌های مساوی جیوه و آب ریخته‌ایم. فشار وارد بر کف ظرف از طرف دو مایع چند کیلوپاسکال است؟ ( $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ,  $\rho_{\text{Hg}} = 13 \text{ g/cm}^3$ )

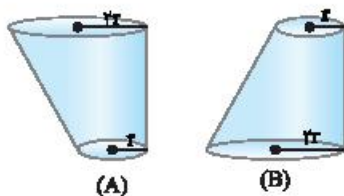


۴ در شکل روبه‌رو اگر  $2/5 \text{ L}$  آب به درون ظرف بریزیم ( $A_p = 125 \text{ cm}^2$ ,  $A_1 = 5 \text{ cm}^2$ ,  $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ) (الف) فشار وارد بر کف از طرف آب چند پاسکال است؟ (ب) نیروی وارد بر کف ظرف چند نیوتون است؟

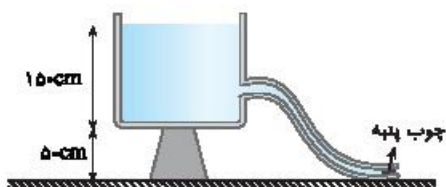


۵ در شکل روبه‌رو ظرفی محتوی آب نشان داده شده است: ( $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ ,  $g = 10 \text{ N/kg}$ )

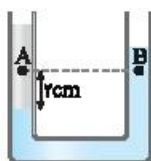
- (الف) فشار وارد بر کف ظرف توسط مایع را بیابید.
- (ب) اگر فشار هوای محیط  $1 \text{ bar}$  باشد، فشار کل وارد بر کف ظرف را بیابید.
- (پ) نیروی وارد از طرف مایع بر ته ظرف را بیابید؟
- (ت) نیروی کل وارد بر ته ظرف را بیابید؟



۶ در شکل داده شده حجم و عمق آب در هر دو ظرف مشابه‌اند. (الف) فشار وارد بر کف ظرف‌ها از طرف آب را با هم مقایسه کنید. (ب) نیروهای وارد بر کف ظرف از طرف آب را با هم مقایسه کنید. (پ) نیروی وارد بر سطح افقی که ظرف‌ها روی آن قرار دارند از طرف دو ظرف را با هم مقایسه کنید.

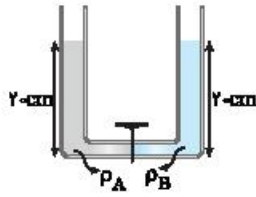


۷ در شکل روبه‌رو، آب یک مخزن توسط شیلنگی به سطح مقطع  $5 \text{ cm}^2$  بیرون می‌ریزد. اگر ته شیلنگ توسط چوب‌پنبه بسته شود و جریان آب قطع گردد، نیروی اصطکاک بین چوب‌پنبه و شیلنگ چند نیوتون است؟ ( $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$  و  $g = 10 \text{ N/kg}$ ,  $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ )

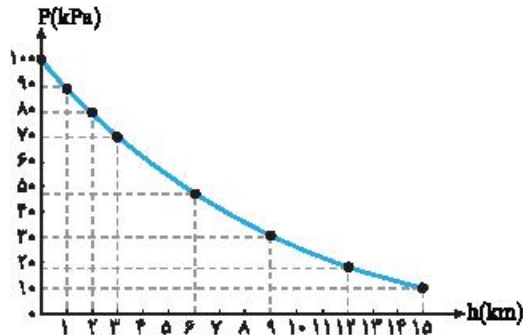


۸ در شکل روبه‌رو دو مایع با چگالی‌های  $1/2 \text{ g/cm}^3$  و  $9/10 \text{ g/cm}^3$  در یک لوله U شکل قرار دارند. اختلاف فشار بین دو نقطه A و B چند پاسکال است؟

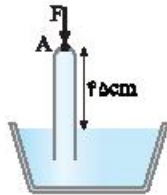




۹ در شکل روبه‌رو، قطر قاعده دو استوانه با هم برابر و قطر لوله رابط ناچیز است. اگر شیر ارتباط را باز کنیم، سطح مایع A چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟  $(\rho_A = 2\rho_B)$

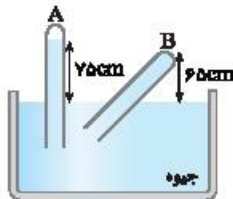


۱۰ شکل روبه‌رو چگالی هوا در ارتفاع‌های مختلف را نشان می‌دهد. اگر اختلاف فشار هوا از سطح زمین تا  $5\text{ km}$  سطح زمین را  $\Delta P_1$  و از  $5\text{ km}$  سطح زمین تا  $10\text{ km}$  سطح زمین را  $\Delta P_2$  بگیریم،  $\Delta P_1$  و  $\Delta P_2$  را با هم مقایسه کنید.



۱۱ در شکل روبه‌رو لوله به وسیله نیروی  $F = 27\text{ N}$  در نقطه A در حالت تعادل باقی مانده است. فشار هوای محیط چند سانتی‌متر جیوه است؟

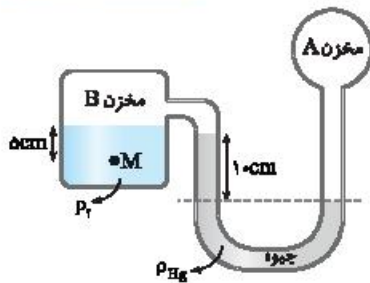
(مساحت سطح لوله  $5\text{ cm}^2$  و  $\rho_{\text{مایع}} = 9\text{ g/cm}^3$  و  $\rho_{\text{جیوه}} = 13.6\text{ g/cm}^3$  است.)



۱۲ در شکل روبه‌رو بالای لوله A تقریباً خلأ است.

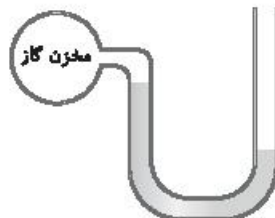
(الف) فشار در انتهای لوله B چند سانتی‌متر جیوه و چند پاسکال است؟  $(\rho_{\text{جیوه}} = 13.6\text{ g/cm}^3)$

(ب) اگر سطح مقطع لوله‌ها  $5\text{ cm}^2$  باشد، نیروی وارد بر انتهای لوله B چند نیوتون است؟



۱۳ در شکل مقابل اگر فشار مخزن A،  $84\text{ cmHg}$  باشد، فشار در نقطه M چند سانتی‌متر جیوه است؟

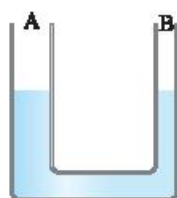
$(\rho_r = 6.8\text{ g/cm}^3, \rho_{\text{Hg}} = 13.6\text{ g/cm}^3)$



۱۴ در شکل روبه‌رو، چگالی مایع درون لوله  $\rho = 12\text{ g/cm}^3$  و فشار گاز درون مخزن  $10^4\text{ Pa}$

است، اگر مخزن سوراخ شود، مایع در شاخه سمت چپ چند سانتی‌متر پایین می‌رود؟

$(P_0 = 10^5\text{ Pa})$



۱۵ در شکل روبه‌رو، قطر شاخه B نصف قطر شاخه A است و درون لوله U شکل، جیوه قرار دارد. شاخه A

را به یک مخزن گاز وصل می‌کنیم. در شاخه A جیوه  $2\text{ cm}$  پایین می‌رود. فشار پیمانه‌ای مخزن گاز چند

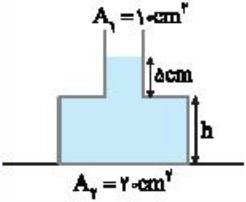
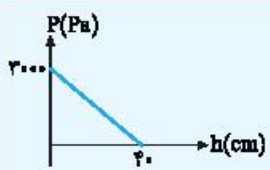
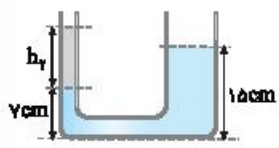
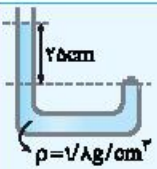
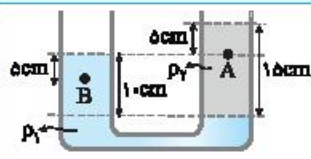
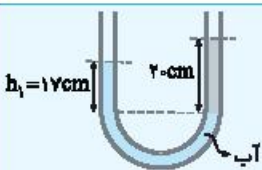
سانتی‌متر جیوه است؟

## مسائل امتحانی بارمبندی شده

این قسمت چیده جمع‌بندی داره و از هر قسمت پندر تا سؤال خوب آوریم، مثل آزمون‌ها،  
نمره هر قسمت از حل سؤال در پاسخ مشخص شده تا بتوانی حساب کنی که چه نمره‌ای می‌گیری.

ردیف	حالت‌های ماده - نیروی بین مولکولی	بارم
۱	به سؤالات زیر پاسخ دهید. الف) انواع جامدات را نام برده و برای هر کدام مثالی بزنید. ب) تفاوت این جامدها چیست؟	۱ ۰/۵
۲	در عبارتهای زیر کلمه مناسب را انتخاب کنید. الف) سطح جیوه درون لوله مویین (فرورفته - افقی - برآمده) است: ب) آب در لوله مویین روغنی شده (بالتر - پایین‌تر) از سطح آزاد مایع درون ظرف قرار می‌گیرد. پ) مولکول‌های (جامد، مایع، گاز) به سهولت روی یکدیگر می‌لغزند و جاری می‌شوند. ت) قطره آب که از شیر جدا می‌شود به علت (نیروی دگرچسبی - کشش سطحی) در حین سقوط به صورت قطره باقی می‌ماند. ث) فاصله مولکول‌ها در گازها در حدود (چند ده - $10^{-10}$ ) برابر فاصله آن‌ها در مایع و جامد است. ج) افزودن چند قطره مایع شوینده به آب سبب (افزایش - کاهش) کشش سطحی می‌شود.	۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۲۵
۳	با توجه به کلمات موجود در کادر زیر عبارتهای داده شده را کامل کنید. «بلورین - نسبت به - پلاسما - کندی - معدنی - فلزها - تراکم‌ناپذیری - به تندی - دماهای بالا - آمورف - نوسان‌های - رانشی» الف) ماده درون ستارگان از ..... تشکیل شده است. این ماده اغلب در ..... به وجود می‌آید. ب) در جامدها، ذرات تشکیل‌دهنده در مکان‌های معینی ..... یکدیگر قرار دارند و در اطراف این مکان‌ها، ..... بسیاری کوچکی دارند. پ) در جامدهای ..... مثل ..... نمک، الماس و بیشتر مواد ..... اتم‌ها در یک الگوی سه بعدی تکرار می‌شوند. ت) وقتی مایعی به ..... سرد شود اغلب جامد بلورین تشکیل می‌شود و چنانچه ..... سرد شود جامد ..... به وجود می‌آید. ث) نیروی ..... قوی بین مولکول‌های مایع علت ..... آن است.	۰/۵ ۰/۵ ۰/۷۵ ۰/۷۵ ۰/۵
۴	به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. الف) بعضی اوقات مشاهده می‌شود که بعضی حشرات روی سطح آب ایستاده‌اند، علت را بیان کنید. ب) افزایش دمای یک مایع چه تأثیری بر نیروی هم‌چسبی مولکول‌های مایع و چه تأثیری بر جاری شدن مایع دارد؟ پ) در زمستان خیلی از خانواده‌ها کولر آبی بالای بام منزل خود را با چادر برزنتی می‌پوشانند و با طناب آن را می‌بندند. در روزهای که باد با سرعت می‌وزد، این چادرهای برزنتی پف می‌کنند، علت را توضیح دهید.	۰/۵ ۰/۵ ۰/۵
<b>فشار شاره</b>		
۵	در ظرفی مطابق شکل، آب ریخته شده است. فشار در نقاط A، B و C را به ترتیب با $P_A$ ، $P_B$ و $P_C$ نشان می‌دهیم. فشار در نقاط A، B و C را با هم مقایسه کنید.	۰/۵
		
