نشر الگو

تمام

تمرین امتحان

فیزیک دهم

ریاضی

رضا خالو، امیرعلی میری

- درس‌نامهٔ سؤال‌محور
- سؤالات تألیفی
- سؤالات تکمیلی
- سؤالات امتحانی
- پاسخ‌های تشریحی

مقدمهٔ مؤلف

به نام خدا

سلام به شما دهمی‌های عزیز

سال دهم، سال ورود شما به مقطع جدید (دورهٔ 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 شـامل دو بخش است، یک **بخش حفظی** با سؤال‌های جای خالی، تعریف کنید، درست و نادرست و ... از متن کتاب و بخش دیگر **مسئله‌های محاسباتی**.

الف) برای بخش حفظی، در درس‌نامه تمام قسـمت‌های حفظی و مهمِ متن کتاب درسـی را تحت عنوان «خط به خط کتاب درسی» و شکل‌های مهم کتاب را به‌صورت «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 درس‌نامهٔ کامل، یک‌سـری تمرین و کار در منزل برای شـما قرار دادیم تا با حل اون‌ها قدرت حل مسـئله و آزمون دادن شـما بالا بره. در بخش تمارین بیشـتر، 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 کنین.

۴ در بخش جمع‌بندی مسـائل امتحانی بارم‌بندی شـده هسـت که شامل سـؤال‌های امتحانی کل فصل بوده و بارم‌بندی اون‌ها رو مشـخص کردیم. در پاسـخ این مسائل هم کلید تصحیح شـبیه 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 آزمایش کنیدهای کتاب درسی هست که تمام این آزمایش کنیدها 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 صمیمانهٔ 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: چگالی ۱۷
تمرین‌های بخش چهارم ۲۰
مسائل تکمیلی ۲۴
مسائل امتحانی بارم‌بندی شده ۲۶

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
بخش ششم: شناوری ۵۱
تمرین‌های بخش ششم ۵۳
بخش هفتم: اصل برنولی ۵۴
تمرین‌های بخش هفتم ۵۶
مسائل تکمیلی ۵۸
مسائل امتحانی بارم‌بندی شده ۶۱

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: قضیهٔ 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 چهارم: دما و گرما

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
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

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 مویین، سطح آب فرو رفته و درون لولهٔ مویین سطح جیوه برآمده است، چیست؟

پ) معمولاً دیواره‌های 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.

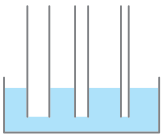
۷۳ در هر یک از پدیده‌های زیر علت پخش‌شدن مایع چیست؟

الف) پخش‌شدن نفت در سطح آب دریا

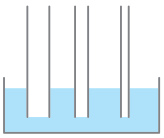
ب) پخش‌شدن آب روی سطح تمیز شیشه

پ) پخش‌شدن جوهر در آب

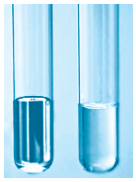
۷۴ الف) نحوهٔ قرارگیری آب در لوله‌های مویین شکل زیر را به صورت تقریبی نشان دهید.



ب) نحوهٔ قرارگیری جیوه در لوله‌های مویین 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.



(ب) (الف)

بخش دوم: فشار شاره‌ها

صفحهٔ ۳۲ تا ۳۶ کتاب درسی

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

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

F: نیوتون، A: متر مربع، P: پاسکال

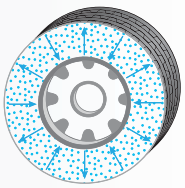
هر پاسکال برابر $1\ N/m^2$ است.

خط‌به‌خط 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.

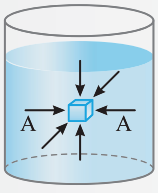
عکس‌ومکث کتاب

الف) برخورد مولکول‌های هوای درون لاستیک به سطح داخلی آن سبب ایجاد نیروی عمودی می‌شود.



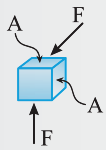
(الف)

ب) به هر نقطه از سطح جسم غوطه‌ور در شاره (آب) نیرویی عمودی وارد می‌شود.



(ب)

پ) برای سادگی تنها نیروهای وارد بر دو سطح که به صورت عمود است نشان داده شده است.



(پ)

• تیپ ۲ - ۱: به‌دست آوردن فشار از نیرو

مسئله ۱

غواصی که مساحت عینک او $۱۸۰\,cm^۲$ است، در زیر آب در حال غواصی بوده و فشار آب در محل عینک او $۲\times۱۰^۵\,Pa$ است. نیرویی که توسط آب بر عینک غواص وارد می‌شود چند نیوتون است؟

راه‌حل ابتدا باید مساحت عینک را برحسب مترمربع بنویسیم:

$$A=۱۸۰\,cm^۲\times\frac{۱m^۲}{۱۰^۴\,cm^۲}\Rightarrow A=۱۸۰\times۱۰^{-۴}\,m^۲$$

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

$$P=\frac{F}{A}\Rightarrow ۲\times۱۰^۵=\frac{F}{۱۸۰\times۱۰^{-۴}}\xrightarrow{\text{طرفین وسطین}}F=۲\times۱۰^۵\times۱۸۰\times۱۰^{-۴}\Rightarrow F=۳۶۰\times۱۰\Rightarrow F=۳۶۰۰\,N$$

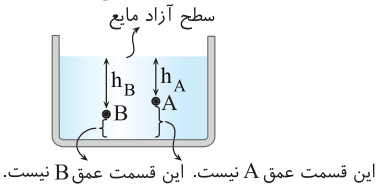
رابطهٔ فشار شاره‌ها برحسب عمق شاره

$$P=\rho gh$$

(شتاب گرانش $m/s^۲$) (چگالی مایع $kg/m^۳$) (عمق مایع m)

- در رابطهٔ فشار شاره، h عمق مایع یعنی فاصلهٔ قائم هر نقطه درون مایع تا سطح آزاد مایع است.

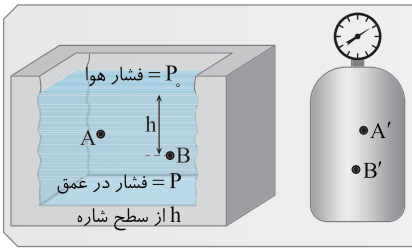
به‌طور مثال در شکل روبه‌رو عمق نقطهٔ A، h_A و عمق نقطهٔ B، h_B است.



عکس‌ومک‌ث کتاب

برای هر دو شارهٔ ساکن فشار از رابطهٔ ρgh به‌دست می‌آید اما چون چگالی گازها خیلی کم است، اختلاف فشار بین دو نقطه در محفظهٔ گاز ناچیز است:

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



• تیپ ۲ - ۲: فشار حاصل از مایع

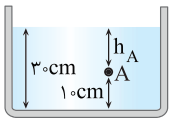
مسئله ۲

در یک ظرف تا ارتفاع $۳۰\,cm$ مایعی به چگالی $۴\,g/cm^۳$ ریخته شده است. در نقطهٔ A واقع در ارتفاع $۱۰\,cm$ از کف ظرف فشار را بیابید. $(g=۱۰\,m/s^۲)$

راه‌حل تمام یکاها را باید به یکای SI تبدیل کنیم تا فشار برحسب پاسکال به‌دست آید.

برای تبدیل $g/cm^۳$ به $kg/m^۳$ کافی است آن را در عدد ۱۰۰۰ ضرب کرد.

$$\rho=۴\,g/cm^۳\times۱۰۰۰\Rightarrow\rho=۴۰۰۰\,kg/m^۳$$



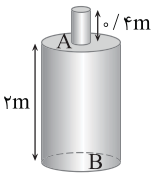
عمق نقطهٔ A از سطح آزاد مایع برابر است با:

$$h_A=۳۰-۱۰=۲۰\,cm\Rightarrow h=\frac{۲۰}{۱۰۰}=۰/۲\,m$$

فشار مایع در نقطهٔ A را حساب می‌کنیم:

$$P=\rho gh\Rightarrow P=۴۰۰۰\times۱۰\times۰/۲\Rightarrow P=۸۰۰۰\,Pa$$

مسئله ۳



لولهٔ 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) به‌دست آورید. (فشار جو را در نظر نگیرید و $\rho_{آب}=۱\,g/cm^۳$)

راه‌حل **نکته** فشار مایع به چگالی و عمق مایع بستگی دارد و شکل ظرف و مساحت کف آن در فشار مایع بی‌تأثیر است.

چگالی آب را برحسب $kg/m^۳$ می‌نویسیم:

$$\rho=۱\,g/cm^۳\times۱۰۰۰=۱۰۰۰\,kg/m^۳$$

با توجه به رابطهٔ فشار برای مایع، فشار در نقطهٔ A و B را به‌دست می‌آوریم:

$$P_A=\rho gh_A=۱\times۱۰^۳\times۱۰\times\frac{۴}{۱۰}=۴\times۱۰^۳\,Pa\quad,\quad P_B=\rho gh_B=۱\times۱۰^۳\times۱۰\times۲/۴=۲۴\times۱۰^۳\,Pa$$

مجموع فشار هوا و فشار مایع

$$P=P_۰+\rho gh$$

خط‌به‌خط کتاب

$P_۰$: فشار هوای محیط است. فشار هوا در سطح دریای آزاد حدود $۱/۰۱۳۵\times۱۰^۵$ پاسکال (Pa) است که به آن ۱ اتمسفر (atm) گویند. $P_۰=۱atm\approx۱۰^۵\,Pa$

این رابطه نشان می‌دهد فشار در عمق h از سطح شاره، به اندازهٔ ρgh از فشار $P_۰$ در سطح شاره بیشتر است.

• تیپ ۲ - ۳: فشار کل مایع

مسئله ۴

چگالی آب دریاچه‌ای $۱۲۰۰\ kg/m^۳$ است. در چه عمقی از سطح آب دریاچه، فشار کل برابر ۷ اتمسفر است؟ $(g=۱۰\ m/s^۲, P_۰=۱\ atm=۱۰^۵\ Pa)$

راه‌حل با توجه به فرض مسئله:

$$P=۷atm\Rightarrow P=۷\times۱۰^۵\ Pa$$

فشار کل را نوشته و عمق مورد نظر را حساب می‌کنیم:

$$P=P_۰+\rho gh\Rightarrow ۷\times۱۰^۵=۱۰^۵+۱۲۰۰\times۱۰\times h\Rightarrow ۶\times۱۰^۵=۱۲\times۱۰^۳\times h\Rightarrow h=۵۰m$$

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

مسئله ۵

در عمق ۲ متری آب دریاچه‌ای در بدنهٔ یک قایق تفریحی، یک سوراخ به مساحت $۳cm^۲$ ایجاد شده است. برای جلوگیری از نفوذ آب به درون قایق چه نیرویی بر سطح سوراخ باید اعمال گردد؟ $(g=۱۰\ m/s^۲,\ \rho_{آب}=۱\ g/cm^۳)$

راه‌حل 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 برحسب یکای SI باید بنویسیم تا نیرو برحسب نیوتون به‌دست بیاید.

$$\rho=۱\ g/cm^۳\times۱۰۰۰\Rightarrow\rho=۱۰۰۰\ kg/m^۳$$

$$A=۳cm^۲\times\frac{۱m^۲}{۱۰^۴cm^۲}\Rightarrow A=۳\times۱۰^{-۴}\ m^۲$$

تبدیل به $m^۲$ به $cm^۲$

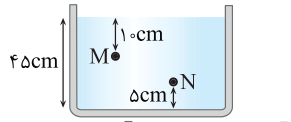
اکنون نیرو را به‌دست می‌آوریم:

$$F=\rho ghA\Rightarrow F=۱۰۰۰\times۱۰\times۲\times۳\times۱۰^{-۴}\Rightarrow F=۶N$$

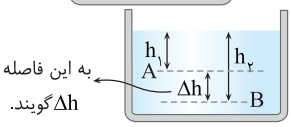
• تیپ ۲ - ۵: اختلاف فشار در دو نقطه از یک مایع ساکن

مسئله ۶

مایعی به چگالی $۰/۸\ kg/L$ درون ظرف شکل روبه‌رو ریخته شده است. اختلاف فشار بین نقاط M و N را بیابید. $(g=۱۰N/kg)$

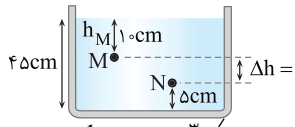


راه‌حل نکته اختلاف فشار دو نقطه از مایع به اختلاف فاصلهٔ قائم آن‌ها از هم بستگی دارد.



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

ابتدا اختلاف عمق نقاط M و N را از روی شکل برحسب متر به‌دست می‌آوریم.



$$\Delta h=۴۵-۱۰-۵\Rightarrow\Delta h_{MN}=۳۰cm=۰/۳m$$

یکای چگالی را به یکای SI تبدیل می‌کنیم.

$$\rho=۰/۸\frac{kg}{L}\times\frac{۱۰^۳L}{۱m^۳}\Rightarrow\rho=۸۰۰\ kg/m^۳$$

تبدیل لیتر به $m^۳$

اختلاف فشار را حساب می‌کنیم:

$$\Delta P=\rho g\Delta h\Rightarrow\Delta P_{MN}=۸۰۰\times۱۰\times۰/۳m\Rightarrow\Delta P_{MN}=۲۴۰۰\ Pa$$

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

مسئله ۷

مقدار $۳kg$ روغن در یک قابلمه قرار دارد و مساحت کف قابلمه $۱۲۰۰\ cm^۲$ است، فشار وارد بر کف قابلمه چند پاسکال است؟ $(g=۱۰\ N/kg)$

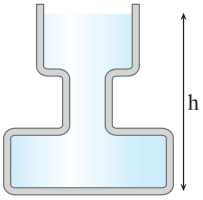
راه‌حل نکته در حل بعضی از مسائل فشار مایع، که مایع در ظرف استوانه‌ای یا مکعبی شکل قرار دارد یعنی در ظرفی که سطح مقطع آن در هر ارتفاعی یکسان است، می‌توان از وزن مایع استفاده کرد.

