جرم، نیرو، و واحدها

۱-۳م در یک مقالهٔ خبری، گفته می‌شود که نوعی موتور توربوفن که به تازگی ابداع شده ۱۵۰۰۰ پوند نیروی رانشی برای پیش‌رانی هواپیما تولید می‌کند. آیا در این مقاله منظور از «پوند» lbm است یا lbf؟ توضیح دهید.

۱-۴م چرا سال نوری بُعد طول دارد؟

۱-۵م نیروی خالص وارد بر اتومبیلی که با سرعت ثابت ۷۰ km/h حرکت می‌کند، در هر یک از شرایط زیر چقدر است: (**الف**) در جادهٔ کفی، (**ب**) در جادهٔ سربالایی؟

Scanned by CamScanner

۱-۶ مطلوب است تعیین جرم و وزن هوای داخل اتاقی به ابعاد ۸m × ۶m × ۶m. چگالی هوا را ۱٫۱۶kg/m³ فرض کنید.

پاسخ‌ها. ۳۳۴٫۱kg، ۳۲۷۷N

۱-۷ در عرض جغرافیایی ۴۵°، شتاب گرانش به‌صورت تابعی از ارتفاع z نسبت به سطح دریا با رابطهٔ $g = a - bz$ تعریف می‌شود که در آن $a = 9{,}807\,m/s^2$ و $b = 3{,}32 \times 10^{-6}\,s^{-2}$. مطلوب است تعیین ارتفاعی از سطح دریا که در آن وزن هر جسم به میزان ۰٫۵ درصد کاهش خواهد یافت.

پاسخ. ۱۴۷۷۰m

۱-۸ وزن جسمی به جرم ۲۰۰kg را در محلی که $g = 9{,}6\,m/s^2$ است، برحسب N تعیین کنید.

۱-۹ گرمای ویژهٔ هوا در فشار ثابت و دمای ۲۵°C برابر است با ۱٫۰۰۵kJ/kg·°C. این مقدار را برحسب kJ/kg·K، J/g·°C، kcal/kg·°C، و Btu/lbm·°F بیان کنید.

۱-۱۰ در محلی با شتاب گرانشی ۹٫۷۹m/s²، سنگی به جرم ۳kg را با نیروی ۲۰۰N به‌طرف بالا پرتاب می‌کنند. مطلوب است تعیین شتاب سنگ برحسب m/s².

۱-۱۱ مسئلهٔ ۱-۱۰ را با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر) حل کنید. جواب مسئله، شامل نتایج عددی با واحدهای مناسب، را به‌طور کامل چاپ کنید.

۱-۱۲ دانشجویی در مرحله‌ای از حل یک مسئله به معادلهٔ $E = 25kJ + 7kJ/kg$ می‌رسد. در این معادله E انرژی کل، و واحد آن کیلوژول است. نحوهٔ تصحیح این اشتباه و علت بروز آن را شرح دهید.

۱-۱۳ یک مقاومت گرمایی با توان ۴kW که در آب‌گرم‌کنی تعبیه شده است، ۲ ساعت کار می‌کند تا دمای آب را به میزان مطلوب برساند. مطلوب است تعیین مقدار انرژی الکتریکی مصرفی برحسب kWh و kJ.

۱-۱۴ باک اتومبیلی را با نازلی پر می‌کنند که بنزین را با آهنگ جریان ثابت تخلیه می‌کند. با درنظر گرفتن واحد کمیت‌ها، رابطه‌ای برای تعیین زمان پر شدن باک برحسب حجم V باک (برحسب L) و آهنگ تخلیهٔ بنزین $\dot{V}$ (برحسب L/s) به‌دست آورید.

۱-۱۵ استخری به حجم V (برحسب m³) را با استفاده از شیلنگی به قطر D (برحسب m) پر می‌کنند. اگر سرعت میانگین تخلیه، V (برحسب m/s) و زمان پر شدن t (برحسب s) باشد، رابطه‌ای برای تعیین حجم استخر براساس واحد کمیت‌های دخیل به‌دست آورید.

۱-۱۶ صرفاً براساس واحدها، نشان دهید که توان لازم برای شتاب دادن به اتومبیلی به جرم m (برحسب kg) از حالت سکون تا رسیدن به سرعت V (برحسب m/s) در بازهٔ زمانی t (برحسب s)، با جرم و سرعت اتومبیل متناسب است و با بازهٔ زمانی تناسب معکوس دارد.

سیستم‌ها، خواص، حالت، و فرایندها

۱-۱۷م از شما خواسته‌اند متابولیسم (انرژی) بدن شخصی را تحلیل کنید. برای این مقصود، سیستم را چگونه تعریف می‌کنید؟ این سیستم از چه نوعی است؟

۱-۱۸م می‌خواهید از طرز کار کمپرسور پیستونی هوا (وسیله‌ای که سیلندر و پیستون دارد) سر در بیاورید. از چه سیستمی استفاده می‌کنید؟ این سیستم از چه نوعی است؟

۱-۱۹م سیستمی برای بررسی کاهش اوزون در لایه‌های فوقانی جَوّ زمین را چگونه تعریف می‌کنید؟

۱-۲۰م اختلاف بین خواص افزایش‌پذیر و افزایش‌ناپذیر را شرح دهید.

۱-۲۱م آیا وزن یک سیستم خاصیتی افزایش‌ناپذیر است یا افزایش‌پذیر؟

۱-۲۲م حجم مخصوص مولی سیستم، $\bar{v}$، به‌صورت نسبت حجم سیستم به تعداد مول‌های مادهٔ موجود در سیستم تعریف می‌شود. آیا این خاصیت افزایش‌پذیر است یا افزایش‌ناپذیر؟

۱-۲۳م برای برقراری تعادل ترمودینامیکی در یک سیستم، آیا باید دما و فشار در همهٔ نقاط سیستم برابر باشند؟

۱-۲۴م فرایند شبه‌تعادلی چیست؟ در مهندسی چه اهمیتی دارد؟

۱-۲۵م فرایندهای هم‌دما، هم‌فشار، و هم‌حجم را تعریف کنید.

۱-۲۶م اصل حالت را تعریف کنید.

۱-۲۷م حالت آب در وان حمام را چگونه توصیف می‌کنید؟ فرایند خنک شدن آن را چگونه توصیف می‌کنید؟

۱-۲۸م در هنگام تحلیل شتاب گازها در حین عبور از نازل، چه سیستمی را انتخاب می‌کنید؟ این سیستم از چه نوع است؟

۱-۲۹م یک فرایند چه وقت جریان‌پایاست؟

۱-۳۰ چگالی هوای جَو با ارتفاع تغییر می‌کند و با افزایش ارتفاع، کاهش می‌یابد. **(الف)** با استفاده از داده‌های ارائه شده در جدول، رابطه‌ای برای بیان تغییرات چگالی با ارتفاع به‌دست بیاورید، و چگالی هوا را در ارتفاع ۷۰۰۰m محاسبه کنید. **(ب)** جرم جَو را با استفاده از این رابطه محاسبه کنید. فرض کنید زمین کره‌ای کامل به شعاع ۶۳۷۷km است، و ضخامت جَو را ۲۵km بگیرید.

Scanned by CamScanner

z, km	ρ, kg/m^3
۶۳۷۷	۱٫۲۲۵
۶۳۷۸	۱٫۱۱۲
۶۳۷۹	۱٫۰۰۷
۶۳۸۰	۰٫۹۰۹۳
۶۳۸۱	۰٫۸۱۹۴
۶۳۸۲	۰٫۷۳۶۴
۶۳۸۳	۰٫۶۶۰۱
۶۳۸۵	۰٫۵۲۵۸
۶۳۸۷	۰٫۴۱۳۵
۶۳۹۲	۰٫۱۹۴۸
۶۳۹۷	۰٫۰۸۸۹۱
۶۴۰۲	۰٫۰۴۰۰۸

دما

۱-۳۱م قانون صفرم ترمودینامیک را تعریف کنید.

۱-۳۲م مقیاس‌های دمای معمولی و مطلق در دستگاه‌های SI و انگلیسی کدام‌اند؟

۱-۳۳م یک دماسنج الکلی و یک دماسنج جیوه‌ای را در نظر بگیرید که در نقطهٔ یخ دقیقاً ۰°C و در نقطهٔ بخار دقیقاً ۱۰۰°C را نشان می‌دهند. فاصلهٔ بین این دو نقطه در هر دو دماسنج به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می‌شود. آیا به‌نظر شما این دو دماسنج در هر دمای دیگری، مثلاً در دمای ۶۰°C هم دقیقاً یک عدد را نشان می‌دهند؟ توضیح دهید.

۱-۳۴ دمای عمقی بدن انسان سالم ۳۷°C است. این دما را برحسب کلوین تعیین کنید.

۱-۳۵ دمای هوای گرم در ۱۵۰°C را برحسب °F و R تعیین کنید.

۱-۳۶ دمای سیستمی را طی یک فرایند گرمایش به اندازهٔ ۴۵°C افزایش می‌دهیم. این افزایش دما را برحسب کلوین بیان کنید.

۱-۳۷ نقطهٔ اشتعال نوعی روغن‌موتور ۳۶۳°F است. دمای مطلق اشتعال این روغن‌موتور را برحسب K و R بیان کنید.

۱-۳۸ طی فرایندی دمای آب به میزان ۱۰°F تغییر می‌کند. این تغییر دما را برحسب واحدهای سلسیوس (°C)، کلوین (K)، و رانکین (R) بیان کنید.

۱-۳۹ انسان در دماهای بین ۶۵°F و ۷۵°F بیش‌ترین احساس راحتی را دارد. این حدود دما را برحسب °C بیان کنید. اندازهٔ این گسترهٔ دما (۱۰°F) را به K، °C، و R بیان کنید. آیا در اندازهٔ این گستره برحسب واحدهای نسبی و مطلق تفاوتی وجود دارد؟

فشار، فشارسنج، جَوسنج

۱-۴۰م فشار نسبی و فشار مطلق چه تفاوتی دارند؟

۱-۴۱م یک نشریهٔ بهداشتی گزارش داده است که پزشکان فشار خون ۱۰۰ فرد بزرگ‌سال را با استفاده از دو وضعیت متفاوت دست: موازی با بدن (در طول پهلو) و عمود بر بدن (کشیده به‌طرف بیرون) اندازه‌گیری کرده‌اند. نتایج حاصل در وضعیت موازی بودن دست، صرف‌نظر از این‌که بیمار ایستاده، نشسته، یا دراز کشیده است، به میزان ۱۰ درصد از وضعیت عمودی بودن دست بالاتر بود. علت احتمالی این اختلاف را توضیح دهید.

۱-۴۲م شخصی ادعا می‌کند که فشار مطلق در سیالی با چگالی ثابت، با دو برابر شدن عمق، دوبرابر می‌شود. آیا با نظر این شخص موافق‌اید؟ توضیح دهید.

۱-۴۳م یک مکعب فولادی کوچک را با نخ در آب آویزان کرده‌اند. در صورتی که اضلاع مکعب خیلی کوچک باشند، اندازه‌های فشار وارد بر سطوح بالایی، پایینی و جانبی مکعب را مقایسه کنید.

۱-۴۴م قانون پاسکال را بیان کنید و مثالی از کاربرد آن در جهان واقعی ارائه دهید.

۱-۴۵ فشار در خروجی هوای کمپرسوری ۱۵۰psia است. این فشار برحسب kPa چقدر است؟

۱-۴۶ فشار در مخزن باد کمپرسور هوا ۱۵۰۰kPa است. مطلوب است تعیین فشار در این مخزن (**الف**) برحسب واحدهای kN و m؛ (**ب**) واحدهای kg، m، و s؛ و (**ج**) واحدهای kg، km، و s.

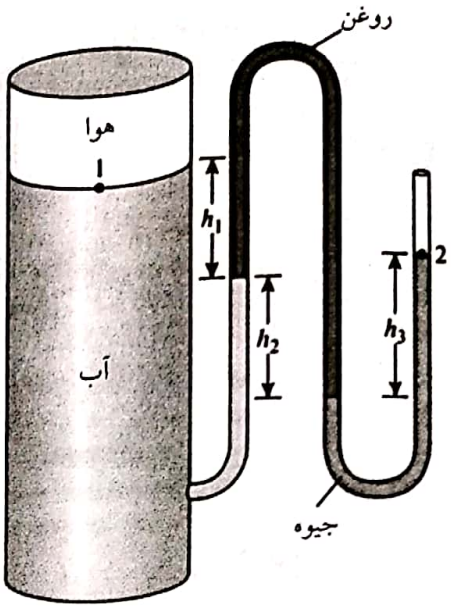
۱-۴۷ فشار در لولهٔ آبی ۱۵۰۰kPa است. فشار در این لوله را برحسب (**الف**) واحد lb/ft^2 و (**ب**) واحد (psi) lbf/in^2 تعیین کنید.

۱-۴۸ فشار هلیم در یک بادکنک ۱۲۵۰mmHg است. این فشار را برحسب kPa محاسبه کنید.

۱-۴۹ آب در مخزنی تحت فشار هوا قرار دارد، و فشار با استفاده از فشارسنج چندسیالی، مطابق شکل م ۱-۴۹ اندازه‌گیری می‌شود. مطلوب است تعیین فشار نسبی هوا در مخزن هرگاه، $h_1 = 0{,}2\text{m}$، $h_2 = 0{,}3\text{m}$، و $h_3 = 0{,}46\text{m}$. چگالی آب، روغن، و جیوه را، به‌ترتیب، ۱۰۰۰kg/m^3، ۸۵۰kg/m^3، و ۱۳۶۰۰kg/m^3 درنظر بگیرید.

۱-۵۰ مطلوب است تعیین فشار جَو در محلی که جَوسنج ۷۵۰mmHg را نشان می‌دهد. چگالی جیوه را ۱۳۶۰۰kg/m^3 بگیرید.

Scanned by CamScanner



شکل م ۱-۴۹

۱-۵۱ فشار نسبی در عمق ۳m از سطح مایعی ۴۲kPa است. فشار نسبی در عمق ۹m از سطح همین مایع را تعیین کنید.

۱-۵۲ فشار مطلق در عمق ۵m از سطح آب ۱۴۵kPa است. مطلوب است تعیین (**الف**) فشار جَو در محل، و (**ب**) فشار مطلق در همان محل و در عمق ۵m از سطح مایعی که چگالی نسبی آن ۰٫۸۵ است.

۱-۵۳ نشان دهید که $1\,kgf/cm^2 = 14{,}223\,psi$.

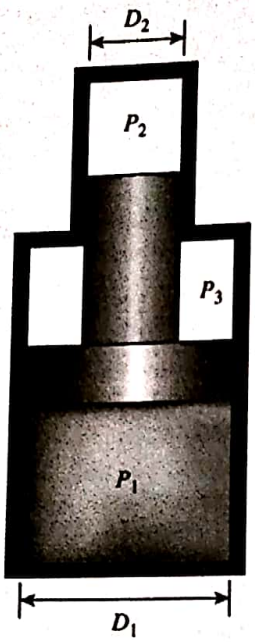
۱-۵۴ قطر پیستون‌های نشان داده شده در شکل م ۱-۵۴ برابر است با $D_1 = 8\,cm$ و $D_2 = 4\,cm$. مطلوب است تعیین فشار در محفظهٔ ۳ برحسب kPa، وقتی سایر فشارها برابر باشند با $P_1 = 1050\,kPa$ و $P_2 = 1750\,kPa$.

۱-۵۵ در شکل م ۱-۵۴ قطر پیستون‌ها را $D_1 = 10\,cm$ و $D_2 = 4\,cm$ بگیرید. وقتی فشار در محفظهٔ ۲ برابر ۲۰۰۰ kPa و فشار در محفظهٔ ۳ برابر ۷۰۰ kPa است، فشار در محفظهٔ ۱، برحسب kPa چقدر است؟

پاسخ. ۹۰۸kPa

۱-۵۶ زنی به وزن ۷۰kg را درنظر بگیرید که سطح کل جای پایش $400\,cm^2$ است. این زن می‌خواهد روی برف راه برود، اما برف نمی‌تواند فشاری بیش از ۰٫۵kPa را تحمل کند. مطلوب است تعیین اندازهٔ مینیمم کفش برفی که این زن لازم دارد (سطح جای پا برای هر کفش) تا بتواند بدون فرو رفتن در برف، روی آن راه برود.

۱-۵۷ خلأسنج متصل به مخزنی فشار ۳۰kPa را نشان می‌دهد و فشار جَو در همین محل با جَوسنج اندازه‌گیری می‌شود و



شکل م ۱-۵۴

۷۵۰ mmHg است. مطلوب است تعیین فشار مطلق در مخزن. فرض کنید $\rho_{Hg} = 13590\,kg/m^3$.

پاسخ. ۷۰٫۰ kPa

۱-۵۸ فشار چگالنده‌ای ۸۰kPa است. اگر فشار جَو ۹۸kPa باشد، فشار نسبی و فشار مطلق برحسب kPa، kN/m^2، lbf/in^2، psi، و mmHg چقدر است؟

۱-۵۹ جَوسنج کوهنوردی در آغاز صعود فشار ۷۴۰mbar و در پایان صعود فشار ۶۳۰mbar را نشان می‌دهد. با چشم‌پوشی از اثر ارتفاع بر شتاب گرانش، فاصلهٔ عمودی را که این کوهنورد صعود کرده است، تعیین کنید. چگالی میانگین هوا را $1{,}20\,kg/m^3$ فرض کنید.

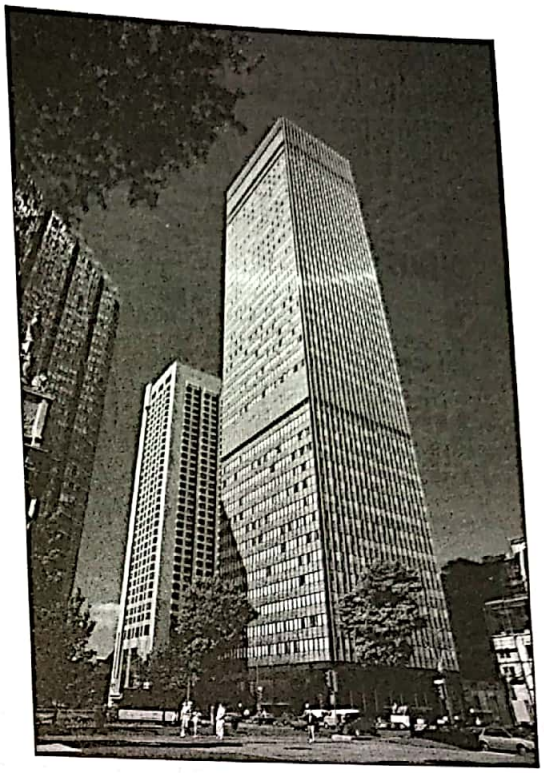
پاسخ. ۹۳۴m

۱-۶۰ از جَوسنج ساده می‌توان برای اندازه‌گیری ارتفاع یک ساختمان استفاده کرد. اگر جَوسنج در بالا و پایین ساختمان، به‌ترتیب، ۶۷۵ و ۶۹۵mmHg را نشان دهد، ارتفاع ساختمان چقدر است؟ چگالی هوا و جیوه را، به‌ترتیب، $1{,}18\,kg/m^3$ و $13600\,kg/m^3$ فرض کنید.

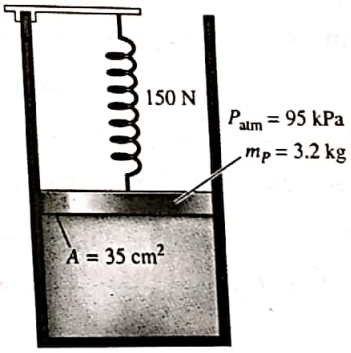
۱-۶۱ مسئلهٔ ۱-۶۰ را با استفاده از نرم‌افزار EES (یا هر نرم‌افزار دیگر) حل کنید. جواب را به‌طور کامل، شامل نتایج عددی با واحدهای مناسب، چاپ کنید.

۱-۶۲ مردی به قد ۱٫۷۵m را درنظر بگیرید که در استخری به حالت عمودی ایستاده و به‌طور کامل در آب غوطه‌ور است. مطلوب است تعیین اختلاف بین فشار وارد بر سر و پنجهٔ پای مرد، برحسب kPa.

Scanned by CamScanner



شکل م ۱-۶۰

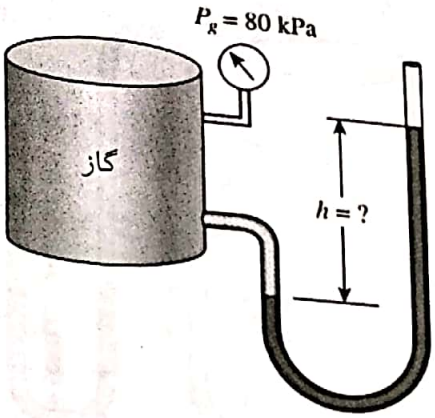


شکل م ۱-۶۳

۱-۶۳ گازی در یک مجموعه سیلندر ـ پیستون عمودی بدون اصطکاک محبوس است. جرم پیستون ۳٫۲kg و سطح مقطع آن ۳۵cm² است. فنر فشرده‌ای که روی پیستون تعبیه شده است نیروی ۱۵۰N را بر پیستون وارد می‌کند. در صورتی که فشار جَو ۹۵kPa باشد، مطلوب است تعیین فشار در داخل سیلندر.

پاسخ. ۱۴۷kPa

۱-۶۴ مسئلهٔ ۱-۶۳ را دوباره درنظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، دربارهٔ اثر نیروی فنر در گسترهٔ ۰ تا ۵۰۰N بر فشار در داخل سیلندر تحقیق کنید. نمودار فشار در داخل سیلندر را برحسب نیروی فنر ترسیم، و دربارهٔ نتایج بحث کنید.



شکل م ۱-۶۵

۱-۶۵ یک سنجهٔ فشار و یک فشارسنج (مانومتر) را به مخزن حاوی گاز متصل کرده‌اند تا فشار آن را اندازه‌گیری کنند. هرگاه سنجهٔ فشار ۸۰kPa را نشان دهد، مطلوب است تعیین فاصلهٔ بین دو سطح سیال در فشارسنج، هرگاه سیال داخل آن (**الف**) جیوه ($\rho = 13600\ kg/m^3$) یا (**ب**) آب ($\rho = 1000\ kg/m^3$) باشد.

۱-۶۶ مسئلهٔ ۱-۶۵ را دوباره درنظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، در مورد اثر چگالی سیال داخل فشارسنج در گسترهٔ ۸۰۰ تا ۱۳۰۰۰ kg/m³، بر اختلاف ارتفاع سیال داخل فشارسنج، تحقیق کنید. نمودار اختلاف ارتفاع سیال را برحسب چگالی ترسیم، و دربارهٔ نتایج بحث کنید.

۱-۶۷ فشارسنجی حاوی روغن ($\rho = 850\ kg/m^3$) را به مخزنی متصل کرده‌اند که پر از هواست. اگر اختلاف سطح روغن بین دو ستون ۳۶cm، و فشار جَو ۹۸kPa باشد، مطلوب است تعیین فشار مطلق هوا در مخزن.

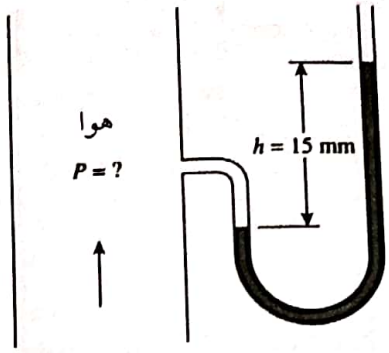
پاسخ. ۱۰۱kPa

۱-۶۸ یک فشارسنج جیوه‌ای ($\rho = 13600\ kg/m^3$) به کانال هوایی متصل شده است تا فشار داخل آن را اندازه‌گیری کند. اختلاف سطح در فشارسنج ۱۵mm، و فشار جَو ۱۰۰kPa است. (**الف**) براساس شکل م ۱-۶۸، تعیین کنید که فشار در کانال از فشار جَو بیش‌تر است یا کم‌تر. (**ب**) فشار مطلق را در کانال تعیین کنید.

۱-۶۹ مسئلهٔ ۱-۶۸ را با فرض اختلاف ارتفاع ۴۵mm برای جیوه حل کنید.

۱-۷۰ فشار خون را معمولاً با پیچیدن پوشش دوجدارهٔ بسته و

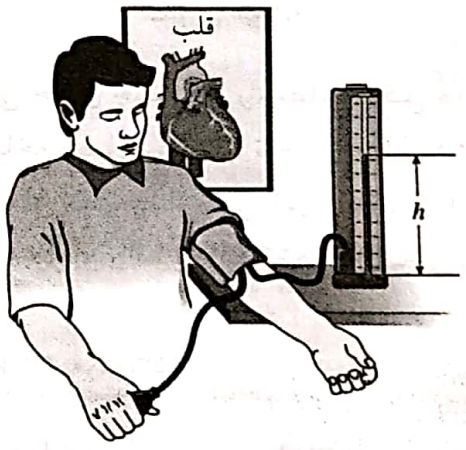
Scanned by CamScanner



شکل م ۱-۶۸

پرشده با هوای مجهز به سنجهٔ فشار دور بازوی شخص و در تراز قلب او، اندازه‌گیری می‌کنند. با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای و گوشی پزشکی، فشار سیستولی (فشار ماکزیمم وقتی قلب خون را تلمبه می‌کند) و فشار دیاستولی (فشار مینیمم وقتی قلب استراحت می‌کند) را بر حسب mmHg اندازه‌گیری می‌کنند. فشارهای سیستولی و دیاستولی شخص سالم، به‌ترتیب، در حدود ۱۲۰ mmHg و ۸۰ mmHg است و به‌صورت ۱۲۰/۸۰ نشان داده می‌شود. هر دو فشار نسبی را برحسب kPa، psi، و ارتفاع ستون آب برحسب متر بیان کنید.

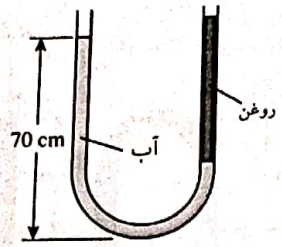
۱-۷۱ فشار خون ماکزیمم در بازوی شخص سالم در حدود ۱۲۰ mmHg است. اگر لوله‌ای عمودی که سر آن باز است به سیاهرگ بازوی شخص متصل شود، خون تا چه ارتفاعی در لوله بالا خواهد رفت؟ چگالی خون را ۱۰۵۰ kg/m³ بگیرید.



شکل م ۱-۷۱

۱-۷۲ مطلوب است تعیین فشار وارد بر غواصی در عمق ۳۰ m از سطح آزاد آب دریا. فرض کنید فشار جَوسنجشی ۱۰۱ kPa و چگالی نسبی آب دریا ۱٫۰۳ است.

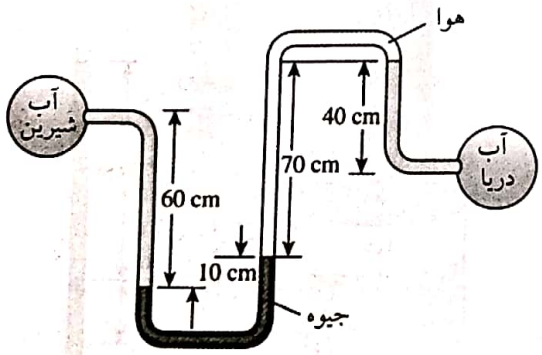
پاسخ. ۴۰۴٫۰ kPa



شکل م ۱-۷۳

۱-۷۳ لولهٔ دوشاخه‌ای را درنظر بگیرید که هر دو سر آن باز است. از یک سر آب داخل آن می‌ریزیم و از سر دیگر روغن سبک ($\rho = 790\ kg/m^3$). ارتفاع آب در یک شاخه ۷۰ cm است و شاخهٔ دیگر حاوی هر دو سیال است و نسبت ارتفاع روغن به آب ۴ است. مطلوب است تعیین ارتفاع هر سیال در این شاخه.