۶	در شکل روبه‌رو چگالی مایع درون ظرف $4 \text{ g/cm}^3$ است. اختلاف فشار بین دو نقطه A و B چند کیلوپاسکال است؟	۱/۵
		



۷	فشار وارد بر کف در یاچه‌های $240\text{ kPa}$ و فشار هوا در این محل $90\text{ kPa}$ است. عمق دریاچه چند متر است؟ $(\rho = 1200\text{ kg/m}^3, g = 10\text{ N/kg})$ ۰/۷۵
۸	در شکل روبه‌رو ظرفی محتوی جیوه نشان داده شده است. نیروی وارد از طرف جیوه بر کف ظرف $135\text{ N}$ است. ارتفاع $h$ چقدر است؟ $(g = 10\text{ N/kg}, \rho_{\text{جیوه}} = 13500\text{ kg/cm}^3)$ ۱/۲۵ 
۹	دو مایع A و B با حجم‌های یکسان $500\text{ cm}^3$ که چگالی آن‌ها $\rho_A = 1/2\text{ g/cm}^3$ و $\rho_B = 0/6\text{ g/cm}^3$ است. در یک ظرف با سطح مقطع $10\text{ cm}^2$ ریخته شده‌اند. الف) فشار وارد بر کف ظرف از طرف هر دو مایع چقدر است. ب) نیروی وارد بر کف ظرف از طرف مایع‌ها را به دست بیاورید. ۱/۲۵ ۰/۵
۱۰	الف) ظرف مکعب‌شکلی پر از مایع است. اگر ابعاد مکعب را دو برابر کرده و از همان مایع پر کنیم. فشار وارد از طرف مایع به کف ظرف نسبت به حالت قبل چند برابر می‌شود؟ ب) نیروی وارد از طرف مایع بر کف ظرف در حالت دوم چند برابر حالت اول است؟ ۰/۷۵ ۱
۱۱	نمودار تغییرات فشار ناشی از مایع بر حسب فاصله از کف ظرف به صورت مقابل است. در چه فاصله‌ای از کف ظرف فشار ناشی از مایع برابر با $240\text{ Pa}$ می‌شود؟ $(g = 10\text{ N/kg})$ ۱ 
۱۲	یک منبع مکعب شکل به ضلع ۲ متر پر از آب است. اگر آب درون آن را درون مخزن استوانه‌ای شکل به سطح قاعده $4\text{ m}^2$ بریزیم. فشار وارد بر کف استوانه چند برابر فشار آب وارد بر کف مکعب می‌شود؟ ۱
<b>لوله U شکل</b>	
۱۳	دو مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های $\rho_1 = 1/2\text{ g/cm}^3$ و $\rho_2 = 0/8\text{ g/cm}^3$ در حال تعادل هستند. الف) کدام مایع در قسمت زیرین ظرف قرار دارد. ب) $h_1$ را حساب کنید. ۰/۵ ۱ 
۱۴	در شکل روبه‌رو مایع در لوله U شکل در حال تعادل است و پیستون با بدنه لوله اصطکاک ندارد. جرم پیستون را به دست آورید. (مساحت مقطع لوله‌ها $10\text{ cm}^2$ , $g = 10\text{ N/kg}$ ) ۱/۵ 
۱۵	در شکل روبه‌رو دو مایع در حال تعادل‌اند. اگر چگالی مایع $\rho_1$ برابر $3\text{ g/cm}^3$ باشد: الف) چگالی مایع $\rho_2$ را حساب کنید. ب) اختلاف فشار بین دو نقطه A و B را به دست آورید. ۰/۷۵ ۱/۲۵ 
۱۶	در شکل روبه‌رو، آب و روغن در یک لوله U شکل به حالت تعادل‌اند. چگالی روغن چند برابر چگالی آب است؟ ۱ 

فصل دوم

پاسخ تشریحی

۶۲ الف) نادرست. وقتی مایع را متراکم می کنیم، نیروی بین مولکولی به صورت نیروی رانشی ظاهر شده و مانع تراکم مایع می شود. / ب) نادرست. نیروی هم چسبی مولکول های آب مانع فرو رفتن سوزن در آب می شود. / پ) نادرست / ت) درست / ث) درست / ج) درست

۶۳ الف) جامد بلورین - جامد بی شکل (یا آمورف) / ب) پلاσμα / پ) سه بعدی - جامد بلورین / ت) پلاσμα / ث) تقریباً - یک آنگستروم / ج) خیلی بیشتر / چ) پخش / ح) هم چسبی - دگر چسبی

۶۴ شکل الف) ساختار سه بعدی منظم و تکرارشونده ای دارد، از این رو ساختار منظمی از یک جامد بلورین را نشان می دهد. مانند فلزها، نمکها، الماس، یخ و بیشتر مواد معدنی / شکل ب) ساختار منظم و تکرارشونده ای ندارد، بنابراین این شکل یک جامد بی شکل (آمورف) را نشان می دهد مانند شیشه.

۶۵ الف) علت آن این است که تندی حرکت کاتوره های مولکول های گاز از تندی حرکت کاتوره های مولکول های مایع بیشتر است. / ب) حالت چهارم ماده را پلاσμα گویند که معمولاً در دماهای خیلی بالا به وجود می آید. ماده درون ستارگان، بیشتر فضای بین ستاره ای، آذرخش، آتش و درون لوله تابان لامپ های مهتابی از پلاσμα تشکیل شده است. / پ) علت آن برخورد های متوالی مولکول های عطر با مولکول های هوا است که باعث می شود مولکول های عطر در مسیر مستقیم حرکت نکرده و سبب پراکندگی مولکول های عطر به تمام نقاط اطراف می شود و در نتیجه سبب می گردد تا تندی حرکت مولکول های عطر کاهش یابد.

۶۶ الف) نیروی جاذبه بین مولکول های همسان مانند مولکول های آب را نیروی هم چسبی و نیروی جاذبه بین مولکول های ناهمسان را نیروی دگر چسبی گویند. / ب) نیرویی که مولکول های شیشه را کنار هم نگه می دارد، نیروی جاذبه بین مولکولی است که وقتی شیشه می شکند و مولکول ها از هم دور می شوند، چنانچه قطعه های شیشه را به هم نزدیک کنیم به هم نمی چسبند زیرا نیروی بین مولکولی کوتاه برد است. برای چسباندن قطعات شیشه باید آن را گرم کرد تا نرم شود و مولکول های دو قطعه شیشه به هم نزدیک شود و نیروی بین مولکولی که کوتاه برد است بتواند دو قطعه را به هم بچسباند. / پ) نشستن حشره روی سطح آب، تشکیل حباب های آب و صابون

۶۷ هر سه شکل بیانگر کشش سطحی است. وقتی قلم مواز آب بیرون کشیده شود، کشش سطحی مولکول های آب سبب نزدیک شدن موهای آن به هم می شود. دقیقاً شبیه شکل (ب) که قطره های آب که از سطح رو به بالا برتاب شده اند، شکل کروی دارند. در شکل (پ) هم حباب های آب و صابون به علت کشش سطحی به وجود آمده است.

۶۸ الف) بین ریزگردها نیروی راپایش محسوسی وجود ندارد به همین علت با وزش باد از هم جدا شده و در فضا پخش می شوند، اما نیروی هم چسبی بین مولکول های آب به اندازه ای است که با توفان های شدید دریایی تنها مقدار کمی آب به صورت قطره های ریز به طرف بالا می باشد. / ب) مایع ظرفشویی سبب می گردد نیروی کشش سطحی بین مولکول های آب ضعیف گردد و سوزن در آب فرو رود. / پ) با افزایش دمای روغن نیروی هم چسبی کاهش می یابد بنابراین قطرات کوچک می شوند بنابراین در شکلی که قطرات روغن بزرگ تر هستند، نیروی هم چسبی قوی تر است و دمای روغن کمتر است.

۶۹ در شکل الف) به دلیل کشش سطحی گیره روی سطح آب باقی مانده است. در شکل ب) به دلیل وزن سکه نیرویی رو به پایین به یک طرف کارت وارد می شود اما نیروی دگر چسبی بین کارت و آب مانع از جدا شدن طرف دیگر کارت از سطح آب می شود. / ب) علت آن، نیروی دگر چسبی بین مولکول های آب و ماسه است که باعث ایجاد یک پوسته کشسان در سطح ماسه خیس شده و پا کمتر در سطح ماسه خیس فرو می رود. / پ) کشش سطحی کاهش می یابد و همین امر سبب می گردد که بتوان حباب های بزرگ و زیبایی ایجاد کرد.

۷۰ الف) کاهش / ب) هم چسبی - دگر چسبی - بیشتر / پ) برآمده - فرورفته

۷۱ الف) نیروی هم چسبی بین مولکول های آب از نیروی دگر چسبی بین مولکول های آب و دوده بیشتر است، از این رو آب به صورت قطره قطره بر سطح این شیشه قرار می گیرد. / ب) نیروی دگر چسبی بین مولکول های آب و شیشه از نیروی هم چسبی بین مولکول های آب بیشتر بوده و در محل تماس آب و جداره لوله موئین سبب بالا کشیده شدن آب در این محل ها شده و قسمت میانی آب پایین تر قرار می گیرد و سطح آب دارای فرو رفتگی می شود. در مورد جیوه برعکس است و نیروی هم چسبی بین مولکول های جیوه سبب می گردد سطح جیوه درون لوله برآمده باشد.



پ) علت مرطوب بودن دیواره کنار باغچه، خاصیت موئینی است که سبب می گردد آب درون دیواره باغچه بالا رود. / ت) عامل بالا رفتن نفت از فنتیله چراغ نفتی خاصیت موئینی است. نیروی دگر چسبی بین مولکول های نفت و فنتیله از نیروی هم چسبی بین مولکول های نفت بیشتر است.

۷۲ الف) هنگامی که نیروی هم چسبی مایع بیشتر باشد، مولکول های مایع بیشتر یکدیگر را

جذب کرده و به صورت قطره هایی روی سطح جامد باقی می ماند. مانند شکل مقابل که قطرات آب روی شیشه جرب شده قرار دارند. / ب) هنگامی که نیروی دگر چسبی بیشتر است مولکول های مایع و سطح بیشتر یکدیگر را جذب کرده و پدیده تر شوندگی رخ می دهد و مایع به صورت یک لایه نازک روی سطح قرار می گیرد. مانند آب روی شیشه.

۷۳ الف) به دلیل کمتر بودن چگالی نفت از آب، نفت روی سطح آب قرار می گیرد. / ب) نیروی دگر چسبی بین مولکول های آب و شیشه از نیروی هم چسبی بین مولکول های آب بیشتر بوده که سبب می گردد آب به صورت یک لایه بر سطح شیشه پخش شود. / پ) علت پخش شدن جوهر در آب حرکت کاتوره ای مولکول های آب است.

۷۴ الف) هر چه لوله موئین تر باشد، آب درون آن بیشتر بالا می رود.

ب) هر چه لوله موئین تر باشد، فاصله جیوه درون لوله از سطح جیوه درون ظرف بیشتر است.

۷۵ در شکل الف) سطح در کنارها که مایع

با شیشه در تماس است بالاتر قرار گرفته، پس نیروی بین مایع و شیشه (دگر چسبی) از نیرویی که مولکول های مایع به هم وارد می کنند (هم چسبی) بیشتر است. / در شکل ب) سطح مایع در وسط لوله بالاتر قرار گرفته است. پس نیروی بین مایع و شیشه (دگر چسبی) در کنارهای لوله کمتر از نیروی بین مولکول های مایع (هم چسبی) در مرکز لوله می باشد.