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

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 به‌دست آورد:

$$P=\frac{mg}{A}=\frac{۳\times۱۰}{۱۲۰۰\times\underbrace{۱۰^۴}_{\text{تبدیل به }m^۲}}\Rightarrow P=\frac{۳۰\times۱۰^{+۴}}{۱۲۰۰}\Rightarrow P=\frac{۳۰۰۰}{۱۲}\Rightarrow P=۲۵۰\ Pa$$

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 $0/04m^2$، $0/02m^2$ و $0/08m^2$ است. اگر ۲ لیتر آب به آب ظرف اضافه کنیم، فشار در کف ظرف چند پاسکال افزایش می‌یابد؟
$(g=10N/kg \ , \ \rho_{آب}=1000kg/m^3)$

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

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

ابتدا وزن ۲ لیتر آب را حساب می‌کنیم.

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow 1000=\frac{m}{2\times\underbrace{10^{-3}}_{\text{تبدیل به } m^3}}\Rightarrow m=2kg \qquad W=mg\Rightarrow W=2\times10\Rightarrow W=20N$$

این آب در دهانهٔ ظرف با مساحت $0/04m^2$ ریخته شده است و فشاری برابر مقدار زیر ایجاد می‌کند:

$$P=\frac{W}{A}\Rightarrow P=\frac{20}{0/04}\Rightarrow P=500Pa$$

طبق اصل پاسکال این فشار به تمام نقاط مایع از جمله کف ظرف وارد شده و فشار وارد بر کف ظرف $500Pa$ افزایش می‌یابد.

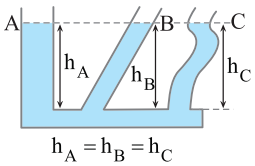
برای حل این مسئله نیز می‌توان از روش دیگری استفاده کرد. در این روش، افزایش ارتفاع آب پس از افزودن $2L$ آب را حساب می‌کنیم.

$$\Delta V=A\Delta h\Rightarrow 2\times10^{-3}=0/04\Delta h\Rightarrow \Delta h=0/05m$$

افزایش فشار خواهد شد:

$$\Delta P=\rho g\Delta h\Rightarrow \Delta P=1000\times10\times0/05=500Pa$$

• تیپ ۲ - ۷: ظروف مرتبط

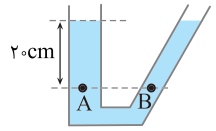


$h_A=h_B=h_C$

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.

مسئله ۹



در شکل روبه‌رو مایعی به چگالی $2000g/L$ در دو ظرف مرتبط با هم ریخته شده است. فشار در نقطهٔ A چقدر است؟ در نقطهٔ B چطور؟ $(P_0=10^5Pa \ , \ g=10N/kg)$

راه‌حل فشار در نقطهٔ A مجموع فشار هوا و فشار مایع به ارتفاع $20cm$ است. یکای چگالی را به SI تبدیل می‌کنیم:

$$\rho=2000\frac{g}{L}\times\frac{1kg}{10^3g}\times\frac{10^3L}{1m^3}\Rightarrow\rho=2000kg/m^3 \qquad P=\rho gh_A\Rightarrow P_A=2000\times10\times0/2\Rightarrow P_A=4000Pa$$

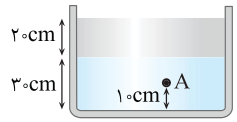
نکته در ظروف مرتبط محتوی یک مایع ساکن فشار در تمام نقاط هم‌عمق با هم برابر است.

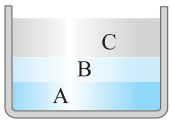
عمق نقطهٔ B و عمق نقطهٔ A یکسان است، بنابراین فشار در نقطهٔ B خواهد شد:

$$P_B=P_A=4000Pa$$

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

مسئله ۱۰





در شکل روبه‌رو دو مایع با چگالی‌های $800kg/m^3$ و $900kg/m^3$ درون ظرف استوانه‌ای شکلی ریخته شده‌اند،
الف) فشار در کف ظرف چقدر است؟ ب) فشار حاصل از دو مایع در نقطهٔ A را بیابید. $(P_0=10^5Pa \ , \ g=10N/kg)$

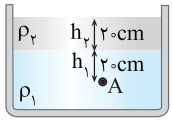
راه‌حل نکته هرگاه چند مایع مخلوط‌نشدنی درون ظرفی ریخته می‌شود، مایع‌ها به ترتیب چگالی روی هم قرار می‌گیرند و مایع دارای بیشترین چگالی ته‌نشین می‌شود و مایع دارای کمترین چگالی روی سطح قرار می‌گیرد. $\rho_A>\rho_B>\rho_C$

فشار حاصل از چند مایع درون ظرف مجموع فشار تک تک مایع‌ها است. $P_{ته}=P_A+P_B+P_C$

الف) مایعی که ته‌نشین شده دارای چگالی $900kg/m^3$ است. فشار در کف ظرف را حساب می‌کنیم:

$$P_{کل}=P_0+P_1+P_2\Rightarrow P=P_0+\rho_1gh_1+\rho_2gh_2$$

$$\Rightarrow P_{کل}=10^5+900\times10\times0/3+800\times10\times0/2\Rightarrow P=10^5+2700+1600\Rightarrow P=104300Pa$$



ب) فشار ناشی از دو مایع در نقطهٔ A:

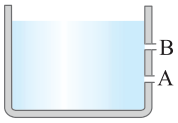
$$P_A=\rho_1gh_1+\rho_2gh_2\Rightarrow P_A=900\times10\times0/2+800\times10\times0/2\Rightarrow P_A=1800+1600=3400Pa$$

تمرین‌های بخش دوم

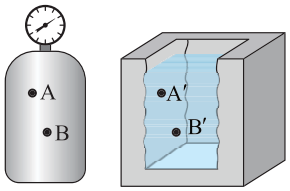
در این بخش نمونه سؤالاتی که احتمال طرح در امتحان نهایی دارن، برات آماده کردیم تا خوب تمرین کنی. شمارهٔ تیپ هر سؤال کنارش اومده که اگه نتونستی حل کنی، بتونی از درس‌نامه اون تیپ رو مطالعه کنی.

۷۶ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

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



ب) در شکل روبه‌رو نقاط A و B در مخزن گاز و A' و B' نقاطی در یک مایع‌اند. فشار نقاط A و B را با یکدیگر و سپس فشار نقاط A' و B' را نیز با هم مقایسه کنید. شکل ۲ ـ ۱۵، صفحهٔ 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 به‌دست آورید. (تیپ ۲-۲ و ۲-۳) مثال ۲ ـ ۲، صفحهٔ ۳۵ کتاب درسی

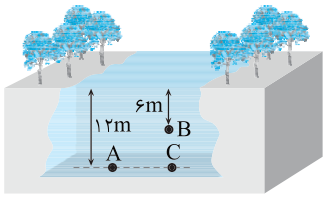
$(g=10\,N/kg\ ,\ 1atm=10^5Pa)$

ب) اگر فشار هوا 10^5 پاسکال باشد، فشار در عمق ۲ متری آب یک استخر چند پاسکال است؟ $(\rho_{آب}=1\,g/cm^3)$

۷۸ الف) در شکل روبه‌رو فشار در نقاط A و B را حساب کنید. $(\rho_{آب}=1\,g/cm^3\ ,\ g=10\,N/kg\ ,\ P_0=10^5Pa)$ مثال ۲ ـ ۲، صفحهٔ ۳۵ کتاب درسی

ب) همچنین فشار حاصل از آب را در نقاط A و B به‌دست آورید. (تیپ ۲-۲ و ۲-۳)

پ) فشار در نقاط A و C را با هم مقایسه کنید.

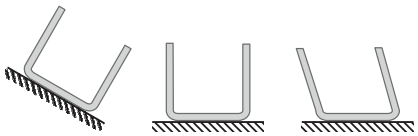


۷۹ در عمق ۵cm مایعی فشار ۱۰۰kPa و در عمق ۲۰ cm آن فشار ۱۰۶kPa است: (تیپ ۲-۲ و ۲-۳) تمرین ۲ ـ ۲، صفحهٔ ۳۶ کتاب درسی

الف) چگالی مایع را به‌دست آورید.

ب) فشار هوای محیط را حساب کنید.

۸۰ در سه ظرف نشان داده شده آب ریخته شده است. در کدام‌یک از ظرف‌ها نیروی وارد از طرف آب بر دیوارهٔ ظرف عمود است؟ (تیپ ۲-۱)



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 ۴۰ cm باشد، نیروی وارد بر سطح خارجی این پنجره‌ها چند نیوتون است؟ $(\pi\approx3)$ (تیپ ۲-۱ و ۲-۴) تمرین ۲ ـ ۱، صفحهٔ ۳۶ کتاب درسی

ب) شناگری در عمق ۵ متری از سطح آب دریاچه‌ای شنا می‌کند. اگر مساحت پردهٔ گوش را یک سانتی‌متر مربع فرض کنیم، بزرگی نیرویی که به پردهٔ گوش این شناگر وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ (فشار هوا را 10^5 پاسکال بگیرید و $\rho_{آب}=1\,g/cm^3$) تمرین ۲ ـ ۱، صفحهٔ ۳۶ کتاب درسی

پ) یک زیردریایی در عمق ۲۰۰ متری زیر آب غوطه‌ور است. بالای این زیردریایی دریچه‌ای مربعی به ابعاد ۰/۸ متر نصب شده است. برای بازکردن این دریچه حداقل چند نیوتون نیرو لازم است؟ $(\rho_{آب}=1\,g/cm^3)$ مثال ۲ ـ ۱، صفحهٔ ۳۳ کتاب درسی

۸۲ در یک لولهٔ استوانه‌ای قائم تا ارتفاع ۱۰ cm مایعی به چگالی $7/2\,g/cm^3$ می‌ریزیم. قطر داخلی لوله ۴cm است. الف) فشار وارد بر کف استوانه را حساب کنید. $(g=10N/kg\ ,\ P_0=10^5Pa\ ,\ \pi\approx3)$ (تیپ ۲-۶)

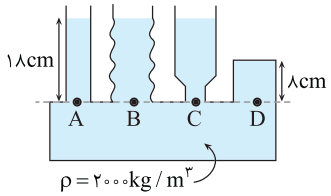
ب) فشار حاصل از مایع در کف استوانه را حساب کنید.

پ) نیروی وارد از طرف مایع بر کف لوله را به‌دست آورید.

ت) نیروی وارد بر کف لوله را به‌دست آورید.

۸۳ در شکل زیر، مایع درون لوله‌های 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)

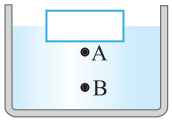
پرسش ۲ ـ ٤، صفحهٔ ۳٤



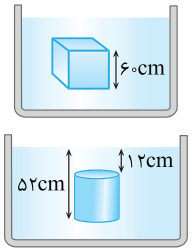
ب) فشار حاصل از مایع در نقطهٔ D چقدر است؟ $(g=10N/kg)$

پ) اگر مساحت مقطع شاخهٔ سمت راست برابر $10\,cm^2$ 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 نقطهٔ A به اندازهٔ ΔP_A و در نقطهٔ B به اندازهٔ ΔP_B افزایش می‌یابد. ΔP_A و ΔP_B را با هم مقایسه کنید.



۸۴ الف) در شکل زیر جسم درون مایعی غوطه‌ور است. اگر فشار در بالا و زیر جسم به‌ترتیب ۱۰۰ و ۱۱۵ کیلوپاسکال باشد، چگالی شاره را به‌دست آورید. (تیپ ۲ - ۵)



ب) استوانه‌ای توپر که شعاع قاعدهٔ آن ۲cm است، مطابق شکل درون آب به چگالی $1g/cm^3$ غوطه‌ور است. اختلاف نیرویی که از طرف آب به قاعده‌های پایین و بالای استوانه وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ $(\pi\approx 3)$

تمرین ۲ ـ ۲، صفحهٔ ۳۶ کتاب درسی

۸۵ در سؤالات زیر نسبت‌های خواسته شده را به‌دست آورید. (تیپ ۲ - ۲ و ۲ - ۴)

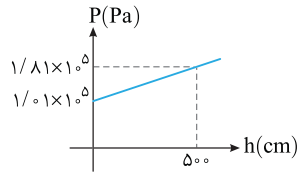
الف) دو ظرف مشابه A و B در اختیار داریم. در هر دو ظرف تا ارتفاع یکسان مایع می‌ریزیم. مایع ریخته شده در ظرف A دارای چگالی $0/8\,g/cm^3$ و مایع ریخته شده در ظرف B دارای چگالی $1/8g/cm^3$ است. نسبت فشار مایع در کف ظرف A به فشار مایع در کف ظرف B را بیابید.

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

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

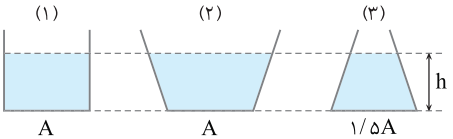
۸۶ شکل زیر، نمودار فشار برحسب عمق مایع (h) را نشان می‌دهد.



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

ب) فشار حاصل از مایع در عمق $1m$ را بیابید.

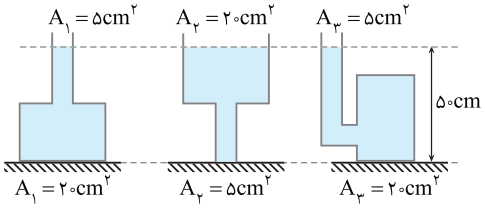
۸۷ در ظرف‌های شکل روبه‌رو مقداری آب ریخته شده است. (تیپ ۲ - ۴)



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 شکل‌های زیر در ظرف‌ها مایعی به چگالی $3/6\,g/cm^3$ ریخته شده است.