۱-۷۴ آب شیرین و آب دریا در دو خط لولهٔ افقی موازی جریان دارد و لوله‌ها، مطابق شکل م ۱-۷۴، به وسیلهٔ فشارسنجی با دو لولهٔ U شکل به‌هم متصل شده‌اند. مطلوب است تعیین اختلاف فشار بین دو خط لوله. چگالی آب دریا در آن محل را $\rho = 1035\ kg/m^3$ فرض کنید. آیا می‌توان در این تحلیل ستون هوا را نادیده گرفت؟



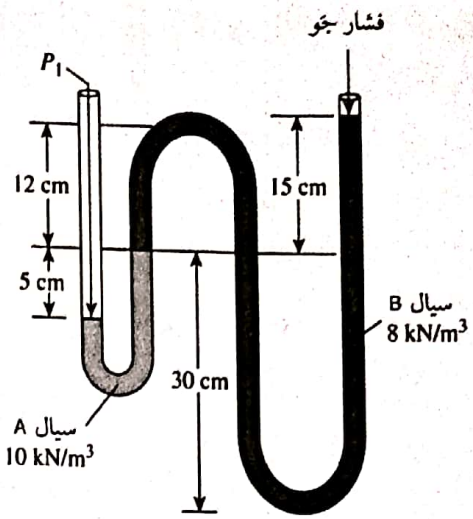
شکل م ۱-۷۴

۱-۷۵ مسئلهٔ ۱-۷۴ را با این فرض حل کنید که جای هوا را روغن با چگالی نسبی ۰٫۷۲ گرفته است.

۱-۷۶ فشار مطلق، P_1، فشارسنج نشان داده شده در شکل م ۱-۷۶ را برحسب kPa محاسبه کنید. فشار جَو در محل ۷۵۸ mmHg است.

۱-۷۷ فشارسنج نشان داده شده در شکل م ۱-۷۶ را درنظر بگیرید. وزن مخصوص سیال A را ۱۰۰ kN/m³ فرض می‌کنیم؛ مطلوب است تعیین فشار مطلقی که فشارسنج نشان می‌دهد، هرگاه فشار جَو در محل ۹۰ kPa باشد.

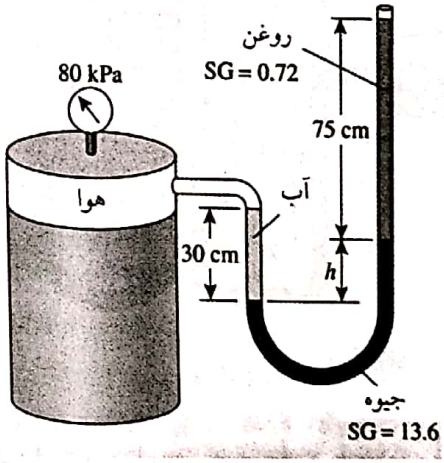
Scanned by CamScanner



شکل م ۱-۷۶

۱-۷۸ فشارسنج نشان داده شده در شکل م ۱-۷۶ را درنظر بگیرید. وزن مخصوص سیال B را ۱۲kN/m³ فرض می‌کنیم؛ مطلوب است تعیین فشار مطلقی که فشارسنج نشان می‌دهد، هرگاه فشار جَو در محل ۷۲۰mmHg باشد.

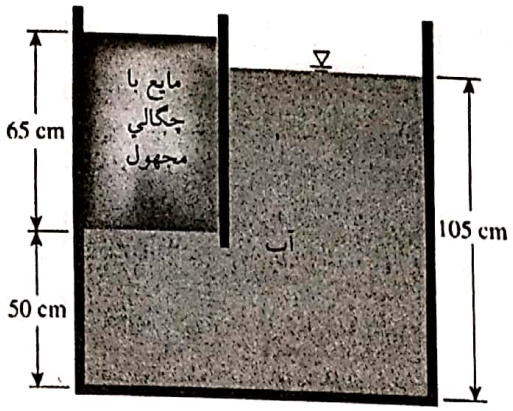
۱-۷۹ فشار نسبی هوا در مخزن نشان داده شده در شکل م ۱-۷۹ برابر ۸۰kPa اندازه‌گیری می‌شود. مطلوب است تعیین اختلاف ارتفاع h ستون جیوه.



شکل م ۱-۷۹

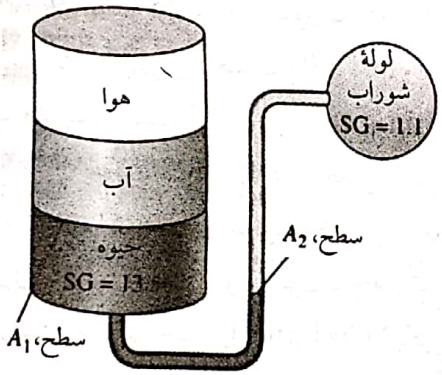
۱-۸۰ مسئلهٔ ۱-۷۹ را به‌ازای فشار نسبی ۴۰kPa حل کنید.

۱-۸۱ قسمت بالایی منبع آبی را، مطابق شکل م ۱-۸۱، به دو بخش تقسیم کرده‌اند. سیالی با چگالی مجهول را در یک طرف می‌ریزند و سطح آب در طرف دیگر به‌اندازه‌ای بالا می‌آید که این اثر را جبران کند. براساس ارتفاع نهایی سیال‌ها که در شکل نشان داده شده است، چگالی سیال اضافه‌شده را تعیین کنید. فرض کنید این سیال با آب مخلوط نمی‌شود.



شکل م ۱-۸۱

۱-۸۲ سیستم نشان داده شده در شکل م ۱-۸۲ را درنظر بگیرید. اگر تغییر فشار هوا به اندازهٔ ۰٫۷kPa سبب شود که فصل مشترک جیوه ـ شوراب در ستون سمت راست به اندازهٔ ۵mm در شوراب ستون سمت راست پایین بیاید، اما فشار در لولهٔ شوراب ثابت بماند، نسبت A_2/A_1 چقدر است؟



شکل م ۱-۸۲

۱-۸۳ ظرفی حاوی چند سیال را، مطابق شکل م ۱-۸۳، به لوله‌ای دوشاخه متصل کرده‌اند. با توجه به چگالی‌های نسبی و ارتفاع ستون‌های سیال، فشار نسبی را در A تعیین کنید. به‌علاوه، ارتفاع ستون جیوه‌ای را تعیین کنید که همین فشار را در A ایجاد می‌کند.

پاسخ‌ها. ۰٫۴۷۱kPa، ۰٫۳۵۳cm

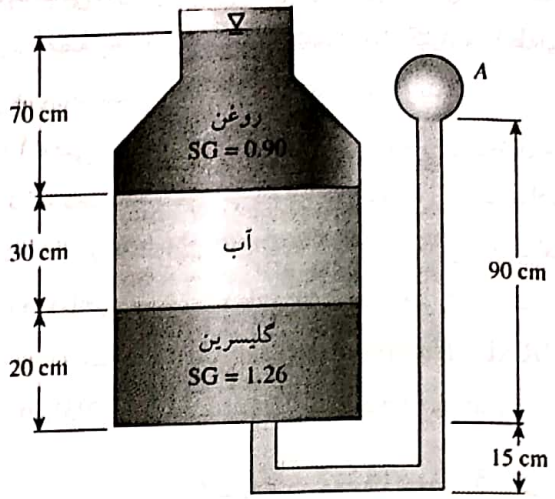
حل مسائل مهندسی و EES

۱-۸۴م ارزش بسته‌های نرم‌افزاری در (**الف**) آموزش مهندسی، و (**ب**) کارهای مهندسی چقدر است؟

۱-۸۵ با استفاده از نرم‌افزار EES یک ریشهٔ مثبت حقیقی معادلهٔ زیر را تعیین کنید:

$$2x^3 - 10x^{0.5} - 3x = -3$$

Scanned by CamScanner



شکل م ۱-۸۳

۱-۸۶ با استفاده از نرم‌افزار EES این دستگاه دو معادله‌ای دو مجهولی را حل کنید:

$$x^3 - y^2 = 7{,}75$$

$$3xy + y = 3{,}5$$

۱-۸۷ با استفاده از نرم‌افزار EES این دستگاه سه معادله‌ای سه مجهولی را حل کنید:

$$2x - y + z = 7$$

$$3x^2 + 3y = z + 3$$

$$xy + 2z = 4$$

۱-۸۸ با استفاده از نرم‌افزار EES این دستگاه سه معادله‌ای سه مجهولی را حل کنید:

$$x^2 y - z = 1$$

$$x - 3y^{0{,}5} + xz = -2$$

$$x + y - z = 2$$

۱-۸۹ گرمای ویژه به‌صورت مقدار انرژی لازم برای افزایش دمای جرم واحد ماده به اندازهٔ یک درجه، تعریف می‌شود. گرمای ویژهٔ آب در دمای محیط و در دستگاه واحدهای SI برابر ۴٫۱۸kJ/kg·°C است. با استفاده از قابلیت تبدیل تابع نرم‌افزار EES، گرمای ویژهٔ آب را برحسب (الف) kJ/kg·K، (ب) Btu/lbm·°F، (ج) Btu/lbm·R، و (د) kcal/kg·°C بیان کنید.

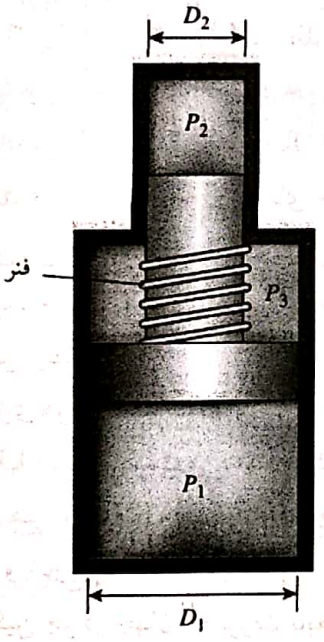
پاسخ‌ها. (الف) ۴٫۱۸، (ب) (ج) (د) ۰٫۹۹۸۴

مسائل دوره

۱-۹۰ یک مدول مقاومت اکتشافی در محلی که $g = 9{,}8\,m/s^2$ است، ۲۸۰۰ N وزن دارد. مطلوب است تعیین وزن این مدول برحسب نیوتن، وقتی روی سطح ماه است و $g = 1{,}64\,m/s^2$.

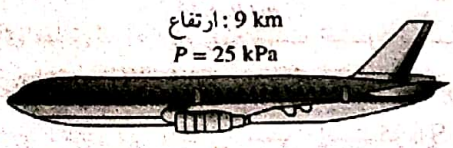
۱-۹۱ نیرویی که فنری ایجاد می‌کند از رابطهٔ $F = kx$ به‌دست می‌آید که k ثابت فنر و x تغییر طول فنر است. فنر نشان داده شده در شکل م ۱-۹۱ ثابتی برابر ۸kN/cm دارد. فشارها عبارت‌اند از $P_1 = 5000$ kPa، $P_2 = 10000$ kPa، و $P_3 = 1000$ kPa. اگر قطر پیستون‌ها $D_1 = 8$cm و $D_2 = 3$cm باشد، فنر چقدر تغییر طول می‌دهد؟

پاسخ. ۱٫۷۲cm



شکل م ۱-۹۱

۱-۹۲ خلبان هواپیمایی در هنگام پرواز بر فراز شهری، ارتفاع را ۹۰۰۰ m و فشار مطلق را ۲۵kPa قرائت می‌کند. مطلوب است محاسبهٔ فشار جو در آن شهر، برحسب kPa و mmHg. چگالی هوا و جیوه را، به‌ترتیب، ۱٫۱۵kg/m³ و ۱۳۶۰۰ kg/m³ بگیرید.



شکل م ۱-۹۲

Scanned by CamScanner

۱–۹۳ وزن اجسام در مکان‌های مختلف، در نتیجهٔ تغییر شتاب گرانشی، g، با ارتفاع، تغییر می‌کند. این تغییرات را با استفاده از رابطهٔ ارائه شده در مسئلهٔ ۱–۹ به حساب بیاورید و وزن شخص ۸۰ کیلوگرمی را در سطح دریا ($z = ۰$)، در شهر دنور ($z = ۱۶۱۰\,m$)، و روی قلهٔ اورست ($z = ۸۸۴۸\,m$) تعیین کنید.

۱–۹۴ مردی برای خریدن استیک به یک بازار سنتی می‌رود و استیکی به جرم ۱۲ oz (۱ lbm = ۱۶ oz) به قیمت ۳٫۱۵ دلار پیدا می‌کند. سپس به بازار بین‌المللی مجاور می‌رود و استیکی به جرم ۳۰۰ g را به قیمت ۲٫۹۵ دلار پیدا می‌کند. خرید کدام استیک به‌صرفه است؟

۱–۹۵ وزن ماده‌ای به جرم ۱ kg برحسب N، kN، kg·m/s²، kgf، lbm·ft/s² و lbf چقدر است؟

۱–۹۶ به‌ازای افزایش هر °C در دمای مینیمم داخل یخچالی مفروض، بازده آن ۳ درصد افزایش می‌یابد. مطلوب است تعیین میزان افزایش بازده این یخچال به‌ازای هر درجه افزایش دمای مینیمم برحسب (الف) K، (ب) °F، و (ج) R.

۱–۹۷ به‌ازای هر ۱۰۰۰ m افزایش ارتفاع، دمای جوشیدن آب در حدود ۳°C کاهش می‌یابد. مطلوب است تعیین میزان کاهش دمای جوشیدن آب برحسب (الف) K، (ب) °F، و (ج) R به‌ازای هر ۱۰۰۰ m افزایش ارتفاع.

۱–۹۸ خانه‌ای به‌ازای هر °C اختلاف دمای هوای داخل و خارج، گرما را با آهنگ ۲۷۰۰ kJ/h از دست می‌دهد. آهنگ اتلاف گرمای این خانه را به‌ازای هر (الف) K، (ب) °F، و (ج) R اختلاف دمای هوای داخل و خارج بیان کنید.

۱–۹۹ دمای میانگین جَو در جهان به‌صورت تابعی از ارتفاع، با رابطهٔ زیر تقریب زده می‌شود

$$T_{\text{اتمسفر}} = ۲۸۸٫۱۵ - ۶٫۵z$$

که در آن $T_{\text{اتمسفر}}$ دمای جَو برحسب K و z ارتفاع برحسب km است و در سطح دریا $z = ۰$. مطلوب است تعیین دمای میانگین جَو در بیرون از هواپیمایی که در ارتفاع ۱۲۰۰۰ m پرواز می‌کند.

۱–۱۰۰ جو اسمیت، دانشجوی کهنه‌پرست رشتهٔ مهندسی، اعتقاد دارد که بهترین نقطهٔ مرجع برای مقیاس‌های دما، نقطهٔ جوش آب است. او که از سرراست نبودن نقطهٔ جوش آب در مقیاس دمای مطلق که امروزه رایج است خشنود نیست، مقیاس دمای مطلق جدیدی را پیشنهاد می‌کند که آن را مقیاس اسمیت می‌نامد. واحد دما در این مقیاس *اسمیت* است که با S نشان داده می‌شود و نقطهٔ جوش آب در این مقیاس ۱۰۰۰ S است. از دیدگاه ترمودینامیکی، در مورد پذیرفتنی بودن این مقیاس دما بحث کنید. به‌علاوه، نقطهٔ یخ را در مقیاس اسمیت پیدا کنید و رابطه‌ای بین مقیاس‌های اسمیت و سلسیوس به‌دست آورید.

۱–۱۰۱ وقتی باد می‌وزد، هوای سرد، سردتر از چیزی به‌نظر می‌رسد که دماسنج نشان می‌دهد؛ این پدیده را «اثر بادسرما» می‌نامند. این اثر از افزایش ضریب انتقال هم‌رفتی گرما با افزایش سرعت هوا ناشی می‌شود. *دمای بادسرمای هم‌ارز* برحسب °F از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید [ASHRAE, *Handbook of Fundamentals* (Atlanta, GA, 1993), p. 8.15]

$$T_{\text{هم‌ارز}} = ۹۱٫۴ - (۹۱٫۴ - T_{\text{محیط}}) \times (۰٫۴۷۵ - ۰٫۰۲۰۳V + ۰٫۳۰۴\sqrt{V})$$

که در آن V سرعت باد برحسب mi/h و $T_{\text{محیط}}$ دمای هوای محیط برحسب °F در هوای آرام است که در آن نسیم ملایمی با سرعت ۴ mi/h می‌وزد. ثابت ۹۱٫۴°F در معادلهٔ مفروض دمای میانگین پوست بدن انسانی است که در محیطی آسوده در حال استراحت است. وقتی باد می‌وزد، هوایی با دمای $T_{\text{محیط}}$ و سرعت V به سردی هوای آرام با دمای $T_{\text{هم‌ارز}}$ حس می‌شود. با استفاده از ضرایب تبدیل مناسب، رابطهٔ معادلی در دستگاه واحدهای SI به‌دست آورید که در آن V سرعت باد برحسب km/h و $T_{\text{محیط}}$ دمای هوای محیط برحسب °C باشد.

پاسخ.

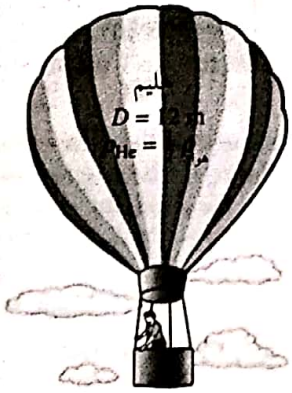
$$T_{\text{هم‌ارز}} = ۳۳٫۰ - (۳۳٫۰ - T_{\text{محیط}}) \times (۰٫۴۷۵ - ۰٫۰۱۲۶V + ۰٫۲۴۰\sqrt{V})$$

۱–۱۰۲ مسئلهٔ ۱–۱۰۱ را دوباره درنظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، نمودار دماهای بادسرمای هم‌ارز را برحسب °C به‌صورت تابعی از سرعت باد در گسترهٔ ۵ تا ۶۰ km/h، به‌ازای دماهای محیط ۵–، ۵، و ۱۵°C ترسیم کنید. دربارهٔ نتایج بحث کنید.

۱–۱۰۳ برای استفاده از یک دستگاه تهویه مطبوع باید کانالی به قطر ۱۵ cm و طول ۲۰ m در زیر آب نصب شود. مطلوب است تعیین نیروی رو به بالایی که آب بر این کانال وارد می‌کند. چگالی هوا و آب را، به‌ترتیب، ۱٫۳ kg/m³ و ۱۰۰۰ kg/m³ درنظر بگیرید.

۱–۱۰۴ بالون‌ها را غالباً با گاز هلیم پر می‌کنند، زیرا در شرایط مساوی، وزن آن فقط ۱/۷ وزن هواست. نیروی شناوری، که می‌توان آن را با رابطهٔ $F_b = \rho_{\text{هوا}} g V_{\text{بالون}}$ بیان کرد، بالون را به طرف بالا می‌راند. قطر بالون ۱۲ m است و دو سرنشین، هر یک به جرم ۸۵ kg، دارد. شتاب بالون را وقتی برای نخستین بار رها می‌شود،

Scanned by CamScanner



شکل م ۱-۱۰۴

تعیین کنید. فرض کنید چگالی هوا $\rho = 1{,}16 kg/m^3$ است و از وزن طناب‌ها و سبد چشم‌پوشی کنید.

پاسخ. $22{,}4 m/s^2$

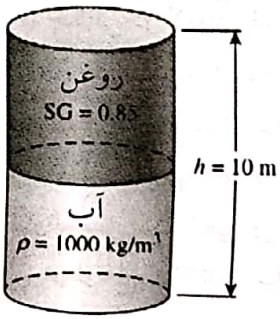
۱-۱۰۵ مسئلهٔ ۱-۱۰۴ را دوباره درنظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، دربارهٔ اثر تعداد سرنشینان بالون بر شتاب آن تحقیق کنید. نمودار شتاب برحسب تعداد سرنشین را ترسیم، و دربارهٔ نتایج بحث کنید.

۱-۱۰۶ مقدار ماکزیمم باری را که بالون توصیف‌شده در مسئلهٔ ۱-۱۰۴ می‌تواند حمل کند، برحسب kg تعیین کنید.

پاسخ. ۹۰۰ kg

۱-۱۰۷ نیمهٔ پایینی ظرفی استوانه‌ای به ارتفاع ۱۰ m حاوی آب ($\rho = 1000 kg/m^3$) و نیمهٔ بالایی آن حاوی روغن با چگالی نسبی ۰٫۸۵ است. اختلاف فشار بین بالا و پایین استوانه را تعیین کنید.

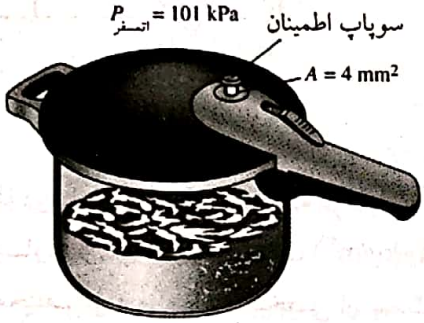
پاسخ. ۹۰٫۷ kPa



شکل م ۱-۱۰۷

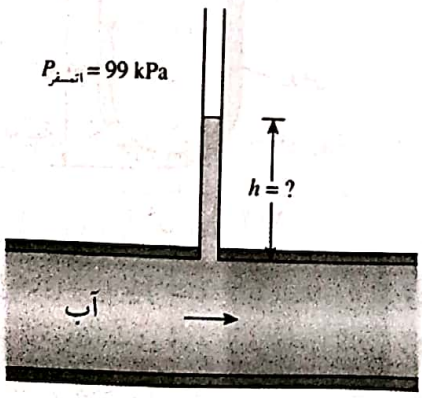
۱-۱۰۸ مجموعهٔ سیلندر-پیستون عمودی بدون اصطکاکی حاوی گاز با فشار مطلق ۱۸۰ kPa است. فشار جَو در بیرون ۱۰۰ kPa و سطح مقطع پیستون ۲۵ cm^2 است. جرم پیستون را تعیین کنید.

۱-۱۰۹ دیگ زودپز بسیار سریع‌تر از دیگ‌های معمولی غذا را می‌پزد، زیرا فشار و دمای داخل آن بالاتر است. درِ دیگ زودپز کاملاً آب‌بندی است و بخار فقط از روزنه‌ای در وسط آن خارج می‌شود. یک قطعهٔ فلزی مجزا، موسوم به سوپاپ اطمینان، روی این روزنه قرار دارد و از خروج بخار جلوگیری می‌کند تا زمانی که نیروی فشار بخار بر وزن سوپاپ غلبه کند. با خروج متناوب بخار به این شیوه، از افزایش خطرناک فشار در داخل دیگ جلوگیری می‌شود و فشار داخل دیگ ثابت می‌ماند. مطلوب است تعیین جرم سوپاپ دیگ زودپزی که فشار کاری نسبی آن ۱۰۰ kPa و سطح مقطع روزنهٔ سوپاپ آن ۴ mm^2 است. فشار جَو را ۱۰۱ kPa فرض کنید و نمودار جسم آزاد سوپاپ اطمینان را ترسیم کنید.



شکل م ۱-۱۰۹

۱-۱۱۰ لوله‌ای شیشه‌ای، مطابق شکل م ۱-۱۱۰، به لولهٔ آبی متصل است. اگر فشار آب در ته لوله ۱۲۰ kPa و فشار جَو در محل ۹۹ kPa باشد، ارتفاع آب در لولهٔ شیشه‌ای را، برحسب m، تعیین کنید. چگالی آب را ۱۰۰۰ kg/m^3 فرض کنید.

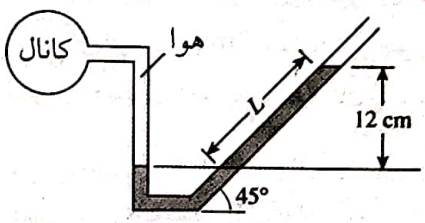


شکل م ۱-۱۱۰

۱-۱۱۱ در هنگام اندازه‌گیری اختلاف‌فشارهای کم با استفاده از فشارسنج، غالباً یک شاخهٔ فشارسنج را مایل می‌سازند تا بتوان قرائت دقیق‌تری انجام داد (اختلاف فشار باز هم با فاصلهٔ عمودی

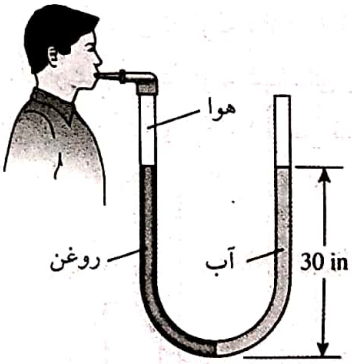
Scanned by CamScanner

متناسب است نه با طول واقعی سیال در لوله.) می‌خواهیم با استفاده از فشارسنجی که شاخهٔ باز آن، مطابق شکل م ۱-۱۱۱، با راستای افقی زاویهٔ ۴۵° تشکیل می‌دهد، فشار هوا در کانالی دایره‌ای را اندازه‌گیری کنیم. چگالی مایع داخل فشارسنج ۰٫۸۱kg/L، و فاصلهٔ عمودی بین سطح سیال در دو شاخهٔ فشارسنج ۱۲cm است. مطلوب است تعیین فشار نسبی هوا در کانال و طول ستون سیال در شاخهٔ مایل در بالای سطح سیال در شاخهٔ عمودی.



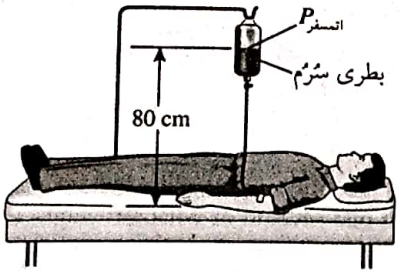
شکل م ۱-۱۱۱

۱-۱۱۲ لولهٔ دوشاخه‌ای درنظر بگیرید که هر دو سر آن باز است. حجم‌های مساوی از آب و روغن سبک ($\rho = 790\,kg/m^3$) در شاخه‌های مختلف لوله می‌ریزند. شخصی از سمت روغن به داخل لوله می‌دمد تا سطح تماس دو سیال به ته لولهٔ دوشاخه جابه‌جا شود. ارتفاع سیال در هر شاخه ۷۵cm است؛ مطلوب است تعیین فشار نسبی که شخص با دمیدن بر روغن وارد می‌کند.



شکل م ۱-۱۱۲

۱-۱۱۳ سُرُم‌های وریدی را معمولاً با استفاده از نیروی گرانش و از طریق آویزان کردن بطری سُرُم در ارتفاعی کافی برای مقابله با فشار خون در سیاهرگ و راندن سیال به داخل بدن، تزریق می‌کنند. هر چه ارتفاع بطری بیش‌تر باشد، آهنگ جریان سیال بالاتر خواهد بود. (**الف**) مشاهده می‌شود که وقتی بطری ۸۰cm از تراز بازوی بیمار بالاتر است، فشار سیال و فشار خون برابرند؛ فشار نسبی خون را تعیین کنید. (**ب**) فرض کنید فشار نسبی سیال در تراز بازوی بیمار باید ۱۵kPa باشد تا سُرُم با آهنگ کافی



شکل م ۱-۱۱۳

جریان یابد؛ بطری را باید در چه ارتفاعی نصب کرد؟ چگالی سیال را $1020\,kg/m^3$ درنظر بگیرید.

۱-۱۱۴ فشار میانگین جَو روی سطح زمین به‌صورت تابعی از ارتفاع، با رابطهٔ $P_{\text{اتمسفر}} = 101{,}325(1 - 0{,}02256z)^{5{,}256}$ بیان می‌شود که در آن $P_{\text{اتمسفر}}$ فشار جَو برحسب kPa و z ارتفاع برحسب km است و در سطح دریا $z = 0$. مطلوب است تعیین فشار تقریبی جَو در آتلانتا ($z = 306\,m$)، دنور ($z = 1610\,m$)، مکزیکوسیتی ($z = 2309\,m$)، و قلهٔ اورست ($z = 8848\,m$).

۱-۱۱۵ می‌دانیم که دمای جَو با ارتفاع تغییر می‌کند. مثلاً در تروپوسفر، که تا ارتفاع 11km ادامه دارد، تغییرات دمای جَو را می‌توان با رابطهٔ $T = T_0 - \beta z$ تقریب زد که در آن T_0 دما در سطح دریاست که می‌توان آن را 288,15K درنظر گرفت و $\beta = 0{,}0065\,K/m$. شتاب گرانش نیز با رابطهٔ $g(z) = g_0/(1 + z/6370320)^2$ با ارتفاع تغییر می‌کند و در این رابطه $g_0 = 9{,}807\,m/s^2$ و z ارتفاع از سطح دریا برحسب m است. رابطه‌ای برای تغییر فشار در تروپوسفر (**الف**) با چشم‌پوشی و (**ب**) با درنظر گرفتن تغییرات g با ارتفاع، به‌دست آورید.