۷۶ الف) عمق مایع در نقطه A از عمق مایع در نقطه B بیشتر است در نتیجه فشار مایع در سوراخ A از فشار مایع در سوراخ B بیشتر بوده که سبب می گردد تندی خروجی آب در A بیشتر از B باشد.

ب) در یک مخزن گاز فشار در تمام نقاط گاز یکسان است:

$$P_A = P_B$$

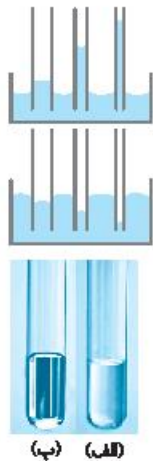
در یک مایع ساکن فشار در نقاط عمیق تر بیشتر است:

$$P_{B'} > P_{A'}$$

$$v_A > v_B$$

$$P_A = P_B$$

$$P_{B'} > P_{A'}$$





ب) فشار آب در عمق ۲۰۰ متری بسیار زیاد است و نیروی بزرگی را بر سطح دریچه وارد می‌کند که مقدار آن خواهد شد:

$$F = PA = \rho ghA \Rightarrow F = 1000 \times 10 \times 200 \times (\pi/8)^2 = 1/28 \times 10^6 \text{ N}$$

دقت کنید فشار هوا که توسط آب از بیرون دریچه به آن وارد می‌شود و فشار هوای درون زیر دریایی که از داخل به دریچه وارد می‌شود تأثیر یکدیگر را از بین می‌برند. از این رو در محاسبات فشار هوا را در نظر نگرفته‌ایم.

۱۲) چگالی مایع را به  $\text{kg/m}^3$  تبدیل می‌کنیم:

$$\rho = 7/2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3}{\text{m}^3} = 7200 \text{ kg/m}^3$$

الف) فشار وارد بر کف استوانه مجموع فشار هوا و فشار مایع است. از این رو:

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow P_{\text{کف}} = 10^5 + 7200 \times 10 \times \frac{10}{100} \Rightarrow P_{\text{کف}} = 107200 \text{ Pa}$$

ب) فشار ناشی از مایع در کف استوانه خواهد شد:

$$P = \rho gh \Rightarrow P = 7200 \times 10 \times \frac{10}{100} \Rightarrow P = 7200 \text{ Pa}$$

ب) مساحت کف لوله را حساب می‌کنیم:

$$A = \pi r^2 \Rightarrow A = \pi \times \left(\frac{4}{2} \times 10^{-2}\right)^2 \Rightarrow A = \pi \times 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

نیروی که از طرف مایع بر کف وارد می‌شود برابر است با:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \Rightarrow F = 7200 \times \pi \times 4 \times 10^{-4} \Rightarrow F = \pi/64 \text{ N}$$

ت) نیروی وارد بر کف ظرف ناشی از فشار هوا و فشار مایع خواهد شد:

$$F = P_{\text{کف}} A \Rightarrow F = 107200 \times \pi \times 4 \times 10^{-4} \Rightarrow F = \pi/64 \text{ N}$$

۱۳) الف) در ظروف مرتبط که در آن یک مایع ریخته شده است فشار در تمام نقاط هم‌عمق یکسان است.

$$P_A = P_B = P_C = P_D$$

ب) برای پیدا کردن مقدار فشار در نقطه D، کافی است فشار مایع در نقطه A را حساب کنیم:

$$P_D = P_A = \rho gh_A \Rightarrow P_D = 2000 \times 10 \times \frac{18}{100} \Rightarrow P = 3600 \text{ Pa}$$

ب) اگر انتهای شاخه سمت راست بسته نبود و طول این شاخه زیاد بود مایع در این لوله بالاتر می‌رفت بنابراین به سر انتهای بسته این لوله فشار وارد می‌شود که باید مقدار آن را حساب کنیم. فشار در نقطه D، برابر فشار مایع به ارتفاع ۸ cm و فشار انتهای لوله است. بنابراین:

$$P_D = P_{8\text{cm}} + P_{\text{ت}} \Rightarrow P_D = \rho gh + P_{\text{ت}} \Rightarrow 3600 = 2000 \times 10 \times \frac{8}{100} + P_{\text{ت}} \Rightarrow P_{\text{ت}} = 2000 \text{ Pa}$$

نیروی که به انتهای لوله وارد می‌شود را حساب می‌کنیم.

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \Rightarrow F = 2000 \times \pi \times \left(\frac{4}{2} \times 10^{-2}\right)^2 \Rightarrow F = 2 \text{ N}$$

ت) وقتی قطعه چوب را بر سطح آب قرار می‌دهیم، فشار حاصل از وزن قطعه چوب بنا به اصل پاسکال توسط مایع به تمام نقاط مایع به‌طور یکسان وارد می‌شود و در تمام نقاط فشار به یک اندازه بالا می‌رود.

$$\Delta P_A = \Delta P_B$$

۱۷) الف) فشار کل برابر مجموع فشار هوا و فشار مایع است.

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow 1/76 \times 10^5 = 1 \times 10^5 + \rho \times 10 \times 8$$

$$\Rightarrow 1/76 \times 10^5 - 1 \times 10^5 = \rho \times 80$$

$$\Rightarrow 76000 = \rho \times 80 \Rightarrow \rho = \frac{76000}{80} \Rightarrow \rho = 950 \text{ kg/m}^3$$

ب) یکای چگالی باید بر حسب  $\text{kg/m}^3$  باشد تا فشار بر حسب پاسکال به‌دست آید.

$$\rho = 1 \text{ g/cm}^3 \times \frac{1000 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow P = 10^5 + 1000 \times 10 \times 2 \Rightarrow P = 120000 \text{ Pa}$$

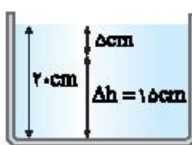
۱۸) الف) برای به‌دست آوردن فشار باید عمق نقطه مورد نظر را مشخص کنیم عمق A و B برابر  $h_A = 12 \text{ m}$  و  $h_B = 6 \text{ m}$  است. بنابراین

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow \begin{cases} P_A = 10^5 + (1 \times 1000) \times 10 \times 12 \Rightarrow P_A = 220000 \text{ Pa} \\ P_B = 10^5 + 1 \times 1000 \times 10 \times 6 \Rightarrow P_B = 160000 \text{ Pa} \end{cases}$$

ب) فشار ناشی از مایع یعنی  $\rho gh$  بنابراین:

$$P = \rho gh \Rightarrow \begin{cases} P_A = 1000 \times 10 \times 12 = 120000 \text{ Pa} \\ P_B = 1000 \times 10 \times 6 = 60000 \text{ Pa} \end{cases}$$

ب) فاصله نقاط A و C از سطح آزاد مایع یکسان است. یعنی این دو نقطه هم‌عمق بوده و فشار در این دو نقطه برابر است.  $P_A = P_C$



۱۹) الف) از عمق ۵ cm تا عمق ۲۰ cm

تغییر فشار برابر است با:

$$\Delta P = 10600 - 10000 = 6000 \text{ Pa}$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta P = \rho g \Delta h \Rightarrow 6000 = \rho \times 10 \times 15 \Rightarrow \rho = 4000 \text{ kg/m}^3$$

ب) فشار هوای محیط را با استفاده از فشار در عمق ۵ cm به‌دست می‌آوریم.

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow 100000 = P_0 + 4000 \times 10 \times \frac{5}{100} \Rightarrow 100000 = P_0 + 20000 \Rightarrow P_0 = 80000 \text{ Pa}$$

۲۰) الف) یک شماره ساکن بر هر سطحی که با آن در تماس است نیروی عمودی وارد می‌کند. بنابراین در هر سه طرف نیرویی که آب بر دیواره طرف وارد می‌کند، بر دیواره‌ها عمود است.

۲۱) الف) با داشتن فشار هوا، نیروی وارد بر هر پنجره به‌دست می‌آید. ابتدا مساحت هر پنجره را حساب می‌کنیم:

$$A = \pi r^2 \Rightarrow A = \pi \times \left(\frac{4}{2} \times 10^{-2}\right)^2 \Rightarrow A = \pi \times (0/2)^2 \Rightarrow A = 0/12 \text{ m}^2$$

نیروی وارد بر پنجره خواهد شد:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \Rightarrow F = 700 \times 10^3 \times 0/12 \Rightarrow F = 8400 \text{ N}$$

ب) فشار در عمق ۵ متری آب را به‌دست می‌آوریم:

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow P = 10^5 + 1000 \times 10 \times 5 = 1/5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

نیروی حاصل از فشار برابر است با:

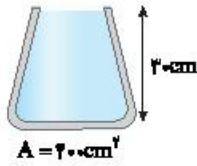
$$F = PA \Rightarrow F = 1/5 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-2} = 15 \text{ N}$$

ارتفاع آب در ظرف برابر است با:  $h_{پ} = h_1 + h_2 = 10 + 16 = 26 \text{ cm}$

فشار آب خواهد شد:  $P = \rho gh \Rightarrow P = 1000 \times 10 \times \frac{26}{100} = 2600 \text{ Pa}$

ب) با توجه به رابطه  $P = \frac{F}{A}$  نیروی وارد بر کف را بدست می آوریم:

$F = PA \Rightarrow F = 2600 \times 50 \times 10^{-4} = 13 \text{ N}$



الف) فشار مایع به شکل ظرف بستگی ندارد، بلکه به ارتفاع مایع و چگالی آن بستگی دارد. فشار آب خواهد شد:

$P = \rho gh \Rightarrow P = 1 \times 10^3 \times 10 \times 0.3$   
 $\Rightarrow P = 3 \times 10^3 \text{ Pa}$

ب) فشار کل را حساب می کنیم:

$P = P_0 + P_{\text{مایع}} \Rightarrow P = 10^5 + 3 \times 10^3 = 1.03 \times 10^5 \text{ Pa}$

ب) نیروی وارد بر کف ظرف توسط مایع خواهد شد:

$F = P_{\text{مایع}} A \Rightarrow F = 3 \times 10^3 \times 40 \times 10^{-4} \Rightarrow F = 120 \text{ N}$

ت) نیروی کل وارد بر کف ظرف:

$F = P_{\text{کل}} A \Rightarrow F = 1.03 \times 10^5 \times 40 \times 10^{-4} \Rightarrow F = 4120 \text{ N}$

الف) ارتفاع آب در دو ظرف یکسان است.  $(P = \rho gh)$  بنابراین:  $P_A = P_B$

ب) نیروهای وارد بر کف ظرف در هر طرف ناشی از فشار مایع است.

$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \begin{cases} \text{ظرف A} \rightarrow F_A = P(\pi r^2) \Rightarrow \frac{F_A}{F_B} = \frac{1}{4} \\ \text{ظرف B} \rightarrow F_B = P(\pi \times 4r^2) \end{cases}$

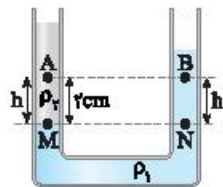
ب) هر دو ظرف مشابه و مقدار آب درون آن ها یکسان است، بنابراین وزن هر دو ظرف برابر است. از این رو نیرویی که توسط طرف ها بر سطح افقی وارد می شود با هم برابر است.  $W_A = W_B \Rightarrow F_A = F_B$

الف) چوب پنبه در تعادل است و نیروهای که از دو طرف بر آن وارد می شود با هم برابرند. از سمت چپ نیروی ناشی از فشار آب و فشار هوا به چوب پنبه وارد می شود و از سمت راست نیروی ناشی از فشار هوا به کمک نیروی اصطکاک مانع خروج چوب پنبه می شود. بنابراین:

$F_{\text{خاص}} = 0 \Rightarrow F = F_0 + f \Rightarrow (P_0 + \rho gh)A = P_0 A + f$

$f = \rho ghA \Rightarrow f = 1000 \times 10 \times \left(\frac{15+5}{100}\right) \times 5 \times 10^{-4} \Rightarrow f = 10 \text{ N}$

$F = (P_0 + \rho gh)A \quad F_0 = P_0 A$



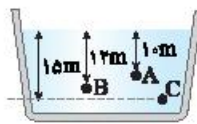
الف) مایع با چگالی بیشتر ته نشین می شود.