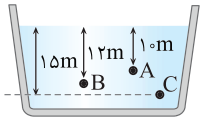


نیرویی که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند چند نیوتون است؟ $(g=10N/kg)$ (تیپ ۲ - ۴)

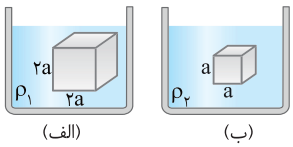
مسائل تکمیلی

در این قسمت، برای محکم کاری سؤالاتی که کمی سطح بالاتری از آزمون نهایی دارند، آوردیم؛ اگه فکر می‌کنی که سؤالات بخش‌های قبلی رو کامل بلدی و دنبال سؤال سخت‌تر هستی، حتماً این قسمت رو حل کن.

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

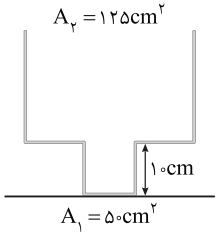


۲ مطابق شکل روبه‌رو دو جسم مکعبی شکل که طول اضلاع آن‌ها a و $2a$ است، در دو ظرف حاوی مایع به چگالی‌های ρ_1 و ρ_2 غوطه‌ور و در حال تعادل هستند. اگر اختلاف فشار بین سطح پایین و سطح بالایی مکعب‌ها در دو مایع با هم برابر باشد، ρ_2/ρ_1 را به‌دست آورید.



۳ در یک لولهٔ آزمایش تا ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر به جرم‌های مساوی جیوه و آب ریخته‌ایم. فشار وارد بر کف ظرف از طرف دو مایع چند کیلوپاسکال است؟ $(\rho_{H_2O}=1g/cm^3, \rho_{Hg}=13g/cm^3)$

۴ درشکل‌روبه‌رواگر $2/5L$ آب به‌درون‌ظرف‌بریزیم $(A_2=125cm^2, A_1=50cm^2, \rho_{آب}=1g/cm^3)$

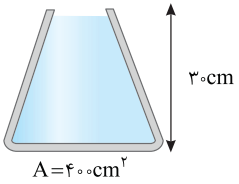


الف) فشار وارد بر کف از طرف آب چند پاسکال است؟

ب) نیروی وارد بر کف ظرف چند نیوتون است؟

۵ در شکل روبه‌رو ظرفی محتوی آب نشان داده شده است:

$(\rho=1g/cm^3, g=10N/kg)$



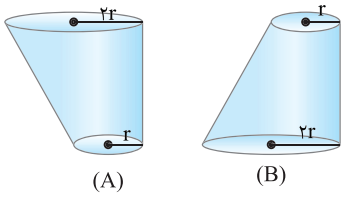
الف) فشار وارد بر کف ظرف توسط مایع را بیابید.

ب) اگر فشار هوای محیط $1\,bar$ 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.



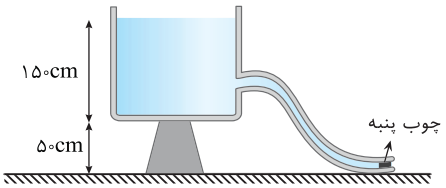
الف) فشار وارد بر کف ظرف‌ها از طرف آب را با هم مقایسه کنید.

ب) نیروهای وارد بر کف ظرف از طرف آب را با هم مقایسه کنید.

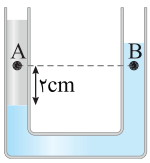
پ) نیروی وارد بر سطح افقی که ظرف‌ها روی آن قرار دارند از طرف دو ظرف را با هم مقایسه کنید.

۷ در شکل روبه‌رو، آب یک مخزن توسط شیلنگی به سطح مقطع $5cm^2$ بیرون می‌ریزد. اگر ته شیلنگ توسط چوب‌پنبه بسته شود و جریان آب قطع گردد، نیروی اصطکاک بین چوب‌پنبه و شیلنگ چند نیوتون است؟

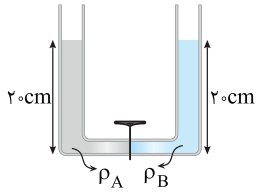
$(\rho_{آب}=1g/cm^3 \text{ ، } g=10N/kg \text{ و } P_0=10^5Pa)$



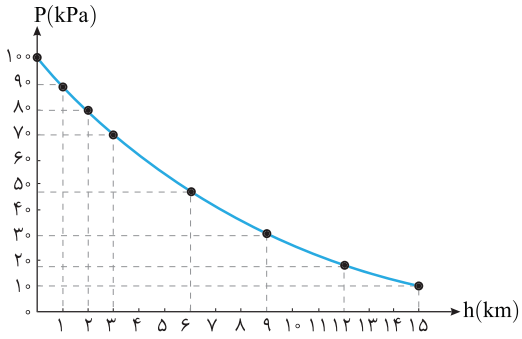
۸ در شکل روبه‌رو دو مایع با چگالی‌های $1/2\,g/cm^3$ و $0/9\,g/cm^3$ در یک لولهٔ U شکل قرار دارند. اختلاف فشار بین دو نقطهٔ A و B چند پاسکال است؟



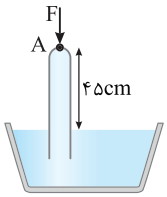
۹ در شکل روبه‌رو، قطر قاعدهٔ دو استوانه با هم برابر و قطر لولهٔ رابط ناچیز است. اگر شیر ارتباط را باز کنیم، سطح مایع A چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ $(\rho_A = 2\rho_B)$



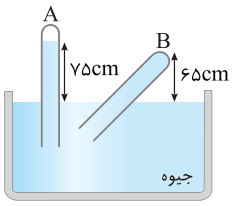
۱۰ شکل روبه‌رو چگالی هوا در ارتفاع‌های مختلف را نشان می دهد. اگر اختلاف فشار هوا از سطح زمین تا 5km سطح زمین را ΔP_1 و از 5km سطح زمین تا 10km سطح زمین را ΔP_2 بگیریم، ΔP_1 و ΔP_2 را با هم مقایسه کنید.



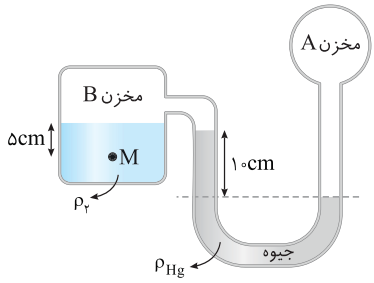
۱۱ در شکل روبه‌رو لوله به وسیلهٔ نیروی $F = 27N$ در نقطهٔ A در حالت تعادل باقی مانده است. فشار هوای محیط چند سانتی‌متر جیوه است؟
(مساحت سطح لوله $5cm^2$ و $\rho_{\text{مایع}} = 9g/cm^3$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13/5g/cm^3$ است.)



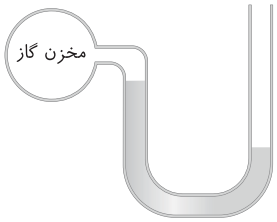
۱۲ در شکل روبه‌رو بالای لولهٔ A تقریباً خلأ است.
الف) فشار در انتهای لولهٔ B چند سانتی‌متر جیوه و چند پاسکال است؟ $(\rho_{\text{جیوه}} = 13/6g/cm^3)$
ب) اگر سطح مقطع لوله‌ها $5cm^2$ باشد، نیروی وارد بر انتهای لولهٔ B چند نیوتون است؟



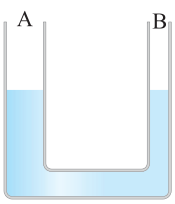
۱۳ در شکل مقابل اگر فشار مخزن A ، 84cmHg باشد، فشار در نقطهٔ M چند سانتی‌متر جیوه است؟
$(\rho_2 = 6/8g/cm^3, \rho_{Hg} = 13/6g/cm^3)$



۱۴ در شکل روبه‌رو، چگالی مایع درون لوله $\rho = 12g/cm^3$ و فشار گاز درون مخزن $10^4 Pa$ است، اگر مخزن سوراخ شود. مایع در شاخهٔ سمت چپ چند سانتی‌متر پایین می‌رود؟
$(P_0 = 10^5 Pa)$

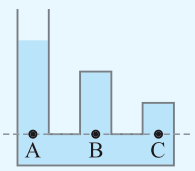
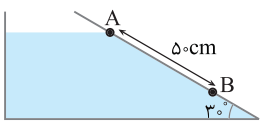


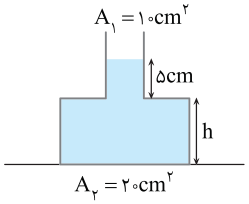
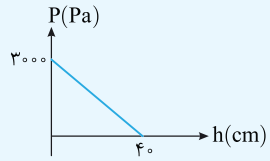
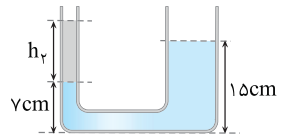
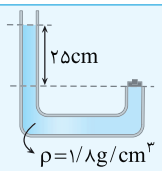
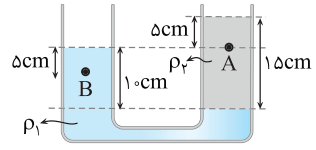
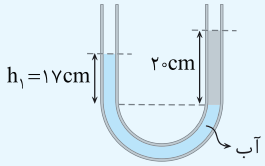
۱۵ در شکل روبه‌رو، قطر شاخهٔ B نصف قطر شاخهٔ A است و درون لولهٔ U شکل، جیوه قرار دارد. شاخهٔ A را به یک مخزن گاز وصل می‌کنیم. در شاخهٔ A جیوه 2cm پایین می رود. فشار پیمانه‌ای مخزن گاز چند سانتی‌متر جیوه است؟



مسائل امتحانی بارم‌بندی شده

این قسمت جنبهٔ جمع‌بندی داره و از هر قسمت چندتا سؤال خوب آوردیم، مثل آزمون‌ها، نمرهٔ هر قسمت از حل سؤال در پاسخ مشخص شده تا بتونی 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 کلمهٔ مناسب را انتخاب کنید. الف) سطح جیوه درون لولهٔ مویین (فرورفته - افقی - برآمده) است: ب) آب در لولهٔ مویین روغنی شده (بالاتر - پایین‌تر) از سطح آزاد مایع درون ظرف قرار می‌گیرد. پ) مولکول‌های (جامد، مایع، گاز) به سهولت روی یکدیگر می‌لغزند و جاری می‌شوند. ت) قطرهٔ آب که از شیر جدا می‌شود به علت (نیروی دگرچسبی - کشش سطحی) در حین سقوط به صورت قطره باقی می‌ماند. ث) فاصلهٔ مولکول‌ها در گازها در حدود (چند ده - $۱۰^{-۱۰}$) برابر فاصلهٔ 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) مادهٔ درون ستارگان از ..... تشکیل شده است. این ماده اغلب در ..... به‌وجود می‌آید. ب) در جامدها، ذرات تشکیل‌دهنده در مکان‌های معینی ..... یکدیگر قرار دارند و در اطراف این مکان‌ها، ..... بسیار 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 چناچه ..... سرد شود جامد ..... به‌وجود 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 روزهایی که باد با سرعت می‌وزد، این چادرهای برزنتی پف می‌کنند، علت را توضیح دهید.	 ۰/۵ ۰/۵ ۰/۵
	فشار شاره	
۵	در ظرفی مطابق شکل، آب ریخته شده است. فشار در نقاط A، B و C را به‌ترتیب 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 $۴g/cm^۳$ است. اختلاف فشار بین دو نقطهٔ A و B چند کیلوپاسکال است؟ 	۱/۵

۷	فشار وارد بر کف دریاچه‌ای $۲۴۰kPa$ و فشار هوا در این محل $۹۰kPa$ است. عمق دریاچه چند متر است؟ $(\rho=۱۲۰۰kg/m^۳, g=۱۰N/kg)$	۰/۷۵
۸	در شکل روبه‌رو ظرفی محتوی جیوه نشان داده شده است. نیروی وارد از طرف جیوه بر کف ظرف $۱۳۵N$ است. ارتفاع h چقدر است؟ $(g=۱۰N/kg, \rho_{جیوه}=۱۳/۵g/cm^۳)$ 	۱/۲۵
۹	دو مایع A و B با حجم‌های یکسان $۵۰۰cm^۳$ که چگالی آن‌ها $\rho_A=۱/۲g/cm^۳$ و $\rho_B=۰/۶g/cm^۳$ است. در یک ظرف با سطح مقطع $۱۰cm^۲$ 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 به‌دست 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 $۲۴۰۰Pa$ می‌شود؟ $(g=۱۰N/kg)$ 	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 قاعدهٔ $۴m^۲$ بریزیم. فشار وارد بر کف استوانه چند برابر فشار آب وارد بر کف مکعب می‌شود؟	۱
	لولهٔ U شکل	
۱۳	دو مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های $\rho_۱=۱/۲g/cm^۳$ و $\rho_۲=۰/۸g/cm^۳$ در حال تعادل هستند.  الف) کدام مایع در قسمت زیرین ظرف قرار دارد. ب) $h_۲$ را حساب کنید.	۰/۵ ۱
۱۴	در شکل روبه‌رو مایع در لولهٔ U شکل در حال تعادل است و پیستون با بدنه لوله اصطکاک ندارد. جرم پیستون را به‌دست آورید. $(g=۱۰N/kg, ۱۰cm^۲$ مساحت مقطع لوله‌ها$)$ 	۱/۵
۱۵	در شکل روبه‌رو دو مایع در حال تعادل‌اند. اگر چگالی مایع $\rho_۱$ برابر $۳g/cm^۳$ باشد: الف) چگالی مایع $\rho_۲$ را حساب کنید. ب) اختلاف فشار بین دو نقطهٔ A و B را به‌دست آورید. 	۰/۷۵ ۱/۲۵
۱۶	در شکل روبه‌رو، آب و روغن در یک لولهٔ U شکل به حالت تعادل‌اند. چگالی روغن چند برابر چگالی آب است؟ 	۱

پاسخ تشریحی

فصل دوم

۶۲ الف) نادرست. وقتی مایع را متراکم می‌کنیم، نیروی بین مولکولی به‌صورت نیروی رانشی ظاهر شده و مانع تراکم مایع می‌شود. / ب) نادرست. نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب مانع فرورفتن سوزن در آب می‌شود. / پ) نادرست / ت) درست / ث) درست / ج) درست

۶۳ الف) جامد بلورین - جامد بی‌شکل (یا آمورف) / ب) پلاسما / پ) سه بعدی - جامد بلورین / ت) پلاسما / ث) تقریباً - یک آنگستروم / ج) خیلی بیشتر / چ) پخش /ح) هم‌چسبی - دگرچسبی

۶۴ شکل الف) ساختار سه بعدی منظم و تکرارشونده‌ای دارد، از این‌رو ساختار منظمی از یک جامد بلورین را نشان می‌دهد. مانند فلزها، نمک‌ها، الماس، یخ و بیشتر مواد معدنی / شکل ب) ساختار منظم و تکرارشونده‌ای ندارد، بنابراین این شکل یک جامد بی‌شکل (آمورف) را نشان می‌دهد مانند شیشه.