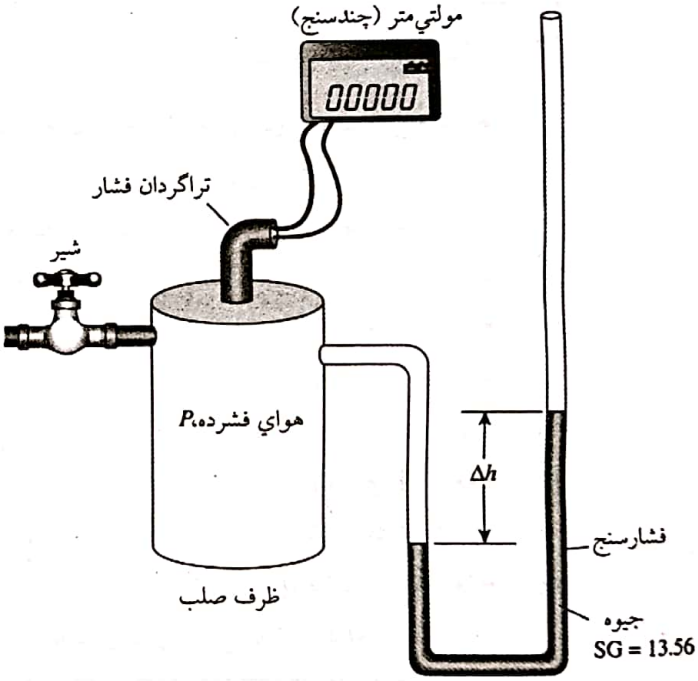
۱-۱۱۶ تغییر فشار با چگالی در لایه‌ای ضخیم از گاز از رابطهٔ $P = C\rho^n$ به‌دست می‌آید که در آن C و n مقادیر ثابت‌اند. با توجه به این‌که تغییرات فشار در لایه‌ای از سیال به ضخامت dz در راستای عمودی z از رابطهٔ $dP = -\rho g dz$ به‌دست می‌آید، رابطه‌ای برای بیان فشار به‌صورت تابعی از ارتفاع z به‌دست آورید. فشار و چگالی در ارتفاع $z = 0$ را، به‌ترتیب، P_0 و ρ_0 فرض کنید.

۱-۱۱۷ از تراگردان فشار برای اندازه‌گیری فشار از طریق تولید سیگنال‌هایی معمولاً در گسترهٔ 4mA تا 20mA یا 0 V-dc تا 10 V-dc، در پاسخ به فشار وارد شده استفاده می‌کنند. از سیستمی که طرح شماتیک آن در شکل م ۱-۱۱۷ نشان داده شده است می‌توان برای مدرج کردن تراگردان فشار استفاده کرد. ظرف

Scanned by CamScanner

صلبی با هوای فشرده پر می‌شود و فشار را با فشارسنج متصل به آن اندازه‌گیری می‌کنند. برای تنظیم فشار در ظرف از شیر استفاده می‌شود. فشار و سیگنال الکتریکی را، به‌طور هم‌زمان، در شرایط مختلف اندازه‌گیری و نتایج را جدول‌بندی می‌کنند. به‌ازای شرایط اندازه‌گیری مفروض، منحنی مدرج‌سازی را به‌صورت $P = aI + b$ به‌دست آورید که در آن a و b مقادیر ثابت‌اند، و فشار متناظر با سیگنال ۱۰mA را محاسبه کنید.

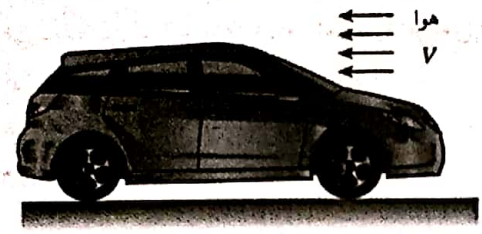
Δh,mm	۲۸٫۰	۱۸۱٫۵	۲۹۷٫۸	۴۱۳٫۱	۷۶۵٫۹
I,mA	۴٫۲۱	۵٫۷۸	۶٫۹۷	۸٫۱۵	۱۱٫۷۶
Δh,mm	۱۰۲۷	۱۱۴۹	۱۳۶۲	۱۴۵۸	۱۵۳۶
I,mA	۱۴٫۴۳	۱۵٫۶۸	۱۷٫۸۶	۱۸٫۸۴	۱۹٫۶۴



شکل م ۱-۱۱۷

۱-۱۱۸ جریان هوا در توربین بادی را درنظر بگیرید که پره‌های آن ناحیه‌ای به قطر D (برحسب m) را می‌روبد. سرعت متوسط هوا در ناحیهٔ روبیده‌شده V (برحسب m/s) است. براساس واحدهای کمیت‌های دخیل، نشان دهید که آهنگ جریان جرمی هوا (برحسب kg/s) در ناحیهٔ روبیده شده با چگالی هوا، سرعت باد، و مجذور قطر ناحیهٔ روبیده‌شده متناسب است.

۱-۱۱۹ نیروی مقاومی (نیروی پس‌آر) که هوا بر اتومبیلی وارد می‌کند به ضریب پس‌آر بدون بُعد، چگالی هوا، سرعت، و سطح جلو اتومبیل بستگی دارد. یعنی $F_D = f(C_{\text{پس‌آر}}, A_{\text{جلو}}, \rho, V)$. صرفاً براساس واحدها، رابطه‌ای برای بیان نیروی پس‌آر به‌دست آورید.



شکل م ۱-۱۱۹

مسائل امتحان مبانی مهندسی (FE)

۱-۱۲۰ یک ماهی را درنظر بگیرید که در عمق ۵m از سطح آب شنا می‌کند. افزایش فشار وارد بر ماهی وقتی به عمق ۲۵m از سطح آب می‌رود برابر است با

(الف) ۱۹۶Pa (ب) ۵۴۰۰ Pa
(ج) ۳۰۰۰۰ Pa (د) ۱۹۶۰۰۰ Pa
(ه) ۲۹۴۰۰۰ Pa

۱-۱۲۱ فشار جَو در بالا و پایین ساختمانی را با جَوسنج اندازه می‌گیریم و به‌ترتیب، برابر است با ۹۶٫۰ و ۹۸٫۰kPa. هرگاه چگالی هوا ۱٫۰kg/m³ باشد، ارتفاع ساختمان برابر است با

(الف) ۱۷m (ب) ۲۰m
(ج) ۱۷۰m (د) ۲۰۴m
(ه) ۲۵۲m

۱-۱۲۲ سیبی با هر °C که از دمایش کاسته شود، ۴٫۵kJ گرما از دست می‌دهد. مقدار گرمایی که سیب به‌ازای هر °F کاهش دما از دست می‌دهد برابر است با

(الف) ۱٫۲۵kJ (ب) ۲٫۵۰kJ
(ج) ۵٫۰kJ (د) ۸٫۱kJ
(ه) ۴٫۱kJ

۱-۱۲۳ استخر شنایی به عمق ۲m را درنظر بگیرید. اختلاف فشار بین سطح و کف استخر برابر است با

(الف) ۱۲٫۰kPa (ب) ۱۹٫۶kPa
(ج) ۳۸٫۱kPa (د) ۵۰٫۸kPa
(ه) ۲۰۰kPa

۱-۱۲۴ در سطح دریا، وزن جسمی به جرم ۱kg در دستگاه واحدهای SI برابر ۹٫۸۱N است. وزن جسمی به جرم ۱lbm در دستگاه واحدهای انگلیسی برابر است با

(الف) ۱ lbf (ب) ۹٫۸۱ lbf
(ج) ۳۲٫۲ lbf (د) ۰٫۱ lbf
(ه) ۰٫۰۳۱ lbf

Scanned by CamScanner

۱-۱۲۵ طی یک فرایند گرمایش، دمای جسمی به اندازهٔ ۱۰°C افزایش می‌یابد. این افزایش دما هم‌ارز است با افزایش دمای

(الف) ۱۰°F　　**(ب)** ۴۲°F

(ج) ۱۸K　　**(د)** ۱۸R

(ه) ۲۸۳K

مسائل طراحی و مقاله‌ای

۱-۱۲۶ مقاله‌ای در مورد وسایل مختلف اندازه‌گیری دما بنویسید. اصول کار هر یک، محاسن و معایب آن، قیمت آن، و گسترهٔ کاربرد آن را توضیح دهید. در هر یک از موارد زیر استفاده از کدام وسیله را توصیه می‌کنید: اندازه‌گیری دمای بدن بیمار در مطب پزشک، پایش تغییرات دمای موتور اتومبیل در چند محل، و پایش دما در کورهٔ یک نیروگاه؟

۱-۱۲۷ مقاله‌ای در مورد وسایل مختلف اندازه‌گیری جرم و حجم که در طول تاریخ از آن‌ها استفاده شده است، بنویسید. به‌علاوه، چگونگی پیدایش واحدهای مدرن برای جرم و حجم را شرح دهید.

Scanned by CamScanner

$$\frac{\dot{W}_{\text{الکتریکی، خروجی}}}{\dot{W}_{\text{محور، ورودی}}} = \frac{\text{توان الکتریکی خروجی}}{\text{توان مکانیکی ورودی}} = \eta_{\text{مولد}}$$

$$\frac{\Delta\dot{E}_{\text{سیال، مکانیکی}}}{\dot{W}_{\text{الکتریکی، ورودی}}} = \eta_{\text{موتور}}\eta_{\text{پمپ}} = \eta_{\text{موتور - پمپ}}$$

$$\frac{\dot{W}_{\text{الکتریکی، خروجی}}}{|\Delta\dot{E}_{\text{سیال، مکانیکی}}|} = \eta_{\text{مولد}}\eta_{\text{توربین}} = \eta_{\text{مولد - توربین}}$$

تبدیل انرژی از یک صورت به‌صورتی دیگر غالباً با آثار نامطلوبی روی محیط زیست همراه است، و در هنگام تبدیل و استفاده از انرژی باید تأثیر زیست‌محیطی آن را نیز در نظر گرفت.

مراجع و کتاب‌های پیشنهادی

1. ASHRAE *Handbook of Fundamentals*. SI version. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993.
2. Y. A. Çengel. "An Intuitive and Unified Approach to Teaching Thermodynamics." ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Atlanta, Georgia, AES-Vol. 36, pp. 251–260, November 17–22, 1996.

مسائل

توجه. مسائلی که با حرف «م» مشخص می‌شوند، پرسش‌های مفهومی‌اند و به دانشجویان توصیه می‌کنیم به همهٔ آن‌ها پاسخ بدهند. مسائلی که با نماد تصویری مشخص می‌شوند، با استفاده از نرم‌افزار EES حل می‌شوند و حل کامل آن‌ها، همراه با بررسی‌های پارامتری در دی‌وی‌دی ضمیمه آمده است. مسائلی که با نماد تصویری مشخص می‌شوند، ماهیت فراگیر دارند و برای حل با کامپیوتر، ترجیحاً با استفاده از نرم‌افزار EES ضمیمهٔ این کتاب، طرح شده‌اند.

صورت‌های انرژی

۲-۱م منظور از انرژی کل چیست؟ صورت‌های مختلف انرژی تشکیل‌دهندهٔ انرژی کل را نام ببرید.

۲-۲م گرما، انرژی داخلی، و انرژی گرمایی چه رابطه‌ای با هم دارند؟

۲-۳م انرژی مکانیکی چیست؟ با انرژی گرمایی چه تفاوتی دارد؟ صورت‌های مختلف انرژی مکانیکی جریان سیال کدام‌اند؟

۲-۴م گاز طبیعی، که بخش اصلی آن را متان، CH_4، تشکیل می‌دهد یکی از انواع سوخت و از منابع مهم انرژی است. آیا می‌توان در مورد هیدروژن، H_2 نیز چنین گفت؟

۲-۵ مطلوب است محاسبهٔ انرژی جنبشی کل جسمی به جرم ۱۰۰ kg و سرعت ۲۰ m/s، برحسب kJ.

۲-۶ انرژی پتانسیل ویژهٔ جسمی نسبت به ترازی مرجع با gz تعریف می‌شود که در آن g شتاب گرانشی در محل، و z ارتفاع جسم نسبت به تراز مرجع است. مطلوب است تعیین انرژی پتانسیل ویژهٔ جسمی در ارتفاع ۳۰ m از سطح زمین، در محلی که در آن $g = 9{,}78\ \text{m/s}^2$، برحسب kJ.

۲-۷ مطلوب است محاسبهٔ انرژی پتانسیل کل جسمی به جرم ۲۰ kg، وقتی ۲۰ m پایین‌تر از تراز مرجع قرار دارد و شتاب گرانش محل $g = 9{,}5\ \text{m/s}^2$ است؛ نتیجه را برحسب kJ بیان کنید.

۲-۸ شخصی با چمدانی به جرم ۳۰ kg، در طبقهٔ هم‌کف هتلی وارد آسانسور می‌شود و ۳۵ m بالاتر، در طبقهٔ دهم، از آسانسور بیرون می‌آید. مطلوب است تعیین مقدار انرژی مصرفی موتور آسانسور که اکنون در چمدان ذخیره شده است.

۲-۹ می‌خواهیم با نصب یک دستگاه توربین ـ مولد آبی در مکانی ۱۶۰ m پایین‌تر از سطح آزاد آب مخزنی بزرگ که می‌تواند آب را به‌صورت پایا، با آهنگ ۳۵۰۰ kg/s تأمین کند، توان الکتریکی تولید کنیم. قابلیت تولید توان را تعیین کنید.

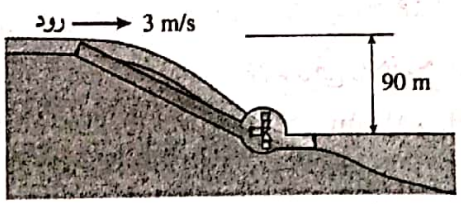
۲-۱۰ در محلی خاص، باد به‌طور پایا با سرعت ۱۰ m/s می‌وزد. مطلوب است تعیین انرژی مکانیکی هوا در واحد جرم و قابلیت تولید توان توربین بادی با پره‌هایی به قطر ۶۰ m در آن محل. چگالی هوا را $1{,}25\ \text{kg/m}^3$ فرض کنید.

۲-۱۱ جت آبی که با سرعت ۶۰ m/s و آهنگ ۱۲۰ kg/s از نازل خارج می‌شود به جام‌های نصب‌شده در پیرامون چرخی برخورد می‌کند تا توان تولید کند. مطلوب است قابلیت تولید توان این جت آب.

۲-۱۲ دو محل را برای تأسیس نیروگاه بادی بررسی می‌کنیم. در محل نخست، باد به‌طور پایا با سرعت ۷ m/s و ۳۰۰۰ ساعت در سال می‌وزد، اما در محل دوم سرعت وزش باد ۱۰ m/s است و ۲۰۰۰ ساعت در سال می‌وزد. فرض کنید در سایر اوقات سرعت باد قابل‌چشم‌پوشی است؛ کدام محل برای تأسیس نیروگاه بادی بهتر است؟ **راهنمایی.** توجه کنید که آهنگ جریان جرمی هوا با سرعت باد متناسب است.

۲-۱۳ رودی به‌طور پایا با آهنگ $175\ \text{m}^3/\text{s}$ جریان دارد و می‌خواهیم با استفاده از آن برق تولید کنیم. می‌توانیم سدی احداث

Scanned by CamScanner



شکل م۲-۱۴

کنیم و با رها کردن آب از ارتفاع ۸۰m به تولید برق بپردازیم. تعیین کنید که بعد از پر شدن سد چه مقدار برق می توان تولید کرد.

۲-۱۴ رودی را در نظر بگیرید که با سرعت میانگین ۳m/s و آهنگ ۵۰۰ m^3/s، از محلی به ارتفاع ۹۰m از سطح دریاچه‌ای، به داخل آن می‌ریزد. مطلوب است تعیین انرژی مکانیکی کل آب رود در واحد جرم، و قابلیت تولید برق از تمام آب رود در آن محل.

انتقال انرژی توسط گرما و کار

۲-۱۵م انرژی به چه صورت‌هایی می تواند از مرزهای سیستم بسته عبور کند؟

۲-۱۶م چه وقت انرژی عبوری از مرزهای سیستم گرماست و چه وقت کار؟

۲-۱۷م فرایند آدیاباتیک چیست؟ سیستم آدیاباتیک کدام است؟

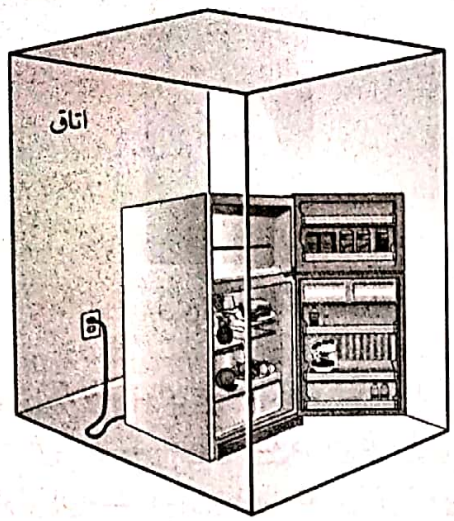
۲-۱۸م توابع نقطه‌ای و مسیری را تعریف کنید. چند مثال بزنید.

۲-۱۹م اتومبیلی را در نظر بگیرید که با سرعت ثابت در جاده‌ای حرکت می‌کند. جهت تبادل‌های گرما و کار را تعیین کنید؛ سیستم را (**الف**) رادیاتور اتومبیل، (ب) موتور اتومبیل، (ج) چرخ‌های اتومبیل، (د) جاده، و (ه) هوای محیط اطراف اتومبیل در نظر بگیرید.

۲-۲۰م طول فنری را می توان با (**الف**) وارد کردن نیرو به آن، یا (ب) تغییر دمای آن (یعنی انبساط گرمایی) تغییر داد. چه نوع تبادل انرژی بین سیستم (فنر) و محیط اطراف آن لازم است تا بتوان طول فنر را از این دو طریق تغییر داد؟

۲-۲۱م یک یخچال برقی را در نظر بگیرید که در اتاقی قرار دارد. جهت تبادل‌های کار و گرما (ورود یا خروج) را، برای هر یک از سیستم‌های زیر تعیین کنید: (**الف**) محتویات یخچال، (ب) همهٔ بخش‌های یخچال، شامل محتویات آن، و (ج) همهٔ چیزهای موجود در اتاق در یک روز زمستانی.

۲-۲۲م می‌خواهیم یک کامپیوتر شخصی را از دیدگاه ترمودینامیکی بررسی کنیم. جهت انتقال کار و انرژی (ورود یا



شکل م۲-۲۱م

خروج) را تعیین کنید، هرگاه (**الف**) صفحه کلید، (ب) نمایشگر، (ج) پردازشگر، و (د) همهٔ این‌ها به‌عنوان سیستم در نظر گرفته شوند.

۲-۲۳ الکتروموتور کوچکی ۵W توان مکانیکی تولید می‌کند. این مقدار توان را برحسب (**الف**) واحدهای N ،m و s، و (ب) واحدهای kg ،m و s تعیین کنید.

پاسخ‌ها. (**الف**) ۵N·m/s، (ب) $5kg \cdot m^2/s^3$

۲-۲۴ موتور احتراق داخلی یک هواپیمای مدل ۱۰W توان تولید می‌کند. این مقدار توان را برحسب (**الف**) lbf·ft/s و (ب) hp تعیین کنید.

صورت‌های مکانیکی کار

۲-۲۵م اتومبیلی از حالت سکون به حرکت در می‌آید و طی ۱۰s سرعت آن به ۸۵km/h می‌رسد. اگر این اتومبیل طی ۵s به همین سرعت می‌رسید، آیا انتقال انرژی به آن تفاوت می‌کرد؟

۲-۲۶ مطلوب است تعیین انرژی لازم برای رساندن سرعت اتومبیلی به جرم ۸۰۰kg از حالت سکون به ۱۰۰km/h در جادهٔ کفی.

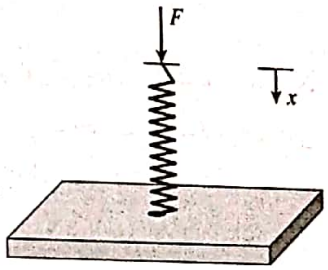
پاسخ. ۳۰۹kJ

۲-۲۷ مردی به جرم ۸۰kg ارابه‌ای به جرم ۴۵kg را با محتویاتش در یک سربالایی که با راستای افقی زاویهٔ ۱۰° می‌سازد هل می‌دهد. مطلوب است تعیین کار لازم برای حرکت دادن این ارابه به مسافت ۳۰m در طول شیب، (**الف**) هرگاه مرد سیستم فرض شود، (ب) هرگاه ارابه و محتویات آن سیستم فرض شوند. پاسخ‌های خود را بر حسب هر دو واحد N·m و kJ بیان کنید.

Scanned by CamScanner

شکل م ۲-۲۷

۲-۲۸ نیروی F لازم برای فشردن فنر به اندازهٔ x از رابطهٔ $F - F_0 = kx$ به‌دست می‌آید که در آن k ثابت فنر و F_0 بارگذاری اولیهٔ آن است. مطلوب است تعیین کار لازم برای فشردن فنری با ثابت $k = 3.5\,kN/cm$ به اندازهٔ یک سانتی متر، با شروع از طول آزاد فنر که در آن $F_0 = 0\,kN$. پاسخ خود را بر حسب هر دو دو واحد N·m و kJ بیان کنید.



شکل م ۲-۲۸

۲-۲۹ یک میلهٔ فولادی به قطر 1.3cm، طول 30cm و مدول یانگ $2.07 \times 10^8\,N/m^2$ را 0.3cm می‌کشند. کار لازم برای این عمل را، بر حسب kJ تعیین کنید. کار کرنش از رابطهٔ $W = \frac{V_0 E}{2}(\varepsilon_2^2 - \varepsilon_1^2)$ به‌دست می‌آید که در آن V_0 حجم اولیهٔ جامد، E مدول یانگ، و ε کرنش در آغاز و پایان فرایند است.

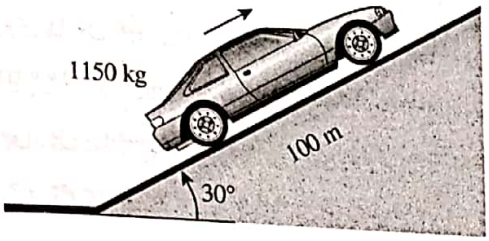
۲-۳۰ بر فنری با ثابت 3.5kN/cm نیروی اولیه‌ای برابر 0.45kN وارد می‌شود. مطلوب است تعیین کار لازم برای فشردن این فنر به اندازهٔ 1cm دیگر، برحسب kJ.

۲-۳۱ مطلوب است تعیین کاری که فنری با ثابت 3kN/cm، پس از فشرده شدن به اندازهٔ 3cm نسبت به طول آزاد خود می‌تواند انجام دهد، برحسب kJ.

۲-۳۲ طول مسیر یک تله‌سی‌یژ 1km و بالاروی عمودی آن 200m است. فاصلهٔ صندلی‌های تله‌سی‌یژ 20m است و هر صندلی سه نفر گنجایش دارد. تله‌سی‌یژ با سرعت پایای 10km/h کار می‌کند. از اصطکاک و مقاومت هوا چشم‌پوشی می‌کنیم و جرم هر صندلی با سرنشینانش را 250kg فرض می‌کنیم. مطلوب است تعیین توان لازم برای کار این تله‌سی‌یژ. توان لازم برای افزایش سرعت این تله‌سی‌یژ از حالت سکون تا سرعت بهره‌برداری طی 5s را تخمین بزنید.

۲-۳۳ مطلوب است تعیین توان لازم برای بالا رفتن اتومبیلی به جرم 1150kg از یک سربالایی به طول 100m و با شیب 30° (نسبت به راستای افقی) طی مدت 12s، (**الف**) با سرعت ثابت، (**ب**) از حالت سکون تا رسیدن به‌سرعت 30m/s، و (**ج**) از سرعت 35m/s تا رسیدن به‌سرعت نهایی 5m/s. از اصطکاک، مقاومت هوا، و مقاومت غلتشی چشم‌پوشی کنید.

پاسخ‌ها. (**الف**) 47.0kW، (**ب**) 91.1kW، (**ج**) −10.5kW



شکل م ۲-۳۳

۲-۳۴ اتومبیل خرابی به جرم 1200kg توسط کامیونی بُکسل می‌شود. با چشم‌پوشی از اصطکاک، مقاومت هوا، و مقاومت غلتشی، توان اضافی لازم برای (**الف**) حرکت با سرعت ثابت در جادهٔ کفی، (**ب**) حرکت با سرعت ثابت 50km/h در مسیر سربالایی با شیب 30° (نسبت به راستای افقی)، و (**ج**) افزایش سرعت در جادهٔ کفی از حالت سکون تا رسیدن به‌سرعت 90km/h طی 12s را تعیین کنید.

پاسخ‌ها. (**الف**) 0، (**ب**) 81.7kW، (**ج**) 31.3kW

قانون اول ترمودینامیک

۲-۳۵م آیا کار خالص لازم در یک چرخه صفر است؟ برای چه نوع سیستمی این کار صفر است؟

۲-۳۶م مکانیسم‌های مختلف انتقال انرژی به حجم کنترل یا از حجم کنترل کدام‌اند؟

۲-۳۷م در یک روز گرم تابستان، دانشجویی صبح که از اتاقش بیرون می‌رود، پنکه را روشن می‌کند. وقتی عصر برمی‌گردد، اتاق او از اتاق‌های مجاور خنک‌تر یا گرم‌تر است؟ چرا؟ فرض کنید همهٔ درها و پنجره‌های اتاق بسته‌اند.

۲-۳۸ یکی از راه‌های کاهش مصرف سوخت اتومبیل، استفاده از لاستیک‌هایی با مقاومت غلتشی پایین‌تر است ــ لاستیک‌هایی که با مقاومت کم‌تری غلتش کنند ــ و آزمون در بزرگراه با سرعت 105km/h نشان داده است که لاستیک‌هایی با کم‌ترین مقاومت غلتشی می‌توانند بازده سوخت را نزدیک ۸ درصد افزایش دهند.

Scanned by CamScanner

اتومبیلی را در نظر بگیرید که با لاستیک‌هایی با مقاومت غلتشی بالا ۶٫۹L/۱۰۰ km سوخت مصرف می‌کند و هر سال ۲۴۰۰۰ km با آن رانندگی می‌شود. اگر قیمت سوخت لیتری ۰٫۵۸ دلار باشد، مطلوب است تعیین مقدار پولی که در صورت استفاده از لاستیک‌هایی با مقاومت غلتشی کم، هر سال صرفه‌جویی خواهد شد.

۲-۳۹ یک سیستم بستهٔ آدیاباتیک از سرعت ۰m/s به سرعت ۳۰m/s می‌رسد. مطلوب است تعیین تغییر انرژی ویژهٔ این سیستم، برحسب kJ/kg.

۲-۴۰ یک سیستم بستهٔ آدیاباتیک را در محلی با شتاب گرانشی ۹٫۸m/s² به اندازهٔ ۱۰۰ m بالا می‌برند. مطلوب است تعیین تغییر انرژی این سیستم برحسب kJ/kg.

۲-۴۱ می‌خواهیم در کلاس درسی که معمولاً ۴۰ نفر در آن حاضر می‌شوند یک دستگاه تهویه مطبوع پنجره‌ای (کولر) با ظرفیت سرمایی ۵kW نصب کنیم. می‌توان فرض کرد شخصی که نشسته است با آهنگ حدود ۳۶۰ kJ/h گرما دفع می‌کند. ۱۰ چراغ در کلاس نصب شده که توان نامی هر یک ۱۰۰ W است. آهنگ انتقال گرما به این کلاس، از طریق دیوارها و پنجره‌ها برابر ۱۵۰۰۰ kJ/h تخمین زده می‌شود. اگر بخواهیم دمای اتاق در ۲۱°C ثابت بماند، تعداد کولرهای لازم را تعیین کنید.