خط تراز را رسم می کنیم. فشار در نقاط M و N با هم برابر است.  $P_M = P_N = P$

هر چه از نقطه M و N بالاتر می رویم فشار به اندازه  $\rho gh$  کاهش می یابد، بنابراین فشار نقاط A و B به ترتیب خواهد شد:

$\begin{cases} P_B = P - \rho_1 g \frac{r}{100} \\ P_A = P - \rho_2 g \frac{r}{100} \end{cases} \xrightarrow{\rho_1 > \rho_2} \begin{cases} P_B = P - 1200 \times 10 \times \frac{r}{100} \\ P_A = P - 900 \times 10 \times \frac{r}{100} \end{cases}$

مسائل تکمیلی



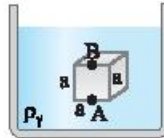
۱) اختلاف فشار بین دو نقطه از رابطه  $\Delta P = \rho g \Delta h$  بدست می آید که  $\Delta h$  اختلاف ارتفاع بین دو نقطه است.

$\Delta P_{AB} = \rho g \Delta h_{AB} \Rightarrow P_B - P_A = 2/48 - 2/4 \Rightarrow 0.8 \text{ atm} = \rho g \times 2$   
 $\Rightarrow \rho g = 0.4 \text{ (1)}$

حال با توجه به شکل:

$\Delta P_{BC} = P_C - P_B = \rho g \times 3 \xrightarrow{(1)} P_C - 2/48 = 0.12$   
 $\Rightarrow P_C = 2/36 \text{ atm}$

دقت کردید در حل این مسئله تبدیل یکا انجام ندادیم. فشارها را برحسب atm نوشتم و فشار  $P_C$  نیز برحسب atm به دست آمد.



۲) اختلاف فشار بین دو نقطه در شاره از رابطه  $\Delta P = \rho g \Delta h$  بدست می آید که  $\Delta h$  اختلاف ارتفاع قائم دو نقطه است، بنابراین اختلاف فشار وارد به سطح بالا و پایین در شکل های الف) و ب) به صورت زیر می باشد.

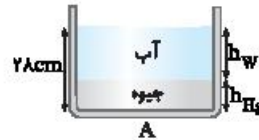
$\Delta P_{AB} = \rho_2 g \Delta h_{AB} \Rightarrow \Delta P_{AB} = \rho_2 g a$   
 $\Delta P_{A'B'} = \rho_1 g \Delta h_{A'B'} \Rightarrow \Delta P_{A'B'} = \rho_1 g r a$

بنابراین فرض مسئله  $\Delta P_{AB} = \Delta P_{A'B'}$  بوده از این رو:

$\Delta P_{AB} = \Delta P_{A'B'} \Rightarrow \rho_2 g a = \rho_1 g r a \Rightarrow \rho_2 = r \rho_1 \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = r$

۳) یک رابطه ریاضی را از روی شکل می توانیم بنویسیم.

$h_W + h_{Hg} = 28 \text{ cm} \text{ (1)}$



جرم جیوه و آب برابر است. از این مطلب نیز می توانیم به کمک چگالی رابطه دیگری بین  $h_{Hg}$  و  $h_W$  پیدا کنیم.

$m_{Hg} = m_W \Rightarrow \rho_{Hg} V_{Hg} = \rho_W V_W \Rightarrow \rho_{Hg} A h_{Hg} = \rho_W A h_W$   
 $\Rightarrow 13 \times h_{Hg} = 1 \times h_W \Rightarrow h_W = 13 h_{Hg} \text{ (2)}$

از رابطه (۲) در (۱) قرار می دهیم.

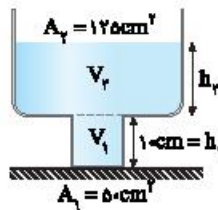
$(1), (2) \Rightarrow 13 h_{Hg} + h_{Hg} = 28 \Rightarrow h_{Hg} = 2 \text{ cm} \xrightarrow{(2)} h_W = 26 \text{ cm}$

فشار از طرف دو مایع خواهد شد.

$P = \rho_W g h_W + \rho_{Hg} g h_{Hg} \Rightarrow P = 1000 \times 10 \times \frac{26}{100} + 13000 \times 10 \times \frac{2}{100}$   
 $\Rightarrow P = 2600 + 2600 = 5200 \text{ Pa} = 5/2 \text{ kPa}$

۴) برای پیدا کردن فشار باید ارتفاع  $2/50 \text{ cm}^3$  آب درون ظرف را پیدا کنیم. ابتدا قسمت پایین ظرف با حجم  $50 \times 10^3 \text{ cm}^3$  پر می شود.

سپس آب به قسمت بالای ظرف می رود. الف)



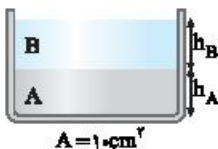
$V_{پ} = V_1 + V_2 \Rightarrow 250 \times 10^3 = 50 \times 10^3 + V_2$   
 $\Rightarrow V_2 = 200 \times 10^3 \text{ cm}^3$

ارتفاع  $h_2$  را حساب می کنیم:

$200 \times 10^3 = 120 h_2 \Rightarrow h_2 = 16 \text{ cm}$



۹ الف) حجم هر دو مایع  $500 \text{ cm}^3$  است. ارتفاع هر مایع خواهد شد:



$$V = Ah \Rightarrow 500 = 10 \cdot h$$

$$\Rightarrow h = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$$

$$P = \rho_A g h_A + \rho_B g h_B$$

$$\Rightarrow P = 1200 \times 10 \times 0.5 + 600 \times 10 \times 0.5$$

$$P = 9000 \text{ Pa}$$

ب) با توجه به رابطه  $P = \frac{F}{A}$ ، نیروی وارد بر کف حساب می‌شود.

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA \Rightarrow F = 9000 \times 10 \times 10^{-4} \Rightarrow F = 9 \text{ N}$$

روش دیگر: فشار را از رابطه  $P = \frac{mg}{A}$  به دست بیاورید:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m_A = 1200 \times 500 \times 10^{-6} \Rightarrow m_A = 0.6 \text{ kg} \\ m_B = 600 \times 500 \times 10^{-6} \Rightarrow m_B = 0.3 \text{ kg} \end{cases}$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m_A g + m_B g}{A} = \frac{0.6 \times 10 + 0.3 \times 10}{10 \times 10^{-4}} \Rightarrow P = 9000 \text{ Pa}$$

$$F = W_A + W_B = 0.6 \times 10 + 0.3 \times 10 = 9 \text{ N}$$

۱۰ الف) ارتفاع مایع در ظرف دوم، دو برابر ظرف اول است.

$$\frac{P_1}{\rho_1} = \frac{\rho_1 g h_1}{\rho_1} \Rightarrow \frac{P_1}{\rho_1} = g h_1$$

ب) حجم مایع در ظرف دوم و در نتیجه جرم آن ۸ برابر جرم مایع ظرف اول است.

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 = \left(\frac{2a_1}{a_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 4$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{W_2}{W_1} = \frac{F_2}{F_1} = 8$$

۱۱ با توجه به نمودار در ارتفاع ۴۰ cm از کف ظرف، فشار مایع صفر شده است. نتیجه می‌گیریم  $h = 0$  شده است. و ارتفاع مایع در ظرف، ۴۰ cm است. اکنون چگالی مایع را به دست می‌آوریم.

$$P = \rho g h \Rightarrow 3000 = \rho \times 10 \times 0.4 \Rightarrow \rho = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$P = \rho g h \Rightarrow 2400 = 750 \times 10 \times h \Rightarrow h = 0.32 \text{ m}$$

این فاصله از سطح مایع است. بنابراین فاصله از کف ظرف خواهد شد:

$$0.4 - 0.32 = 0.08 \text{ m} = 8 \text{ cm}$$

۱۲ سطح قاعده مکعب:

$$A = (2)^2 = 4 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow P = \frac{W}{A}$$

وزن آب درون مکعب و وزن آب درون استوانه برابر است:

$$W_{\text{استوانه}} = W_{\text{مکعب}}$$

$$\frac{P_{\text{استوانه}}}{\rho g h_{\text{استوانه}}} = \frac{A_{\text{استوانه}}}{\rho g h_{\text{استوانه}}} = 1$$

$$\frac{P_{\text{مکعب}}}{\rho g h_{\text{مکعب}}} = \frac{W_{\text{مکعب}}}{\rho g h_{\text{مکعب}}}$$

## مسائل امتحانی بارمبندی شده

۱ الف) جامد بلورین (۰/۲۵) - نمک طعام (۰/۲۵) (یا الماس) جامد بی‌شکل (یا آمورف) (۰/۲۵) - شیشه (۰/۲۵) / ب) در جامدهای بلورین مولکول‌ها دارای طرح منظم و تکرار شونده هستند. در حالی که جامدهای بی‌شکل، نظم مشخصی ندارند. (۰/۲۵)

جامدهای بلورین از سرد شدن آرام و جامدهای بی‌شکل از سرد شدن سریع ایجاد می‌شوند. (۰/۲۵)

۲ الف) برآمده (۰/۲۵) / ب) پایین‌تر (۰/۲۵) / ب) مایع (۰/۲۵) / ت) کشش سطحی (۰/۲۵) / ث) چند ده (۰/۲۵) / ج) کاهش (۰/۲۵)

۳ الف) پلاستما (۰/۲۵) - دماهای بالا (۰/۲۵) / ب) نسبت به (۰/۲۵) - نوسان‌های (۰/۲۵) / ب) بلورین (۰/۲۵) - فلزها (۰/۲۵) - معدنی (۰/۲۵) / ت) کندی (۰/۲۵) - به تندی (۰/۲۵) - آمورف (۰/۲۵) / ث) رانشی (۰/۲۵) - تراکم‌ناپذیری (۰/۲۵)

۴ الف) علت، کشش سطحی ناشی از هم‌چسبی مولکول‌های سطح مایع است. (۰/۵) / ب) افزایش دما باعث کاهش هم‌چسبی مولکول‌های مایع شده و سبب راحت‌تر جاری شدن مایع می‌شود (۰/۵) / ب) علت آن مربوط به اصل برنولی است. جریان هوای بالای برزنت باعث کاهش فشار هوادر بالای برزنت شده و فشار هوای قسمت زیر برزنت بیشتر بوده و این سبب پف کردن برزنت می‌شود. (۰/۵)

۵ عمق هر سه نقطه یکسان است. بنابراین:

$$h_A = h_B = h_C \Rightarrow P_A = P_B = P_C$$

۶ اختلاف فشار به اختلاف ارتفاع قائم دو نقطه درون شاره بستگی دارد.

$$\Delta ABH: \sin 30^\circ = \frac{\Delta h}{AB} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{\Delta h}{2.5}$$

$$\Delta h = 1.25 \text{ m} = 125 \text{ cm}$$

تبدیل یکای چگالی:

$$2 \text{ g/cm}^3 = 2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P = \rho g \Delta h \Rightarrow \Delta P = 2000 \times 10 \times 1.25$$

$$\Rightarrow \Delta P = 25000 \text{ Pa} = 25 \text{ kPa}$$

۷ فشار وارد بر کف دریاچه از رابطه  $P = P_0 + \rho g h$  به دست می‌آید:

$$P = P_0 + \rho g h \Rightarrow 240000 = 90000 + 12000 \times 10 \times h$$

$$150000 = 120000 \cdot h \Rightarrow h = 12.5 \text{ m}$$

۸ ابتدا فشار ناشی از جیوه را حساب می‌کنیم.