۶۵ الف) علت آن این است که تندی حرکت کاتوره‌ای مولکول‌های گاز از تندی حرکت کاتوره‌ای مولکول‌های مایع بیشتر است. / ب) حالت چهارم ماده را پلاسما گویند که معمولاً در دماهای خیلی بالا به وجود می‌آید. مادهٔ درون ستارگان، بیشتر فضای بین ستاره‌ای، آذرخش، آتش و درون لولهٔ تابان لامپ‌های مهتابی از پلاسما تشکیل شده است. / پ) علت آن برخوردهای متوالی مولکول‌های عطر با مولکول‌های هوا است که باعث می‌شود مولکول‌های عطر در مسیر مستقیم حرکت نکرده و سبب پراکندگی مولکول‌های عطر به تمام نقاط اطراف می‌شود و در نتیجه سبب می‌گردد تا تندی حرکت مولکول‌های عطر کاهش یابد.

۶۶ الف) نیروی جاذبه بین مولکول‌های همسان مانند مولکول‌های آب را نیروی هم‌چسبی و نیروی جاذبه بین مولکول‌های ناهمسان را نیروی دگرچسبی گویند. / ب) نیرویی که مولکول‌های شیشه را کنار هم نگه می‌دارد، نیروی جاذبه بین مولکولی است که وقتی شیشه می‌شکند و مولکول‌ها از هم دور می‌شوند، چنانچه قطعه‌های شیشه را به هم نزدیک کنیم به هم نمی‌چسبند زیرا نیروی بین مولکولی کوتاه بُرد است. برای چسباندن قطعات شیشه باید آن را گرم کرد تا نرم شود و مولکول‌های دو قطعه شیشه به هم نزدیک شود و نیروی بین مولکولی که کوتاه بُرد است بتواند دو قطعه را به هم بچسباند. / پ) نشستن حشره روی سطح آب، تشکیل حباب‌های آب و صابون

۶۷ هر سه شکل بیانگر کشش سطحی است. وقتی قلم‌مو از آب بیرون کشیده شود، کشش سطحی مولکول‌های آب سبب نزدیک شدن موهای آن به هم می‌شود. دقیقاً شبیه شکل (ب) که قطره‌های آب که از سطح رو به بالا پرتاب شده‌اند، شکل کروی دارند. در شکل (پ) هم حباب‌های آب و صابون به علت کشش سطحی به وجود آمده است.

۶۸ الف) بین ریزگردها نیروی ربایش محسوسی وجود ندارد به همین علت با وزش باد از هم جدا شده و در فضا پخش می‌شوند، اما نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب به اندازه‌ای است که با توفان‌های شدید دریایی تنها مقدار کمی آب به صورت قطره‌های ریز به طرف بالا می‌پاشد. / ب) مایع ظرفشویی سبب می‌گردد نیروی کشش سطحی بین مولکول‌های آب ضعیف گردد و سوزن در آب فرو رود. / پ) با افزایش دمای روغن نیروی هم‌چسبی کاهش می‌یابد بنابراین قطرات کوچک می‌شوند بنابراین در شکلی که قطرات روغن بزرگ‌تر هستند، نیروی هم‌چسبی قوی‌تر 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 می‌شود اما نیروی دگرچسبی بین کارت و آب مانع از جدا شدن طرف دیگر کارت از سطح آب می‌شود. / ب) علت آن، نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و ماسه است که باعث ایجاد یک پوستهٔ کشسان در سطح ماسهٔ خیس شده و پا کمتر در سطح ماسهٔ خیس فرو می‌رود. / پ) کشش سطحی کاهش می‌یابد و همین امر سبب می‌گردد که بتوان حباب‌های بزرگ و زیبایی ایجاد کرد.

۷۰ الف) کاهش / ب) هم‌چسبی - دگرچسبی - بیشتر / پ) برآمده - فرورفته

۷۱ الف) نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و دوده بیشتر است، از این‌رو آب به صورت قطره قطره بر سطح این شیشه قرار می‌گیرد. / ب) نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب بیشتر بوده و در محل تماس آب و جدارهٔ لولهٔ مویین سبب بالا کشیده شدن آب در این محل‌ها شده و قسمت میانی آب پایین‌تر قرار می‌گیرد و سطح آب دارای فرو رفتگی می‌شود. در مورد جیوه برعکس است و نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه سبب می‌گردد سطح جیوهٔ درون لوله برآمده باشد.

سطح جیوه در لولهٔ مویین — سطح آب در لولهٔ مویین

پ) علت مرطوب بودن دیواره کنار باغچه، خاصیت مویینگی است که سبب می‌گردد آب درون دیواره باغچه بالا رود. / ت) عامل بالا رفتن نفت از فتیلهٔ چراغ نفتی خاصیت مویینگی است. نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های نفت و فتیله از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های نفت بیشتر است.

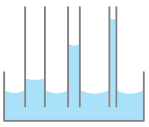
۷۲ الف) هنگامی که نیروی هم‌چسبی مایع بیشتر باشد، مولکول‌های مایع بیشتر یکدیگر را جذب کرده و به صورت قطره‌هایی روی سطح جامد باقی می‌مانند. مانند شکل مقابل که قطرات آب روی شیشه چرب شده قرار دارند. / ب) هنگامی که نیروی دگرچسبی بیشتر است مولکول‌های مایع و سطح بیشتر یکدیگر را جذب کرده و پدیدهٔ ترشوندگی رخ می‌دهد و مایع به صورت یک لایهٔ نازک روی سطح قرار می‌گیرد. مانند آب روی شیشه.

قطره آب

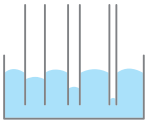
ظرف شیشه‌ای چرب‌شده

۷۳ الف) به دلیل کمتر بودن چگالی نفت از آب، نفت روی سطح آب قرار می‌گیرد. / ب) نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب بیشتر بوده که سبب می‌گردد آب به صورت یک لایه بر سطح شیشه پخش شود. / پ) علت پخش شدن جوهر در آب حرکت کاتوره‌ای مولکول‌های آب است.

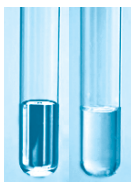
۷۴ الف) هرچه لوله مویین‌تر باشد، آب درون آن بیشتر بالا می‌رود.



ب) هرچه لوله مویین‌تر باشد، فاصلهٔ جیوه درون لوله از سطح جیوه درون ظرف بیشتر است.



۷۵ در شکل (الف) سطح در کناره‌ها که مایع با شیشه در تماس است بالاتر قرار گرفته، پس نیروی بین مایع و شیشه (دگرچسبی) از نیرویی که مولکول‌های مایع به هم وارد می‌کنند (هم‌چسبی) بیشتر است. / در شکل (ب) سطح مایع در وسط لوله بالاتر قرار گرفته است. پس نیروی بین مایع و شیشه (دگرچسبی) در کناره‌های لوله کمتر از نیروی بین مولکول‌های مایع (هم‌چسبی) در مرکز لوله می‌باشد.



(الف) (ب)

۷۶ الف) عمق مایع در نقطهٔ A از عمق مایع در نقطهٔ B بیشتر است در نتیجه فشار مایع در سوراخ A از فشار مایع در سوراخ B بیشتر بوده که سبب می‌گردد تندی خروجی آب در A بیشتر از B باشد. $v_A > v_B$

ب) در یک مخزن گاز فشار در تمام نقاط گاز یکسان است: $P_A = P_B$

در یک مایع ساکن فشار در نقاط عمیق‌تر بیشتر است: $P_{B'} > P_{A'}$

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

$$P=P_{\circ}+\rho gh\Rightarrow ۱/۷۶\times ۱۰^{۵}=۱\times ۱۰^{۵}+\rho\times ۱۰\times ۸$$

$$\Rightarrow ۱/۷۶\times ۱۰^{۵}-۱\times ۱۰^{۵}=\rho\times ۸۰$$

$$\Rightarrow ۷۶۰۰۰=\rho\times ۸۰\Rightarrow \rho=\frac{۷۶۰۰۰}{۸۰}\Rightarrow \rho=۹۵۰\ kg/m^{۳}$$

ب) یکای چگالی باید برحسب $kg/m^{۳}$ باشد تا فشار برحسب پاسکال به‌دست آید.

$$\rho=۱\ g/cm^{۳}\xrightarrow{\text{تبدیل}}\times ۱۰۰۰=۱۰۰۰\ kg/m^{۳}$$

$$P=P_{\circ}+\rho gh\Rightarrow P=۱۰^{۵}+۱۰۰۰\times ۱۰\times ۲\Rightarrow P=۱۲۰۰۰۰\ Pa$$

۷۸ الف) برای به‌دست آوردن فشار باید عمق نقطهٔ مورد نظر را مشخص کنیم عمق A و B برابر $h_A=۱۲m$ و $h_B=۶m$ است. بنابراین

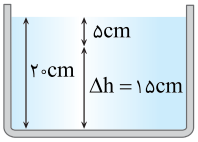
$$P=P_{\circ}+\rho gh\Rightarrow\begin{cases}P_A=۱۰^{۵}+(\underbrace{۱\times ۱۰۰۰}_{\text{تبدیل یکای چگالی به } kg/m^{۳}})\times ۱۰\times ۱۲\Rightarrow P_A=۲۲۰۰۰۰Pa\\ P_B=۱۰^{۵}+۱\times ۱۰۰۰\times ۱۰\times ۶\Rightarrow P_B=۱۶۰۰۰۰Pa\end{cases}$$

ب) فشار ناشی از مایع یعنی ρgh بنابراین:

$$P=\rho gh\Rightarrow\begin{cases}P_A=۱۰۰۰\times ۱۰\times ۱۲=۱۲۰۰۰۰\ Pa\\ P_B=۱۰۰۰\times ۱۰\times ۶=۶۰۰۰۰\ Pa\end{cases}$$

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

۷۹ الف) از عمق ۵cm تا عمق ۲۰cm



تغییر فشار برابر است با:

$$\Delta P=۱۰۶-۱۰۰=۶kPa$$

بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta P=\rho g\Delta h\Rightarrow ۶۰۰۰=\rho\times ۱۰\times ۰/۱۵\Rightarrow \rho=۴۰۰۰\ kg/m^{۳}$$

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

$$P=P_{\circ}+\rho gh\Rightarrow ۱۰۰۰۰۰=P_{\circ}+۴۰۰۰\times ۱۰\times \frac{۵}{۱۰۰}$$

$$\Rightarrow ۱۰۰۰۰۰=P_{\circ}+۲۰۰۰\Rightarrow P_{\circ}=۹۸۰۰۰\ Pa$$

۸۰ یک شارهٔ ساکن بر هر سطحی که با آن در تماس است نیروی عمودی وارد می‌کند. بنابراین در هر سه ظرف نیرویی که آب بر دیوارهٔ ظرف وارد می‌کند، بر دیواره‌ها عمود است.

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

$$A=\pi r^{۲}\Rightarrow A=۳\times(\underbrace{\frac{۴۰}{۲}\times ۱۰^{-۲}}_{\text{تبدیل به متر}})^{۲}\Rightarrow A=۳\times(۰/۲)^{۲}\Rightarrow A=۰/۱۲m^{۲}$$

نیروی وارد بر پنجره خواهد شد:

$$P=\frac{F}{A}\Rightarrow F=PA\Rightarrow F=۷۰\times ۱۰^{۳}\times ۰/۱۲\Rightarrow F=۸۴۰۰\ N$$

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

$$P=P_{\circ}+\rho gh\Rightarrow P=۱۰^{۵}+۱۰۰۰\times ۱۰\times ۵=۱/۵\times ۱۰^{۵}\ Pa$$

نیروی حاصل از فشار برابر است با:

$$F=PA\Rightarrow F=۱/۵\times ۱۰^{۵}\times ۱\times ۱۰^{-۴}=۱۵N$$

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

$$F=PA=\rho ghA\Rightarrow F=۱۰۰۰\times ۱۰\times ۲۰۰\times(۰/۸)^{۲}=۱/۲۸\times ۱۰^{۶}\ N$$

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

۸۲ چگالی مایع را به $kg/m^{۳}$ تبدیل می‌کنیم:

$$\rho=۷/۲\frac{g}{cm^{۳}}\times\frac{۱\ kg}{۱۰^{۳}g}\times\frac{۱۰^{۶}cm^{۳}}{m^{۳}}=۷۲۰۰\ kg/m^{۳}$$

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

$$P=P_{\circ}+\rho gh\Rightarrow P_{\text{کل}}=۱۰^{۵}+۷۲۰۰\times ۱۰\times\frac{۱۰}{۱۰۰}$$

$$\Rightarrow P_{\text{کل}}=۱۰۷۲۰۰\ Pa$$

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

$$P=\rho gh\Rightarrow P=۷۲۰۰\times ۱۰\times\frac{۱۰}{۱۰۰}\Rightarrow P=۷۲۰۰\ Pa$$