پاسخ. ۲ دستگاه

۲-۴۲ نیازهای روشنایی یک انبار با نصب ۶ چراغ با لامپ‌های فلورسنت، هر چراغ با ۴ لامپ با توان نامی ۶۰ W برطرف می‌شود. طی ساعات باز بودن انبار همهٔ چراغ‌ها روشن‌اند؛ انبار ۳۶۵ روز در سال از ساعت ۶ صبح تا ۶ بعدازظهر باز است. عملاً هر روز به‌طور میانگین ۳ ساعت از انبار استفاده می‌شود. قیمت برق را ۰٫۰۸/kWh $ فرض می‌کنیم؛ مقدار انرژی و پول صرفه‌جویی شده در صورت نصب حسگر حرکت در این انبار را تعیین کنید. به‌علاوه، دورهٔ برگشت سادهٔ سرمایهٔ اختصاص یافته برای خرید و نصب حسگر را تعیین کنید، اگر قیمت حسگر ۳۲ دلار و هزینهٔ نصب آن ۴۰ دلار باشد.

۲-۴۳ یک پردیس دانشگاهی ۲۰۰ کلاس درس و ۴۰۰ دفتر دارد. هر کلاس درس ۱۲ مهتابی دارد که هر یک ۱۱۰ W، با احتساب بالاست، برق مصرف می‌کند. دفترها، به‌طور میانگین، نصف این تعداد لامپ دارند. پردیس دانشگاه در سال ۲۴۰ روز دایر است. کلاس‌های درس و دفاتر، به‌طور میانگین، ۴ ساعت در روز خالی‌اند، اما چراغ‌های آن‌ها همواره روشن است. اگر بهای واحد برق ۰٫۰۸۲/kWh $ باشد، مطلوب است تعیین صرفه‌جویی سالانهٔ حاصل از طریق خاموش کردن چراغ کلاس‌ها و دفاتر اداری در هنگام خالی بودن.

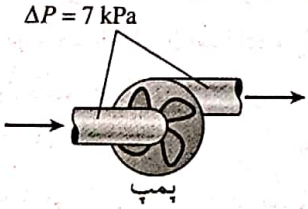
۲-۴۴ اتاقی را در نظر بگیرید که ابتدا در دمای ۲۰°C است که همان دمای هوای بیرون است. در این اتاق لامپی با توان ۱۰۰ W، تلویزیونی با توان ۱۱۰ W، یخچالی با توان ۲۰۰ W و یک اتو با توان ۱۰۰۰ W وجود دارد. فرض کنید از طریق دیوارها گرما منتقل نمی‌شود؛ آهنگ افزایش محتوای انرژی این اتاق را، در صورت روشن بودن تمام وسایل یادشده، تعیین کنید.

۲-۴۵ بادزنی سرعت هوای ساکن را با آهنگ ۹m³/s به ۸m/s افزایش می‌دهد. مطلوب است تعیین توان مینیممی که باید به بادزن تحویل داد. چگالی هوا را ۱٫۱۸kg/m³ فرض کنید.

پاسخ. ۳۴۰ W

۲-۴۶ بادزنی در کانالی مربعی با مقطع ۱m×۱m نصب شده است. سرعت در نقاط مختلف خروجی اندازه‌گیری می‌شود و میانگین سرعت جریان برابر ۷m/s به‌دست می‌آید. چگالی هوا را ۱٫۲kg/m³ در نظر بگیرید و حداقل توان مصرفی موتور بادزن را تخمین بزنید.

۲-۴۷ نیروی محرک جریان سیال اختلاف فشار است و پمپ فشار سیال را (از طریق تبدیل کار مکانیکی محور به انرژی جریان) افزایش می‌دهد. یک پمپ بنزین در هنگام کار ۳٫۸kW برق مصرف می‌کند. فرض می‌کنیم اختلاف فشار بین خروجی و ورودی پمپ ۷kPa و تغییرات سرعت و ارتفاع قابل‌چشم‌پوشی‌اند؛ مطلوب است تعیین ماکزیمم آهنگ جریان حجمی بنزین.

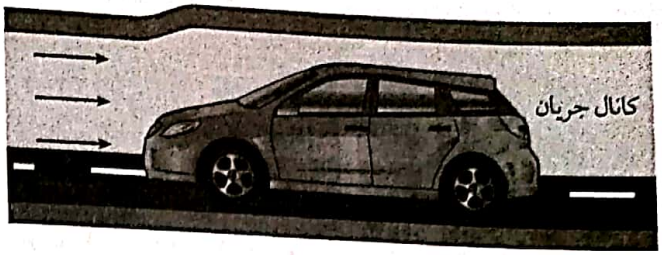


شکل م ۲-۴۷

۲-۴۸ یک پله‌برقی که در مرکز خریدی نصب شده برای جابه‌جا کردن ۳۰ نفر، هر یک به جرم ۷۵kg، با سرعت ثابت ۰٫۸m/s روی شیب ۴۵°، طراحی شده است. مطلوب است تعیین مینیمم توان ورودی لازم برای کار این پله‌برقی. این مسئله را در حالتی حل کنید که سرعت پله‌برقی دو برابر باشد.

۲-۴۹ اتومبیلی که هوا را می‌شکافد و جلو می‌رود، سبب می‌شود سرعت هوا (نسبت به اتومبیل) کاهش یابد و کانال جریان بزرگ‌تری را پر کند. سطح مقطع مؤثر کانال جریان اتومبیلی ۳m² است. در روزی که جَوسنج ۷۰ cm جیوه را نشان می‌دهد و دمای

Scanned by CamScanner



شکل م۲-۴۹

هوا ۲۰°C است، اتومبیل با سرعت ۹۰km/h در حرکت است. پشت اتومبیل، سرعت هوا (نسبت به اتومبیل) برابر ۸۲km/h اندازه‌گیری می‌شود و دمای آن ۲۰°C است. مطلوب است تعیین توان لازم برای حرکت این اتومبیل در هوا و سطح مقطع مؤثر کانال جریان در پشت اتومبیل.

بازده تبدیل انرژی

۲-۵۰م بازده مکانیکی را تعریف کنید. بازده مکانیکی ۱۰۰ درصد برای توربین آبی چه معنایی دارد؟

۲-۵۱م بازده موتور ـ پمپ مرکب و سیستم پمپ و موتور را تعریف کنید. آیا بازده موتور ـ پمپ مرکب از بازده پمپ یا بازده موتور بیش‌تر است؟

۲-۵۲م بازده توربین، بازده مولد، و بازده توربین ـ مولد مرکب را تعریف کنید.

۲-۵۳م آیا بازده توربین ـ مولد مرکب می‌تواند از بازده توربین، یا بازده مولد بیش‌تر باشد؟ توضیح دهید.

۲-۵۴ یک اجاق برقی هوددار با توان مصرفی ۲۴kW را در نظر بگیرید که در منطقه‌ای از آن استفاده می‌کنند که بهای برق و گاز طبیعی، به‌ترتیب، ۰٫۱۰/kWh$ و ۱٫۲۰$ بر هر ترم (۱ترم = ۱۰۵۵۰۰ kJ) است. بازده این نوع اجاق برقی ۷۳ درصد و بازده اجاق‌گاز متناظر با آن ۳۸ درصد است. آهنگ مصرف انرژی و بهای واحد انرژی مصرفی برای هر دو نوع اجاق را تعیین کنید.

۲-۵۵ الکتروموتوری با توان ۷۵hp (خروجی محور) که بازده ۹۱٫۰ درصد دارد فرسوده شده و با الکتروموتور ۷۵hp پربازده جایگزین می‌شود که بازده آن ۹۵٫۴ درصد است. مطلوب است تعیین میزان کاهش در گرمای دریافتی اتاق، در نتیجهٔ افزایش بازده الکتروموتور، تحت شرایط بار کامل.

۲-۵۶ یک اتومبیل برقی با توان ۹۰hp (خروجی محور) با الکتروموتوری کار می‌کند که در جای موتور نصب شده است. بازده میانگین الکتروموتور ۹۱٫۰ درصد است؛ مطلوب است تعیین آهنگ تحویل گرما از الکتروموتور به محفظهٔ موتور، وقتی زیر بار کامل کار می‌کند.

۲-۵۷ الکتروموتوری با توان ۷۵hp (خروجی محور) و بازده ۹۱٫۰ درصد فرسوده شده و می‌خواهیم آن را با الکتروموتور پربازدهی با بازده ۹۵٫۴ درصد جایگزین کنیم. این الکتروموتور ۴۳۶۸ ساعت در سال کار می‌کند و ضریب بار آن ۰٫۷۵ است. بهای برق را کیلووات‌ساعتی ۰٫۰۸ دلار فرض می‌کنیم؛ مطلوب است تعیین مقدار انرژی و هزینهٔ صرفه‌جویی‌شده در نتیجهٔ نصب الکتروموتور پربازده به‌جای الکتروموتور استاندارد. دورهٔ برگشت سادهٔ سرمایه را محاسبه کنید، هرگاه قیمت الکتروموتورهای استاندارد و پربازده، به‌ترتیب، ۵۴۴۹ دلار و ۵۵۲۰ دلار باشد.

۲-۵۸ کارخانه‌ای برای تأمین بخار مورد نیاز خود از دیگ بخاری استفاده می‌کند که ورودی گرمای نامی آن $5{,}2 \times 10^6$ kJ/h است. بازده احتراق این دیگ بخار را با استفاده از تجزیه گر دستی گاز خروجی برابر ۰٫۷ اندازه‌گیری می‌کنند. پس از تنظیم دیگ بخار، بازده احتراق آن به ۰٫۸ افزایش می‌یابد. این دیگ در سال ۴۲۰۰ ساعت به‌صورت منقطع کار می‌کند. بهای انرژی را هر 10^6 kJ برابر ۴٫۱۲ دلار بگیرید و صرفه‌جویی سالانه در انرژی و هزینه پس از تنظیم دیگ بخار را محاسبه کنید.

۲-۵۹ مسئلهٔ ۲-۵۸ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، آثار بهای واحد انرژی، بازده احتراق جدید بر صرفه‌جویی سالانه در مصرف انرژی و هزینهٔ آن را تعیین کنید. فرض کنید بازده از ۰٫۷ به ۰٫۹ برسد و بهای انرژی از ۴ دلار برای هر میلیون kJ، به ۶ دلار افزایش یابد. نمودار صرفه‌جویی سالانه در مصرف انرژی و هزینه‌ها را برحسب بازده، برای بهای انرژی ۴ دلار، ۵ دلار، و ۶ دلار به‌ازای هر میلیون kJ ترسیم کرده، دربارهٔ نتایج بحث کنید.

۲-۶۰ سالن ورزشی هشت دستگاه بالابر وزنه دارد که موتور ندارند و چهار تردمیل دارد که روی هر یک الکتروموتوری با توان ۲٫۵hp (خروجی محور) نصب شده است. الکتروموتورها با ضریب بار میانگین ۰٫۷ کار می‌کنند و با این ضریب بار، بازدهی برابر ۰٫۷۷ دارند. در ساعات اوج بعد از ظهر، از همهٔ دستگاه‌ها به‌طور پیوسته استفاده می‌شود و دو نفر هم مشغول انجام نرمش‌های سبک هستند تا نوبت استفاده از یکی از دستگاه‌ها به آن‌ها برسد. فرض کنید آهنگ دفع گرما از بدن هر نفر در سالن ورزش ۵۲۵W است؛ آهنگ دریافت گرمای سالن از ورزشکاران و دستگاه‌ها را، در شرایط بار اوج، تعیین کنید.

Scanned by CamScanner

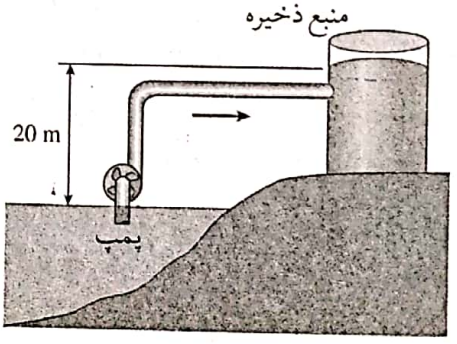
۲-۶۱ اتاقی با گردش آب سرد در یک مبدل حرارتی نصب شده در آن، خنک می‌شود. هوا توسط بادزنی با توان ۰٫۲۵hp (خروجی محور) در مبدل حرارتی به گردش در می‌آید. بازده الکتروموتورهای کوچک که دستگاهی با توان ۰٫۲۵hp را به کار می‌اندازند ۵۴ درصد است. مطلوب است تعیین آهنگ تحویل گرما توسط مجموعهٔ بادزن ـ موتور به اتاق.

۲-۶۲ قصد داریم با نصب توربین ـ مولد آبی در نقطه‌ای به اندازهٔ ۵۰m پایین‌تر از سطح آب دریاچهٔ بزرگی برق تولید کنیم (شکل ۲-۶۲). آب با آهنگ ۵۰۰۰ kg/s تأمین می‌شود. اگر توان الکتریکی تولیدی را برابر ۱۸۶۲kW اندازه‌گیری کنیم و بازده مولد ۹۵ درصد باشد، مطلوب است تعیین (**الف**) بازده کل توربین ـ مولد، (**ب**) بازده مکانیکی توربین، و (**ج**) توان محور که توربین به مولد تحویل می‌دهد.

۲-۶۳ در مکانی خاص، باد به‌طور پیوسته با سرعت ۷m/s می‌وزد. مطلوب است تعیین انرژی مکانیکی هوا در واحد جرم، و پتانسیل تولید توان توربین بادی با پره‌هایی به قطر ۸۰m در این مکان. هم‌چنین، توان الکتریکی راکه عملاً تولید می‌شود، با فرض بازده کلی ۳۰ درصد تعیین کنید. چگالی هوا را $1{,}25 kg/m^3$ فرض کنید.

۲-۶۴ مسئلهٔ ۲-۶۳ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES یا (نرم‌افزاری دیگر) دربارهٔ اثر سرعت باد و قطر پره بر تولید توان از باد تحقیق کنید. فرض کنید سرعت باد از ۵m/s تا ۲۰m/s با نمو ۵m/s افزایش می‌یابد و قطر پرهٔ توربین بادی از ۲۰m تا ۱۲۰m با نمو ۲۰m تغییر می‌کند. نتایج را جدول‌بندی کرده، دربارهٔ مفهوم آن‌ها بحث کنید.

۲-۶۵ آب را با آهنگ ۷۰L/s، با استفاده از پمپ، از دریاچه‌ای به منبع ذخیرهٔ واقع در ارتفاع ۲۰m انتقال می‌دهند و برای این کار ۲۰٫۴kW برق مصرف می‌کنند. از تلفات اصطکاکی در لوله‌ها و تغییرات انرژی جنبشی چشم‌پوشی می‌کنیم؛ مطلوب است تعیین (**الف**) بازده کلی موتور ـ پمپ، و (**ب**) اختلاف فشار بین ورودی و خروجی پمپ.

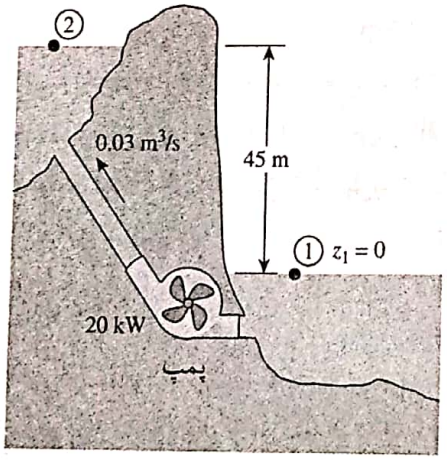


شکل م۲-۶۵

۲-۶۶ توربین‌های بادی بزرگ با پره‌هایی به قطر بیش از ۱۰۰m برای تولید برق در دسترس‌اند. یک توربین بادی را در نظر بگیرید که قطر پرهٔ آن ۱۰۰m است و در محلی نصب شده است که در آن باد پیوسته با سرعت ۸m/s می‌وزد. بازده کل توربین بادی را ۳۲ درصد و چگالی هوا را $1{,}25 kg/m^3$ در نظر بگیرید و توان الکتریکی تولیدی این توربین بادی را تعیین کنید. هم‌چنین فرض کنید باد پیوسته با سرعت ۸m/s طی یک دورهٔ ۲۴ ساعته می‌وزد؛ مقدار انرژی الکتریکی تولیدی و درآمد حاصل از آن را، با فرض بهای واحد کیلووات‌ساعتی ۰٫۰۶ دلار، تعیین کنید.

۲-۶۷ پمپ آبی در هنگام کار ۶hp توان محور تحویل می‌دهد. وقتی آهنگ جریان آب $0{,}23 m^3/s$ است، اختلاف فشار بین خروجی و ورودی پمپ ۸kPa اندازه‌گیری می‌شود؛ از تغییرات سرعت و ارتفاع چشم‌پوشی کنید و بازده مکانیکی این پمپ را به‌دست بیاورید.

۲-۶۸ با استفاده از پمپی که ۲۰kW توان محور تأمین می‌کند، آب از مخزن پایینی به مخزنی در ارتفاع بالاتر انتقال می‌یابد. سطح آزاد آب در مخزن بالایی ۴۵m بالاتر از سطح آب در مخزن پایینی است. اگر آهنگ جریان آب برابر $0{,}03 m^3/s$ اندازه‌گیری شود، توان مکانیکی را که طی این فرایند بر اثر اصطکاک به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود، تعیین کنید.



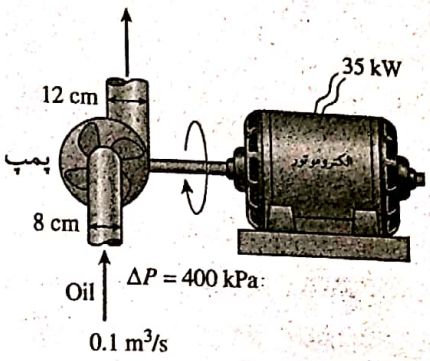
شکل م۲-۶۸

۲-۶۹ آب پشت سد هوور در نوادا ۲۰۶m بالاتر از آب رود کلرادو است که در پایین سد جریان دارد. آب با چه آهنگی باید از توربین‌های آبی این سد عبور کند تا ۱۰۰MW برق تولید شود؟ بازده توربین‌ها را ۱۰۰ درصد فرض کنید.

۲-۷۰ پمپ روغنی حین پمپ کردن روغن با چگالی $\rho = 860 kg/m^3$، با آهنگ $0{,}1 m^3/s$، ۳۵kW برق مصرف می‌کند. قطر لوله‌های ورودی و خروجی، به‌ترتیب، ۸cm و

Scanned by CamScanner

شکل م ۲-۶۹



شکل م ۲-۷۰

۱۲cm است. اگر افزایش فشار روغن در پمپ ۴۰۰ kPa اندازه‌گیری شود و بازده الکتروموتور ۹۰ درصد باشد، بازده مکانیکی پمپ چقدر است؟

۲-۷۱ یک توربین بادی، وقتی هوا با آهنگ پایای ۴۲۰۰۰ kg/s از میان پره‌های آن عبور می‌کند، با سرعت ۱۵rpm می‌چرخد. سرعت نوک پرهٔ توربین ۲۵۰ km/h است. می‌دانیم که این توربین ۱۸۰kW برق تولید می‌کند؛ مطلوب است تعیین (**الف**) سرعت میانگین هوا، و (**ب**) بازده تبدیل توربین. چگالی هوا را $1{,}31\ kg/m^3$ فرض کنید.

انرژی و محیط زیست

۲-۷۲م تبدیل انرژی چه اثری بر محیط زیست دارد؟ مواد شیمیایی که بیش از همه هوا را آلوده می‌کنند، کدام‌اند؟ منبع اصلی این آلاینده‌ها چیست؟

۲-۷۳م مِه‌دود چیست؟ از چه موادی تشکیل می‌شود؟ اوزون زمینی چگونه تشکیل می‌شود؟ آثار منفی اوزون بر سلامت انسان کدام‌اند؟

۲-۷۴م باران اسیدی چیست؟ چرا آن را «باران» می‌نامند؟ اسیدها چگونه در جَو تشکیل می‌شوند؟ آثار منفی باران اسیدی بر محیط زیست کدام‌اند؟

۲-۷۵م چرا کربن مونوکسید از آلاینده‌های خطرناک هواست؟ تأثیر آن بر سلامت انسان، در مقادیر کم و زیاد، چیست؟

۲-۷۶م اثر گلخانه‌ای چیست؟ گاز CO_2 مازاد در جَو چگونه سبب ایجاد اثر گلخانه‌ای می‌شود؟ پیامدهای درازمدت بالقوهٔ اثر گلخانه‌ای کدام‌اند؟ چگونه می‌توان با این مشکل مقابله کرد؟

۲-۷۷ اتومبیل فورد تائوروس با ۲۴۰۰۰ km رانندگی در سال ۲۷۰۰ L، و اتومبیل فورد اکسپلورر با همین مسافت رانندگی در سال، ۳۵۶۰ L بنزین مصرف می‌کند. در نتیجهٔ سوختن هر لیتر بنزین در حدود ۲٫۴kg گاز CO_2 تولید می‌شود که عامل گرم شدن زمین است. مطلوب است تعیین مقدار CO_2 اضافی که شخصی که اتومبیل تائوروس خود را با اکسپلورر عوض می‌کند، مسئول تولید آن است.

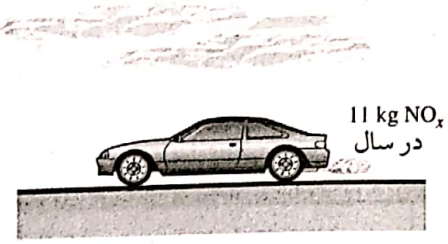
۲-۷۸ وقتی سوخت هیدروکربنی می‌سوزد، تقریباً همهٔ کربن موجود در آن به‌طور کامل می‌سوزد و CO_2 (کربن دیوکسید) تشکیل می‌دهد که گاز اصلی عامل ایجاد اثر گلخانه‌ای و، بنابراین، تغییر اقلیم زمین است. به‌طور میانگین، برای تولید هر کیلووات ساعت برق در نیروگاه‌های گازی، ۰٫۵۹kg گاز CO_2 تولید می‌شود. یک یخچال خانگی جدید معمولی سالانه ۷۰۰kWh برق مصرف می‌کند. مطلوب است تعیین مقدار CO_2 تولیدی ناشی از کار یخچال‌های خانگی در شهری که ۳۰۰۰۰۰ خانه دارد.

۲-۷۹ مسئلهٔ ۲-۷۸ را با این فرض حل کنید که برق مصرفی در نیروگاه زغال‌سنگی تولید شود. در این نوع نیروگاه برای تولید هر kWh برق، ۱٫۱kg گاز CO_2 تولید می‌شود.

۲-۸۰ خانه‌ای را در نظر بگیرید که سالانه ۱۱۰۰۰ kWh برق مصرف می‌کند و مصرف گازوئیل آن در فصل گرمایش ۵۷۰۰ L است. مقدار میانگین CO_2 تولیدی به‌ازای هر لیتر گازوئیل مصرفی ۳٫۲kg و به‌ازای هر kWh برق مصرفی ۰٫۷kg است. اگر در این خانه بتوان مصرف سوخت و برق را ۱۵ درصد کاهش داد، میزان انتشار CO_2 در هر سال، که این خانه مسئول آن است، چقدر کاهش می‌یابد؟

۲-۸۱ یک اتومبیل معمولی که در سال ۲۰۰۰۰ km رانده شود، در حدود ۱۱kg گاز NO_x (اکسیدهای نیتروژن) تولید می‌کند که عامل تشکیل مِه‌دود در نواحی پرجمعیت است. گاز طبیعی که در کوره سوزانده می‌شود، به‌ازای هر ترم در حدود ۴٫۳g گاز NO_x تولید می‌کند (۱ ترم = ۱۰۵۵۰۰ kJ)، و نیروگاه‌های برق به‌ازای هر kWh برق، در حدود ۷٫۱g از این گاز تولید می‌کنند. خانه‌ای را در نظر بگیرید که ساکنان آن دو اتومبیل دارند، و سالانه ۹۰۰۰ kWh برق و ۱۲۰۰ ترم گاز طبیعی مصرف می‌کنند. مطلوب است تعیین میزان انتشار سالانهٔ NO_x در جَو، که ساکنان این خانه مسئول آن هستند.

Scanned by CamScanner



شکل م۲-۸۱

موضوع خاص: مکانیسم‌های انتقال گرما

۲-۸۲م مکانیسم‌های انتقال گرما را نام ببرید.

۲-۸۳م الماس رسانای بهتر گرماست یا نقره؟

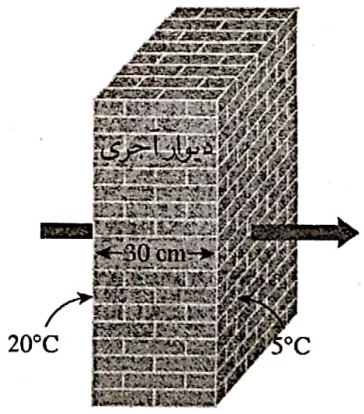
۲-۸۴م آیا هیچ بخشی از انرژی خورشید از طریق رسانش یا همرفت به زمین می‌رسد؟

۲-۸۵م همرفت واداشته چه تفاوتی با همرفت طبیعی دارد؟

۲-۸۶م جسم سیاه چیست؟ اجسام واقعی چه تفاوتی با جسم سیاه دارند؟

۲-۸۷م گسیلمندی و ضریب جذب را تعریف کنید. قانون تابش کیرشهف را شرح دهید.

۲-۸۸ سطوح داخلی و خارجی یک دیوار آجری به ابعاد ۵m×۶m، ضخامت ۳۰cm، و رسانندگی گرمایی ۰٫۶۹W/m·°C، به‌ترتیب، در دماهای ۲۰°C و ۵°C نگه داشته می‌شوند. آهنگ انتقال گرما در دیوار را برحسب W تعیین کنید.



شکل م۲-۸۸

۲-۸۹ دمای سطوح داخلی و خارجی شیشهٔ پنجره‌ای به ابعاد ۲m×۲m و ضخامت ۰٫۵cm در فصل زمستان، به‌ترتیب، ۱۵°C و ۶°C است. رسانندگی گرمایی شیشه را ۰٫۷۸W/m·°C فرض می‌کنیم؛ مطلوب است تعیین مقدار اتلاف گرما برحسب kJ از طریق این شیشه طی یک دورهٔ ۱۰ ساعته. اگر ضخامت شیشه ۱cm بود در نتیجه چه تغییری حاصل می‌شد؟

۲-۹۰ مسئلهٔ ۲-۸۹را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا هر نرم‌افزار دیگر)، دربارهٔ اثر ضخامت شیشه بر اتلاف گرما، به‌ازای دماهای مشخص‌شده برای سطوح شیشه تحقیق کنید. فرض کنید ضخامت شیشه از ۰٫۲ تا ۲cm تغییر می‌کند. نمودار اتلاف گرما برحسب ضخامت را ترسیم، و دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید.

۲-۹۱ ظرفی آلومینیمی که رسانندگی گرمایی آن ۲۳۷W/m·°C است کف تختی به قطر ۲۰cm و ضخامت ۰٫۴cm دارد. گرما به‌طور پیوسته، از طریق کف ظرف، با آهنگ ۵۰۰ W به آب جوشان داخل آن منتقل می‌شود. دمای سطح داخلی کف ظرف ۱۰۵°C فرض می‌شود؛ مطلوب است تعیین دمای سطح خارجی کف این ظرف.

۲-۹۲ دمای شیشه‌های داخلی و خارجی یک پنجرهٔ دوجداره به ابعاد ۲m×۲m، به‌ترتیب، ۱۸°C و ۶°C است. فضای ۱ سانتی متری بین دو شیشه با هوای ساکن پر می‌شود؛ مطلوب است تعیین آهنگ انتقال گرما از طریق رسانش در لایهٔ هوا، برحسب kW.

۲-۹۳ دمای دو سطح ورقی به ضخامت ۲cm، به‌ترتیب، در ۰°C و ۱۰۰ °C نگه داشته می‌شود. می‌دانیم که گرما با آهنگ ۵۰۰ W/m^2 در ورق منتقل می‌شود؛ رسانندگی گرمایی ورق را تعیین کنید.

۲-۹۴ در مسائل انتقال گرما، مردی را که ایستاده است می‌توان به‌صورت استوانه‌ای عمودی به قطر ۳۰cm و طول ۱۷۰cm مدل‌سازی کرد که هر دو قاعدهٔ آن عایق‌کاری شده‌اند و دمای میانگین سطح جانبی آن ۳۴°C است. ضریب انتقال گرمای همرفتی را ۱۵W/m^2·°C فرض می‌کنیم؛ مطلوب است تعیین آهنگ اتلاف گرما از بدن این مرد از طریق همرفت در محیطی با دمای ۲۰°C.