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow P = \frac{125}{20 \times 10^{-4}} \Rightarrow P = 62500 \text{ Pa}$$

ارتفاع جیوه در ظرف را به دست می‌آوریم.

$$P = \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{Hg}}$$

$$\Rightarrow 62500 = 13 \times 1000 \times 10 \times h_{\text{Hg}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{Hg}} = 0.48 \text{ m}$$

$$h = 0.5 - 0.48 \Rightarrow h = 0.02 \text{ m}$$

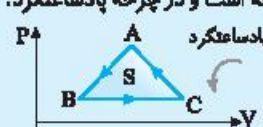
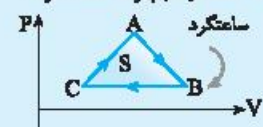


## بخش چهارم: چرخه ترمودینامیکی

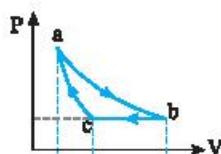
صفحه ۳۶ و ۳۷ کتاب درسی

**تعریف:** در چرخه ترمودینامیکی، دستگاه پس از طی چند فرایند، به حالت اولیه خود باز می‌گردد.

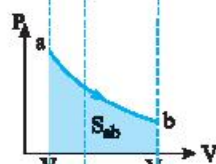
برای مثال دو چرخه P-V یکی ساعتگرد و دیگری پادساعتگرد را در زیر بررسی کرده‌ایم:

چرخه ترمودینامیکی با نمودار P-V پادساعتگرد	چرخه ترمودینامیکی با نمودار P-V ساعتگرد
<p>الف) در چرخه ترمودینامیکی حالت ابتدایی و نهایی یکسان است:  <math>\Delta U_{\text{چرخه}} = U_{\text{نهایی}} - U_{\text{ابتدایی}} = 0</math></p> <p>ب) بنا بر قانون اول ترمودینامیک:  <math>\Delta U_{\text{چرخه}} = Q_{\text{چرخه}} + W_{\text{چرخه}} \xrightarrow{\Delta U_{\text{چرخه}} = 0} Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}}</math></p> <p>ب) در مسئله زیر با استدلال مشخص می‌شود که اندازه کار در چرخه برابر سطح محصور در چرخه است و در چرخه پادساعتگرد:  <math>W = S</math></p> 	<p>الف) در چرخه ترمودینامیکی حالت ابتدایی و نهایی یکسان است:  <math>\Delta U_{\text{چرخه}} = U_{\text{نهایی}} - U_{\text{ابتدایی}} = 0</math></p> <p>ب) بنا بر قانون اول ترمودینامیک:  <math>\Delta U_{\text{چرخه}} = Q_{\text{چرخه}} + W_{\text{چرخه}} \xrightarrow{\Delta U_{\text{چرخه}} = 0} Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}}</math></p> <p>ب) در مسئله زیر با استدلال مشخص می‌شود که اندازه کار در چرخه برابر سطح محصور در چرخه است و در چرخه ساعتگرد:  <math>W = -S</math></p> 

### مسئله ۳۵

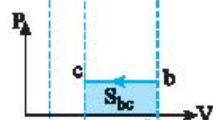


شکل روبه‌رو یک چرخه ترمودینامیکی فرضی را نشان می‌دهد که یک دستگاه ترمودینامیکی آن را طی کرده است:  
 الف) کار انجام شده روی دستگاه در هر فرایند را بر حسب سطح زیر نمودار آن بیابید.  
 ب) نشان دهید اندازه کل کار انجام شده روی دستگاه برابر با مساحت درون چرخه است.  
 پ) کار کل انجام شده روی دستگاه مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.



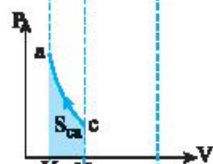
الف) در فرایند ab کار برابر سطح زیر نمودار شکل روبه‌رو است. دستگاه متبسط شده است و کار محیط روی دستگاه از a تا b منفی است:

$$W_{ab} = -S_{ab} < 0$$



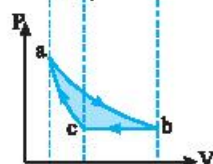
در فرایند bc که یک فرایند تراکم هم‌فشار است، کار برابر سطح زیر نمودار شکل روبه‌رو است و کار محیط روی دستگاه در این فرایند مثبت است:

$$W_{bc} = +S_{bc} > 0$$



در فرایند تراکمی ca کار مثبت و برابر سطح زیر نمودار در شکل روبه‌رو است:

$$W_{ca} = +S_{ca} > 0$$



ب) کار کل چرخه برابر است با:

$$W_{abca} = W_{ab} + W_{bc} + W_{ca} = -S_{ab} + S_{bc} + S_{ca} = -S_{abca}$$

ب) با توجه به نمودار سطح زیر فرایند ab از مجموع سطح زیر نمودارهای bc و ca بزرگ‌تر است، از این‌رو:

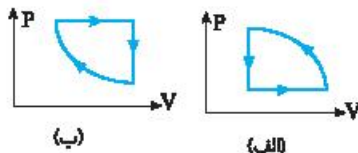
$$|S_{ab}| > |S_{bc}| + |S_{ca}| \Rightarrow |W_{ab}| > |W_{bc}| + |W_{ca}|$$

چون کار در فرایند ab منفی است، بنابراین جمع کل کارها باید منفی شود.

مسئله ۳۶

با توجه به نمودار چرخه‌های (الف) و (ب) جدول را با علامت‌های مثبت، منفی یا صفر کامل کنید.

نام چرخه	Q	W	$\Delta U$
(الف)			
(ب)			



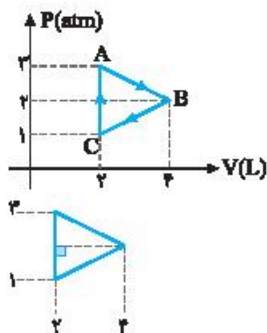
نام چرخه	Q	W	$\Delta U$
(الف)	-	+	صفر
(ب)	+	-	صفر

**راه‌حل** نمودار (الف) پادساعتگرد است و کار محیط روی دستگاه مثبت و گرمای مبادله‌شده با دستگاه منفی است. نمودار (ب) ساعتگرد است و کار محیط روی دستگاه منفی و گرمای مبادله‌شده با دستگاه مثبت است. در هر دو چرخه تغییر انرژی درونی صفر است.

نیم ۳ - ۱: مسائل عددی نمودار چرخه

مسئله ۳۷

یک مول گاز آرمانی، چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. گرمایی که گاز در مسیر ABCA با محیط مبادله می‌کند، چند ژول است؟



**راه‌حل** مساحت داخلی چرخه برابر با اندازه کار انجام شده می‌باشد. بنابراین ابتدا باید مساحت مثلث را به دست آوریم:

$$|W| = S_{\text{مثلث}} = \frac{\text{ارتفاع} \times \text{قاعده}}{2} = \frac{(3-1) \times 10^5 \times (3-2) \times 10^{-3}}{2} \Rightarrow |W| = 200 \text{ J}$$

چرخه ساعتگرد است، بنابراین  $W = -S = -200 \text{ J}$ . تغییر انرژی درونی چرخه برابر صفر است:

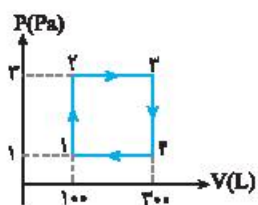
$$\Delta U_{ABCA} = 0 \Rightarrow W_{ABCA} = -Q_{ABCA} \Rightarrow Q_{ABCA} = 200 \text{ J}$$

مسئله ۳۸

یک گاز آرمانی چرخه‌ای مطابق شکل رویه‌رو طی می‌کند. دمای گاز در حالت (۱) برابر  $150 \text{ K}$  است. (الف) دمای گاز در حالت (۲) را به دست آورید.

(ب) کار انجام شده روی چرخه و گرمای مبادله شده در چرخه را حساب کنید.  
(پ) فرایندهای گرماگیر و گرماده را مشخص کنید.

**راه‌حل** (الف) با توجه به معادله حالت گاز آرمانی می‌توان نوشت:



$$PV = nRT \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 100}{150} = \frac{2 \times 300}{T_2} \Rightarrow T_2 = 1250 \text{ K}$$

(ب) چرخه پادساعتگرد است از این رو:  $Q = -W = 4 \text{ kJ}$ ,  $W = -4 \text{ kJ}$ ,  $Q = -W = 4 \text{ kJ}$

(پ) در فرایند ۱ → ۲، در حجم ثابت فشار زیاد شده است، طبق رابطه  $P \uparrow = \frac{nR}{V} T \uparrow$ ، باید دما هم زیاد شود. بنابراین  $\Delta T > 0$  و  $\Delta U > 0$  و گاز

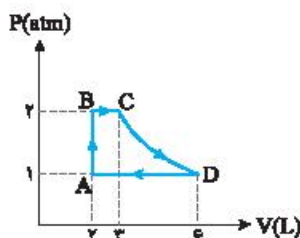
$$\Delta U = Q + \overset{+}{W}$$

گرما گرفته است. پس فرایند ۱ → ۲، گرماگیر است.

در فرایند ۲ → ۳، در فشار ثابت حجم زیاد شده است،  $(V \uparrow = \frac{nR}{P} T \uparrow)$  بنابراین دما زیاد شده است،  $\Delta T > 0$  و  $\Delta U > 0$  است. گاز منبسط شده

است، پس  $W_{23} < 0$  است و  $Q_{23} > 0$  و گاز گرما گرفته است.  $\Delta U = Q + \overset{+}{W}$  و فرایند ۲ → ۳ گرماگیر است. در فرایند ۳ → ۴، در حجم ثابت

فشار کم شده پس دما کم شده بنابراین  $\Delta U < 0$  و  $Q < 0$  و فرایند گرماده است. در فرایند ۴ → ۱، در فشار ثابت حجم کم شده است، پس دما کم شده و  $\Delta U < 0$ ،  $W > 0$  بنابراین طبق  $\Delta U = Q + W$ ،  $Q < 0$  و فرایند گرماده است.



دستگاهی شامل ۰/۵ مول گاز آرمانی، چرخهٔ روبه‌رو را می‌پیماید که در آن فرایند هم‌دما است و مقدار گرمای تبادل‌شده در فرایندهای BC، DA و AB به ترتیب ۵۰۰J و ۱۰۰۰J و ۳۰۰J است.  
الف) تغییر انرژی درونی در هر فرایند را حساب کرده و سپس، تغییر انرژی درونی گاز در کل چرخه را حساب کنید.  
ب) دما را در نقاط A، B و C بیابید.

**پاسخ الف)** فرایند CD هم‌دما است و تغییر انرژی درونی آن صفر است. فرایند AB فرایند هم‌حجم است که فشار آن در حال افزایش می‌باشد.

$$\Delta U_{AB} = W_{AB} + Q_{AB} \xrightarrow{W_{AB}=0} \Delta U_{AB} = Q_{AB} \Rightarrow \Delta U_{AB} = 300 \text{ J}$$

تغییر انرژی درونی برابر است با:

فرایندهای BC و DA هم‌فشار هستند. فرایند BC انبساطی بوده و  $W_{BC} < 0$  و  $Q_{BC} > 0$  است. فرایند DA تراکمی بوده و  $W_{DA} > 0$  و  $Q_{DA} < 0$  است.

$$W_{BC} = -P\Delta V = -2 \times 10^5 \times (3-2) \times 10^{-3} = -200 \text{ J}, \quad Q_{BC} = +500 \text{ J}$$

$$\Delta U_{BC} = 500 + (-200) = 300 \text{ J}$$

$$W_{DA} = -P\Delta V = -1 \times 10^5 \times (2-6) \times 10^{-3} = 400 \text{ J}, \quad Q_{DA} = -1000 \text{ J}$$

$$\Delta U_{DA} = W_{DA} + Q_{DA} = 400 + (-1000) = -600 \text{ J}$$

در این صورت تغییر انرژی درونی در چرخه خواهد شد:

$$\Delta U_{ABCD} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CD} + \Delta U_{DA} = 300 + 300 + 0 + (-600) = 0$$

بنابراین همان‌طور که بیان شد، تغییر انرژی درونی در یک چرخه صفر است.