پ) مساحت کف لوله را حساب می‌کنیم:

$$A=\pi r^{۲}\Rightarrow A=۳\times(\underbrace{\frac{۴}{۲}\times ۱۰^{-۲}}_{\text{تبدیل به متر}})^{۲}\Rightarrow A=۳\times ۴\times ۱۰^{-۴}$$

$$\Rightarrow A=۱۲\times ۱۰^{-۴}\ m^{۲}$$

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

$$P=\frac{F}{A}\Rightarrow F=PA\Rightarrow F=۷۲۰۰\times ۱۲\times ۱۰^{-۴}\Rightarrow F=۸/۶۴N$$

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

$$F=P_{\text{کل}}A\Rightarrow F=۱۰۷۲۰۰\times ۱۲\times ۱۰^{-۴}\Rightarrow F=۱۲۸/۶۴\ N$$

۸۳ 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 نقطهٔ D، کافی است فشار مایع در نقطهٔ A را حساب کنیم:

$$P_D=P_A=\rho gh_A\Rightarrow P_D=۲۰۰۰\times ۱۰\times\frac{۱۸}{۱۰۰}\Rightarrow P=۳۶۰۰\ Pa$$

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

$$P_D=P_{۸cm}+P_{\text{ته}}\Rightarrow P_D=\rho gh+P_{\text{ته}}$$

$$\Rightarrow ۳۶۰۰=۲۰۰۰\times ۱۰\times\frac{۸}{۱۰۰}+P_{\text{ته}}\Rightarrow P_{\text{ته}}=۲۰۰۰Pa$$

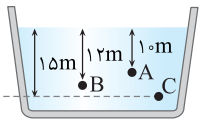
نیرویی که به انتهای لوله وارد می‌شود را حساب می‌کنیم.

$$P=\frac{F}{A}\Rightarrow F=PA\Rightarrow F=۲۰۰۰\times ۱۰\times\underbrace{۱۰^{-۴}}_{\text{تبدیل به مترمربع}}\Rightarrow F=۲N$$

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. $\Delta P_A=\Delta P_B$

مسائل تکمیلی

۱ اختلاف فشار بین دو نقطه از رابطهٔ $\Delta P=\rho g\Delta h$ به‌دست می‌آید که Δh اختلاف ارتفاع بین دو نقطه است.



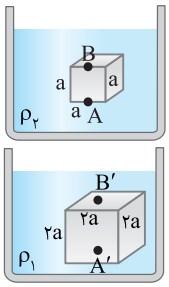
$$\Delta P_{AB}=\rho g\Delta h_{AB}\Rightarrow P_B-P_A=۲/۴۸-۲/۴\Rightarrow ۰/۰۸atm=\rho g\times ۲$$
$$\Rightarrow \rho g=۰/۰۴\ (۱)$$

حال با توجه به شکل:

$$\Delta P_{BC}=P_C-P_B=\rho g\times ۳\xrightarrow{(۱)}P_C-۲/۴۸=۰/۱۲$$
$$\Rightarrow P_C=۲/۶atm$$

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

۲ اختلاف فشار بین دو نقطه در شاره از رابطهٔ $\Delta P=\rho g\Delta h$ به‌دست می‌آید که Δh اختلاف ارتفاع قائم دو نقطه است، بنابراین اختلاف فشار وارد به سطح بالا و پایین در شکل‌های (الف) و (ب) به‌صورت زیر می‌باشد.



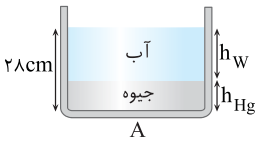
$$\Delta P_{AB}=\rho_۲ g\Delta h_{AB}\Rightarrow \Delta P_{AB}=\rho_۲ ga$$
$$\Delta P_{A'B'}=\rho_۱ g\Delta h_{A'B'}\Rightarrow \Delta P_{A'B'}=\rho_۱ g۲a$$

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

$$\Delta P_{AB}=\Delta P_{A'B'}\Rightarrow \rho_۲ ga=\rho_۱ g۲a\Rightarrow \rho_۲=۲\rho_۱\Rightarrow \frac{\rho_۲}{\rho_۱}=۲$$

۳ یک رابطهٔ ریاضی را از روی شکل می‌توانیم بنویسیم.

$$h_W+h_{Hg}=۲۸cm\ (۱)$$



جرم جیوه و آب برابر است، از این مطلب نیز می‌توانیم به کمک چگالی رابطهٔ دیگری بین h_W و h_{Hg} پیدا کنیم.

$$m_{Hg}=m_W\Rightarrow \rho_{Hg}V_{Hg}=\rho_W V_W\Rightarrow \rho_{Hg}Ah_{Hg}=\rho_W Ah_W$$
$$\Rightarrow ۱۳\times h_{Hg}=۱\times h_W\Rightarrow h_W=۱۳h_{Hg}\ (۲)$$

از رابطهٔ (۲) در (۱) قرار می دهیم.

$$(۱),(۲)\Rightarrow ۱۳h_{Hg}+h_{Hg}=۲۸\Rightarrow h_{Hg}=۲cm\xrightarrow{(۲)}h_W=۲۶cm$$

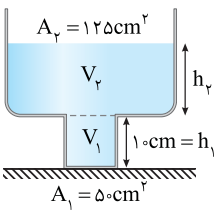
فشار از طرف دو مایع خواهد شد.

$$P=\rho_W gh_W+\rho_{Hg}gh_{Hg}\Rightarrow P=۱۰۰۰\times ۱۰\times\frac{۲۶}{۱۰۰}+۱۳۰۰۰\times ۱۰\times\frac{۲}{۱۰۰}$$
$$\Rightarrow P=۲۶۰۰+۲۶۰۰=۵۲۰۰Pa=۵/۲kPa$$

۴ برای پیدا کردن فشار باید ارتفاع $۲/۵L=۲۵۰۰cm^۳$ آب درون ظرف را پیدا کنیم، ابتدا قسمت پایین ظرف با حجم $۵۰\times ۱۰=۵۰۰cm^۳$ پر می‌شود. سپس آب به قسمت بالای ظرف می‌رود.

الف)

$$V_{آب}=V_۱+V_۲\Rightarrow ۲۵۰۰=۵۰۰+V_۲$$
$$\Rightarrow V_۲=۲۰۰۰cm^۳$$



ارتفاع $h_۲$ را حساب می کنیم:

$$۲۰۰۰=۱۲۵h_۲\Rightarrow h_۲=۱۶cm$$

ارتفاع آب در ظرف برابر است با:

$$h_{آب}=h_۱+h_۲=۱۰+۱۶=۲۶cm$$

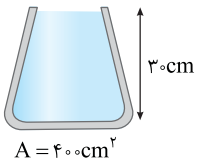
فشار آب خواهد شد:

$$P=\rho gh\Rightarrow P=۱۰۰۰\times ۱۰\times\frac{۲۶}{۱۰۰}=۲۶۰۰Pa$$

ب) با توجه به رابطهٔ $P=\frac{F}{A}$ نیروی وارد بر کف را به‌دست می‌آوریم:

$$F=PA\Rightarrow F=۲۶۰۰\times ۵۰\times ۱۰^{-۴}=۱۳N$$

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



$$P=\rho gh\Rightarrow P=۱\times ۱۰^۳\times ۱۰\times ۰/۳$$
$$\Rightarrow P=۳\times ۱۰^۳Pa$$

ب) فشار کل را حساب می‌کنیم:

$$P=P_۰+P_{مایع}\Rightarrow P=۱۰^۵+۳\times ۱۰^۳=۱/۰۳\times ۱۰^۵Pa$$

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

$$F=P_{مایع}A\Rightarrow F=۳\times ۱۰^۳\times ۴۰۰\times ۱۰^{-۴}\Rightarrow F=۱۲۰N$$

ت) نیروی کل وارد بر کف ظرف:

$$F=P_{کل}A\Rightarrow F=۱/۰۳\times ۱۰^۵\times ۴۰۰\times ۱۰^{-۴}\Rightarrow F=۴/۱۲\times ۱۰^۳N$$

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

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

$$P=\frac{F}{A}\Rightarrow F=PA\begin{cases}\xrightarrow{\text{ظرف A}}F_A=P(\pi r^۲)\\ \xrightarrow{\text{ظرف B}}F_B=P(\pi\times ۴r^۲)\end{cases}\Rightarrow\frac{F_A}{F_B}=\frac{۱}{۴}$$

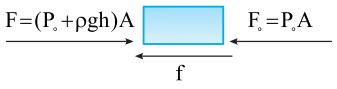
پ) هر دو ظرف مشابه و مقدار آب درون آن‌ها یکسان است، بنابراین وزن هر دو ظرف برابر است. از این رو نیرویی که توسط ظرف‌ها بر سطح افقی وارد می‌شود با هم برابر است.

$$W_A=W_B\Rightarrow F_A=F_B$$

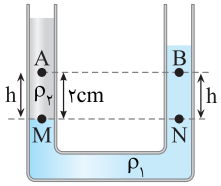
۷ چوب‌پنبه در تعادل است و نیروهایی که از دو طرف بر آن وارد می‌شود با هم برابرند. از سمت چپ نیرویی ناشی از فشار آب و فشار هوا به چوب‌پنبه وارد می‌شود و از سمت راست نیروی ناشی از فشار هوا به کمک نیروی اصطکاک مانع خروج چوب‌پنبه می‌شود. بنابراین:

$$F_{خالص}=۰\Rightarrow F=F_۰+f\Rightarrow (P_۰+\rho gh)A=P_۰A+f$$

$$f=\rho ghA\Rightarrow f=۱۰۰۰\times ۱۰\times\left(\frac{۱۵۰+۵۰}{۱۰۰}\right)\times ۵\times ۱۰^{-۴}\Rightarrow f=۱۰N$$



۸ مایع با چگالی بیشتر ته‌نشین می‌شود. خط تراز را رسم می‌کنیم. فشار در نقاط M و N با هم برابر است. $P_M=P_N=P$



هرچه از نقطهٔ N و M بالاتر می‌رویم فشار به اندازهٔ ρgh کاهش می‌یابد، بنابراین فشار نقاط A و B به ترتیب خواهد شد:

$$\begin{cases}P_B=P-\rho_۱ g\frac{۲}{۱۰۰}\\ P_A=P-\rho_۲ g\frac{۲}{۱۰۰}\end{cases}\xrightarrow[\rho_۱=۱/۲\,g/cm^۳\ ,\ \rho_۲=۰/۹\,g/cm^۳]{\rho_۱>\rho_۲}\begin{cases}P_B=P-۱۲۰۰\times ۱۰\times\frac{۲}{۱۰۰}\\ P_A=P-۹۰۰\times ۱۰\times\frac{۲}{۱۰۰}\end{cases}$$

مسائل امتحانی بارم‌بندی شده

۱ A
الف) جامد بلورین (۰/۲۵) - نمک طعام (۰/۲۵) (یا الماس) جامد بی‌شکل (یاآمورف) (۰/۲۵) - شیشه (۰/۲۵) / ب) در جامدهای بلورین مولکول‌ها دارای طرح منظم و تکرارشونده 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 A
الف) برآمده (۰/۲۵) / ب) پایین‌تر (۰/۲۵) / پ) مایع (۰/۲۵) / ت) کشش سطحی (۰/۲۵) / ث) چند ده (۰/۲۵) / ج) کاهش (۰/۲۵)

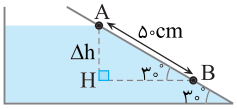
۳ A
الف) پلاسما (۰/۲۵) - دماهای بالا (۰/۲۵) / ب) نسبت به (۰/۲۵) - نوسان‌های (۰/۲۵) / پ) بلورین (۰/۲۵) - فلزها (۰/۲۵) - معدنی (۰/۲۵) / ت) کندی (۰/۲۵) - به تندی (۰/۲۵) - آمورف (۰/۲۵) / ث) رانشی (۰/۲۵) - تراکم‌ناپذیری (۰/۲۵)

۴ A
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) / پ) علت آن مربوط به اصل برنولی است، جریان هوای بالای برزنت باعث کاهش فشار هوا در بالای برزنت شده و فشار هوای قسمت زیر برزنت بیشتر بوده و این سبب پف کردن برزنت می‌شود. (۰/۵)

۵ A
عمق هر سه نقطه یکسان است، بنابراین:

$$h_A=h_B=h_C\ (۰/۲۵)\Rightarrow P_A=P_B=P_C\ (۰/۲۵)$$

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



$$\Delta ABH:\sin ۳۰=\frac{\Delta h}{AB}\Rightarrow\frac{۱}{۲}=\frac{\Delta h}{۵۰}\ (۰/۲۵)$$
$$\Delta h=۲۵cm\Rightarrow\Delta h=۰/۲۵m\ (۰/۲۵)$$

تبدیل یکای چگالی:

$$۴g/cm^۳=۴\frac{g}{cm^۳}\times\frac{۱kg}{۱۰^۳g}\times\frac{۱۰^۶cm^۳}{۱m^۳}=۴۰۰۰kg/m^۳\ (۰/۲۵)$$
$$\Delta P=\rho g\Delta h\ (۰/۲۵)\Rightarrow\Delta P=۴۰۰۰\times۱۰\times۰/۲۵\ (۰/۲۵)$$
$$\Rightarrow\Delta P=۱۰۰۰۰Pa=۱۰kPa\ (۰/۲۵)$$

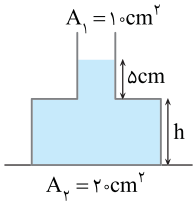
۷ A
فشار وارد بر کف دریاچه از رابطهٔ $P=P_۰+\rho gh$ به‌دست می‌آید:

$$P=P_۰+\rho gh\ (۰/۲۵)\Rightarrow۲۴۰۰۰۰=۹۰۰۰۰+۱۲۰۰\times۱۰\times h\ (۰/۲۵)$$
$$۱۵۰۰۰۰=۱۲۰۰۰h\Rightarrow h=۱۲/۵m\ (۰/۲۵)$$