پاسخ. ۳۳۶W

۲-۹۵ یک توپ کروی به قطر 9cm که دمای سطح آن ۱۱۰°C است در وسط اتاقی با دمای ۲۰°C آویزان شده است. ضریب انتقال گرمای همرفتی ۱۵W/m·°C و گسیلمندی سطح ۰٫۸ است؛ آهنگ کل انتقال گرما از این توپ را تعیین کنید.

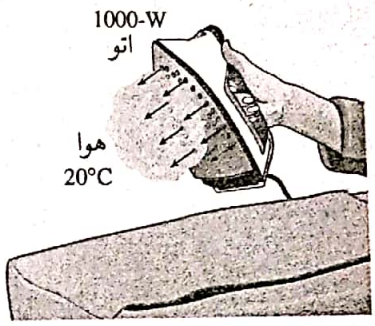
۲-۹۶ مسئلهٔ ۲-۹۵را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES یا نرم‌افزاری دیگر، دربارهٔ اثر ضریب انتقال گرمای همرفتی و گسیلمندی سطح بر آهنگ انتقال گرما از توپ تحقیق کنید. فرض کنید ضریب انتقال گرما از ۵ تا ۳۰ W/m^2·°C تغییر می‌کند. نمودار آهنگ انتقال گرما برحسب ضریب انتقال گرمای

Scanned by CamScanner

همرفتی را، به‌ازای گسیلمندی‌های ۰٫۱، ۰٫۵، ۰٫۸، و ۱ ترسیم کرده، دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید.

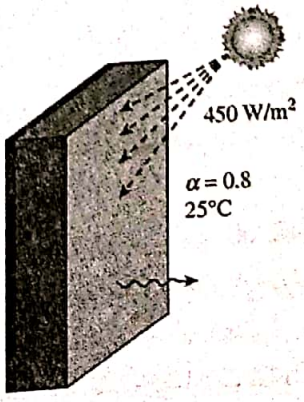
۲-۹۷ هوای گرم با دمای ۸۰°C روی سطحی تخت به ابعاد ۲m×۴m و دمای ۳۰°C دمیده می‌شود. ضریب انتقال گرمای همرفتی ۵۵W/m².°C است. آهنگ انتقال گرما از هوا به این سطح را، برحسب kW، تعیین کنید.

۲-۹۸ اتویی با توان ۱۰۰۰ W روی میز اتو قرار دارد، به طوری که کف آن در معرض هوا با دمای ۲۰°C است. ضریب انتقال گرمای همرفتی بین کف اتو و هوای محیط ۳۵W/m².°C است. گسیلمندی کف اتو ۰٫۶ و مساحت سطح آن ۰٫۰۲m² فرض می‌شود؛ مطلوب است تعیین دمای کف اتو.



شکل م۲-۹۸

۲-۹۹ پشت یک ورق فلزی نازک را عایق‌کاری کرده و روی آن را در معرض تابش خورشید قرار داده‌اند. ضریب جذب سطح نمایان ورق برای تابش خورشیدی ۰٫۸ است. تابش خورشیدی با آهنگ ۴۵۰ W/m² به ورق می‌رسد و دمای هوای محیط ۲۵°C است؛ مطلوب است تعیین دمای سطح ورق، هرگاه اتلاف گرمای همرفتی با جذب انرژی خورشیدی توسط ورق مساوی باشد. فرض کنید ضریب انتقال گرمای همرفتی ۵۰ W/m².°C باشد و اتلاف گرما بر اثر تابش را نادیده بگیرید.



شکل م۲-۹۹

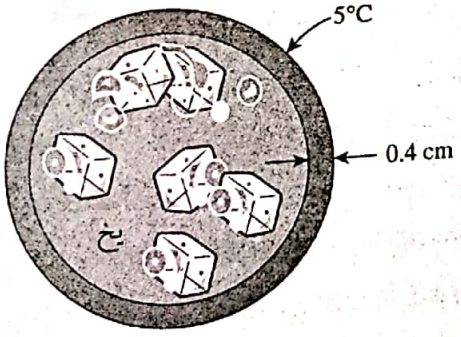
۲-۱۰۰ مسئلهٔ ۲-۹۹ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES یا نرم‌افزاری دیگر، دربارهٔ اثر ضریب انتقال گرمای همرفتی بر دمای سطح ورق تحقیق کنید. فرض کنید ضریب انتقال گرما از ۱۰ تا ۹۰ W/m².°C تغییر می‌کند. نمودار دما برحسب ضریب انتقال گرمای همرفتی را ترسیم، و دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید.

۲-۱۰۱ لولهٔ آب گرم به قطر خارجی ۵cm، طول ۱۰ m و دمای ۸۰°C، از طریق همرفت طبیعی با ضریب انتقال گرمای همرفتی ۲۵W/m².°C گرما را به هوای محیط با دمای ۵°C دفع می‌کند. مطلوب است تعیین آهنگ اتلاف گرما از این لوله، از طریق همرفت طبیعی، برحسب kW.

۲-۱۰۲ گسیلمندی سطح خارجی فضاپیمایی در فضا ۰٫۶ و ضریب جذب آن برای تابش خورشیدی ۰٫۲ است. تابش خورشیدی با آهنگ ۱۰۰۰ W/m² به فضاپیما می‌رسد؛ مطلوب است تعیین دمای سطح فضاپیما وقتی تابش گسیلی با انرژی خورشیدی جذب‌شده مساوی باشد.

۲-۱۰۳ مسئلهٔ ۲-۱۰۲ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES یا نرم‌افزاری دیگر، دربارهٔ اثر گسیلمندی و ضریب جذب سطح فضاپیما بر دمای تعادلی سطح تحقیق کنید. نمودار دمای سطح برحسب گسیلمندی را برای ضرایب جذب خورشیدی ۰٫۱، ۰٫۵، ۰٫۸، و ۱ ترسیم کرده، در بارهٔ نتایج حاصل بحث کنید.

۲-۱۰۴ یک کرهٔ آهنی توخالی به قطر خارجی ۲۰ cm و ضخامت جدار ۰٫۴cm را با یخ با دمای ۰°C پر می‌کنند. اگر دمای سطح خارجی کره ۵°C باشد، مطلوب است تعیین آهنگ تقریبی اتلاف گرما از کره، و آهنگ ذوب یخ در آن.



شکل م۲-۱۰۴

مسائل دوره

۲-۱۰۵ کلاس درسی با ۵۵ دانشجو و یک استاد را در نظر بگیرید که هر یک با آهنگ ۱۰۰ W گرما تولید می‌کنند. روشنایی

Scanned by CamScanner

این کلاس با ۱۸ لامپ فلورسنت، هر یک با توان ۴۰ W تأمین می‌شود و بالاست‌های این لامپ‌ها نیز سبب ۱۰درصد مصرف اضافی می‌شوند. مطلوب است تعیین تولیدگرمای داخلی در این کلاس، وقتی کاملاً پر است.

۲-۱۰۶ صاحب‌خانه‌ای را در نظر بگیرید که قصد جایگزینی کوره‌ای با عمر ۲۵ سال را دارد که گاز طبیعی مصرف می‌کند و بازده آن ۵۵ درصد است. این صاحب‌خانه کوره‌ای معمولی با بازده ۸۲ درصد را به قیمت ۱۶۰۰ دلار باکوره‌ای پربازده با بازده ۹۵ درصد و قیمت ۲۷۰۰ دلار مقایسه می‌کند. اگر او بتواند با صرفه‌جویی در هزینهٔ مصرف گاز طبیعی درکم‌تر از ۸ سال مبلغ اضافی پرداختی بابت خرید کورهٔ پربازده را جبران کند، این نوع کوره را خواهد خرید. در حال حاضر این شخص سالانه ۱۲۰۰ دلار بابت مصرف گاز طبیعی پرداخت می‌کند. آیا او باید کورهٔ معمولی بخرد یا کورهٔ پربازده؟

۲-۱۰۷ از ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد تاکنون، از انرژی باد برای به حرکت در آوردن کشتی‌های بادبانی، آسیا کردن غلات، تلمبه کردن آب برای کشاورزی و، اخیراً، تولید برق استفاده کرده‌اند. فقط در ایالات متحدهٔ امریکا، از بیش از ۶ میلیون آسیای بادی کوچک، که اغلب آن‌ها کم‌تر از 5hp توان دارند، از دههٔ ۱۸۵۰ به این طرف، برای تلمبه کردن آب استفاده شده است. از اوایل قرن بیستم از آسیاهای بادی برای تولید برق استفاده شده، اما پیشینهٔ ساخت توربین‌های بادی مدرن به دهه‌های اخیر، و در پاسخ به بحران نفتی اوایل دههٔ ۱۹۷۰، می‌رسد. هزینهٔ تولید برق با استفاده از باد از حدود کیلووات‌ساعتی ۰٫۵۰ دلار در اوایل دههٔ ۱۹۸۰ به حدود کیلووات‌ساعتی ۰٫۰۵ دلار در اواسط دههٔ ۱۹۹۰ رسید که

شکل م۲-۱۰۷

تقریباً برابر هزینهٔ تولید برق در نیروگاه‌های زغال‌سنگی است. مناطقی که در آن‌ها باد با سرعت میانگین 6m/s می‌وزد، برای تولید اقتصادی برق از باد مناسب‌اند. توربین‌های بادی تجاری، در شرایط اوج بهره‌برداری، از ۱۰۰ kW تا ۳٫۲MW برق تولید می‌کنند. قطره پره (یا ملخ) یک توربین بادی با توان ۳٫۲MW که شرکت مهندسی بوئینگ ساخته است، به ۹۷٫۵m می‌رسد. سرعت چرخش ملخ توربین‌های بادی معمولاً از ۴۰ rpm کم‌تر است (در توربین‌های بزرگ کم‌تر از ۲۰ rpm است). آتلامونت پَس درکالیفرنیا بزرگ‌ترین نیروگاه بادی جهان، با ۱۵۰۰۰ توربین بادی مدرن است. این نیروگاه و دو نیروگاه دیگر در کالیفرنیا در سال ۱۹۹۱ حدود ۲٫۸ میلیارد kWh برق تولید کردند که برای پاسخگویی به تقاضای برق در شهر سانفرانسیسکو کافی است.

در سال ۲۰۰۸، در سرتاسر جهان توربین‌های بادی جدید با ظرفیت تولید ۲۷۲۶۰ MW برق نصب شد و ظرفیت تولید برق با استفاده از انرژی باد در جهان به ۱۲۱۲۰۰ MW رسید. ایالات متحدهٔ امریکا، آلمان، دانمارک، و اسپانیا بیش از ۷۵ درصد از این ظرفیت را به خود اختصاص داده‌اند. دانمارک ۱۰ درصد از برق موردنیاز خود را با استفاده از توربین‌های بادی تولید می‌کند.

بسیاری از توربین‌های بادی که هم‌اکنون از آن‌ها بهره‌برداری می‌شود، دو پره دارند. علت این است که بازده توربین‌های دو پره در سرعت‌های نوک ۱۶۰ تا ۳۲۰ km/h به مقدار ماکزیمم نظری نزدیک می‌شود و افزایش بازده در نتیجهٔ اضافه کردن پرهٔ سوم یا چهارم به اندازه‌ای جزئی است که هزینه و وزن اضافی را توجیه نمی‌کند.

یک توربین بادی با ملخی به قطر ۸۰m را در نظر بگیرید که، تحت شرایط وزش باد پایا با سرعت ۳۰km/h، با دور ۲۰ rpm می‌چرخد. فرض کنید بازده این توربین ۳۵ درصد است (یعنی ۳۵ درصد از انرژی جنبشی باد را به الکتریسیته تبدیل می‌کند)، مطلوب است تعیین (الف) توان تولیدشده برحسب kW، (ب) سرعت نوک پره برحسب km/h، و (ج) درآمد سالانهٔ حاصل از این توربین، هرگاه برق آن به بهای هر کیلووات‌ساعت ۰٫۰۶ دلار فروخته شود. چگالی هوا را $1{,}20\ kg/m^3$ فرض کنید.

۲-۱۰۸ مسئلهٔ ۲-۱۰۷ را با این فرض حل کنید که باد با سرعت میانگین ۲۰km/h می‌وزد.

۲-۱۰۹ صاحب‌خانه‌ای در حال بررسی این سیستم‌های گرمایشی برای گرمایش خانهٔ خود است: گرمایش مقاومتی الکتریکی با بهای کیلووات‌ساعتی ۰٫۰۹ دلار و ۱kWh=۳۶۰۰ kJ، گرمایش گازی با بهای ۱٫۲۴ دلار برای هر ترم و ۱ترم = ۱۰۵۵۰۰ kJ، و گرمایش نفتی با بهای هر گالن

Scanned by CamScanner

۱٫۲۵ دلار و ۱ گالن نفت = ۱۳۸۵۰۰ kJ. با فرض بازده ۱۰۰ درصد برای کورهٔ برقی، و ۸۷ درصد برای کوره‌های گازسوز و نفت‌سوز، تعیین کنید کدام سیستم گرمایش کم‌هزینه‌تر است.

۲-۱۱۰ یک خانهٔ نمونه‌وار در امریکا سالی ۱۲۰۰ دلار برای انرژی مصرفی خود پرداخت می‌کند و وزارت انرژی امریکا تخمین می‌زند که ۴۶ درصد این انرژی برای گرمایش و سرمایش، ۱۵ درصد برای گرم کردن آب، ۱۵ درصد برای یخچال‌ها و فریزرها، و ۲۴ درصد باقی‌مانده برای روشنایی، پخت‌وپز و استفاده از سایر لوازم خانگی مصرف می‌شود. با عایق‌کاری مناسب خانه‌هایی که خوب عایق‌کاری نشده‌اند، می‌توان هزینه‌های گرمایش و سرمایش آن‌ها را تا ۳۰ درصد کاهش داد. فرض کنید هزینهٔ عایق‌کاری ۲۰۰ دلار باشد؛ چقدر طول می‌کشد که هزینهٔ عایق‌کاری از طریق صرفه‌جویی در هزینهٔ انرژی جبران شود؟

۲-۱۱۱ وزارت انرژی امریکا تخمین می‌زند که با درزگیری و هوابندی درها و پنجره‌های یک خانه برای جلوگیری از نشت هوا، با هزینه‌ای حدود ۶۰ دلار جهت مصالح لازم برای درزگیری و هوابندی خانه‌ای با ۱۲ پنجره و ۲ در، می‌توان تا حدود ۱۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. با درزگیری و هوابندی همهٔ خانه‌هایی که با سوزاندن گاز گرم می‌شوند، می‌توان انرژی لازم برای گرم کردن ۴ میلیون خانه را صرفه‌جویی کرد. با نصب پنجره‌های مضاعف مخصوص هوای توفانی می‌توان میزان صرفه‌جویی را باز هم افزایش داد. هرگاه فرض کنیم هزینهٔ سالانهٔ مصرف انرژی در یک خانه ۱۵۰۰ دلار است، چقدر طول می‌کشد تا هزینهٔ درزگیری و هوابندی از طریق صرفه‌جویی در هزینهٔ انرژی، جبران شود.

۲-۱۱۲ نیروی لازم برای انبساط گاز در کمک‌فنر گازی در فاصلهٔ x از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید

$$F=\frac{\text{مقدار ثابت}}{x^k}$$

که در آن مقدار ثابت براساس مشخصات هندسی این وسیله و k براساس نوع گاز مصرفی در آن تعیین می‌شود. در کمک‌فنری مقدار ثابت برابر $5{,}2\,\text{N}\cdot\text{m}^{1/4}$ و $k=1{,}4$. مطلوب است تعیین کار لازم برای فشردن این کمک‌فنر از ۲٫۵cm به ۱۰cm، برحسب kJ.

پاسخ. ۰٫۰۲۴۲kJ

۲-۱۱۳ مردی به وزن ۸۰۰N قطعه‌ای به وزن ۴۵۰N را روی صفحه‌ای افقی هل می‌دهد. ضریب اصطکاک جنبشی بین قطعه و صفحه ۰٫۲ است. فرض کنید قطعه با سرعت ثابت حرکت می‌کند؛ کار لازم برای جابه‌جاکردن این قطعه به مسافت ۳۰m را با در نظر گرفتن (**الف**) مرد، و (**ب**) قطعه به‌عنوان سیستم، محاسبه کنید. پاسخ‌ها را برحسب N·m و kJ بیان کنید.

۲-۱۱۴ موتور دیزلی با حجم موتور ۴٫۰L و دور موتور ۲۵۰۰ rpm با نسبت ۱۸kg هوا به ۱kg سوخت کار می‌کند. این موتور گازوئیل سبک مصرف می‌کند که ۷۵۰ppm (بخش در میلیون) گوگرد در مقیاس جرمی دارد. همهٔ این گوگرد همراه گاز اگزوز در محیط تخلیه می‌شود و در آن‌جا گوگرد به سولفوریک اسید (H_2SO_4) تبدیل خواهد شد. آهنگ ورود هوا به موتور ۳۳۶kg/h است؛ مطلوب است تعیین آهنگ جریان جرمی گوگرد در گاز اگزوز. هم‌چنین، آهنگ جریان جرمی سولفورو اسید اضافه شده به محیط را تعیین کنید، هرگاه به‌ازای هر kmol گوگرد در گاز اگزوز، یک kmol سولفورو اسید به محیط زیست اضافه شود.

۲-۱۱۵ بنزین سرب‌دار حاوی سربی است که وارد گاز اگزوز می‌شود. سرب از آلاینده‌های بسیار سمی خروجی از موتور خودروهاست. از دههٔ ۱۹۸۰ مصرف بنزین بدون سرب در اغلب خودروهای امریکا غیرقانونی اعلام شده است. اما در بعضی از نقاط جهان هنوز بنزین سرب‌دار مصرف می‌شود. شهری با ۵۰۰۰ اتومبیل را در نظر بگیرید که بنزین سرب‌دار مصرف می‌کنند. این بنزین حاوی ۰٫۱۵g/L سرب است و ۳۵ درصد از این سرب وارد محیط زیست می‌شود. فرض کنید یک اتومبیل معمولی سالانه ۱۵۰۰۰ km رانده می‌شود و مصرف بنزین آن ۸٫۵L/۱۰۰ km است؛ مطلوب است تعیین مقدار سربی که هر سال وارد هوای این شهر می‌شود.

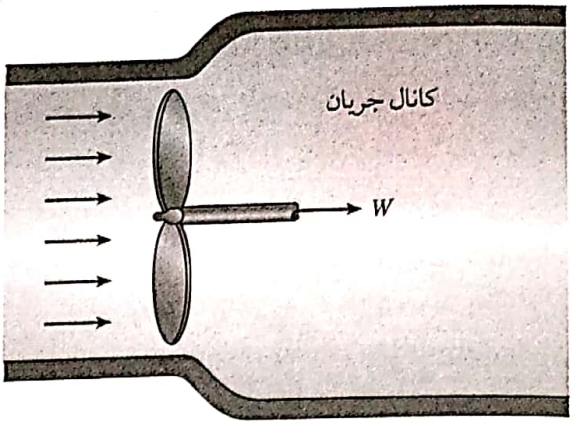
پاسخ. ۳۳۵kg.

۲-۱۱۶ در یک آسیاب قرن نوزدهمی از چرخابی به ارتفاع ۱۴m استفاده می‌شد؛ در هر دقیقه ۳۲۰ لیتر آب روی چرخ و نزدیک به بالاترین نقطهٔ آن می‌ریخت. مطلوب است تعیین توان تولیدی این چرخاب بر حسب kW.

پاسخ. ۰٫۷۳۲kW

۲-۱۱۷ آسیاهای بادی سرعت هوا را کاهش می‌دهند و موجب می‌شوند که در هنگام عبور از پره‌های آسیا، کانال بزرگ‌تری را پر کند. یک آسیای بادی دایره‌ای را با پره‌ای به قطر ۷m در نظر بگیرید که در روزی که فشار جَو ۱۰۰ kPa و دمای هوا ۲۰°C است و باد با سرعت ۱۰ m/s می‌وزد، کار می‌کند. سرعت باد در پشت آسیا ۹m/s اندازه‌گیری می‌شود. مطلوب است تعیین قطر کانال باد در پایین‌دست پرهٔ آسیا و توان تولیدی توسط این آسیا، با این فرض که هوا تراکم‌ناپذیر است.

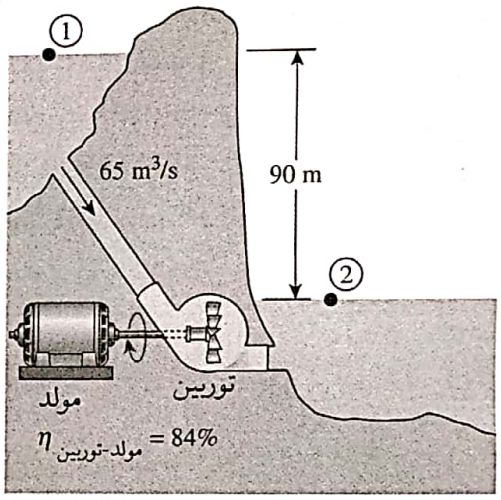
Scanned by CamScanner



شکل م۲-۱۱۷

۲-۱۱۸ در یک نیروگاه برقابی، $65 m^3/s$ آب از ارتفاع 90m روی توربین می‌ریزد تا برق تولید شود. بازده کل توربین ـ مولد ۸۴ درصد است. از تلفات اصطکاکی در لوله‌ها چشم‌پوشی کنید و توان خروجی الکتریکی این نیروگاه را تخمین بزنید.

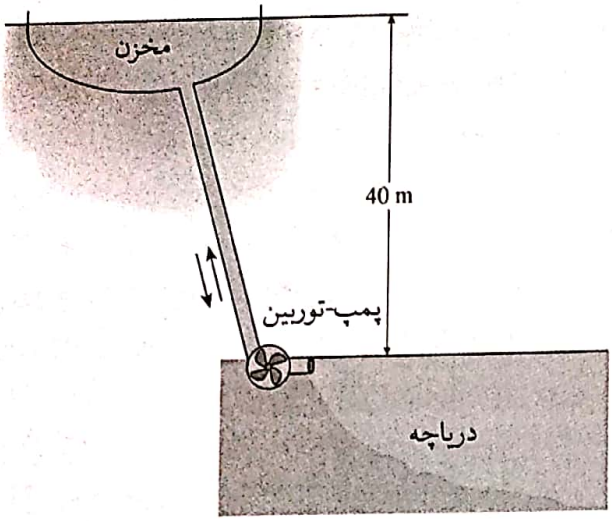
پاسخ. ۴۸٫۲MW



شکل م۲-۱۱۸

۲-۱۱۹ معمولاً مصرف برق در طول روز بسیار بیش‌تر از شب است، و شرکت‌های برق معمولاً شب‌ها برق را به بهای بسیار نازل‌تری عرضه می‌کنند تا مصرف‌کنندگان به استفاده از ظرفیت‌های موجود تولید برق تشویق شوند و به سرمایه‌گذاری هنگفت برای تأسیس نیروگاه‌های جدیدی که صرفاً طی چند ساعت اوج مصرف از آن‌ها استفاده می‌شود، نیازی نباشد. شرکت‌های برق مایل‌اند در ساعات روز، برق مازاد تولیدکنندگان خصوصی را به قیمت خوبی بخرند.

فرض کنید شرکت برقی شب‌ها برق را با بهای کیلووات‌ساعتی ۰٫۰۳ دلار می‌فروشد و طی روز حاضر است آن را با بهای کیلووات‌ساعتی ۰٫۰۸ دلار بخرد. یک بنگاه خصوصی



شکل م۲-۱۱۹

برای بهره‌برداری از این فرصت به فکر ساخت مخزن بزرگی در ارتفاع 40m از سطح یک دریاچه افتاده است تا شب‌ها با استفاده از برق ارزان، آب را به این مخزن تلمبه کند و روزها آن را به دریاچه برگرداند و از این طریق برق تولید کند، زیرا موتور ـ پمپ، وقتی آب در جهت عکس وارد آن شود، به‌صورت توربین ـ مولد عمل خواهد کرد. تحلیل مقدماتی نشان می‌دهد که آهنگ جریان آب $2 m^3/s$ در هر دو جهت قابل‌حصول است. بازده مرکب موتور ـ پمپ و توربین ـ مولد، هر یک، ۷۵ درصد است. از تلفات اصطکاکی در لوله‌ها چشم‌پوشی می‌کنیم و فرض می‌کنیم این سیستم در هر شبانه‌روز ۱۰ ساعت نقش پمپ را بازی می‌کند و ۱۰ ساعت دیگر نقش توربین را؛ مطلوب است تعیین درآمد سالانهٔ بالقوه‌ای که این سیستم می‌تواند تأمین کند.