ب) دما در نقطه A را با استفاده از معادلهٔ حالت به دست می‌آوریم:

$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow 1 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} = 0.5 \times 8 \times T_A \Rightarrow T_A = 50 \text{ K}$$

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} \xrightarrow{V_A=V_B} \frac{1}{50} = \frac{2}{T_B} \Rightarrow T_B = 100 \text{ K}$$

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_C V_C}{T_C} \Rightarrow \frac{1 \times 2}{50} = \frac{2 \times 3}{T_C} \Rightarrow T_C = 150 \text{ K}$$

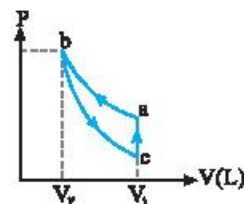
• تیپ ۳-۲: رسم چرخه

گاز آرمانی اجساد طی یک فرایند تراکمی هم‌دما از حالت B به حالت A می‌رود. سپس طی یک فرایند بی‌دررو، دوباره به حجم اولیه در حالت C باز می‌گردد. سرانجام با یک فرایند هم‌حجم به حالت B می‌رود:

الف) نمودار P-V چرخه طی‌شده را رسم کنید.

ب) ثابت کنید قدر مطلق کار در فرایند بی‌دررو برابر گرمای مبادله شده در فرایند هم‌حجم است.

**پاسخ الف)** نمودار P-V چرخه به صورت روبه‌رو خواهد بود:



$$\Delta U_{abca} = 0 \Rightarrow \Delta U_{ab} + \Delta U_{bc} + \Delta U_{ca} = 0$$

ب) تغییر انرژی درونی در چرخه برابر صفر است:

فرایند ab هم‌دما است و  $\Delta U_{ab} = 0$  است. فرایند bc بی‌دررو و گرمای مبادله شده  $Q_{bc} = 0$  است و فرایند ca

هم‌حجم است و کار در این فرایند صفر است ( $W_{ca} = 0$ ). در این صورت:

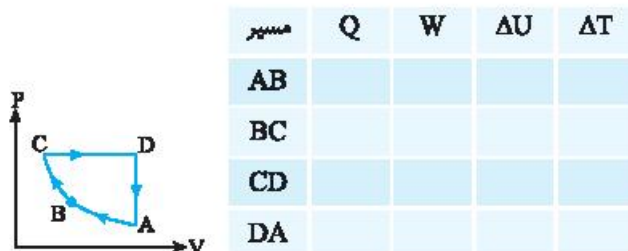
$$\underbrace{\Delta U_{ab}}_{\text{صفر}} + W_{bc} + \underbrace{Q_{bc}}_{\text{صفر}} + \underbrace{W_{ca}}_{\text{صفر}} + Q_{ca} = 0 \Rightarrow W_{bc} = -Q_{ca} \Rightarrow |W_{bc}|_{\text{بی‌دررو}} = |Q_{ca}|_{\text{هم‌حجم}}$$



• **نیم ۳-۳:** تعیین علامت کار و گرما از روی نمودار

مسئله ۳۱

در چرخه یک گاز آرمانی نشان داده شده در شکل رویه‌رو، مسیر AB هم‌دما و مسیر BC بی‌دررو است. جدول زیر را با گذاشتن علامت مثبت، منفی و یا صفر پر کنید. (دستگاه، گاز آرمانی تک‌اتمى است.)



مسیر	Q	W	ΔU	ΔT
AB	-	+	۰	۰
BC	۰	+	+	+
CD	+	-	+	+
DA	-	۰	-	-

**راه‌حل ۳۱** در سطر اول جدول، فرایند  $A \rightarrow B$ ، فرایند هم‌دما است. پس داریم:

$$\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0 \Rightarrow Q = -W$$

چون فرایند تراکمی است، پس کار در این فرایند مثبت است:  $W > 0 \Rightarrow Q < 0$

در سطر دوم جدول، فرایند  $B \rightarrow C$ ، فرایند بی‌دررو است. پس داریم:  $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = W$

چون فرایند  $B \rightarrow C$  تراکمی است، پس کار طی این فرایند مثبت است:  $W > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$   
چون انرژی درونی به دما بستگی دارد و تغییرات انرژی درونی مثبت است، پس:  $\Delta T > 0$

در سطر سوم جدول، فرایند  $C \rightarrow D$ ، فرایند هم‌فشار است و چون فرایند انبساطی است، پس کار انجام شده طی این فرایند منفی بوده است:  $W < 0$   
دمای  $T_D > T_C$  است، زیرا در حالت D، حجم از حالت C بیشتر می‌باشد. بنابراین:  $PV_D > PV_C \Rightarrow T_D > T_C \Rightarrow \Delta T > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$   
با توجه به قانون اول ترمودینامیک:  $\Delta U = Q + W$ ،  $W < 0$ ،  $\Delta U > 0 \Rightarrow Q_{CD} > 0$

در سطر آخر جدول، فرایند  $D \rightarrow A$ ، فرایند هم‌حجم است، پس داریم:

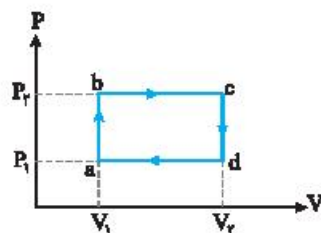
دمای  $T_A < T_D$  است، زیرا در حالت A، فشار از حالت D کمتر است، بنابراین:

$$P_A V_A < P_D V_D \Rightarrow T_D > T_A \Rightarrow \Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \xrightarrow{\text{بنابر رابطه (۱)}} Q < 0$$

• **نیم ۴-۴:** نمودارهای P-T و V-T و چرخه

مسئله ۳۲

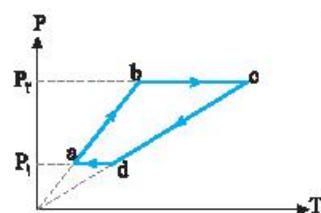
در شکل رویه‌رو چرخه مقداری گاز آرمانی رسم شده است. نمودار P-T و V-T این چرخه را رسم کنید.

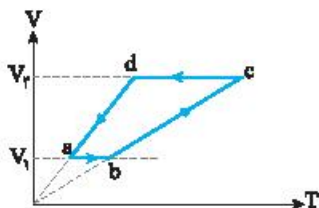


**راه‌حل ۳۲** فرایندهای ab و cd هم‌حجم هستند. اما حجم در فرایند cd بیشتر از حجم در فرایند ab است.

بنابراین در نمودار P-T، شیب فرایند cd از شیب فرایند ab کمتر است.  $(P = \frac{nR}{V} T)$ . همچنین

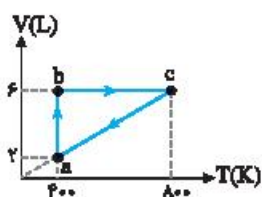
فشار فرایند bc بیشتر از فشار در فرایند da است. اکنون نمودارها را با توجه به آنچه بیان شد، رسم می‌کنیم:  
نمودار P-T فرایندهای هم‌حجم ab و cd و خط‌های مایلی هستند که باید از مبدأ بگذرند. فرایند da یک فرایند هم‌فشار در فشار  $P_1$  بوده که با کاهش حجم، دما نیز کاهش می‌یابد و فرایند bc یک فرایند هم‌فشار انبساطی است که دمای گاز افزایش می‌یابد. با این داده‌ها نمودار P-T رسم می‌شود.





در فرایند هم‌حجم  $ab$ ، فشار زیاد شده پس دما افزایش می‌یابد. سپس طی فرایند هم‌فشار از حالت  $b$  به حالت  $c$  می‌رود که نمودار  $V-T$  آن خط مایلی است که از مبدأ می‌گذرد. سپس در فرایند  $cd$  در حجم ثابت فشار و در نتیجه دما کاهش می‌یابد و سرانجام از  $d$  به  $a$  در یک فرایند هم‌فشار، حجم و دما کاهش می‌یابد که نمودار آن نیز خطی است که از مبدأ می‌گذرد و نمودار  $V-T$  به این طریق رسم می‌شود. اگر نمودار  $P-V$  یک چرخه، ساعتگرد باشد نمودار  $P-T$  آن نیز ساعتگرد بوده اما نمودار  $V-T$  آن پادساعتگرد است.

مسئله / ۳۳



نمودار  $V-T$  برای نیم‌مول گاز آرمانی مطابق شکل رویه‌رو است. گرمای مبادله‌شده در مسیر  $bca$  را حساب کنید. ( $R = 8J/mol.K$ )

راه‌حل / مراحل حل این تیپ مسئله:

۱ ابتدا نوع فرایندها را مشخص می‌کنیم.

فرایند  $ab$  هم‌دما:

$$\Delta U_{ab} = 0$$

فرایند  $ca$  هم‌فشار:

$$\Delta U_{ca} = Q_{ca} + W_{ca}$$

۲ نوشتن تغییر انرژی درونی در چرخه:

$$\Delta U_{abca} = \Delta U_{ab} + \Delta U_{bc} + \Delta U_{ca} = 0 \Rightarrow 0 + Q_{bc} + W_{bc} + Q_{ca} + W_{ca} = 0 \xrightarrow{W_{bc}=0} Q_{bc} + Q_{ca} = -W_{ca} \Rightarrow Q_{bca} = -W_{ca} \quad (I)$$

۳ برای بدست آوردن کار در فرایند هم‌فشار  $ca$ :

$$W_{ca} = -P\Delta V = -nR\Delta T \Rightarrow W_{ca} = -nR(T_a - T_c) \Rightarrow W_{ca} = -0.5 \times 8 \times (400 - 800) \Rightarrow W_{ca} = +1600J$$

$$Q_{bca} = -W_{ca} = -1600J$$

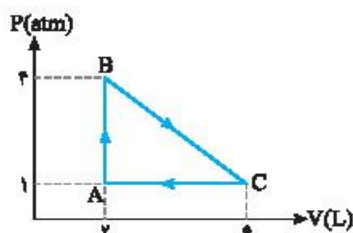
۴ اکنون جای گذاری در رابطه (I):

در این بخش نمونه‌های سوالی که لقمه‌های نوبت در این دوره، برات آماده کردیم تا خوب تمرین کنی. شماره تیپ هر سوال کنارش آورده که آگه نتوانستی حل کنی بتونی از درسته اون تیپ رو مطالعه کنی.

تمرین‌های بخش چهارم

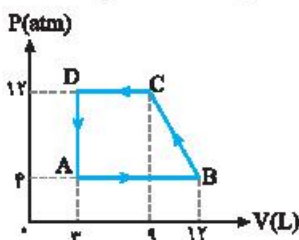
۳۱۸- کلمه مناسب برای پر کردن جای خالی را انتخاب کنید.

- الف) به مجموعه فرایندهایی که دستگاه پس از طی آن‌ها به حالت اولیه خود بازمی‌گردد، (چرخه / ماشین گرمایی) گویند.
- ب) در یک چرخه ترمودینامیکی تغییر انرژی درونی ..... (صفر / غیرصفر) و کار انجام شده روی گاز ..... (صفر / غیرصفر) است.
- پ) در نمودار ..... اندازه کار انجام شده روی گاز طی یک چرخه برابر سطح ..... (زیر نمودار / محصور) است.
- ت) اگر نمودار  $P-V$  یک چرخه ساعتگرد باشد کار انجام شده روی گاز ..... (مثبت / منفی) بوده و گرمای مبادله شده بین گاز و محیط ..... (مثبت / منفی) است.