۸ B
ابتدا فشار ناشی از جیوه را حساب می‌کنیم.

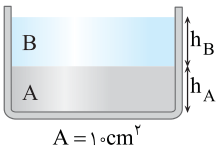
$$P=\frac{F}{A}\ (۰/۲۵)\Rightarrow P=\frac{۱۳۵}{۲۰\times۱۰^{-۴}}\Rightarrow P=۶۷۵۰۰Pa\ (۰/۲۵)$$

ارتفاع جیوه در ظرف را به‌دست می‌آوریم.



$$P=\rho_{Hg}gh_{Hg}\ (۰/۲۵)$$
$$\Rightarrow۶۷۵۰۰=۱۳/۵\times۱۰۰۰\times۱۰\times h_{Hg}$$
$$\Rightarrow h_{Hg}=۰/۵m\ (۰/۲۵)$$
$$h=۰/۵-۰/۰۵\Rightarrow h=۰/۴۵m\ (۰/۲۵)$$

۹ B
الف) حجم هر دو مایع $۵۰۰cm^۳$ است، ارتفاع هر مایع خواهد شد:



$$V=Ah\ (۰/۲۵)\Rightarrow۵۰۰=۱۰h$$
$$\Rightarrow h=۵۰cm=۰/۵m\ (۰/۲۵)$$
$$P=\rho_A gh_A+\rho_B gh_B\ (۰/۲۵)$$
$$\Rightarrow P=۱۲۰۰\times۱۰\times۰/۵+۶۰۰\times۱۰\times۰/۵\ (۰/۲۵)$$
$$P=۹۰۰۰Pa\ (۰/۲۵)$$

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

$$P=\frac{F}{A}\Rightarrow F=PA\ (۰/۲۵)\Rightarrow F=۹۰۰۰\times۱۰\times۱۰^{-۴}\Rightarrow F=۹N\ (۰/۲۵)$$

روش دیگر: فشار را از رابطهٔ $P=\frac{mg}{A}$ به‌دست بیاورید:

$$\rho=\frac{m}{V}\Rightarrow m=\rho V\ (۰/۲۵)$$
$$\Rightarrow\begin{cases}m_A=۱۲۰۰\times۵۰۰\times۱۰^{-۶}\Rightarrow m_A=۰/۶kg\ (۰/۲۵)\\ m_B=۶۰۰\times۵۰۰\times۱۰^{-۶}\Rightarrow m_B=۰/۳kg\ (۰/۲۵)\end{cases}$$
$$P=\frac{F}{A}=\frac{m_Ag+m_Bg}{A}\ (۰/۲۵)=\frac{۰/۶\times۱۰+۰/۳\times۱۰}{۱۰\times۱۰^{-۴}}\Rightarrow P=۹۰۰۰Pa\ (۰/۲۵)$$
$$F=W_A+W_B\ (۰/۲۵)=۰/۶\times۱۰+۰/۳\times۱۰=۹N\ (۰/۲۵)$$

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

$$\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{\rho gh_۲}{\rho gh_۱}\ (۰/۵)\Rightarrow\frac{۲h_۱}{h_۱}=\frac{P_۲}{P_۱}=۲\ (۰/۲۵)$$

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

$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{(a_۲)^۳}{(a_۱)^۳}=(\frac{۲a_۱}{a_۱})^۳\ (۰/۲۵)\Rightarrow\frac{V_۲}{V_۱}=۸\ (۰/۲۵)$$
$$\xrightarrow{m=\rho V}\frac{m_۲}{m_۱}=۸\ (۰/۲۵)\Rightarrow\frac{W_۲}{W_۱}=۸\Rightarrow\frac{F_۲}{F_۱}=۸\ (۰/۲۵)$$

۱۱ B
با توجه به نمودار در ارتفاع ۴۰cm از کف ظرف، فشار مایع صفر شده است، نتیجه می‌گیریم $h=۰$ شده است، و ارتفاع مایع در ظرف، ۴۰cm است. اکنون چگالی مایع را به‌دست می‌آوریم.

$$P=\rho gh\ (۰/۲۵)\Rightarrow۳۰۰۰=\rho\times۱۰\times۰/۴\Rightarrow\rho=۷۵۰kg/m^۳\ (۰/۲۵)$$
$$P=\rho gh\Rightarrow۲۴۰۰=۷۵۰\times۱۰\times h\ (۰/۲۵)\Rightarrow h=۰/۳۲m\ (۰/۲۵)$$

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

$$۰/۴-۰/۳۲=۰/۰۸m=۸cm$$

۱۲ B
سطح قاعده مکعب:

$$A=(۲)^۲=۴m^۲\ (۰/۲۵)$$

فشار وارد بر کف ظرف:

$$P=\frac{F}{A}\Rightarrow P=\frac{W}{A}\ (۰/۲۵)$$

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

$$W_{\text{استوانه}}=W_{\text{مکعب}}\ (۰/۲۵)$$

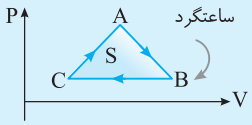
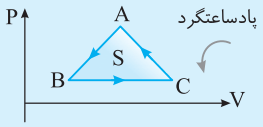
$$\frac{P_{\text{استوانه}}}{P_{\text{مکعب}}}=\frac{\frac{W_{\text{استوانه}}}{A_{\text{استوانه}}}}{\frac{W_{\text{مکعب}}}{A_{\text{مکعب}}}}=۱\ (۰/۲۵)$$

بخش چهارم: چرخه ترمودینامیکی

صفحهٔ ۱۳۹ و ۱۴۰ کتاب درسی

تعریف در چرخهٔ ترمودینامیکی، دستگاه پس از طی چند فرایند، به حالت اولیهٔ خود باز می‌گردد.

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

چرخهٔ ترمودینامیکی با نمودار $P-V$ ساعتگرد	چرخهٔ ترمودینامیکی با نمودار $P-V$ پادساعتگرد
الف) در چرخهٔ ترمودینامیکی حالت ابتدایی و نهایی یکسان است: $\Delta U_{\text{چرخه}} = U_{\text{نهایی}} - U_{\text{ابتدایی}} = 0$	الف) در چرخهٔ ترمودینامیکی حالت ابتدایی و نهایی یکسان است: $\Delta U_{\text{چرخه}} = U_{\text{نهایی}} - U_{\text{ابتدایی}} = 0$
ب) بنابر قانون اول ترمودینامیک: $\Delta U_{\text{چرخه}} = Q_{\text{چرخه}} + W_{\text{چرخه}} \xrightarrow{\Delta U = 0} Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}}$	ب) بنابر قانون اول ترمودینامیک: $\Delta U_{\text{چرخه}} = Q_{\text{چرخه}} + W_{\text{چرخه}} \xrightarrow{\Delta U_{\text{چرخه}} = 0} Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}}$
پ) در مسئله زیر با استدلال مشخص می‌شود که اندازهٔ کار در چرخه برابر سطح محصور در چرخه است و در چرخهٔ ساعتگرد: $W = -S$ 	پ) در مسئله زیر با استدلال مشخص می‌شود که اندازهٔ کار در چرخه برابر سطح محصور در چرخه است و در چرخه پادساعتگرد: $W = S$ 

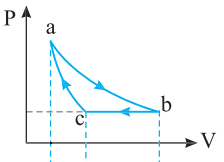
مسئله ۳۵

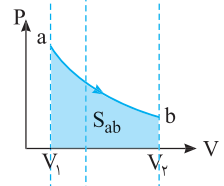
شکل روبه‌رو یک چرخهٔ ترمودینامیکی فرضی را نشان می‌دهد که یک دستگاه ترمودینامیکی آن را طی کرده است:

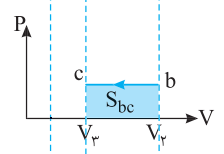
الف) کار انجام شده روی دستگاه در هر فرایند را بر حسب سطح زیر نمودار آن بیابید.

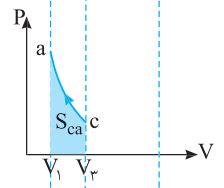
ب) نشان دهید اندازهٔ کل کار انجام شده روی دستگاه برابر با مساحت درون چرخه است.

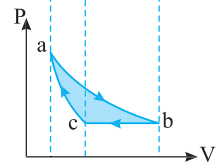
پ) کار کل انجام شده روی دستگاه مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.











راه‌حل الف) در فرایند ab کار برابر سطح زیر نمودار شکل روبه‌رو است. دستگاه منبسط 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:

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

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

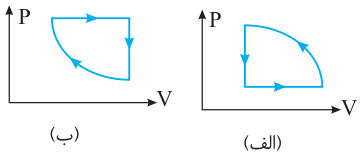
$$|S_{ab}| > |S_{bc}| + |S_{ca}| \Rightarrow |W_{ab}| > |W_{bc}| + |W_{ca}|$$

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	ΔU
(الف)			
(ب)			



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 مبادله شده با دستگاه مثبت است.

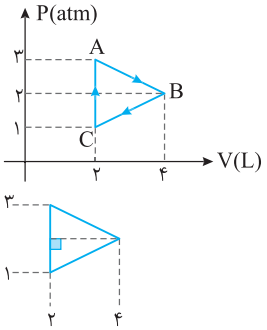
در هر دو چرخه تغییر انرژی درونی صفر است.

نام چرخه	Q	W	ΔU
(الف)	−	+	صفر
(ب)	+	−	صفر

• تیپ ۴ - 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 داخل چرخه برابر با اندازهٔ کار انجام شده می‌باشد. بنابراین ابتدا باید مساحت مثلث را به‌دست آوریم:

$$|W| = S_{\text{مثلث}} = \frac{\text{ارتفاع} \times \text{قاعده}}{۲} = \frac{(۳-۱)\times ۱۰^{۵} \times (۴-۲)\times ۱۰^{-۳}}{۲} \Rightarrow |W| = ۲۰۰\,J$$

چرخه ساعتگرد است، بنابراین $W = -S = -۲۰۰\,J$. تغییر انرژی درونی چرخه برابر صفر است:

$$\Delta U_{ABCA} = ۰ \Rightarrow W_{ABCA} = -Q_{ABCA} \Rightarrow Q_{ABCA} = ۲۰۰\,J$$

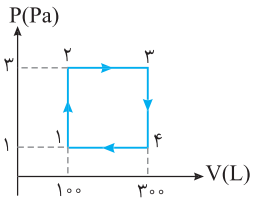
مسئله ۳۸

یک گاز آرمانی چرخه‌ای مطابق شکل روبه‌رو طی می‌کند. دمای گاز در حالت (۱) برابر ۱۵۰K است.

الف) دمای گاز در حالت (۳) را به‌دست 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 معادلهٔ حالت گاز آرمانی می‌توان نوشت:

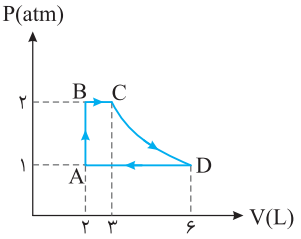
$$PV = nRT \Rightarrow \frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۳V_۳}{T_۳} \Rightarrow \frac{۱\times ۱۰۰}{۱۵۰} = \frac{۳\times ۳۰۰}{T_۳} \Rightarrow T_۳ = ۱۳۵۰K$$

ب) چرخه پادساعتگرد است از این‌رو: $Q = -W = ۴۰kJ$, $W = -S \Rightarrow W = -(۳-۱)\times ۱۰^{-۱} \times (۳-۱)\times ۱۰^{۵} \Rightarrow W = -۴\times ۱۰^{۴}\,J = -۴۰kJ$

پ) در فرایند ۲ → ۱، در حجم ثابت فشار زیاد شده است، طبق رابطهٔ $P\uparrow = \frac{nR}{V}T\uparrow$ ، باید دما هم زیاد شود. بنابراین $\Delta T > ۰$ و $\Delta U > ۰$ و گاز گرما گرفته است. پس فرایند ۲ → ۱، گرماگیر است. $(\Delta U = Q + \overset{\curvearrowright}{W})$

در فرایند ۳ → ۲، در فشار ثابت حجم زیاد شده است، $(V\uparrow = \frac{nR}{P}T\uparrow)$ بنابراین دما زیاد شده است، $\Delta T > ۰$ و $\Delta U > ۰$ است. گاز منبسط شده است، پس $W_{۲۳} < ۰$ است و $Q_{۲۳} > ۰$ و گاز گرما گرفته است. و فرایند ۳ → ۲ گرماگیر است. در فرایند ۴ → ۳، در حجم ثابت $\overset{+}{\Delta U} = \overset{\pm}{Q} + \overset{-}{W}$ فشار کم شده پس دما کم شده بنابراین $\Delta U < ۰$ و $Q < ۰$ و فرایند گرماده است. در فرایند ۱ → ۴، در فشار ثابت حجم کم شده است، پس دما کم شده و $\Delta U < ۰$ ، $W > ۰$ بنابراین طبق $\Delta U = Q + W$ ، $Q < ۰$ و فرایند گرماده است.

مسئله ۳۹



دستگاهی شامل ۰/۵ مول گاز آرمانی، چرخهٔ روبه‌رو را می‌پیماید که در آن CD 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.