مسائل امتحان مبانی مهندسی (FE)

۲-۱۲۰ یک اجاق‌برقی مقاومتی که در اتاقی قرار دارد به مدت ۵۰ دقیقه روشن می‌شود. مقدار انرژی انتقال‌یافته از اجاق‌برقی به اتاق برابر است با

(الف) 2kJ (ب) 100 kJ

(ج) 3000 kJ (د) 6000 kJ

(ه) 12000 kJ

۲-۱۲۱ در یک روز گرم تابستان، هوا در اتاقی درزبندی‌شده با استفاده از پنکه‌ای با توان 0٫50hp به گردش در می‌آید. بازده موتور پنکه ۶۵ درصد است. (توجه داشته باشید که موتور 0٫50hp توان مفید تحویل پنکه می‌دهد.) آهنگ تحویل انرژی از

Scanned by CamScanner

مجموعهٔ پنکه ـ موتور به اتاق چقدر است؟

(الف) ۰٫۷۶۹kJ/s (ب) ۰٫۳۲۵kJ/s
(ج) ۰٫۵۷۴kJ/s (د) ۰٫۳۷۳kJ/s
(ه) ۰٫۲۴۲kJ/s

۲-۱۲۲ پنکه‌ای هوای ساکن را با آهنگ $3m^3/min$ به‌سرعت 12m/s می‌رساند. چگالی هوا را $1,15kg/m^3$ فرض می‌کنیم؛ مینیمم توانی که باید به پنکه تحویل داد برابر است با

(الف) ۲۴۸W (ب) ۷۲W
(ج) ۴۹۷W (د) ۲۱۶W
(ه) ۱۶۲W

۲-۱۲۳ اتومبیلی به جرم 900kg با سرعت ثابت 60km/s در حرکت است و راننده قصد دارد طی 4s سرعت آن را به 100km/h برساند. توان اضافی لازم برای دستیابی به چنین شتابی برابر است با

(الف) ۵۶kW (ب) ۲۲۲kW
(ج) ۲٫۵kW (د) ۶۲kW
(ه) ۹۰kW

۲-۱۲۴ آسانسور ساختمان بزرگی جرم خالص 400kg را با سرعت ثابت 12m/s بالا می‌برد. توان نامی ماکزیمم الکتروموتور این آسانسور می‌بایست برابر باشد با

(الف) ۰kW (ب) ۴٫۸kW
(ج) ۴۷kW (د) ۱۲kW
(ه) ۳۶kW

۲-۱۲۵ در یک نیروگاه برقابی که آب را با آهنگ $70m^3/s$، از ارتفاع 65m دریافت می‌کند، با استفاده از توربین ـ مولدی با بازده ۸۵درصد برق تولید می‌کنند. در صورتی که از تلفات اصطکاکی چشم‌پوشی شود، توان الکتریکی خروجی این نیروگاه برابر است با

(الف) ۳٫۹MW (ب) ۳۸MW
(ج) ۴۵MW (د) ۵۳MW
(ه) ۶۵MW

۲-۱۲۶ کمپرسوری با توان 75hp سالانه ۲۵۰۰ ساعت زیر بار کامل کار می‌کند و الکتروموتوری با بازده ۹۳ درصد دارد. اگر بهای واحد برق کیلووات‌ساعتی ۰٫۰۶ دلار باشد، هزینهٔ مصرف برق سالانهٔ این کمپرسور برابر است با

(الف) ۷۸۰۲ دلار (ب) ۹۰۲۱ دلار
(ج) ۱۲۱۰۰ دلار (د) ۸۳۸۹ دلار
(ه) ۱۰۴۶۰ دلار

۲-۱۲۷ یخچالی را در نظر بگیرید که در هنگام کارکردن 320W انرژی مصرف می‌کند. اگر این یخچال فقط در ۱/۴ اوقات کار کند و بهای واحد برق کیلوواتی ۰٫۰۹ دلار باشد، هزینهٔ برق مصرفی این یخچال در یک ماه (۳۰ روز) چقدر است؟

(الف) ۳٫۵۶ دلار (ب) ۵٫۱۸ دلار
(ج) ۸٫۵۴ دلار (د) ۹٫۲۸ دلار
(ه) ۲۰٫۷۴ دلار

۲-۱۲۸ از پمپی با توان 2kW برای انتقال نفت سفید ($\rho = 0,820kg/L$) از مخزن روی زمین به مخزنی در ارتفاعی بالاتر استفاده می‌کنند. هر دو مخزن سرگشاده‌اند و اختلاف ارتفاع بین سطح آزاد آن‌ها 30m است. آهنگ جریان حجمی ماکزیمم نفت سفید برابر است با

(الف) ۸٫۳L/s (ب) ۷٫۲L/s
(ج) ۶٫۸L/s (د) ۱۲٫۱L/s
(ه) ۱۷٫۸L/s

۲-۱۲۹ یک پمپ گلیسرین الکتروموتوری با توان 5kW دارد. اختلاف فشار بین خروجی و ورودی پمپ، زیر بار کامل، برابر 211kPa اندازه‌گیری می‌شود. آهنگ جریان در پمپ 18L/s و تغییرات ارتفاع و سرعت جریان در داخل پمپ قابل‌چشم‌پوشی است؛ بازده کلی پمپ برابر است با

(الف) ۶۹ درصد (ب) ۷۲ درصد
(ج) ۷۶ درصد (د) ۷۹ درصد
(ه) ۸۲ درصد

مسئله‌های زیر به موضوع خاص و اختیاری انتقال گرما مربوط‌اند

۲-۱۳۰ صفحه مداری به ارتفاع 10cm و عرض 20cm مفروض است. روی سطح این صفحه ۱۰۰ تراشهٔ نزدیک به‌هم نصب شده که هر یک با آهنگ 0,08W گرما تولید می‌کند و آن را از طریق همرفت به هوای محیط با دمای 25°C انتقال می‌دهد. انتقال گرما از پشت صفحه قابل‌چشم‌پوشی است. اگر ضریب انتقال گرمای همرفتی روی سطح این صفحه $10W/m^2.°C$ فرض شود و انتقال گرمای تابشی قابل‌چشم‌پوشی باشد، دمای میانگین سطح تراشه‌ها برابر است با

(الف) 26°C (ب) 45°C
(ج) 15°C (د) 80°C
(ه) 65°C

Scanned by CamScanner

۲-۱۳۱ یک سیم مقاومت الکتریکی به طول ۵۰cm و قطر ۰٫۲cm در آب غوطه‌ور است و برای تعیین تجربی ضریب انتقال گرمای جوششی آب در فشار ۱atm به‌کار می‌رود. هنگامی که وات‌سنج مصرف توان الکتریکی را ۴٫۱kW نشان می‌دهد، دمای سطح سیم برابر ۱۳۰°C اندازه‌گیری می‌شود. در این صورت ضریب انتقال گرما برابر است با

(الف) ۴۳۵۰۰ W/m².°C (ب) ۱۳۷W/m².°C

(ج) ۶۸۳۳۰ W/m².°C (د) ۱۰۰۳۸ W/m².°C

(ه) ۳۷۵۴۰ W/m².°C

۲-۱۳۲ سطح سیاه داغی با مساحت ۳m² و دمای ۸۰°C از طریق همرفت با ضریب ۱۲W/m².°C گرما را به هوای محیط با دمای ۲۵°C، و از طریق تابش به سطوح اطراف با دمای ۱۵°C دفع می‌کند. آهنگ کل اتلاف گرمای این سطح برابر است با

(الف) ۱۹۸۷W (ب) ۲۲۳۹W

(ج) ۲۳۴۸W (د) ۳۴۵۱W

(ه) ۳۸۱۱W

۲-۱۳۳ گرما به‌طور پیوسته و از طریق دیواری به ابعاد ۴m×۸m و ضخامت ۰٫۲m منتقل می‌شود. دماهای سطوح خارجی و داخلی این دیوار، به‌ترتیب، برابر ۱۵°C و ۵°C اندازه‌گیری می‌شود. رسانندگی گرمایی میانگین دیوار برابر است با

(الف) ۰٫۰۰۲ W/m.°C (ب) ۰٫۷۵W/m.°C

(ج) ۱٫۰ W/m.°C (د) ۱٫۵W/m.°C

(ه) ۳٫۰ W/m.°C

۲-۱۳۴ بام خانه‌ای که با استفاده از انرژی الکتریکی گرم می‌شود ۷m طول، ۱۰m عرض و ۰٫۲۵m ضخامت دارد. این بام از لایه‌ای تخت از بتن ساخته شده که رسانندگی گرمایی آن ۰٫۹۲W/m.°C است. در یک شب زمستانی، دماهای سطوح داخلی و خارجی بام، به‌ترتیب، ۱۵°C و ۴°C اندازه‌گیری می‌شود. آهنگ میانگین اتلاف گرما از طریق بام در این شب خاص برابر است با

(الف) ۴۱W (ب) ۱۷۷W

(ج) ۴۸۹۴W (د) ۵۵۶۷W

(ه) ۲۸۳۴W

مسئله‌های طراحی و مقاله‌ای

۲-۱۳۵ با جستجو در نوشتارهای علمی، مقاله‌ای تدوین کنید که مفاهیم آلودگی گرمایی و وضعیت فعلی آن را نشان دهد.

۲-۱۳۶ یک خودرو متوسط به‌ازای مصرف هر لیتر بنزین نزدیک به ۲٫۴kg کربن دیوکسید در جَو منتشر می‌کند و بنابراین یکی از اقداماتی که می‌توان برای کاهش گرم شدن زمین انجام داد، خرید اتومبیلی است که سوخت کم‌تری مصرف کند. در یکی از گزارش‌های دولت امریکا آمده است که خودرویی که به‌جای ۱۰L/۱۰۰ km فقط ۸L/۱۰۰ km بنزین مصرف کند، در طول عمر مفید خود از رها شدن ۱۰ تن کربن دیوکسید در جَو جلوگیری می‌کند. با اختیار کردن فرض‌های معقول، نشان دهید که این ادعایی مستدل است، یا اغراقی توجیه‌ناپذیر.

۲-۱۳۷ انرژی خورشیدی که به زمین می‌رسد، در راستای قائم بر خورشید و در یک روز آفتابی، در خارج از جَوّ زمین در حدود ۱۳۵۰ W/m² و روی سطح زمین ۹۵۰ W/m² است. فروشنده‌ای برای پانل‌های پیل فوتوولتایی به ابعاد ۲m×۳m بازاریابی می‌کند و مدعی است که تنها یکی از این پانل‌ها پاسخگوی نیاز یک خانه به برق است. این ادعا را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ بازده پیل فوتوولتایی در حدود ۱۵ درصد است.

۲-۱۳۸ قیمت نفت مصرفی برای گرمایش، گاز طبیعی و برق را در منطقه‌ای که زندگی می‌کنید جویا شوید و هزینهٔ هر kWh انرژی تحویلی به خانه به‌صورت گرما را تعیین کنید. قبض‌های برق و گاز خانهٔ خود را وارسی کنید و ببینید که ماه گذشته چه مبلغ برای گرمایش خانهٔ خود هزینه کرده‌اید. به‌علاوه، تعیین کنید که اگر در خانهٔ خود از جدیدترین و کارامدترین سیستم‌ها استفاده می‌کردید، ماه گذشته چقدر پول بابت انرژی پرداخت می‌کردید.

۲-۱۳۹ گزارشی دربارهٔ سیستم‌های گرمایش ساختمان‌های مسکونی در منطقهٔ سکونت خود تهیه کنید. دربارهٔ مزایا و معایب هر سیستم بحث کنید و هزینه‌های اولیه و بهره‌برداری آن‌ها را با هم مقایسه کنید. عوامل مهم در انتخاب سیستم گرمایش کدام‌اند؟ چند رهنمود ارائه دهید. هر یک از سیستم‌های گرمایشی انتخابی در منطقهٔ سکونت شما در کدام شرایط بهترین گزینه‌اند؟

۲-۱۴۰ عملکرد هر وسیله به‌صورت نسبت خروجی مطلوب به ورودی لازم تعریف می‌شود و این تعریف را می‌توان به حوزه‌های غیرفنی نیز تعمیم داد. مثلاً، عملکرد شما در این درس را می‌توان به‌صورت نمره‌ای که گرفتید، نسبت به تلاشی که انجام دادید، در نظر گرفت. اگر وقت زیادی را صرف مطالعهٔ این درس کردید و نمره‌های خوبی نگرفتید، عملکرد شما ضعیف بوده است. در این صورت شاید بهتر باشد علت این عملکرد ضعیف را پیدا کرده، چاره‌ای برای آن بیندیشید. سه تعریف دیگر از عملکرد در حوزه‌های غیرفنی ارائه دهید و دربارهٔ آن‌ها بحث کنید.

Scanned by CamScanner

۲-۱۴۱ در یک نیروگاه برق گاهی در ساعات کاهش مصرف، آب را با پمپ به مخزنی مرتفع منتقل می‌کنند. سپس در ساعات اوج مصرف که تقاضا برای برق از ظرفیت تولید نیروگاه فراتر می‌رود، با استفاده از آب این مخزن، برق تولید می‌کنند. این طرح ذخیره‌سازی انرژی را از منظر بازده تبدیل تشریح و با ذخیره‌سازی ماده‌ای که تحت فشار تغییر فاز می‌دهد مقایسه کنید.

۲-۱۴۲ بعضی از مهندسان می‌گویند که از هوای فشرده‌شده در مخزن می‌توان برای تأمین نیروی محرکهٔ لازم برای وسایل حمل‌ونقل شخصی استفاده کرد. تکنولوژی امروزی مخازن هوای فشرده به ما امکان می‌دهد که هوای فشرده تا ۲۸MPa را با ایمنی ذخیره کنیم. مخازنی که با استفاده از مواد مرکب (کمپوزیت) ساخته می‌شوند، به‌ازای هر $1\,m^3$ فضای ذخیرهٔ هوا، ۱۵۰kg مواد اولیه لازم دارند. تقریباً $0{,}022\,hp$ به‌ازای هر kg وزن وسیلهٔ نقلیه توان لازم است تا بتوان آن را با سرعت ۵۰km/h راند. ماکزیمم بُرد چنین وسیله‌ای چقدر می‌تواند باشد؟ وزن مخزن را در نظر بگیرید و فرض کنید تبدیل انرژی هوای فشرده به طور کامل انجام می‌گیرد.

Scanned by CamScanner

مواد خالص، فرایندهای تغییر فاز، نمودارهای خاصیت

۳-۱م بخار اشباع با بخار فوق‌گرم چه تفاوتی دارد؟

۳-۲م آیا بین خواص افزایش‌ناپذیر بخار اشباع در دمایی مفروض و بخار مخلوطی اشباع در همان دما تفاوتی هست؟

۳-۳م اگر فشار ماده‌ای طی فرایند جوشیدن افزایش پیدا کند، آیا دمای آن نیز افزایش پیدا می‌کند یا ثابت باقی می‌ماند؟ چرا؟

۳-۴م چرا دما و فشار در ناحیهٔ مخلوط اشباع، خواصی وابسته به یکدیگرند؟

۳-۵م نقطهٔ بحرانی و نقطهٔ سه‌گانه چه تفاوتی با هم دارند؟

۳-۶م آیا می‌توان در $-10\,^{\circ}C$ بخار آب داشت؟

۳-۷م شوهر خانه‌داری برای خانوادهٔ خود در ظرفی خوراک گوشت می‌پزد؛ ظرف (**الف**) در ندارد، (**ب**) درِ سبکی دارد، و (**ج**) با درِ سنگینی پوشانده شده است. در کدام حالت گوشت زودتر می‌پزد؟ چرا؟

۳-۸م فرایند جوشیدن در فشارهای فوق‌بحرانی، با فرایند جوشیدن در فشارهای زیربحرانی چه تفاوتی دارد؟

جدول‌های خواص

۳-۹م ظرفی و درِ آن‌که کاملاً کیپ است، غالباً در هنگام آشپزی به‌هم می‌چسبند، به‌طوری که بعد از سرد شدن ظرف به سختی می‌توان درِ آن را باز کرد. علت این پدیده را توضیح دهید و بگویید چگونه می‌توان درِ ظرف را باز کرد.

۳-۱۰م می‌دانیم که هوای گرم، در محیط سردتر، بالا می‌رود. مخلوط گرمی از هوا و بنزین را روی ظرف درباز بنزین در نظر بگیرید. آیا فکر می‌کنید این مخلوط گازی در محیط سردتر بالا می‌رود؟

۳-۱۱م آیا مقدار گرمای جذب‌شده در هنگام جوشیدن $1\,kg$ آب مایع اشباع در دمای $100\,^{\circ}C$ باید با مقدار گرمای آزادشده در

Scanned by CamScanner

هنگام چگالش 1kg بخار آب اشباع در همان دمای 100°C برابر باشد؟

۳-۱۲م آیا نقطهٔ مرجع انتخابی برای خواص ماده در تحلیل ترمودینامیکی تأثیر دارد؟ چرا؟

۳-۱۳م مفهوم فیزیکی h_{fg} چیست؟ آیا با دانستن h_f و h_g می توان آن را به‌دست آورد؟ چگونه؟

۳-۱۴م آیا h_{fg} با دما تغییر می‌کند؟ چگونه؟

۳-۱۵م آیا حقیقت دارد که برای تبخیر 1kg آب مایع در 100°C بیش‌تر از تبخیر آن در 120°C انرژی لازم است؟

۳-۱۶م کیفیت چیست؟ آیا در ناحیهٔ بخار فوق‌گرم معنا دارد؟

۳-۱۷م کدام فرایند به انرژی بیش‌تری نیاز دارد: تبخیر کامل 1kg آب مایع اشباع در فشار 1atm یا تبخیر کامل 1kg آب مایع اشباع در فشار 8atm؟

۳-۱۸م آیا می توان کیفیت را به‌صورت نسبت حجمی اشغال‌شده توسط فاز بخار به حجم کل تعریف کرد؟ توضیح دهید.

۳-۱۹م در نبود جدول‌های مایع متراکم، حجم مخصوص مایع متراکم در P و T مفروض را چگونه می توان تعیین کرد؟

۳-۲۰م در سال ۱۷۷۵، دکتر ویلیام کولن در اسکاتلند با خالی کردن هوای داخل مخزن آب، یخ تولید کرد. طرز کار این دستگاه را توضیح دهید. چگونه می توان این فرایند را کارامدتر کرد؟

۳-۲۱ جدول زیر را برای H_2O کامل کنید:

توصیف فاز	v,m³/kg	P,kPa	T,°C
	۷٫۷۲		۵۰
بخار اشباع‌شده		۴۰۰	
		۵۰۰	۲۵۰
		۳۵۰	۱۱۰

۳-۲۲ مسئلهٔ ۳-۲۱ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، خواص جاافتاده را در مورد آب تعیین کنید. این مسئله را در مورد مبرّد 134a، مبرّد ۲۲، و آمونیاک تکرار کنید.

۳-۲۳ جدول زیر را برای H_2O کامل کنید:

توصیف فاز	x	h,kJ/kg	P,kPa	T,°C
	۰٫۷		۲۰۰	
		۱۸۰۰		۱۴۰
	۰٫۰		۹۵۰	
			۵۰۰	۸۰
		۳۱۶۲٫۲	۸۰۰	

۳-۲۴ جدول زیر را برای مبرّد 134a کامل کنید:

توصیف فاز	v,m³/kg	P,kPa	T,°C
		۳۲۰	−۱۲
	۰٫۰۰۶۵		۳۰
بخار اشباع‌شده		۵۵۰	
		۶۰۰	۶۰

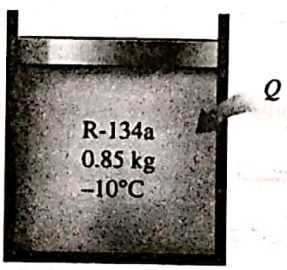
۳-۲۵ با فرض در دسترس بودن داده‌های کافی، جاهای خالی جدول زیر را که به خواص آب مربوط است، پر کنید. در آخرین ستون جدول، وضعیت آب را تحت عنوان مایع متراکم، مخلوط اشباع، بخار فوق‌گرم، یا اطلاعات ناقص، توصیف کنید؛ در صورت اقتضا، کیفیت را نیز ذکر کنید.

P,kPa	T,°C	v,m³/kg	h,kJ/kg	توصیف وضعیت و کیفیت (در صورت اقتضا)
۲۰۰			۲۷۰۶٫۳	
	۱۳۰			۰٫۶۵۰
	۴۰۰		۳۲۷۷٫۰	
۸۰۰	۳۰			
۴۵۰	۱۴۷٫۹۰			

۳-۲۶ جدول زیر را برای مبرّد 134a کامل کنید:

توصیف فاز	x	h,kJ/kg	P,kPa	T,°C
		۱۸۰	۶۰۰	
	۰٫۶			−۱۰
			۵۰۰	−۱۴
		۳۰۰٫۶۱	۱۲۰۰	
	۱٫۰			۴۴

۳-۲۷ سیلندر ـ پیستونی حاوی 0.85kg مبرّد 134a در دمای −10°C است. پیستون می تواند آزادانه حرکت کند، جرمی برابر 12kg دارد و قطر آن 25cm است. فشار جَو در محل 88kPa است. به مبرّد 134a گرما انتقال می‌دهیم تا دمای آن به 15°C برسد. مطلوب است تعیین (**الف**) فشار نهایی، (**ب**) تغییر در حجم سیلندر، و (**ج**) تغییر در آنتالپی مبرّد 134a.

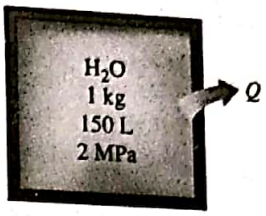


شکل م ۳-۲۷

Scanned by CamScanner

۳-۲۸ مبرّد ۱۳۴a که حجم مخصوص آن $0,030\ m^3/kg$ است در لوله‌ای با فشار $800\ kPa$ جریان دارد. دما در لوله چقدر است؟

۳-۲۹ یک کیلوگرم آب ظرف صلبی به گنجایش $150\ L$ با فشار اولیهٔ $2MPa$ را پر می‌کند. سپس ظرف را تا دمای $40°C$ سرد می‌کنیم. دمای اولیهٔ ظرف و فشار نهایی آب را تعیین کنید.



شکل م ۳-۲۹

۳-۳۰ $10\ kg$ مبرّد ۱۳۴a ظرف صلبی به گنجایش $1,348\ m^3$ و دمای اولیهٔ $-40°C$ را پر می‌کند. سپس ظرف را گرم می‌کنند تا فشار در داخل آن به $200\ kPa$ برسد. دمای نهایی و فشار اولیه را تعیین کنید.

پاسخ‌ها. $66,3°C$، $51,25kPa$

۳-۳۱ ظرفی به گنجایش $9\ m^3$ با $300\ kg$ مبرّد ۱۳۴a در دمای $10°C$ پر می‌شود. آنتالپی مخصوص مبرّد ۱۳۴a در این ظرف چقدر است؟

۳-۳۲ مبرّد ۱۳۴a در فشار $200\ kPa$ و دمای $25°C$ در لولهٔ تبرید جریان دارد. حجم مخصوص آن را تعیین کنید.

۳-۳۳ سیلندر ـ پیستونی فنردار، ابتدا با $0,1kg$ مخلوط مایع ـ بخار مبرّد ۱۳۴a پر می‌شود که دمای آن $-34°C$ و کیفیت آن ۸۰درصد است. ثابت فنر در رابطهٔ نیروی فنر، یعنی $F=kx$، برابر $6,6kN/m$، و قطر پیستون $30\ cm$ است. مبرّد ۱۳۴a در معرض فرایندی است که حجم آن را ۴۰ درصد افزایش می‌دهد. مطلوب است محاسبهٔ آنتالپی و دمای نهایی مبرّد ۱۳۴a.

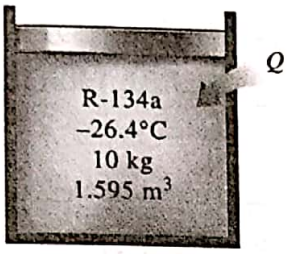
پاسخ‌ها. $-30,9°C$، $13,7kJ/kg$

۳-۳۴ یک کیلوگرم آب سیلندر ـ پیستون وزنه‌داری به حجم $0,1546\ m^3$ را در دمای $350°C$ پر می‌کند. سپس سیلندر ـ پیستون را سرد می‌کنند تا دمای آن به $100°C$ برسد. مطلوب است تعیین فشار نهایی آب برحسب kPa، و حجم آن برحسب m^3.

پاسخ‌ها. $1,8MPa$، $0,001043\ m^3$

۳-۳۵ ده کیلوگرم مبرّد ۱۳۴a سیلندر ـ پیستون وزنه‌داری به حجم $1,595\ m^3$ و دمای $-26,4°C$ را پر می‌کند. سپس ظرف را گرم می‌کنند تا دمای آن به $100°C$ برسد. مطلوب است تعیین حجم نهایی مبرّد ۱۳۴a.

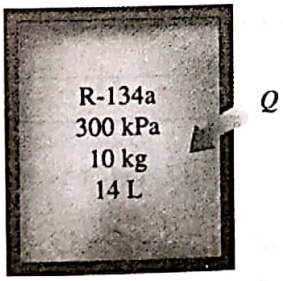
شکل م ۳-۳۳



شکل م ۳-۳۵

۳-۳۶ سه کیلوگرم آب در ظرفی، فشار $100\ kPa$ و دمای $250°C$ دارد. حجم این ظرف چقدر است؟

۳-۳۷ $10\ kg$ مبرّد ۱۳۴a در فشار $300\ kPa$ ظرف صلبی به گنجایش $14L$ را پر می‌کند. مطلوب است تعیین دما و آنتالپی در ظرف. سپس ظرف را گرم می‌کنند تا فشار به $600\ kPa$ برسد. مطلوب است تعیین دما و آنتالپی، وقتی گرمایش کامل می‌شود.

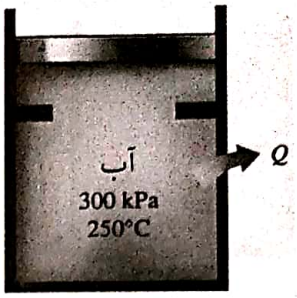


شکل م ۳-۳۷

۳-۳۸ $100\ kg$ مبرّد ۱۳۴a در فشار $200\ kPa$ در سیلندر ـ پیستونی با حجم $12,322\ m^3$ موجود است. پیستون به حرکت در می‌آید تا حجم آن نصف مقدار اولیه شود. این کار چنان انجام می‌گیرد که فشار مبرّد ۱۳۴a تغییر نکند. مطلوب است تعیین دمای نهایی و تغییر انرژی داخلی کل مبرّد ۱۳۴a.

۳-۳۹ آب ابتدا فشار $300\ kPa$ و دمای $250°C$ دارد که آن را در سیلندر ـ پیستونی ضامن‌دار می‌ریزند. آب در فشار ثابت سرد

Scanned by CamScanner



شکل م ۳-۳۹

می‌شود تا به‌صورت بخار اشباع درآید و پیستون به ضامن‌ها تکیه می‌کند. سپس آب سردتر می‌شود تا فشار آن به ۱۰۰ kPa برسد. روی نمودار T-v، منحنی‌های این فرایند را که از حالت‌های اولیه، میانی، و نهایی آب می‌گذرند، نسبت به خطوط اشباع، ترسیم کنید. مقادیر T، P، و v را برای حالت‌های انتهایی روی منحنی‌های فرایند مشخص کنید. تغییر کلی در انرژی داخلی بین حالت‌های اولیه و نهایی را به‌ازای واحد جرم آب تعیین کنید.

۳-۴۰ فشار جَو در هر محل را معمولاً در شرایط استاندارد مشخص می‌کنند، اما این فشار با تغییر وضع هوا، تغییر می‌کند. چنان‌که غالباً در پیش‌بینی‌های هواشناسی گفته می‌شود، در هوای بارانی فشار جَو کاهش می‌یابد و در روزهای آفتابی که هوا صاف است، بالا می‌رود. اختلاف فشار بین دو وضعیت حدی 5mm جیوه فرض می‌شود؛ مطلوب است تعیین میزان تغییر دمای جوشیدن آب، وقتی وضعیت هوا از یک حد به حد دیگر تغییر می‌کند.

۳-۴۱ شخصی در ظرفی به قطر ۳۰cm که درِ کیپ دارد غذا می‌پزد و سپس صبر می‌کند تا غذا به دمای اتاق، یعنی ۲۰°C، برسد. جرم کل غذا و ظرف ۸kg است. اکنون شخص می‌کوشد با بالا کشیدن درِ ظرف، آن را باز کند. فرض می‌کنیم در حین پخت‌وپز هوا به داخل ظرف نفوذ نکرده است؛ آیا درِ ظرف باز می‌شود، یا ظرف همراه آن بلند خواهد شد؟

۳-۴۲ آب در فشار ۱atm، در ظرفی از جنس فولاد زنگ‌نزن به قطر ۲۵cm، روی اجاق‌برقی می‌جوشد. مشاهده می‌شود که طی ۴۵min، سطح آب در ظرف ۱۰cm پایین می‌رود؛ مطلوب است تعیین آهنگ انتقال گرما به این ظرف.

۳-۴۳ مسئلهٔ ۳-۴۲ را برای مکانی به ارتفاع ۲۰۰۰ m حل کنید؛ در این مکان فشار استاندارد جَو ۷۹٫۵kPa است.

۳-۴۴ بخار اشباع که با دمای ۴۰°C از توربین نیروگاه بیرون می‌آید، با آهنگ ۱۳۰kg/h روی سطح خارجی لوله‌ای به قطر ۳cm و طول ۳۵m جگالش می‌یابد. مطلوب است تعیین آهنگ انتقال گرما از بخار به آب خنک‌کنی که از داخل لوله می‌گذرد.

۳-۴۵ آب در ظرفی به عمق ۵cm در دمای ۹۸°C به جوش می‌آید. در ظرفی به عمق ۴۰cm آب در چه دمایی به جوش می‌آید؟ فرض کنید هر دو ظرف پر از آب هستند.

۳-۴۶ آب را در سیلندر-پیستونی عمودی گرم می‌کنیم. جرم پیستون ۲۰kg و سطح مقطع آن ۱۰۰ cm^2 است. فشار جَو را ۱۰۰ kPa فرض می‌کنیم؛ مطلوب است تعیین دمایی که آب در آن به جوش می‌آید.

۳-۴۷ مخزن صلبی به حجم ۱٫۸m^3 حاوی ۱۵kg مخلوط اشباع مایع-بخار آب در ۹۰°C است. آب را به آهستگی گرم می‌کنیم. مطلوب است تعیین دمایی که در آن مایع داخل مخزن کاملاً تبخیر می‌شود. این فرایند را روی نمودار T-v، نسبت به خطوط اشباع، نشان دهید.

پاسخ. ۲۰۲٫۹°C

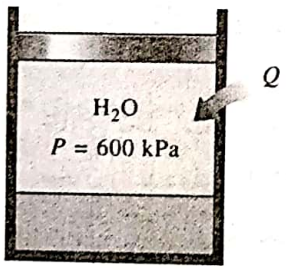
۳-۴۸ سیلندر-پیستونی حاوی ۰٫۰۰۵m^3 آب مایع و ۰٫۹m^3 بخار آب در ۶۰۰ kPa است که با هم در تعادل‌اند. گرما با آهنگ ثابت انتقال می‌یابد تا دما به ۲۰۰°C می‌رسد.

(**الف**) دمای اولیهٔ آب چقدر است؟

(**ب**) جرم کل آب را تعیین کنید.

(**ج**) حجم نهایی را تعیین کنید.

(**د**) این فرایند را روی نمودار P-v نسبت به خطوط اشباع نشان دهید.



شکل م ۳-۴۸

۳-۴۹ مسئلهٔ ۳-۴۸ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر) دربارهٔ اثر فشار بر جرم کل آب داخل مخزن تحقیق کنید. فرض کنید فشار از ۰٫۱MPa تا ۱MPa تغییر می‌کند. نمودار جرم کل آب را برحسب فشار ترسیم کنید و دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید. هم‌چنین، فرایند مسئلهٔ ۳-۵۳ را با استفاده از ویژگی رسم نمودار نرم‌افزار EES روی نمودار P-v نشان دهید.