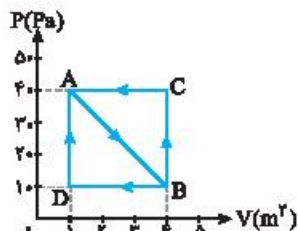
۳۱۹- یک مول گاز آرمانی چرخه‌ای مطابق شکل رویه‌رو را می‌پیماید: (تیپ ۳-۱) ۹۹-ص

- الف) کار انجام شده در کل چرخه را محاسبه کنید.
- ب) کل گرمای مبادله شده چقدر است؟



۳۲۰- یک گاز آرمانی، چرخه‌ای مطابق شکل رویه‌رو پیچوده است. (تیپ ۳-۱) مسئله ۱۱، صفحه ۱۴۹ کتاب درسی

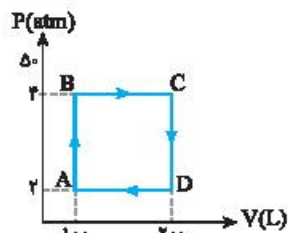
- الف) کار انجام شده روی محیط در این چرخه را حساب کنید.
- ب) گرمای مبادله شده با گاز در طی این چرخه را محاسبه کنید.



۴۲۱- گاز آرمانی مطابق نمودار روبه‌رو، طی فرایند AB منبسط می‌شود و حجم آن از  $1\text{ m}^3$  به  $4\text{ m}^3$  می‌رسد. پس از آن گاز طی دو فرایند مختلف به حالت اولیه باز می‌گردد. (تیب ۱-۳ و ۳-۵ مثال ۸-۵ صفحه ۱۴۰ کتاب درسی)

الف) کار انجام شده روی گاز در چرخه ABCA را حساب کنید.

ب) کار انجام شده روی گاز در چرخه ABDA را حساب کنید.



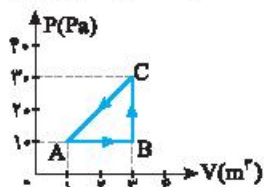
۴۲۲- یک گاز آرمانی چرخه نشان داده شده در شکل زیر را می‌بیناید. (تیب ۱-۳ و ۳-۴ مسئله ۸-۱۰ صفحه ۱۴۰ کتاب درسی)

الف) فرایندهای گرم‌گیر و گرم‌ده را مشخص کنید.

ب) تغییر انرژی درونی گاز در مسیر ABC چند برابر CDA است؟

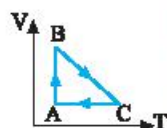
پ) کار و گرمای مبادله شده در این چرخه را حساب کنید.

۴۲۳- الف) با توجه به نمودار روبه‌رو که چرخه یک گاز آرمانی را نشان داده، جدول را با کلمه‌های (مثبت / منفی / صفر) پر کنید. (تیب ۳-۴) مسئله ۸-۱۶ صفحه ۱۴۸ کتاب درسی



	Q	W	$\Delta U$
A → B			
B → C			
C → A			

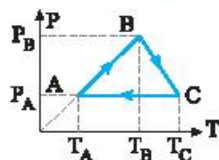
ب) با توجه به نمودار روبه‌رو که چرخه یک گاز آرمانی را نشان می‌دهد، جدول را با کلمه‌های (افزایش، کاهش، ثابت) پر کنید. (تیب ۳-۴)



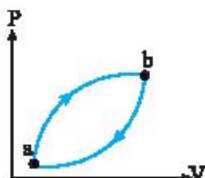
	فشار گاز	حجم گاز	انرژی درونی
A → B			
B → C			
C → A			

ب) با توجه به چرخه P-T در شکل زیر که مربوط به یک گاز کامل است، خانه‌های جدول زیر را با کلمات (افزایش - کاهش - ثابت) پر کنید. (تیب ۳-۴)

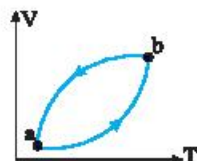
امتحان نهایی - ۸۵



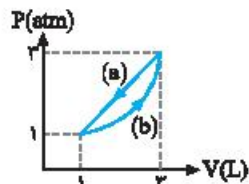
	فشار	حجم	فرایند / کمیت ←
A → B			
B → C			
C → A			



۴۲۴- الف) شکل روبه‌رو چرخه یک گاز آرمانی را نشان می‌دهد. اگر مقدار گرمای مبادله شده در این چرخه  $400\text{ J}$  باشد، کار انجام شده روی گاز چقدر است؟ (تیب ۱-۳) مسئله ۸-۹ صفحه ۱۴۸ کتاب درسی

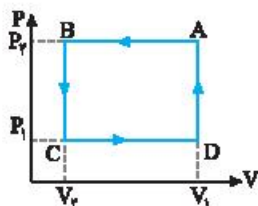


ب) نمودار V-T مطابق شکل روبه‌رو است. اگر اندازه گرمای مبادله شده در فرایندهای ab و ba به ترتیب  $700\text{ J}$  و  $900\text{ J}$  باشد، کار انجام شده روی محیط طی این چرخه چند ژول است؟ (تیب ۳-۴)

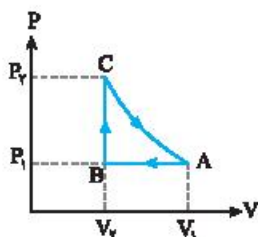


۴۲۵- ب) گاز آرمانی چرخه‌های مطابق شکل را طی می‌کند. اگر گاز در مسیر B،  $960\text{ J}$  گرما از دست بدهد و در مسیر a،  $800\text{ J}$  گرما بگیرد، کار انجام شده دستگاه در مسیر a چند ژول است؟ (تیب ۱-۳) مسئله ۸-۱۴ صفحه ۱۴۸ کتاب درسی

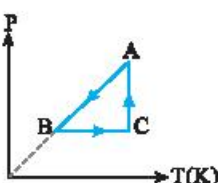




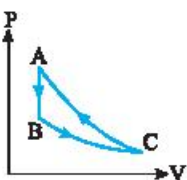
۴۲۵- الف) شکل رویه‌رو، چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز آرمانی پیوسته است. این چرخه را در دستگاه P-T رسم کنید. (تیپ ۲-۲ و ۳-۲)



ب) شکل رویه‌رو نمودار چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز آرمانی پیوسته است. نمودار این چرخه را در دستگاه V-T رسم کنید. (فرایند CA هم‌دما است). (تیپ ۲-۲ و ۳-۲)



ب) نمودار P-T فرایندهای آرمانی که مقدار معینی گاز کامل طی می‌کند، مطابق شکل رویه‌رو است، نمودار P-V این چرخه را رسم کنید. (تیپ ۳-۳)



۴۲۶- یک گاز آرمانی تک‌اتم‌ی چرخه‌ای شامل سه فرایند متوالی هم‌دما، بی‌دررو و هم‌حجم را طی می‌کند.

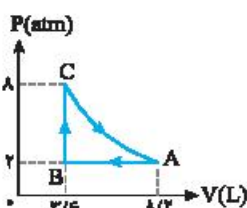
الف) کدام فرایند هم‌دما است؟ (تیپ ۱-۳)

ب) در کدام فرایند گاز با محیط گرمایی مبادله نمی‌کند؟

پ) اندازه کار انجام شده روی گاز طی فرایند بی‌دررو را با اندازه گرمای مبادله شده بین گاز و محیط در فرایند هم‌حجم یا هم‌مقایسه کنید.

ت) اگر در فرایند هم‌دما، گاز ۲۱۰ J گرما بگیرد و در فرایند هم‌حجم به اندازه  $\frac{5}{3}$  گرمای گرفته شده در فرایند هم‌دما، گرما مبادله شود، کار

مبادله شده در چرخه چند ژول است؟

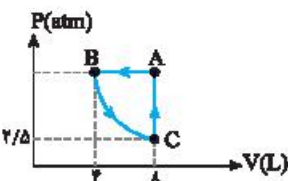


۴۲۷- نیم مول از یک گاز آرمانی چرخه‌ای شکل رویه‌رو را می‌پیماید. مسیر CA بی‌دررو است. ( $R \sim 8.31 \text{ J/mol.K}$ )

مسئله ۱۱، صفحه ۱۴۹ کتاب درس

الف) دمای گاز را در نقطه‌های A، B و C محاسبه کنید. (تیپ ۱-۳)

ب) اگر مقدار کار در فرایند CA برابر ۱۸۶۰ J باشد، کل گرمای مبادله شده چند ژول خواهد بود؟



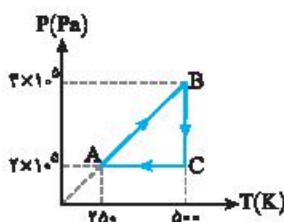
۴۲۸- نمودار یک مول گاز آرمانی مطابق شکل رویه‌رو است. اگر فرایند BC هم‌دما باشد،

مسئله ۱۱، صفحه ۱۴۹ کتاب درس

الف) دمای گاز در نقطه C چند کلوین است؟ (تیپ ۱-۳)

ب) گرمای مبادله شده در مسیر CAB چند ژول است؟ ( $R = 8.31 \text{ J/mol.K}$ )

پ) انرژی درونی گاز در نقاط A، B و C را با هم مقایسه کنید.

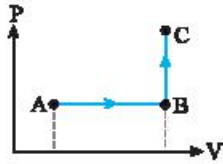


۴۲۹- شکل رویه‌رو، مربوط به چرخه P-T یک مول گاز آرمانی است. (تیپ ۳-۳)

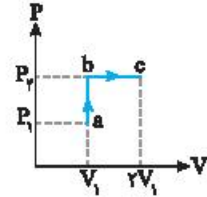
الف) حجم گاز در فرایند AB چند لیتر است؟

ب) اگر گرمای مبادله شده بین دستگاه و محیط در فرایند CA، ۵۰۰۰ J باشد، گرمای مبادله شده

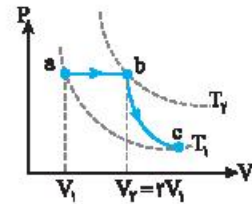
با محیط در فرایند AB چند ژول است؟ ( $R \sim 8.31 \text{ J/mol.K}$ )



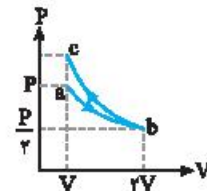
ب) فرایند AB هم‌فشار بوده و در فشار ثابت، حجم در حال افزایش است. فرایند BC هم‌حجم است و در حجم ثابت، دما در حال افزایش و در نتیجه فشار نیز در حال افزایش است. از این‌رو نمودار P-V به شکل روبه‌رو است.



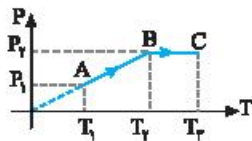
۴۱۶ الف) نمودار به صورت روبه‌روست.



ب) با توجه به اینکه دمای اولیه و نهایی با هم برابر است پس نقاط B و C باید روی یک نمودار هم‌دما قرار داشته باشند. در فرایند هم‌فشار حجم گاز زیاد شد. از این‌رو دما ابتدا افزایش و سپس در فرایند بی‌دررو فشار کاهش و حجم افزایش می‌یابد. ابتدا دما از  $T_1$  به  $T_2$  و سپس از  $T_2$  به  $T_1$  می‌رسد.



ب) با دو برابر شدن حجم گاز فشار گاز طی فرایند هم‌دما نصف می‌شود. بنابراین نمودار به صورت نمودار ab است. در فرایند بی‌دررو وقتی حجم گاز از  $2V$  به  $V$  می‌رسد یعنی حجم نصف می‌شود، فشار گاز از دو برابر بیشتر افزایش می‌یابد. فرایند bc بی‌دررو است.



۴۱۷ الف) فرایند اول هم‌حجم است و دما و در نتیجه فشار افزایش یافته است و نمودار باید از مبدأ بگذرد. نقطه A نشان‌دهنده حالت اول گاز و نقطه B نشان‌دهنده حالت دوم گاز است. نمودار AB فرایند (الف) را نشان می‌دهد.