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

تغییر انرژی درونی برابر است با: $\Delta U_{AB}=W_{AB}+Q_{AB} \xrightarrow{W_{AB}=0} \Delta U_{AB}=Q_{AB} \Rightarrow \Delta U_{AB}=۳۰۰J$

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.

$$W_{BC}=-P\Delta V=-۲\times۱۰^{۵}\times(۳-۲)\times۱۰^{-۳}=-۲۰۰\,J \;,\; Q_{BC}=+۵۰۰J$$

$$\Delta U_{BC}=۵۰۰+(-۲۰۰)=۳۰۰\,J$$

$$W_{DA}=-P\Delta V=-۱\times۱۰^{۵}\times(۲-۶)\times۱۰^{-۳}=۴۰۰J \;,\; Q_{DA}=-۱۰۰۰J$$

$$\Delta U_{DA}=W_{DA}+Q_{DA}=۴۰۰+(-۱۰۰۰)=-۶۰۰\,J$$

در این صورت تغییر انرژی درونی در چرخه خواهد شد:

$$\Delta U_{ABCDA}=\Delta U_{AB}+\Delta U_{BC}+\Delta U_{CD}+\Delta U_{DA}=۳۰۰+۳۰۰+۰+(-۶۰۰)=۰$$

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

ب) دما در نقطهٔ A را با استفاده از معادلهٔ حالت به‌دست می‌آوریم:

$$P_AV_A=nRT_A \Rightarrow ۱\times۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{-۳}=۰/۵\times۸\times T_A \Rightarrow T_A=۵۰\,K$$

$$\frac{P_AV_A}{T_A}=\frac{P_BV_B}{T_B} \xrightarrow{V_A=V_B} \frac{۱}{۵۰}=\frac{۲}{T_B} \Rightarrow T_B=۱۰۰\,K$$

$$\frac{P_AV_A}{T_A}=\frac{P_CV_C}{T_C} \Rightarrow \frac{۱\times۲}{۵۰}=\frac{۲\times۳}{T_C} \Rightarrow T_C=۱۵۰\,K$$

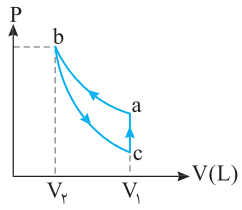
• تیپ ۴ - ۲: رسم چرخه

مسئله ۴۰

گاز آرمانی ابتدا طی یک فرایند تراکمی هم‌دما از حالت a به حالت b می‌رود. سپس طی یک فرایند بی‌دررو، دوباره به حجم اولیه در حالت c باز می‌گردد. سرانجام با یک فرایند هم‌حجم به حالت a می‌رود:

الف) نمودار $P-V$ چرخهٔ طی‌شده را رسم کنید.

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



راه‌حل الف) نمودار $P-V$ چرخه به صورت روبه‌رو خواهد بود:

ب) تغییر انرژی درونی در چرخه برابر صفر است: $\Delta U_{abca}=۰ \Rightarrow \Delta U_{ab}+\Delta U_{bc}+\Delta U_{ca}=۰$

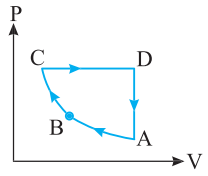
فرایند ab هم‌دما است و $\Delta U_{ab}=۰$ است، فرایند bc بی‌دررو و گرمای مبادله شده $Q_{bc}=۰$ است و فرایند ca هم‌حجم است و کار در این فرایند صفر است $(W_{ca}=۰)$. در این صورت:

$$\underbrace{\Delta U_{ab}}_{\text{صفر}}+W_{bc}+\underbrace{Q_{bc}}_{\text{صفر}}+\underbrace{W_{ca}}_{\text{صفر}}+Q_{ca}=۰ \Rightarrow W_{bc}=-Q_{ca} \Rightarrow |W_{bc}|_{\text{بی‌دررو}}=|Q_{ca}|_{\text{هم‌حجم}}$$

• تیپ ۴ - ۳: تعیین علامت کار و گرما از روی نمودار

مسئله ۴۱

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



مسیر	Q	W	ΔU	ΔT
AB				
BC				
CD				
DA				

راه‌حل در سطر اول جدول، فرایند $A \to B$، 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 $B \to C$، فرایند بی‌دررو است. پس داریم: $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = W$

چون فرایند $B \to C$ 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 $C \to D$، 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 $D \to A$، فرایند هم‌حجم است، پس داریم:

$$W = 0 \Rightarrow \Delta U = Q \quad (1)$$

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

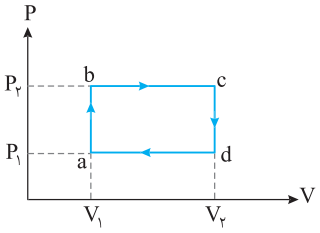
$$P_A V_A < P_D V_D \Rightarrow T_D > T_A \Rightarrow \Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \xrightarrow{\text{بنابر رابطهٔ (۱)}} Q < 0$$

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

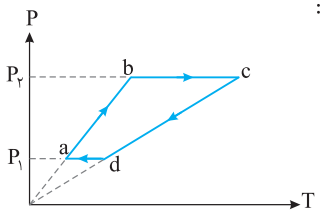
• تیپ ۴ - ۴: نمودارهای P−T و V−T چرخه

مسئله ۴۲

در شکل روبه‌رو چرخهٔ مقداری گاز آرمانی رسم شده است. نمودار V−T و P−T این چرخه را رسم کنید.

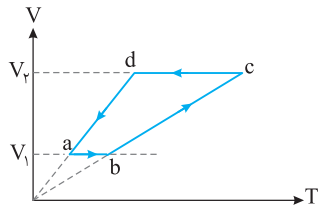


راه‌حل فرایندهای ab و cd هم‌حجم هستند. اما حجم در فرایند cd بیشتر از حجم در فرایند ab است. بنابراین در نمودار P−T، شیب فرایند cd از شیب فرایند ab کمتر است. $\left(P = \frac{nR}{V} T\right)$. همچنین فشار فرایند bc بیشتر از فشار در فرایند da است. اکنون نمودارها را با توجه به آنچه بیان شد، رسم می‌کنیم:



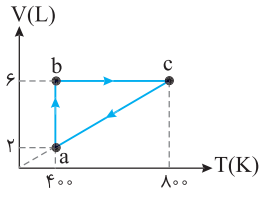
نمودار P−T فرایندهای هم‌حجم ab و cd خط‌های مایلی هستند که باید از مبدأ بگذرند. فرایند da یک فرایند هم‌فشار در فشار P_1 بوده که با کاهش حجم، دما نیز کاهش می‌یابد و فرایند bc یک فرایند هم‌فشار انبساطی است که دمای گاز افزایش می‌یابد. با این داده‌ها نمودار P−T رسم می‌شود.

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 تا 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 ۴۳

نمودار $V-T$ برای نیم‌مول گاز آرمانی مطابق شکل روبه‌رو 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:

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

۳ برای به‌دست آوردن کار در فرایند هم‌فشار ca:

$$W_{ca}=-P\Delta V=-nR\Delta T\Rightarrow W_{ca}=-nR(T_a-T_c)\Rightarrow W_{ca}=-0/5\times 8(400-800)\Rightarrow W_{ca}=+1600J$$

۴ اکنون جای‌گذاری در رابطهٔ (I):

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

تمرین‌های بخش چهارم

در این بخش نمونه سؤالاتی که احتمال طرح در امتحان نهایی دارن، برات آماده کردیم تا خوب تمرین کنی. شمارهٔ تیپ هر سؤال کنارش اومده که اگه نتونستی حل کنی بتونی از درسنامه اون تیپ رو مطالعه کنی.

۴۱۸ کلمهٔ مناسب برای پر کردن جای خالی را انتخاب کنید.

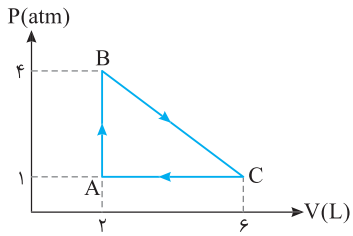
الف) به مجموعهٔ فرایندهایی که دستگاه پس از طی آن‌ها به حالت اولیهٔ خود بازمی‌گردد، (چرخه / ماشین گرمایی) گویند.

ب) در یک چرخهٔ ترمودینامیکی تغییر انرژی درونی ..... (صفر / غیرصفر) و کار انجام شده روی گاز ..... (صفر / غیرصفر) است.

پ) در نمودار ..... اندازهٔ 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.

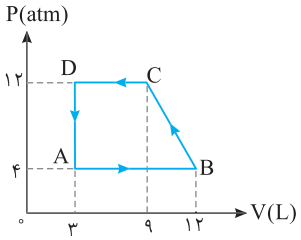
۴۱۹ یک مول گاز آرمانی چرخه‌ای مطابق شکل روبه‌رو را می‌پیماید: (تیپ ۴ - ۱) دی - ۹۹



الف) کار انجام شده در کل چرخه را محاسبه کنید.

ب) کل گرمای مبادله شده چقدر است؟

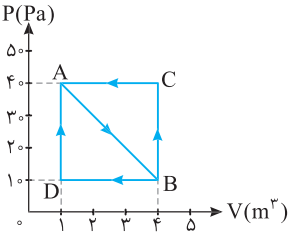
۴۲۰ یک گاز آرمانی، چرخه‌ای را مطابق شکل روبه‌رو پیموده است. (تیپ ۴ - ۱) مسئلهٔ ۱۱، صفحهٔ ۱۴۹ کتاب درسی



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.

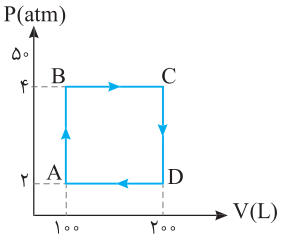
۴۲۱ گاز آرمانی مطابق نمودار روبه‌رو، طی فرایند AB منبسط می‌شود و حجم آن از $1m^3$ به $4m^3$ می‌رسد. پس از آن گاز طی دو فرایند مختلف به حالت اولیه باز می‌گردد. (تیپ ۴ - ۱) مثال ۵ - ۸، صفحهٔ ۱۴۰ کتاب درسی



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

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

۴۲۲ یک گاز آرمانی چرخهٔ نشان داده شده در شکل زیر را می‌پیماید. (تیپ ۴ - ۱ و ۴ - ۳) مسئلهٔ ۱۰، صفحهٔ ۱۴۰ کتاب درسی

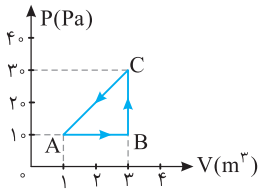


الف) فرایندهای گرماگیر و گرماده را مشخص کنید.

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

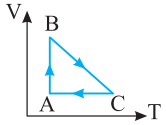
پ) کار و گرمای مبادله شده در این چرخه را حساب کنید.

۴۲۳ الف) با توجه به نمودار روبه‌رو که چرخهٔ یک گاز آرمانی را نشان داده، جدول را با کلمه‌های (مثبت / منفی / صفر) پر کنید. (تیپ ۴ - ۳) مسئلهٔ ۸، صفحهٔ ۱۴۸ کتاب درسی



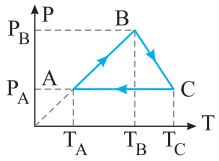
	Q	W	ΔU
A→B			
B→C			
C→A			

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



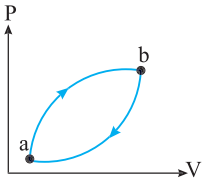
	حجم گاز	فشار گاز	انرژی درونی
A→B			
B→C			
C→A			

پ) با توجه به چرخهٔ $P-T$ در شکل زیر که مربوط به یک گاز کامل است، خانه‌های جدول زیر را با کلمات (افزایش - کاهش - ثابت) پر کنید. (تیپ ۴ - ۴) امتحان نهایی - ۸۵

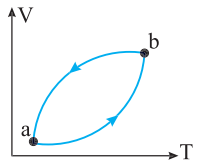


↓ فرایند / کمیت ←	حجم	فشار	انرژی درونی
A→B			
B→C			
C→A			

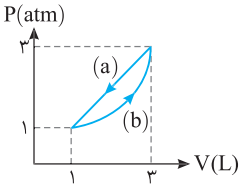
۴۲۴ الف) شکل روبه‌رو چرخهٔ یک گاز آرمانی را نشان می‌دهد. اگر مقدار گرمای مبادله شده در این چرخه ۴۰۰J باشد، کار انجام شده روی گاز چقدر است؟ (تیپ ۴ - ۱) مسئلهٔ ۹، صفحهٔ ۱۴۸ کتاب درسی



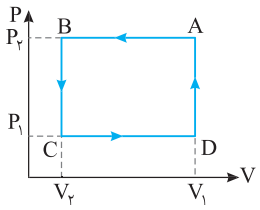
ب) نمودار $V-T$ چرخهٔ یک گاز آرمانی مطابق شکل روبه‌رو است. اگر اندازهٔ گرمای مبادله شده در فرایندهای ab و ba به ترتیب ۷۰۰J و ۹۰۰J باشد، کار انجام شده روی محیط طی این چرخه چند ژول است؟ (تیپ ۴ - ۴)



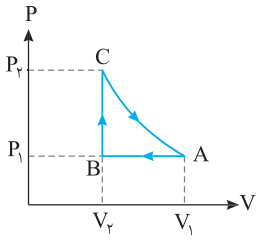
پ) گاز آرمانی چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. اگر گاز در مسیر a، ۹۶۰J گرما از دست بدهد و در مسیر b، ۸۰۰J گرما بگیرد، کار انجام شده دستگاه در مسیر b چند ژول است؟ (تیپ ۴ - ۱) مسئلهٔ ۹، صفحهٔ ۱۴۸ کتاب درسی



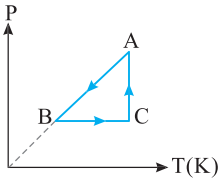
۴۲۵ الف) شکل روبه‌رو، چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز آرمانی پیموده است. این چرخه را در دستگاه $P-T$ رسم کنید. (تیپ ۴-۲ و ۴-۴)



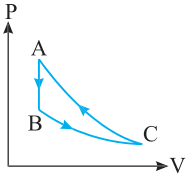
ب) شکل روبه‌رو نمودار چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز آرمانی پیموده است. نمودار این چرخه را در دستگاه $V-T$ رسم کنید. (فرایند CA هم‌دما است.) (تیپ ۴-۲ و ۴-۴)



پ) نمودار $P-T$ فرایندهای آرمانی که مقدار معینی گاز کامل طی می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است، نمودار $P-V$ این چرخه را رسم کنید. (تیپ ۴-۴)



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



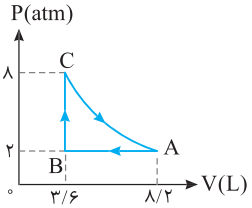
الف) کدام فرایند هم‌دما است؟ (تیپ ۴-۱)

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 با هم مقایسه کنید.