Scanned by CamScanner

۳-۵۰ بخار آب فوق‌گرم در فشار ۱٫۴MPa و دمای ۲۵۰°C با حجم ثابت سرد می‌شود تا دمای آن به ۱۲۰°C کاهش یابد. در حالت نهایی، مطلوب است تعیین (الف) فشار، (ب) کیفیت، و (ج) آنتالپی. هم‌چنین، این فرایند را روی نمودار T-v، نسبت به خطوط اشباع، نشان دهید.

پاسخ‌ها. (الف) ۱۹۷٫۸kPa، (ب) ۰٫۱۸۲۵، (ج) ۹۰۵٫۷kJ/kg

۳-۵۱ ■ مسئلهٔ ۳-۵۰ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، دربارهٔ اثر فشار اولیه بر کیفیت آب در حالت نهایی تحقیق کنید. فرض کنید فشار از ۷۰۰ kPa تا ۲۰۰۰ kPa تغییر می‌کند. نمودار کیفیت را برحسب فشار اولیه ترسیم کرده، دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید. هم‌چنین، فرایند مسئلهٔ ۳-۵۰ را با استفاده از ویژگی ترسیم نمودار نرم‌افزار EES روی نمودار T-v نشان دهید.

۳-۵۲ حجم مخصوص، انرژی داخلی، و آنتالپی آب مایع فشرده را در دمای ۸۰°C و فشار ۲۰MPa، با استفاده از تقریب مایع اشباع، تعیین کنید. این مقادیر را با مقادیر حاصل از جدول‌های مایع متراکم مقایسه کنید.

۳-۵۳ ■ مسئلهٔ ۳-۵۲ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، خواص مذکور را برای مایع متراکم تعیین کنید و آن‌ها را با مقادیر حاصل از تقریب مایع اشباع مقایسه کنید.

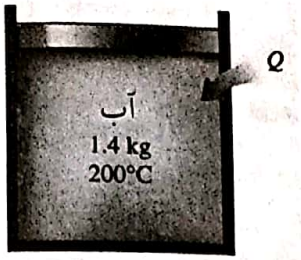
۳-۵۴ سیلندر ـ پیستونی حاوی ۰٫۸kg بخار آب در دمای ۳۰۰°C و فشار 1MPa است. بخار آب در فشار ثابت سرد می‌شود تا نصف جرم چگالش یابد. (الف) این فرایند را روی نمودار T-v نشان دهید. (ب) دمای نهایی را بیابید. (ج) تغییر حجم را تعیین کنید.

۳-۵۵ مخزن صلبی حاوی بخار آب در دمای ۲۵۰°C و فشار مجهول است. وقتی مخزن را تا دمای ۱۲۴°C سرد می‌کنیم، چگالش بخار شروع می‌شود. فشار اولیهٔ مخزن را تخمین بزنید.

پاسخ. ۰٫۳۰MPa

۳-۵۶ سیلندر ـ پیستونی ابتدا حاوی ۱٫۴kg آب مایع اشباع در ۲۰۰°C است. به آب گرما می‌دهیم تا حجم آن چهار برابر شود و سیلندر فقط حاوی بخار آب باشد. مطلوب است تعیین (الف) حجم مخزن، (ب) دما و فشار نهایی مخزن، و (ج) تغییر انرژی داخلی آب.

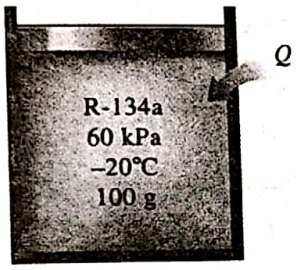
۳-۵۷ با استفاده از تقریب مایع تراکم‌ناپذیر، چه مقدار خطا در محاسبهٔ حجم مخصوص و آنتالپی آب در ۲۰MPa و ۱۴۰°C ایجاد خواهد شد؟



شکل م ۳-۵۶

۳-۵۸ ۱۰۰ گرم مبرّد 134a ابتدا سیلندر ـ پیستون وزنه‌داری را، در فشار ۶۰kPa و دمای ۲۰°C- پر می‌کند. سیلندر ـ پیستون را گرم می‌کنیم تا دما به ۱۰۰°C برسد. مطلوب است تغییر حجم سیلندر ـ پیستون در نتیجهٔ گرما.

پاسخ. ۰٫۰۱۶۸m³



شکل م ۳-۵۸

۳-۵۹ مخزن صلبی حاوی 2kg مبرّد 134a در فشار ۸۰۰ kPa و دمای ۱۲۰°C است. مطلوب است تعیین حجم مخزن و انرژی داخلی کل.

پاسخ‌ها. ۰٫۰۷۵۳m³، ۶۵۵٫۷kJ

۳-۶۰ مخزنی به حجم ۰٫۵m³ حاوی 10kg مبرّد 134a در دمای ۲۰°C- است. مطلوب است تعیین (الف) فشار، (ب) انرژی داخلی کل، و (ج) حجم اشغال‌شده توسط فاز مایع.

پاسخ‌ها. (الف) ۱۳۲٫۸۲kPa، (ب) ۹۰۴٫۲kJ، (ج) ۰٫۰۰۴۸۹ m³

۳-۶۱ ■ نمودارهای حالت فشار ـ آنتالپی برای مطالعهٔ سیستم‌های تبرید و مانند آن‌ها مفیدند. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر) و داده‌های عملی خاصیت، نمودار فشار ـ آنتالپی را برای مبرّد 134a چنان ترسیم کنید که شامل خطوط اشباع باشد. هم‌چنین، فرایندهای هم‌دما و آنتالپی ـ ثابت را روی این نمودار ترسیم کنید.

۳-۶۲ مخزنی صلب به حجم ۰٫۳m³ ابتدا حاوی مخلوط بخار آب اشباع در دمای ۱۵۰°C است. آب را گرم می‌کنیم تا دمای آن به

Scanned by CamScanner

حالت بحرانی برسد. مطلوب است تعیین جرم آب مایع و حجم اشغال‌شده توسط مایع درحالت اولیه.

پاسخ‌ها. ۹۶٫۱kg، ۰٫۱۰۵m³

گاز کامل

۳-۶۳م جرم و جرم مولی چه تفاوتی با هم دارند؟ رابطهٔ این دو با هم چیست؟

۳-۶۴م در چه شرایطی فرض گاز کامل برای گازهای حقیقی کاربرد دارد؟

۳-۶۵م R و R_u چه تفاوتی با هم دارند؟ رابطهٔ این دو با هم چیست؟

۳-۶۶م از پروپان و متان معمولاً برای گرمایش در زمستان استفاده می‌کنند و نشت این سوخت‌ها، حتی به مدتی کوتاه، خطر آتش‌سوزی در خانه‌ها را در پی دارد. به‌نظر شما کدام گاز خطر بیش‌تری ایجاد می‌کند؟ توضیح دهید.

۳-۶۷ حجم مخصوص نیتروژن در فشار ۳۰۰kPa و دمای ۲۲۷°C چقدر است؟

۳-۶۸ ظرفی به حجم ۰٫۰۹m³ با ۰٫۹kg اکسیژن در فشار ۶۰۰kPa پر می‌شود. دمای اکسیژن چقدر است؟

۳-۶۹ ۲kg هلیم در فشار ۳۰۰kPa و دمای ۲۷°C در ظرف صلبی نگهداری می‌شود. حجم این ظرف برحسب m³ چقدر است؟

۳-۷۰ بالونی کروی به قطر ۹m با هلیم در دمای ۲۷°C و فشار ۲۰۰kPa پر می‌شود. مطلوب است تعیین تعداد مول و جرم هلیم در بالون.

پاسخ‌ها. ۳۰٫۶kmol، ۱۲۳kg

۳-۷۱ مسئلهٔ ۳-۷۰ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، دربارهٔ اثر قطر بالون بر جرم هلیم موجود در بالون، به‌ازای فشارهای (**الف**) ۱۰۰kPa و (**ب**) ۲۰۰kPa تحقیق کنید. فرض کنید قطر بالون از ۵m به ۱۵m تغییر کند. نمودار جرم هلیم برحسب قطر بالون را، در دو حالت، ترسیم کنید.

۳-۷۲ مخزنی به حجم ۱m³ حاوی هوا در دمای ۲۵°C و فشار ۵۰۰kPa، از طریق شیر به مخزن دیگری، حاوی ۵kg هوا در دمای ۳۵°C و فشار ۲۰۰kPa، متصل شده است. شیر را باز می‌کنیم و به کل سیستم فرصت می‌دهیم تا به تعادل گرمایی با محیط برسد که در دمای ۲۰°C است. مطلوب است تعیین حجم مخزن دوم و فشار نهایی هوا در وضعیت تعادل.

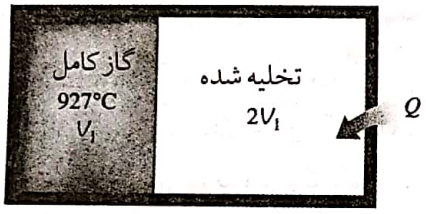
پاسخ‌ها. ۲٫۲۱m³، ۲۸۴٫۱kPa

۳-۷۳ ۱kmol هوا در دمای ۱۸°C و فشار ۲۲۵kPa در مخزنی کشسان است. حجم مخزن را تعیین کنید. حجم مخزن در فشار ثابت دو برابر می‌شود؛ دمای نهایی آن را تعیین کنید.

۳-۷۴ مخزن صلبی حاوی گاز کامل در دمای ۱۲۲۷°C و فشار نسبی ۲۰۰kPa است. گاز سرد می‌شود تا فشار نسبی به ۵۰kPa برسد. فشار جَو ۱۰۰kPa است؛ دمای نهایی گاز را تعیین کنید.

۳-۷۵ مخزن صلبی که حجم آن معلوم نیست با جداساز به دو بخش تقسیم می‌شود. یک بخش مخزن حاوی گاز کامل در ۹۲۷°C است. بخش دیگر آن تخلیه شده و حجمی دو برابر حجم بخش نخست دارد. اکنون جداساز را بر می‌داریم و گاز منبسط می‌شود تا کل مخزن را پر کند. در این زمان به گاز گرما می‌دهیم تا فشار با فشار اولیه مساوی شود. مطلوب است تعیین دمای نهایی گاز.

پاسخ. ۳۳۲۷°C



شکل م۳-۷۵

۳-۷۶ ۰٫۶kg گاز آرگون سیلندر ـ پیستونی به حجم ۰٫۰۵m³ را در فشار ۵۵۰kPa پر می‌کند. اکنون با تغییر وزنه‌ها پیستون را جابه‌جا می‌کنیم تا حجم دو برابر حجم اولیه شود. طی این فرایند، دما ثابت نگه داشته می‌شود. مطلوب است تعیین فشار نهایی در سیلندر ـ پیستون.

۳-۷۷ فشار در لاستیک اتومبیل به دمای هوای داخل لاستیک وابسته است. وقتی دمای هوا ۲۵°C است، فشارسنج (درجهٔ باد) ۲۱۰kPa را نشان می‌دهد. حجم لاستیک ۰٫۰۲۵m³ فرض می‌شود؛ مطلوب است تعیین افزایش فشار در لاستیک، وقتی دمای هوا به ۵۰°C افزایش می‌یابد. هم‌چنین، مقدار هوایی را که باید از لاستیک خارج کرد تا فشار در این دما به مقدار اولیهٔ خود برسد، تعیین کنید. فشار جَو را ۱۰۰kPa در نظر بگیرید.

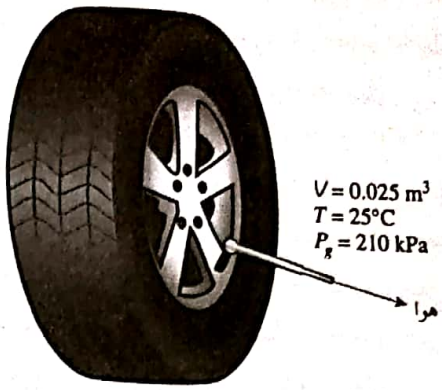
ضریب تراکم‌پذیری

۳-۷۸م مفهوم فیزیکی ضریب تراکم‌پذیری Z چیست؟

۳-۷۹م اصل حالت‌های متناظر را تعریف کنید.

۳-۸۰م فشار فروکاسته و دمای فروکاسته چگونه تعریف می‌شوند؟

Scanned by CamScanner



شکل م ۳-۷۷

۳-۸۱ مطلوب است تعیین حجم مخصوص بخار آب فوق‌گرم در فشار ۱۵MPa و دمای ۳۵۰°C، با استفاده از (**الف**) معادلهٔ گاز کامل، (**ب**) نمودار تراکم‌پذیری تعمیم‌یافته، و (**ج**) جدول‌های بخار. هم‌چنین خطای ایجاد شده در دو حالت نخست را تعیین کنید.

پاسخ‌ها. (**الف**) ۰٫۰۱۹۱۷ m³/kg، ۰٫۰ درصد، (**ب**) ۰٫۰۱۲۴۶ m³/kg، ۸٫۵ درصد، (**ج**) ۰٫۰۱۱۴۸ m³/kg

۳-۸۲ مسئلهٔ ۳-۸۱را دوباره در نظر بگیرید. این مسئله را با استفاده از ویژگی ضریب تراکم‌پذیری تعمیم‌یافتهٔ نرم‌افزار EES حل کنید. با استفاده از نرم‌افزار EES، حجم مخصوص آب را در سه وضعیت یاد شده، در فشار ۱۵MPa، در گسترهٔ دمای ۳۵۰°C تا ۶۰۰°C با فواصل ۲۵°C مقایسه کنید. نمودار درصد خطای ناشی از تقریب گاز کامل را برحسب دما ترسیم کرده، در مورد نتایج حاصل بحث کنید.

۳-۸۳ مطلوب است تعیین حجم مخصوص بخار مبرّد 134a در فشار ۰٫۹MPa و دمای ۷۰°C بر اساس (**الف**) معادلهٔ گاز کامل، (**ب**) نمودار تراکم‌پذیری تعمیم‌یافته، و (**ج**) داده‌های حاصل از جداول. هم‌چنین، خطای ناشی از تقریب‌زنی در دو حالت نخست را تعیین کنید.

۳-۸۴ مطلوب است تعیین حجم مخصوص بخار آب فوق‌گرم در فشار ۳٫۵MPa و دمای ۴۵۰°C بر مبنای (**الف**) معادلهٔ گاز کامل، (**ب**) نمودار تراکم‌پذیری تعمیم‌یافته، و (**ج**) جدول‌های بخار. خطای ناشی از تقریب‌زنی در دو حالت نخست را تعیین کنید.

۳-۸۵ می‌خواهیم اتان را در مخزن صلبی گرم کنیم و آن را از فشار ۵۵۰kPa و دمای ۴۰°C، به دمای ۲۸۰°C برسانیم. مطلوب است تعیین فشار نهایی اتان، با استفاده از نمودار تراکم‌پذیری.

۳-۸۶ اتیلن را در فشار ثابت، از ۵MPa و ۲۰°C گرم می‌کنیم تا دمای آن به ۲۰۰°C برسد. با استفاده از نمودار تراکم‌پذیری، تغییر حجم مخصوص اتیلن در نتیجهٔ گرم شدن را تعیین کنید.

پاسخ. ۰٫۰۱۷۲ m³/kg

۳-۸۷ بخار آب اشباع در دمای ۳۵۰°C را در فشار ثابت گرم می‌کنیم تا حجم آن دو برابر شود. مطلوب است تعیین دمای نهایی با استفاده از معادلهٔ حالت گاز کامل، نمودار تراکم‌پذیری، و جدول‌های بخار.

۳-۸۸ متان در فشار ۸MPa و دمای ۳۰۰ K را در فشار ثابت گرم می‌کنیم تا حجم آن ۵۰ درصد افزایش یابد. مطلوب است تعیین دمای نهایی با استفاده از معادلهٔ حالت گاز کامل و ضریب تراکم‌پذیری. کدام یک از دو نتیجه دقیق‌تر است؟

۳-۸۹ مطلوب است تعیین درصد خطای ناشی از استفاده از فرض گاز کامل برای کربن دیوکسید در فشار ۵MPa و دمای ۲۵°C.

پاسخ. ۴۵ درصد

۳-۹۰ گاز کربن دیوکسید در فشار ۳MPa و دمای ۵۰۰ K، با آهنگ ۲kg/s وارد لوله‌ای می‌شود. کربن دیوکسید، در حین عبور از لوله، در فشار ثابت خنک می‌شود تا با دمای ۴۵۰ K از لوله خارج شود. مطلوب است تعیین آهنگ جریان حجمی و چگالی کربن دیوکسید در ورودی و آهنگ جریان حجمی آن در خروجی لوله با استفاده از (**الف**) معادلهٔ حالت گاز کامل، و (**ب**) نمودار تراکم‌پذیری تعمیم‌یافته. (**ج**) خطای ناشی از فرض نخست را نیز تعیین کنید.

شکل م ۳-۹۰

۳-۹۱ مطلوب است تعیین حجم گاز نیتروژن در فشار ۱۰MPa و دمای ۱۵۰ K براساس (**الف**) معادلهٔ حالت گاز کامل، و (**ب**) نمودار تراکم‌پذیری تعمیم‌یافته. این نتایج را با مقدار تجربی ۰٫۰۰۲۳۸۸ m³/kg مقایسه کرده، خطا در هر مورد را تعیین کنید.

پاسخ‌ها. (**الف**) ۰٫۰۰۴۴۵۲ m³/kg، ۸۶٫۴ درصد، (**ب**) ۰٫۰۰۲۴۰۴ m³/kg، ۰٫۷ درصد

سایر معادله‌های حالت

۳-۹۲م مفهوم فیزیکی دو ثابتی که در معادلهٔ وان‌درواس دیده می‌شوند چیست؟ این ثابت‌ها بر چه مبنایی تعیین می‌شوند؟

Scanned by CamScanner

۳-۹۳ در سیلندر ـ پیستون وزنه‌داری ۱۰۰ گرم کربن مونوکسید وجود دارد. در ابتدا کربن مونوکسید در فشار ۱۰۰۰ kPa و دمای ۲۰۰°C است. سپس آن را گرم می‌کنند تا دمای آن به ۵۰۰°C برسد. مطلوب است تعیین حجم نهایی کربن مونوکسید، هرگاه (**الف**) گاز کامل، و (**ب**) گاز بندیکت ـ وب ـ روبین فرض شود.

۳-۹۴ متان را در ظرف صلبی از ۸۰ kPa و ۲۰°C گرم می‌کنند تا دمای آن به ۳۰۰°C برسد. مطلوب است تعیین فشار نهایی متان هرگاه آن را (**الف**) گاز کامل، و (**ب**) گاز بندیکت ـ وب ـ روبین فرض کنیم.

۳-۹۵ کربن مونوکسید را در مخزن صلبی از فشار ۱۰۱ kPa و دمای ۲۱°C تا دمای ۴۲۷°C گرم می‌کنند. مطلوب است تعیین فشار نهایی کربن مونوکسید هرگاه آن را (**الف**) گاز کامل، و (**ب**) گاز بندیکت ـ وب ـ روبین فرض کنیم.

۳-۹۶ مبرّد 134a در فشار ۱٫۲MPa حجم مخصوصی برابر ۰٫۰۱۹۵ m^3/kg دارد. مطلوب است تعیین دمای این مبرّد براساس (**الف**) معادلهٔ گاز کامل، (**ب**) معادلهٔ وان‌درووالس، و (**ج**) جدول‌های مبرّد.

۳-۹۷ نیتروژن در دمای ۱۵۰K حجم مخصوصی برابر ۰٫۰۴۱۸۸۴ m^3/kg دارد. مطلوب است تعیین فشار نیتروژن با استفاده از (**الف**) معادلهٔ گاز کامل، و (**ب**) معادلهٔ بیتی ـ بریجمن. نتایج حاصل را با مقدار تجربی ۱۰۰۰ kPa مقایسه کنید.

پاسخ‌ها. (**الف**) ۱۰۶۳ kPa، (**ب**) ۱۰۰۰٫۴ kPa

۳-۹۸ مسئلهٔ ۳-۹۷ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، فشارهای حاصل از معادله‌های گاز کامل و بیتی ـ بریجمن را با داده‌های مربوط به نیتروژن که از نرم‌افزار EES به‌دست آمده، مقایسه کنید. نمودار دما برحسب حجم مخصوص را، به‌ازای فشار ۱۰۰۰ kPa، نسبت به خطوط مایع اشباع و بخار اشباع نیتروژن در گسترهٔ $110K < T < 150K$ ترسیم کنید.

۳-۹۹ ۱kg کربن دیوکسید را از فشار ۱MPa و دمای ۲۰۰°C، در سیلندر ـ پیستونی متراکم می‌کنند تا فشار آن به ۳MPa برسد؛ این کار از طریق فرایندی پلی‌تروپ انجام می‌گیرد که در آن (مقدار ثابت) $= PV^{1/2}$. مطلوب است تعیین دمای نهایی با فرض کربن دیوکسید به‌صورت (**الف**) گاز کامل، و (**ب**) گاز وان‌درووالس.

موضوع خاص: فشار بخار و تعادل فاز

۳-۱۰۰ لیوانی آب را در نظر بگیرید که در اتاقی با دمای ۲۰°C و ۴۰ درصد رطوبت نسبی قرار دارد. فرض می‌کنیم دمای آب ۱۵°C است؛ مطلوب است تعیین فشار بخار (**الف**) در سطح آزاد آب، و (**ب**) در نقطه‌ای از اتاق که از لیوان آب دور است.

۳-۱۰۱ در یک روز گرم تابستان در ساحل دریا، وقتی دمای هوا ۳۰°C است، شخصی ادعا می‌کند که فشار بخار در هوا ۵٫۲kPa است. آیا این ادعا منطقی است؟

۳-۱۰۲ در روزی خاص، دما و رطوبت نسبی هوای روی استخر شنای بزرگی، به‌ترتیب، برابر ۲۰°C و ۴۰ درصد اندازه‌گیری می‌شود. مطلوب است تعیین دمای آب استخر، وقتی شرایط تعادل فاز بین آب داخل استخر و بخار آب در هوا تثبیت شود.

۳-۱۰۳ طی یک روز گرم تابستانی، وقتی دمای هوا ۳۵°C و رطوبت نسبی ۷۰ درصد است، از فروشگاهی یک قوطی نوشابه می‌خرید که قرار است «سرد» باشد. فروشنده ادعا می‌کند که دمای نوشابه کم‌تر از ۱۰°C است. اما وقتی نوشابه را می‌نوشید، این قدر خنک به‌نظر نمی‌رسد، و شما به حرف فروشنده شک می‌کنید زیرا اثری از چگالش رطوبت روی سطح خارجی قوطی نمی‌بینید. آیا ممکن است فروشنده راست گفته باشد؟

۳-۱۰۴ فلاسکی را تا نیمه آب کرده‌اند و آن را با درِ باز در معرض هوای جَو با دمای ۲۰°C و ۳۵ درصد رطوبت نسبی قرار داده‌اند. انتقال گرما به آب از طریق دیوارهٔ فلاسک و سطح آزاد آن قابل چشم‌پوشی است؛ مطلوب است تعیین دمای آب، وقتی تعادل فاز تثبیت می‌شود.

۳-۱۰۵ دو اتاق یکسان را در نظر بگیرید که دمای یکی ۲۵°C و رطوبت نسبی آن ۴۰ درصد است و دیگری در دمای ۲۰°C و رطوبت ۵۵ درصد نگهداری می‌شود. با توجه به این‌که مقدار رطوبت با فشار بخار متناسب است، تعیین کنید که رطوبت کدام اتاق بیش‌تر است.

مسائل دوره

۳-۱۰۶ مخزن صلبی حاوی گاز نیتروژن در دمای ۲۲۷°C و فشار نسبی ۱۰۰ kPa است. گاز را گرم می‌کنیم تا فشار آن به ۲۵۰kPa برسد. فشار جَو ۱۰۰ kPa فرض می‌شود؛ دمای نهایی گاز را برحسب °C تعیین کنید.

۳-۱۰۷ گاز کربن دیوکسید در فشار ۳MPa و دمای ۵۰۰ K به‌صورت پایا و با آهنگ ۰٫۴kmol/s در لوله‌ای جریان دارد. مطلوب است تعیین (**الف**) آهنگ‌های جریان حجمی و جریان جرمی، و چگالی کربن دیوکسید در این حالت. CO_2 با خروج از لوله در فشار ثابت سرد می‌شود، به‌طوری که دمای آن در خروجی

Scanned by CamScanner

شکل م۳-۱۰۶

شکل م۳-۱۰۷

لوله به ۴۵۰K می‌رسد؛ مطلوب است تعیین (ب) آهنگ جریان حجمی در خروجی لوله.

۳-۱۰۸ احتراق در یک موتور بنزینی را می‌توان با فرایند افزایش گرما در حجم ثابت تقریب زد. در سیلندر مخلوط هوا-سوخت قبل از احتراق، و گازهای حاصل از احتراق وجود دارد و هر دو را می‌توان با هوا تقریب زد که گاز کامل فرض می‌شود. در موتور بنزینی، شرایط سیلندر قبل از احتراق ۱٫۴MPa و ۴۵۰°C است و بعد از احتراق دما به ۱۶۰۰°C می‌رسد. مطلوب است تعیین فشار در پایان فرایند احتراق.

پاسخ. ۳٫۶۳MPa

شکل م۳-۱۰۸

۳-۱۰۹ احتراق در موتور دیزل را می‌توان به‌صورت فرایند افزایش گرما در فشار ثابت مدل‌سازی کرد و فرض کرد که در سیلندر، بعد و قبل از احتراق، هوا وجود دارد. موتور دیزلی را در نظر بگیرید که شرایط در سیلندر آن، قبل از احتراق ۹۵۰K و ۷۵cm³، و بعد از احتراق ۱۵۰cm³ است. این موتور با نسبت هوا-سوخت ۲۲kg هوا به هر kg سوخت کار می‌کند (جرم هوا تقسیم بر جرم سوخت). مطلوب است تعیین دما بعد از فرایند احتراق.

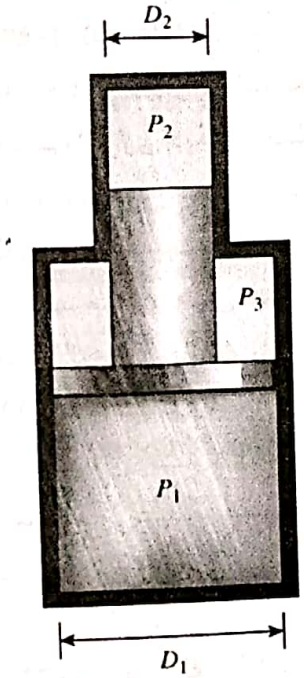
شکل م۳-۱۰۹

۳-۱۱۰ یک کیلوگرم مبرّد 134a مخزن صلبی به حجم ۰٫۰۹۰m³ را در دمای اولیهٔ ۴۰°C- پر می‌کند. سپس مخزن را گرم می‌کنند تا فشار آن به ۲۸۰kPa برسد. مطلوب است تعیین فشار اولیه و دمای نهایی.

پاسخ‌ها. ۵۱٫۲۵kPa، ۵۰°C

۳-۱۱۱ قطر پیستون‌ها در شکل م۳-۱۱۱ برابر است با D_1=۱۰cm و D_2=۴cm. محفظهٔ ۱ حاوی ۱kg هلیم است و محفظهٔ ۲ با بخار آب در حال چگالش پر می‌شود و هوای محفظهٔ ۳ تخلیه شده است. این مجموعه را در محیطی با دمای ۲۰۰°C قرار می‌دهیم. مطلوب است تعیین حجم محفظهٔ ۱ وقتی تعادل ترمودینامیکی برقرار شود.

پاسخ. ۳٫۹۵cm³



شکل م۳-۱۱۱

۳-۱۱۲ قطر پیستون‌های نشان داده شده در شکل م۳-۱۱۱ عبارت است از D_1=۸cm و D_2=۵cm فشار در محفظهٔ ۳ برابر ۲۰۰kPa است. محفظهٔ ۱ حاوی ۰٫۲kg هواست و

Scanned by CamScanner

محفظهٔ ۲ با مبرّد 134a در حال چگالش پر می‌شود. دمای این مجموعه را در 48°C نگه می‌داریم. مطلوب است تعیین حجم محفظهٔ ۱.