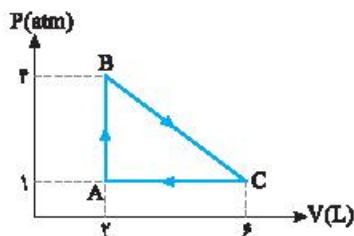
ب) فرایند دوم در فشار ثابت انجام شده و در آن دما و حجم افزایش یافته است. نقطه C حالت سوم گاز و نمودار BC فرایند (ب) را نشان می‌دهد.

۴۱۸ الف) چرخه (ب) - غیرصفر - (پ) P-V - محصوره) منفی - مثبت

۴۱۹ الف) کار انجام شده در کل چرخه برابر سطح محصوره در چرخه است و چون چرخه ساعتگرد است، کار محیط روی دستگاه منفی است:

$$|W| = S \Rightarrow |W| = \frac{(4-1) \times 10^5 \times (6-2) \times 10^{-2}}{2} = 600 \text{ J} \Rightarrow W = -600 \text{ J}$$

ب) در یک چرخه  $W_1 = -Q_1$  بنابراین  $Q_1 = 600 \text{ J}$  است.



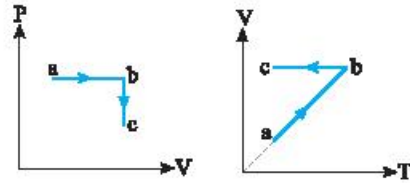
نمودار BC، یک نمودار مبدأ‌گذر است یعنی فرایند BC یک فرایند هم‌فشار است. بنابراین فرایند BC هم‌فشار می‌باشد و کار در فرایند هم‌فشار خواهد شد:

$$W_{bc} = -nR\Delta T = -1 \times 8 \times (-300) = 2400 \text{ J}$$

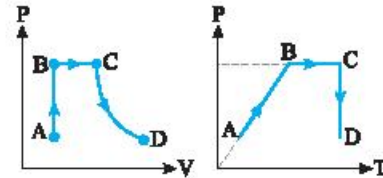
$$W_{bc} = W_{ab} + W_{bc} = 0 + 2400 = 2400 \text{ J}$$

با توجه به نمودار  $T_2 = T_1$  است و تغییر انرژی درونی در فرایند abc صفر است از این‌رو:

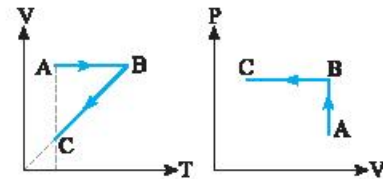
۴۱۴ الف) فرایند ab هم‌فشار است. بنابراین نمودار V-T آن خط راست گذرنده از مبدأ است و فرایند bc هم‌حجم است و طی فرایند bc، فشار کاهش یافته در نتیجه دما نیز کاهش می‌یابد.



ب) فرایند AB هم‌حجم است. بنابراین نمودار P-T آن خط راست گذرنده از مبدأ است و در این فرایند فشار و دما افزایش می‌یابد. فرایند BC هم‌فشار و فرایند CD هم‌دما است؛ از این‌رو:



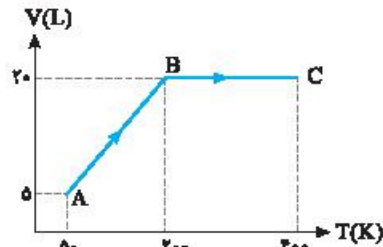
ب) فرایند BC خط راست گذرنده از مبدأ است بنابراین BC یک فرایند هم‌فشار است که طی آن حجم و دمای گاز کاهش می‌یابد. فرایند AB یک فرایند هم‌حجم است که طی آن دما افزایش می‌یابد بنابراین نمودار P-V آن خواهد شد:



۴۱۵ ب) به نمودار دقت کنید نمودار V-T است.

الف) به کمک قانون گازها، فشار گاز در حالت A را بدست می‌آوریم.

$$PV = nRT \Rightarrow P_A = \frac{nRT_A}{V_A} \Rightarrow P_A = \frac{1 \times 8 \times 50}{5 \times 10^{-2}} \Rightarrow P_A = 8 \times 10^2 \text{ Pa}$$



ب) نمودار فرایند AB یک نمودار مبدأ‌گذر است بنابراین فرایند AB، فرایند هم‌فشار است و کار انجام شده در این فرایند برابر است با:

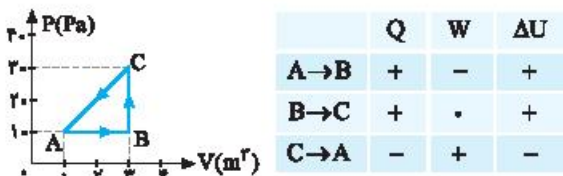
$$W_{AB} = -P\Delta V \Rightarrow W_{AB} = 8 \times 10^2 \times (20-5) \times 10^{-2} \Rightarrow W_{AB} = -1200 \text{ J}$$

فرایند  $C \rightarrow A$ : چون گاز متراکم شده است  $\Delta V < 0$  و در نتیجه  $W > 0$  است. از طرفی:

$$\frac{P_C V_C}{T_C} = \frac{P_A V_A}{T_A} \Rightarrow \frac{2 \times 1}{T_C} = \frac{1 \times 1}{T_A} \Rightarrow T_A = \frac{1}{2} T_C$$

یعنی در این فرایند دمای گاز کاهش یافته است. بنابراین  $\Delta U < 0$  است. با توجه به قانون اول ترمودینامیک،  $Q$  نیز باید منفی باشد.

مثبت منفی  
 $\Delta U = W + Q \Rightarrow Q < 0$



ب) در فرایند  $AB$  حجم گاز افزایش یافته و چون دما ثابت است، انرژی درونی ثابت می‌ماند. همچنین فشار گاز کاهش می‌یابد. ( $PV \uparrow = nRT$ )

در فرایند  $BC$ ، مطابق نمودار حجم گاز کاهش می‌یابد. ( $V_C < V_B$ ) اما دمای گاز افزایش می‌یابد. با توجه به معادله حالت گاز آرمانی خواهیم داشت:

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \Rightarrow P \uparrow$$

دمای گاز افزایش یافته بنابراین انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد. فرایند  $CA$  هم حجم است و دما کاهش یافته است در این صورت فشار و انرژی درونی کاهش می‌یابد.

انرژی درونی	فشار گاز	حجم گاز	فرایند
ثابت	کاهش	افزایش	A $\rightarrow$ B
کاهش	افزایش	کاهش	B $\rightarrow$ C
کاهش	کاهش	ثابت	C $\rightarrow$ A

پ) فرایند  $AB$ : نمودار  $P-T$  مبدأ گذر و بنابراین هم حجم است و چون دما در حال افزایش بوده و انرژی درونی تنها تابع دماست پس انرژی درونی در حال افزایش است:

انرژی درونی	فشار	حجم	فرایند
افزایش		ثابت	A $\rightarrow$ B

فرایند  $BC$ : برای بررسی فرایند  $BC$  مطابق شکل تعدادی نمودار  $P-T$  هم حجم رسم می‌کنیم. از حالت  $B$  تا  $C$  حالت  $C$  شیب این نمودارها در حال کاهش است. با توجه به اینکه شیب خطهای مبدأ گذر  $P-T$  با حجم رابطه عکس دارند پس حجم در حال افزایش است.

انرژی درونی	فشار	حجم	فرایند
	کاهش	افزایش	B $\rightarrow$ C

فرایند  $CA$ : فرایند هم فشار است. دما در حال کاهش بوده و انرژی درونی کاهش می‌یابد:

انرژی درونی	فشار	حجم	فرایند
کاهش	ثابت		C $\rightarrow$ A

۴۲۰ الف) اندازه کار انجام شده روی گاز در یک چرخه برابر مساحت درون چرخه است. چون چرخه پادساعتگرد است، کار انجام شده روی گاز مثبت است؛ بنابراین:

$$|W| = S \Rightarrow W = \frac{1}{2} (DC + AB) \times AD$$

$$\Rightarrow W = \frac{1}{2} (6+9) \times 8 \times 10^{-5} \times 10^{-3} \Rightarrow W = 6000 \text{ J}$$

کار انجام شده روی محیط:  $W' = -W = -6000 \text{ J}$

ب) تغییر انرژی درونی در یک چرخه برابر صفر است. بنابراین با توجه به قانون اول ترمودینامیک داریم:  $\Delta U = W + Q \Rightarrow 0 = 6000 + Q \Rightarrow Q = -6000 \text{ J}$  بنابراین گاز در این چرخه ۶۰۰۰ جرمای از دست داده است.

۴۲۱ اندازه کار حاصل انجام شده برابر مساحت درون چرخه در نمودار  $P-V$  است.

الف) در چرخه  $ABCA$  که یک چرخه پادساعتگرد است، کار محیط روی گاز مثبت است.  $|W_{ABCA}| = \left(\frac{2-1}{2}\right) \times (2-1) \Rightarrow W_{ABCA} = 2 \text{ J}$

ب) در چرخه  $ABDA$  که ساعتگرد است، کار محیط روی گاز منفی است.

$$|W_{ABDA}| = \left(\frac{2-1}{2}\right) \times (2-1) = 2 \text{ J} \Rightarrow W_{ABDA} = -2 \text{ J}$$

۴۲۲ الف) فرایند  $AB$  یک فرایند هم حجم است که دما و فشار گاز با دریافت گرما افزایش یافته است. بنابراین فرایند  $AB$  گرماگیر است. فرایند  $BC$  یک فرایند انبساطی هم فشار است که طی آن حجم گاز با دریافت گرما افزایش یافته است. بنابراین: فرایند  $BC$  گرماگیر است. در فرایند هم حجم  $CD$ ، گاز گرما از دست داده و فشار و دمای آن کاهش می‌یابد بنابراین فرایند  $CD$  گرماده است. در فرایند هم فشار  $DA$ ، گاز گرما از دست داده و حجم و دمای آن کاهش می‌یابد. بنابراین فرایند  $DA$  گرماده است.

ب) چرخه را به صورت زیر می‌توان نوشت:

$$\Delta U_{ABCA} = \Delta U_{ABC} + \Delta U_{CDA} \Rightarrow 0 = \Delta U_{ABC} + \Delta U_{CDA} \Rightarrow \frac{\Delta U_{ABC}}{\Delta U_{CDA}} = -1$$

پ) اندازه کار برابر سطح داخل چرخه است.

$$|W| = S \Rightarrow |W| = (2-1) \times 10^5 \times (200-100) \times 10^{-3} \Rightarrow |W| = 40000 \text{ J}$$

چرخه ساعتگرد بوده و کار محیط روی دستگاه منفی است از این رو:  $W = -40000 \text{ J} \Rightarrow Q = -W \Rightarrow Q = 40000 \text{ J}$

۴۲۳ الف) با استفاده از قانون اول ترمودینامیک  $\Delta U = Q + W$  داریم: فرایند  $A \rightarrow B$ : در این فرایند هم فشار گاز منبسط شده است  $\Delta V > 0$  و در نتیجه  $W < 0$  است. با توجه به اعداد روی نمودار از طرفی  $P_B V_B > P_A V_A$  بوده و  $T_B > T_A$  است. بنابراین  $\Delta U > 0$  است. با توجه به قانون اول ترمودینامیک باید  $Q > 0$  باشد.  $\Delta U = Q + W \xrightarrow{\Delta U > 0, W < 0} Q > 0$

فرایند  $B \rightarrow C$ : این فرایند هم حجم است بنابراین  $W_{BC} = 0$  است از طرفی فشار گاز افزایش یافته بنابراین گاز گرما دریافت کرده و  $Q > 0$  است در نتیجه  $\Delta U = Q > 0$  نیز مثبت است.