ت) اگر در فرایند هم‌دما، گاز ۲۱۰J گرما بگیرد و در فرایند هم‌حجم به اندازهٔ $\frac{۵}{۳}$ گرمای گرفته شده در فرایند هم‌دما، گرما مبادله شود، کار مبادله شده در چرخه چند ژول است؟

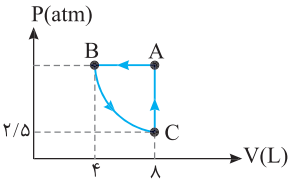
۴۲۷ نیم مول از یک گاز آرمانی چرخهٔ شکل روبه‌رو را می‌پیماید. مسیر CA بی‌دررو است. $(R \sim ۸J/mol.K)$



الف) دمای گاز را در نقطه‌های A، B و C محاسبه کنید. (تیپ ۴-۱) مسئلهٔ ۱۱، صفحهٔ ۱۴۹ کتاب درسی

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

۴۲۸ نمودار یک مول گاز آرمانی مطابق شکل روبه‌رو است، اگر فرایند BC هم‌دما باشد،

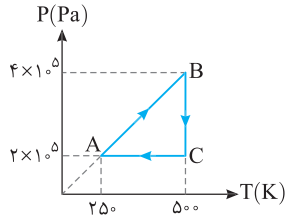


الف) دمای گاز در نقطهٔ C چند کلوین است؟ (تیپ ۴-۱) مسئلهٔ ۱۱، صفحهٔ ۱۴۹ کتاب درسی

ب) گرمای مبادله شده در مسیر CAB چند ژول است؟ $(R = ۸J/mol.K)$

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

۴۲۹ شکل روبه‌رو، مربوط به چرخهٔ $P-T$ یک مول گاز آرمانی است. (تیپ ۴-۴)



الف) حجم گاز در فرایند AB چند لیتر است؟

ب) اگر گرمای مبادله شده بین دستگاه و محیط در فرایند CA، ۵۰۰۰J باشد، گرمای مبادله شده با محیط در فرایند AB چند ژول است؟ $(R \sim ۸J/mol.K)$

نمودار bc، یک نمودار مبدأ گذر است یعنی فرایند bc یک فرایند هم‌فشار است. بنابراین فرایند bc هم‌فشار می‌باشد و کار در فرایند هم‌فشار خواهد شد:

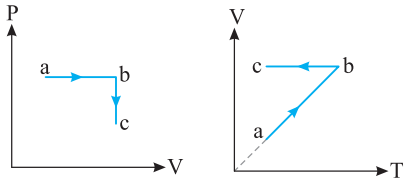
$$W_{bc}=-nR\Delta T=-۱\times۸\times(-۳۰۰)=۲۴۰۰J$$

$$W_{کل}=W_{ab}+W_{bc}=۰+۲۴۰۰=۲۴۰۰J$$

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

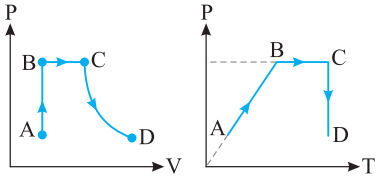
$$\Delta T=۰\Rightarrow\Delta U=۰\Rightarrow Q=-W=-۲۴۰۰J$$

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.

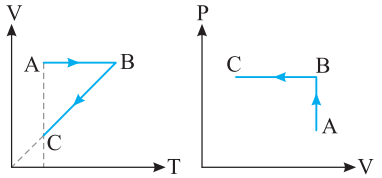


ب) فرایند AB هم‌حجم است بنابراین نمودار $P-T$ آن خط راست گذرنده از مبدأ است و در این فرایند فشار و دما افزایش می‌یابد.

فرایند BC هم‌فشار و فرایند CD هم‌دما است: از این‌رو:



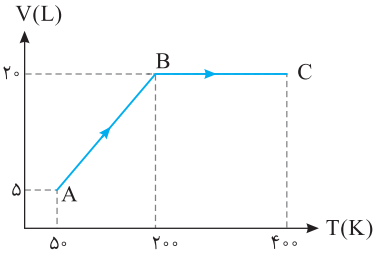
پ) فرایند BC خط راست گذرنده از مبدأ است بنابراین BC یک فرایند هم‌فشار است که طی آن حجم و دمای گاز کاهش می‌یابد. فرایند AB یک فرایند هم‌حجم است که طی آن دما افزایش می‌یابد بنابراین نمودار $P-V$ آن خواهد شد:



۴۱۵ به نمودار دقت کنید نمودار $V-T$ است.

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

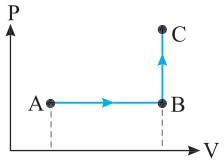
$$PV=nRT\Rightarrow P_A=\frac{nRT_A}{V_A}\Rightarrow P_A=\frac{۱\times۸\times۵۰}{۵\times۱۰^{-۳}}\Rightarrow P_A=۸\times۱۰^{۴}\,Pa$$



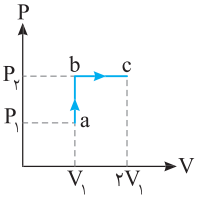
ب) نمودار فرایند AB یک نمودار مبدأ گذر است بنابراین فرایند AB، فرایند هم‌فشار است و کار انجام شده در این فرایند برابر است با:

$$W_{AB}=-P\Delta V\Rightarrow W_{AB}=۸\times۱۰^{۴}\times(۲۰-۵)\times۱۰^{-۳}\Rightarrow W_{AB}=-۱۲۰۰J$$

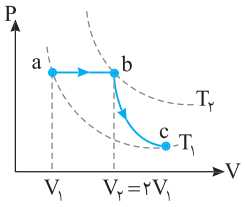
پ) فرایند AB هم‌فشار بوده و در فشار ثابت، حجم در حال افزایش است. فرایند BC هم‌حجم است و در حجم ثابت، دما در حال افزایش و در نتیجه فشار نیز در حال افزایش است. از این‌رو، نمودار $P-V$ به شکل روبه‌رو است.



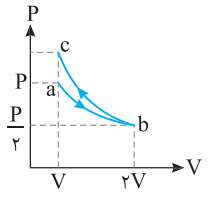
۴۱۶ الف) نمودار به صورت روبه‌روست.



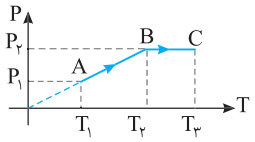
ب) با توجه به اینکه دمای اولیه و نهایی با هم برابر است پس نقاط a و c باید روی یک نمودار هم‌دما قرار داشته باشند. در فرایند هم‌فشار حجم گاز زیاد شده. از این‌رو دما ابتدا افزایش و سپس در فرایند بی‌دررو فشار کاهش و حجم افزایش می‌یابد، ابتدا دما از $T_۱$ به $T_۲$ و سپس از $T_۲$ به $T_۱$ می‌رسد.



پ) 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 $۲V$ 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. نقطهٔ A نشان‌دهندهٔ حالت اول گاز و نقطهٔ B نشان‌دهندهٔ حالت دوم گاز است. نمودار AB فرایند (الف) را نشان می‌دهد.



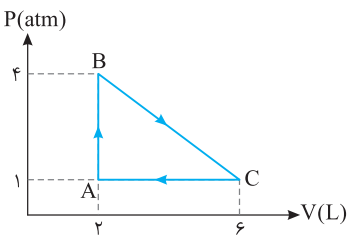
ب) فرایند دوم در فشار ثابت انجام شده و در آن دما و حجم افزایش یافته است. نقطهٔ C حالت سوم گاز و نمودار BC فرایند (ب) را نشان می‌دهد.

۴۱۸ الف) چرخه ب) صفر - غیرصفر - پ) $P-V$ - محصور ت) منفی - مثبت

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

$$|W|=S\Rightarrow|W|=\frac{(۴-۱)\times۱۰^{۵}\times(۶-۲)\times۱۰^{-۳}}{۲}=۶۰۰J\Rightarrow W=-۶۰۰J$$

ب) در یک چرخه $W_t=-Q_t$ بنابراین $Q_t=۶۰۰J$ است.



۴۲۰ الف) اندازهٔ 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:

$$|W|=S\Rightarrow W=\frac{۱}{۲}(DC+AB)\times AD$$

$$\Rightarrow W=\frac{۱}{۲}(۶+۹)\times ۸\times ۱۰^{۵}\times ۱۰^{-۳}\Rightarrow W=۶۰۰۰J$$

کار انجام شده روی محیط: $W'=-W=-۶۰۰۰J$

ب) تغییر انرژی درونی در یک چرخه برابر صفر است. بنابراین با توجه به قانون اول ترمودینامیک داریم: $\Delta U=W+Q\Rightarrow ۰=۶۰۰۰+Q\Rightarrow Q=-۶۰۰۰J$

بنابراین گاز در این چرخه ۶۰۰۰J گرما از دست داده است.

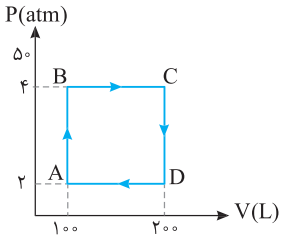
۴۲۱ اندازهٔ کار خالص انجام شده برابر مساحت درون چرخه در نمودار $P-V$ است.

الف) در چرخه ABCA که یک چرخهٔ پادساعتگرد است، کار محیط روی گاز مثبت است. $|W_{ABCA}|=(\frac{۴۰-۱۰}{۲})\times(۴-۱)\Rightarrow W_{ABCA}=۴۵J$

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

$$|W_{ABDA}|=(\frac{۴۰-۱۰}{۲})\times(۴-۱)=۴۵J\Rightarrow W_{ABDA}=-۴۵J$$

۴۲۲ الف) فرایند AB یک فرایند هم‌حجم است که دما و فشار گاز با دریافت گرما افزایش یافته است، بنابراین **فرایند AB گرماگیر است.**



فرایند BC یک فرایند انبساطی هم‌فشار است که طی آن حجم گاز با دریافت گرما افزایش یافته است بنابراین: **فرایند BC گرماگیر است.**

در فرایند هم‌حجم CD، گاز گرما از دست داده و فشار و دمای آن کاهش می‌یابد **بنابراین فرایند CD گرماده است.**

در فرایند هم‌فشار 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:

$$\Delta U_{ABCDA}=\Delta U_{ABC}+\Delta U_{CDA}$$

$$\Rightarrow ۰=\Delta U_{ABC}+\Delta U_{CDA}\Rightarrow \frac{\Delta U_{ABC}}{\Delta U_{CDA}}=-۱$$

پ) اندازه کار برابر سطح داخل چرخه است.

$$|W|=S\Rightarrow |W|=(۴-۲)\times ۱۰^{۵}\times(۲۰۰-۱۰۰)\times ۱۰^{-۳}\Rightarrow |W|=۴۰۰۰J$$

چرخه ساعتگرد بوده و کار محیط روی دستگاه منفی است از این‌رو:

$$W=-۴۰۰۰J\Rightarrow Q=-W\Rightarrow Q=۴۰۰۰J$$

۴۲۳ الف) با استفاده از قانون اول ترمودینامیک $\Delta U=Q+W$ داریم:

فرایند $A\to B$: در این فرایند هم‌فشار گاز منبسط شده است $\Delta V>۰$ و در نتیجه $W<۰$ است. با توجه به اعداد روی نمودار از طرفی $P_BV_B>P_AV_A$ بوده و $T_B>T_A$ است. بنابراین $\Delta U>۰$ است. با توجه به قانون اول ترمودینامیک باید $Q>۰$ باشد. $\Delta U=Q+W\xrightarrow{\Delta U>۰,\ W<۰}Q>۰$

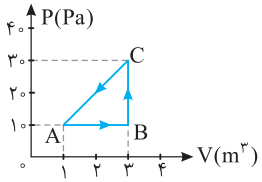
فرایند $B\to C$: این فرایند هم‌حجم است بنابراین $W_{BC}=۰$ است از طرفی فشار گاز افزایش یافته بنابراین گاز گرما دریافت کرده و $Q>۰$ است در نتیجه $\Delta U=Q>۰$ نیز مثبت است.

فرایند $C\to A$: چون گاز متراکم شده است $\Delta V<۰$ و در نتیجه $W>۰$ است. از طرفی:

$$\frac{P_CV_C}{T_C}=\frac{P_AV_A}{T_A}\Rightarrow\frac{۳۰\times ۳}{T_C}=\frac{۱۰\times ۱}{T_A}\Rightarrow T_A=\frac{۱}{۹}T_C$$

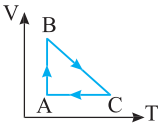
یعنی در این فرایند دمای گاز کاهش یافته است. بنابراین $\Delta U<۰$ است. با توجه به قانون اول ترمودینامیک، Q نیز باید منفی باشد.

$$\Delta U=\overset{\text{مثبت}}{W}+\overset{\text{منفی}}{Q}\Rightarrow Q<۰$$



	Q	W	ΔU
A→B	+	−	+
B→C	+	۰	+
C→A	−	+	−

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



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

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

دمای گاز افزایش یافته بنابراین انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد.

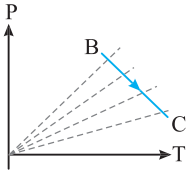
فرایند CA هم‌حجم است و دما کاهش یافته است در این صورت فشار و انرژی درونی کاهش می‌یابد.

	حجم گاز	فشار گاز	انرژی درونی
A→B	افزایش	کاهش	ثابت
B→C	کاهش	افزایش	کاهش
C→A	ثابت	کاهش	کاهش

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

	حجم	فشار	انرژی درونی
A→B	ثابت		افزایش

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



	حجم	فشار	انرژی درونی
B→C	افزایش	کاهش	

فرایند CA: فرایند هم‌فشار است. دما در حال کاهش بوده و انرژی درونی کاهش می‌یابد:

	حجم	فشار	انرژی درونی
C→A		ثابت	کاهش