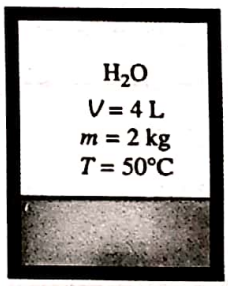
۳-۱۱۳ مسئلهٔ ۳-۱۱۲ را دوباره در نظر بگیرید. وقتی فشار در محفظهٔ ۳ به 400 kPa افزایش یابد، حجم محفظهٔ ۱ چقدر تغییر می‌کند؟

۳-۱۱۴ اتان با فشار 10 MPa و دمای 100 °C را در فشار ثابت گرم می‌کنند تا حجم آن ۶۰ درصد افزایش یابد. مطلوب است تعیین دمای نهایی با استفاده از (**الف**) معادلهٔ حالت گاز کامل و (**ب**) ضریب تراکم‌پذیری. کدام یک از این دو نتیجه دقیق‌تر است؟

۳-۱۱۵ مخزنی به حجم $20\ m^3$ حاوی نیتروژن در دمای 23°C و فشار 600 kPa است. بخشی از نیتروژن را از مخزن تخلیه می‌کنند تا فشار در مخزن به 400 kPa کاهش یابد. در این لحظه دمای نیتروژن 20°C است؛ مطلوب است تعیین مقدار نیتروژن خارج شده از مخزن.

پاسخ. 44,6 kg

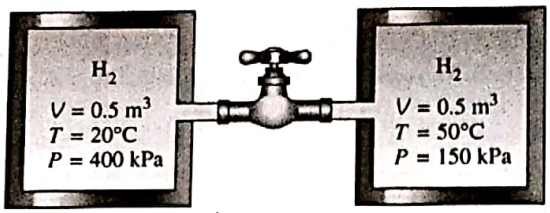
۳-۱۱۶ مخزن صلبی به حجم 4L حاوی 2kg مخلوط اشباع مایع-بخار آب در 50°C است. آب را به آهستگی گرم می‌کنند تا به‌صورت یک فاز در آید. در حالت نهایی، آیا آب در فاز مایع خواهد بود یا در فاز بخار؟ اگر حجم مخزن به‌جای 4L برابر 400 L بود، نتیجه چه تغییری می‌کرد؟



شکل م ۳-۱۱۶

۳-۱۱۷ مخزن صلبی به حجم $0{,}5\ m^3$ حاوی هیدروژن در دمای 20°C و فشار 400 kPa از طریق شیر به مخزن صلب دیگری به حجم $0{,}5\ m^3$ متصل است که حاوی هیدروژن با دمای 50°C و فشار 150 kPa است. شیر بین دو مخزن را باز می‌کنیم و به سیستم فرصت می‌دهیم به تعادل گرمایی با محیط اطراف برسد که در دمای 15°C است. فشار نهایی در مخزن را تعیین کنید.

۳-۱۱۸ مسئلهٔ ۳-۱۱۷ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، دربارهٔ اثر دمای محیط بر



شکل م ۳-۱۱۷

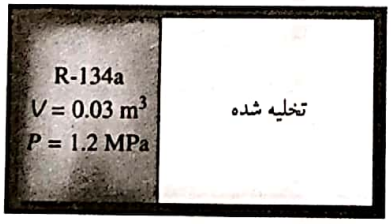
فشار تعادل سیستم در مخزن تحقیق کنید. فرض کنید دمای محیط از -10°C تا 30°C تغییر کند. نمودار فشار نهایی در مخزن را برحسب دمای محیط ترسیم کرده، دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید.

۳-۱۱۹ فشار نسبی لاستیک اتومبیلی قبل از سفر 200 kPa و بعد از سفر 220 kPa است. فشار جَو در محل 90 kPa فرض می‌شود؛ مطلوب است تعیین درصد افزایش دمای مطلق هوا در لاستیک.

۳-۱۲۰ بخار آب با دمای 400 °C، حجم مخصوصی برابر $0{,}02\ m^3/kg$ دارد. مطلوب است تعیین فشار بخار آب برحسب (**الف**) معادلهٔ گاز کامل، (**ب**) نمودار تراکم‌پذیری تعمیم‌یافته، و (**ج**) جدول‌های بخار.

پاسخ‌ها. (**الف**) 15529 kPa، (**ب**) 12574 kPa، (**ج**) 12515 kPa

۳-۱۲۱ مخزنی که حجم آن مجهول است با جداساز به دو بخش تقسیم شده است. یک بخش مخزن حاوی $0{,}03\ m^3$ مبرّد 134a است که در فشار 1,2 MPa مایع اشباع است، اما بخش دیگر آن خالی است. اکنون جداساز را برمی‌داریم و مبرّد کل مخزن را پر می‌کند. حالت نهایی مبرّد دمای 30°C و فشار 400 kPa است؛ مطلوب است تعیین حجم مخزن.



شکل م ۳-۱۲۱

۳-۱۲۲ مسئلهٔ ۳-۱۲۱ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر) دربارهٔ اثر فشار اولیهٔ مبرّد 134a بر حجم مخزن تحقیق کنید. فرض کنید فشار اولیه از 0,5 تا 1,5 MPa تغییر می‌کند. نمودار حجم مخزن برحسب فشار اولیه را ترسیم کرده، دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید.

Scanned by CamScanner

۳-۱۲۳ از پروپان مایع معمولاً به‌عنوان سوخت برای گرمایش خانه‌ها، در خودروهایی مانند لیفت‌تراک، و پر کردن کپسول‌های گاز پیک‌نیکی استفاده می‌کنند. مخزن پروپانی را در نظر بگیرید که ابتدا حاوی ۵L پروپان مایع در دمای محیط، یعنی ۲۰°C است. اگر در لولهٔ رابط مخزن پروپان سوراخی ایجاد شود و پروپان شروع به نشت کند، دمای پروپان را وقتی فشار در مخزن به ۱atm کاهش می‌یابد، تعیین کنید. هم‌چنین، مقدار کل گرمای انتقال یافته از محیط به مخزن پروپان را که برای تبخیر کل پروپان موجود در آن لازم است، تعیین کنید.

شکل م ۳-۱۲۳

۳-۱۲۴ مسئلهٔ ۳-۱۲۳ را برای ایزوبوتان حل کنید.

۳-۱۲۵ مخزنی حاوی هلیم در دمای ۷۷°C و فشار نسبی ۱۱۰kPa است. با گرما دادن از بیرون، هلیم را گرم می‌کنند، به‌طوری‌که به حالت تعادل نهایی در دمای ۳۰۰°C برسد. مطلوب است تعیین فشار نسبی نهایی هلیم. فشار جَو را ۱۰۰ kPa فرض کنید.

۳-۱۲۶ هشت ضریب نخست ویریال برای گاز بندیکت ـ وب ـ روبین کدام‌اند؟ **راهنمایی.** جملهٔ نمایی بسط سری توانی را بسط دهید.

۳-۱۲۷ اگر داده‌های کافی در دسترس است، جاهای خالی را در جدول زیر برای خواص آب پر کنید. در ستون آخر، وضعیت آب را تحت عنوان مایع متراکم، مخلوط اشباع، بخار فوق‌گرم، یا اطلاعات ناکافی توصیف کنید و در صورت اقتضا کیفیت را مشخص کنید.

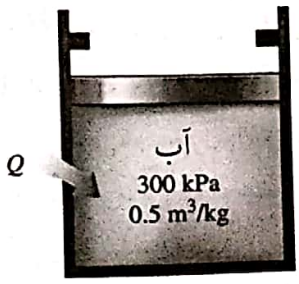
P,kPa	T,°C	v,m³/kg	u,kJ/kg	توصیف وضعیت و کیفیت (در صورت اقتضا)
	۲۵۰		۲۷۲۸٫۹	
۳۰۰			۱۵۶۰٫۰	
۱۰۱٫۴۲	۱۰۰			
۳۰۰۰	۱۸۰			

۳-۱۲۸ اگر داده‌های کافی در دسترس است، جاهای خالی را در جدول زیر برای خواص آب پر کنید. در ستون آخر، وضعیت آب را تحت عنوان مایع متراکم، مخلوط اشباع، بخار فوق‌گرم، یا اطلاعات ناکافی توصیف کنید و در صورت اقتضا کیفیت را مشخص کنید.

P,kPa	T,°C	v,m³/kg	u,kJ/kg	توصیف وضعیت و کیفیت (در صورت اقتضا)
۲۰۰			۲۵۲۹٫۱	
	۱۲۵			$x=$ ۰٫۶۵۰
	۴۰۰		۲۹۶۷٫۲	
۱۰۰۰	۳۰			
۱۲۰٫۹۰	۱۵۰			

۳-۱۲۹ مخزنی با حجم ثابت حاوی آب با فشار ۳۰۰ kPa و دمای ۲۵۰°C است. به آب فرصت سرد شدن می‌دهند تا فشار آن به ۱۵۰kPa برسد. روی نمودارهای P-v و T-v، منحنی فرایند گذرا از هر دو حالت اولیه و نهایی آب را، نسبت به خطوط اشباع، ترسیم کنید. حالت‌های نهایی را روی منحنی فرایند مشخص کنید. هم‌چنین، روی هر دو نمودار P-v و T-v، خطوط هم‌دمای گذرنده از هر دو حالت را ترسیم کرده، مقادیر آن‌ها را برحسب °C، روی خطوط هم‌دما نشان دهید.

۳-۱۳۰ سیلندر ـ پیستونی ضامن‌دار حاوی آب با فشار ۳۰۰ kPa و حجم مخصوص ۰٫۵m³/kg است. ضامن‌ها طوری تعبیه شده‌اند که آب وزن پیستون و نیروی ناشی از فشار جَو را تحمل می‌کند. آب را گرم می‌کنند تا به حالت بخار اشباع برسد و پیستون به ضامن‌ها تکیه کند. در حالتی که پیستون به ضامن‌ها تکیه دارد، آب را بیش‌تر گرم می‌کنیم تا فشار به ۶۰۰ kPa برسد. روی نمودارهای P-v و T-v، منحنی‌های فرایند گذرنده از هر دو حالت اولیه و نهایی آب را، نسبت به خطوط اشباع، ترسیم کنید. این حالت‌ها را روی فرایندها با شماره‌های ۱، ۲، و ۳ مشخص کنید. روی هر دو نمودار P-v و T-v، خطوط هم‌دمای گذرنده از این حالت‌ها را ترسیم کنید و مقادیر آن‌ها را، بر حسب °C، روی هم‌دماها نشان دهید.



شکل م ۳-۱۳۰

Scanned by CamScanner

۳-۱۳۱ ۰٫۲kg آرگون در سیلندر-پیستونی متراکم می‌شود تا از فشار ۶۸۹۵kPa و دمای ۱۴۹°C به ۱۳۷۹۰kPa برسد. این عمل طی فرایندی پلی‌تروپ انجام می‌گیرد که برای آن (مقدار ثابت) $= PV^{1/6}$. مطلوب است تعیین دمای نهایی با در نظر گرفتن آرگون (الف) به‌صورت گاز کامل، (ب) به‌صورت گاز بیتی-بریجمن.

مسائل امتحان مبانی مهندسی (FE)

۳-۱۳۲ مخزن صلبی حاوی ۲kg گاز کامل در فشار ۵atm و دمای ۴۰°C است. اکنون شیری را باز می‌کنند تا نیمی از جرم گاز تخلیه شود. فشار نهایی در مخزن ۲٫۲atm است؛ دمای نهایی در مخزن برابر است با

(الف) ۷۱°C (ب) ۴۴°C
(ج) ۱۰۰-°C (د) ۲۰°C
(ه) ۱۷۲°C

۳-۱۳۳ فشار باد لاستیک اتومبیلی قبل از سفر برابر ۱۹۰kPa (نسبی) و بعد از سفر ۲۱۵kPa (نسبی) اندازه‌گیری می‌شود. فشار جَو در محل ۹۵kPa است. اگر دمای هوای لاستیک قبل از سفر ۲۵°C باشد، دمای آن بعد از سفر برابر است با

(الف) ۵۱٫۱°C (ب) ۶۴٫۲°C
(ج) ۲۷٫۲°C (د) ۲۸٫۳°C
(ه) ۲۵٫۰°C

۳-۱۳۴ مخزن صلبی به حجم ۳۰۰m³ با مخلوط اشباع مایع-بخار آب در فشار ۲۰۰kPa پر می‌شود. اگر ۲۵ درصد جرم مایع، و ۷۵ درصد آن بخار باشد، جرم کل محتویات مخزن برابر است با

(الف) ۴۵۱kg (ب) ۵۵۶kg
(ج) ۳۰۰kg (د) ۳۳۱kg
(ه) ۱۹۵kg

۳-۱۳۵ آب در فشار 1atm در دستگاه قهوه‌ساز با المنت گرمایی غوطه‌ور به جوش می‌آید. دستگاه قهوه‌ساز ابتدا حاوی 1kg آب است. وقتی آب شروع به جوشیدن می‌کند، ۱۰ دقیقه طول می‌کشد تا نصف آب موجود در قهوه‌ساز تبخیر شود. اتلاف گرما از دستگاه قهوه‌ساز را نادیده می‌گیریم؛ توان نامی المنت گرمایی قهوه‌ساز برابر است با

(الف) ۳٫۸kW (ب) ۲٫۲kW
(ج) ۱٫۹kW (د) ۱٫۶kW
(ه) ۰٫۸kW

۳-۱۳۶ مخزن صلبی به حجم ۱m³ حاوی ۱۰kg آب (در هر فاز یا چند فاز) با دمای ۱۶۰°C است. فشار در مخزن برابر است با

(الف) ۷۳۸kPa (ب) ۶۱۸kPa
(ج) ۳۷۰kPa (د) ۲۰۰۰ kPa
(ه) ۱۶۱۸kPa

۳-۱۳۷ آب در ظرفی از جنس فولاد زنگ‌نزن که روی اجاق برقی قرار دارد، در فشار 1atm به جوش می‌آید. مشاهده می‌شود که ۲kg آب مایع در مدت ۳۰ دقیقه تبخیر می‌شود. آهنگ انتقال گرما به آب برابر است با

(الف) ۲٫۵۱kW (ب) ۲٫۳۲kW
(ج) ۲٫۹۷kW (د) ۰٫۴۷kW
(ه) ۳٫۱۲kW

۳-۱۳۸ آب در ظرفی روی اجاق، در سطح دریا به جوش می‌آید. پس از ۱۰ دقیقه جوشیدن، مشاهده می‌شود که ۲۰۰g آب تبخیر شده است. آهنگ انتقال گرما به آب برابر است با

(الف) ۰٫۸۴kJ/min (ب) ۴۵٫۱kJ/min
(ج) ۴۱٫۸kJ/min (د) ۵۳٫۵kJ/min
(ه) ۲۲۵٫۷kJ/min

۳-۱۳۹ مخزن صلبی به حجم ۳m³ حاوی بخار آب در فشار ۴MPa و دمای ۵۰۰°C است. جرم بخار آب برابر است با

(الف) ۳kg (ب) ۹kg
(ج) ۲۶kg (د) ۳۵kg
(ه) ۵۲kg

۳-۱۴۰ قوطی درزبندی‌شده‌ای را در نظر بگیرید که با مبرّد 134a پر شده است. محتویات قوطی در دمای محیط، یعنی ۲۵°C است. سوراخی در قوطی ایجاد می‌شود و فشار در قوطی به فشار جَو در محل، یعنی ۹۰kPa کاهش پیدا می‌کند. دمای مبرّد در قوطی به کدام دما کاهش می‌یابد (نتیجه را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گِرد کنید.)

(الف) ۰°C (ب) ۲۹-°C
(ج) ۱۶-°C (د) ۵°C
(ه) ۲۵°C

مسائل طراحی و مقاله‌ای

۳-۱۴۱ در مقاله‌ای در مورد تعمیر و نگهداری لاستیک خودرو، گفته شده که با گذشت زمان باد لاستیک کم می‌شود و طی یک سال، کاهش فشاری تا ۹۰kPa اندازه‌گیری شده است. در این مقاله توصیه شده که فشار باد لاستیک دست‌کم ماهی یک بار

Scanned by CamScanner

وارسی شود تا از کم باد شدن لاستیک که سبب افزایش مصرف سوخت و لاستیک‌سابی می‌شود، جلوگیری به‌عمل آید. فشار اولیهٔ لاستیک اتومبیل را ۲۲۰kPa (نسبی) و فشار جَو را ۱۰۰kPa در نظر بگیرید و کسری از هوا را که هر سال از لاستیک نشت می‌کند تعیین کنید.

۳-۱۴۲ معروف است که آب در فشار جَو، در دمای ۰°C به جوش می‌آید. مخلوط آب مایع و یخ در ۰°C تعادل پایدار دارد، زیرا هرگاه از محیط اطراف جدا و عایق شده باشد، تغییری در آن ایجاد نمی‌شود. اما هنگامی که آب ناخالصی نداشته باشد و سطوح داخلی ظرف صاف باشند، دمای آب را می‌توان تا ۲°C- یا حتی پایین‌تر کاهش داد، بدون این‌که در فشار جَو، یخ تشکیل شود. اما در چنین حالتی، حتی اختلالی اندک می‌تواند سبب شروع ناگهانی تشکیل یخ شود و در پی این تغییر ناگهانی، دمای آب در ۰°C تثبیت خواهد شد. وقتی در دمای ۲°C- آب هنوز مایع باشد، می‌گویند *حالت شبه‌پایدار* دارد. مقاله‌ای دربارهٔ حالت‌های شبه‌پایدار بنویسید و تفاوت این حالت‌ها را، با حالت‌های پایدار شرح دهید.

Scanned by CamScanner

و

$$COP_{HP,\text{برگشت‌پذیر}} = \frac{1}{1 - T_L/T_H}$$

بار دیگر، اشاره می‌کنیم که این‌ها بالاترین ضرایب عملکردی هستند که یخچال یا ماشین حرارتی که بین دماهای T_H و T_L کار می‌کنند، می‌توانند داشته باشند.

مراجع و کتاب‌های پیشنهادی

1. *ASHRAE Handbook of Refrigeration,* SI version. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1994.
2. D. Stewart. "Wheels Go Round and Round, but Always Run Down." November 1986, *Smithsonian*, pp. 193–208.
3. J. T. Amann, A. Wilson, and K. Ackerly, *Consumer Guide to Home Energy Saving*, 9th ed., American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D. C., 2007.

مسائل

توجه. مسائلی که با حرف «م» مشخص می‌شوند، پرسش‌های مفهومی‌اند و به دانشجویان توصیه می‌کنیم به همهٔ آن‌ها پاسخ بدهند. مسائلی که با نماد تصویری مشخص می‌شوند، با استفاده از نرم‌افزار EES حل می‌شوند و حل کامل آن‌ها، همراه با بررسی‌های پارامتری در دی‌وی‌دی ضمیمه آمده است. مسائلی که با نماد تصویری مشخص می‌شوند، ماهیت فراگیر دارند و برای حل با کامپیوتر، ترجیحاً با استفاده از نرم‌افزار EES ضمیمهٔ این کتاب، طرح شده‌اند.

قانون دوم ترمودینامیک و منابع انرژی گرمایی

۶-۱م فرایندی فرضی را توصیف کنید که قانون اول ترمودینامیک در مورد آن صدق کند، اما ناقض قانون دوم ترمودینامیک باشد.

۶-۲م فرایندی فرضی را توصیف کنید که قانون اول ترمودینامیک در مورد آن صدق کند، اما قانون دوم ترمودینامیک را نقض کند.

۶-۳م فرایندی فرضی را توصیف کنید که قانون‌های اول و دوم ترمودینامیک را نقض کند.

۶-۴م شخصی تجربه‌گرا ادعا می‌کند که با انتقال گرما از بخار پرفشار با دمای ۱۲۰°C، دمای مقدار کمی آب را تا ۱۵۰°C بالا برده است. آیا این ادعای معقولی است؟ چرا؟ فرض کنید در این فرایند از یخچال یا پمپ گرما استفاده نمی‌شود.

۶-۵م منبع انرژی گرمایی چیست؟ چند مثال بزنید.

۶-۶م فرایند تنوری کردن سیب‌زمینی در یک فر معمولی را در نظر بگیرید. آیا هوای داغ داخل فر را می‌توان منبع انرژی گرمایی در نظر گرفت؟ توضیح دهید.

۶-۷م گرمای ایجاد شده توسط یک دستگاه تلویزیون را در نظر بگیرید. انتخاب مناسب برای منبع انرژی گرمایی کدام است؟

ماشین‌های حرارتی و بازده گرمایی

۶-۸م آیا ماشین حرارتی می‌تواند بدون دفع گرمای اتلافی به منبعی دماپایین کار کند؟ توضیح دهید.

۶-۹م وجه مشخصهٔ همهٔ ماشین‌های حرارتی چیست؟

۶-۱۰م گرم‌کن‌های قرنیزی اساس نوعی گرم‌کن مقاومتی الکتریکی‌اند که در گرمایش فضاهای داخلی کاربرد گسترده‌ای دارند. صاحبخانه‌ای ادعا می‌کند گرم‌کن‌های قرنیزی خانهٔ او که ۵ سال قبل نصب شده‌اند، بازده تبدیل ۱۰۰ درصد دارند؟ آیا این ادعا هیچ‌یک از قوانین ترمودینامیک را نقض می‌کند؟ توضیح دهید.

۶-۱۱م بیان کلوین ـ پلانک از قانون دوم ترمودینامیک چیست؟

۶-۱۲م آیا ماشین حرارتی که بازده آن ۱۰۰ درصد باشد لزوماً (**الف**) قانون اول و (**ب**) قانون دوم ترمودینامیک را نقض می‌کند؟ توضیح دهید.

۶-۱۳م در نبود اصطکاک و سایر عوامل برگشت‌ناپذیری، آیا بازده ماشین حرارتی می‌تواند ۱۰۰ درصد باشد؟ توضیح دهید.

۶-۱۴م آیا بازده همهٔ دستگاه‌های مولد کار، شامل نیروگاه‌های برقابی، با بیان کلوین ـ پلانک از قانون دوم ترمودینامیک نقض می‌شود؟ توضیح دهید.

۶-۱۵م ظرف آبی را در نظر بگیرید که (**الف**) روی اجاق برقی و (**ب**) با تعبیهٔ المنت گرمایی در داخل آب، گرم می‌شود. بازده کدام روش برای گرم کردن آب بیش‌تر است؟ توضیح دهید.

۶-۱۶ بازده گرمایی یک ماشین حرارتی ۴۰ درصد است و ۳۰ hp توان تولید می‌کند. مطلوب است تعیین آهنگ انتقال گرما به این ماشین، برحسب kJ/s.

۶-۱۷ یک نیروگاه بخاری ۶۰۰ مگاواتی، که با استفاده از آب رودخانهٔ مجاور نیروگاه کار می‌کند، بازده گرمایی ۴۰ درصد دارد. مطلوب است تعیین آهنگ انتقال گرما به آب رودخانه. آیا آهنگ انتقال گرمای واقعی از این مقدار بالاتر است یا پایین‌تر؟ چرا؟

۶-۱۸ یک ماشین حرارتی که آب را از معدنی زیرزمینی می‌کشد ۷۰۰ kJ انرژی گرمایی دریافت، و ۲۵۰ kJ کار تولید می‌کند. این ماشین چه مقدار گرما، برحسب kJ، دفع می‌کند؟

Scanned by CamScanner

۶-۱۹ یک ماشین حرارتی که بازدهٔ گرمایی آن ۴۰ درصد است، ۱۰۰۰ kJ/kg گرما دفع می‌کند. چه مقدار گرما دریافت می‌کند؟

پاسخ. ۱۶۶۷kJ/kg

۶-۲۰ یک نیروگاه بخاری با توان خروجی ۱۵۰MW زغال‌سنگ را با آهنگ ۶۰ton/h مصرف می‌کند. ارزش گرمایی زغال‌سنگ را ۳۰۰۰۰ kJ/kg بگیرید و بازده کلی این نیروگاه را تعیین کنید.

پاسخ. ۳۰٫۰ درصد

۶-۲۱ موتور اتومبیلی سوخت را با آهنگ ۲۲L/h مصرف می‌کند و ۵۵kW توان به چرخ‌ها تحویل می‌دهد. ارزش گرمایی سوخت ۴۴۰۰۰ kJ/kg و چگالی آن ۰٫۸g/cm^3 فرض می‌شود؛ بازده این موتور را تعیین کنید.

پاسخ. ۲۵٫۶ درصد

۶-۲۲ در سال ۲۰۰۱، ایالات متحدهٔ امریکا ۵۱ درصد برق تولیدی خود به مقدار $1{,}878 \times 10^{12}$kWh را در نیروگاه‌های زغال‌سنگی تولید کرد. بازده گرمایی میانگین این نیروگاه‌ها ۳۴ درصد فرض می‌شود؛ مطلوب است تعیین مقدار انرژی گرمایی که در آن سال توسط نیروگاه‌های زغال‌سنگی این کشور دفع شده است.

۶-۲۳ وزارت انرژی ایالات متحدهٔ امریکا پیش‌بینی می‌کند که بین سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۰، این کشور به ساخت نیروگاه‌های جدید با ظرفیت ۱۵۰۰۰۰ MW نیاز دارد تا پاسخگوی تقاضای روزافزون برق باشد. یکی از امکانات، ساخت نیروگاه‌های زغال‌سنگی است که ساخت آن‌ها ۱۳۰۰ دلار به‌ازای هر kW ظرفیت تولید هزینه دارد و بازده آن‌ها ۴۰ درصد است. امکان دیگر استفاده از نیروگاه‌های پاکیزه‌سوز سیکل ترکیبی مجتمع‌شده با سیستم گازسازی (IGCC) است که در آن‌ها زغال‌سنگ در معرض گرما و فشار قرار می‌گیرد تا تبدیل به گاز شود و گوگرد و ذرات جامد آن جدا شوند. سپس گاز حاصل را در توربین می‌سوزانند و بخشی از گرمای تلف‌شده به‌صورت گاز خروجی را بازیابی کرده، صرف تولید بخار برای مصرف در توربین بخاری می‌کنند. در حال حاضر ساخت نیروگاه‌های IGCC در حدود ۱۵۰۰ دلار به‌ازای هر کیلووات هزینه دارد، اما بازده آن‌ها ۴۸ درصد است. ارزش گرمایی میانگین زغال‌سنگ در حدود ۲۸۰۰۰۰۰۰ kJ به‌ازای هر تن است (یعنی با سوختن هر تن زغال‌سنگ، ۲۸۰۰۰۰۰۰ kJ گرما آزاد می‌شود). مطلوب است تعیین قیمت هر تن زغال‌سنگ، که به‌ازای آن هزینهٔ اضافی ساخت نیروگاه IGCC طی پنج سال، از طریق صرفه‌جویی در مصرف سوخت مستهلک می‌شود.

۶-۲۴ مسئلهٔ ۶-۲۳ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر) دربارهٔ قیمت زغال‌سنگ برای دوره‌های متغیر برگشت ساده، هزینه‌های ساخت نیروگاه، و بازدهٔ عملیات بهره‌برداری تحقیق کنید.

۶-۲۵ مسئلهٔ ۶-۲۳ را برای دورهٔ سه‌سالهٔ برگشت ساده، به‌جای دورهٔ پنج‌ساله، حل کنید.

۶-۲۶ از انرژی خورشیدی ذخیره شده در پهنه‌های وسیع آب، موسوم به برکهٔ خورشیدی، برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود. بازده این نوع نیروگاه خورشیدی ۴ درصد و توان خروجی خالص آن ۳۵۰kW فرض می‌شود؛ مطلوب است تعیین مقدار میانگین آهنگ جمع‌آوری انرژی خورشیدی لازم، برحسب kJ/h.

۶-۲۷ یک نیروگاه بخاری زغال‌سنگی با بازده گرمایی کلی ۳۲ درصد، توان خالصی برابر ۳۰۰ MW تولید می‌کند. نسبت جرمی هوا ـ سوخت در کورهٔ نیروگاه ۱۲kg هوا به ۱kg سوخت است. ارزش گرمایی زغال‌سنگ ۲۸۰۰۰ kJ/kg است. مطلوب است تعیین (**الف**) مقدار زغال‌سنگ مصرفی طی دوره‌ای ۲۴ ساعته، و (**ب**) آهنگ جریان هوا در کوره.

پاسخ‌ها. (**الف**) $2{,}89 \times 10^6$ kg، (**ب**) ۴۰۲kg/s

یخچال و پمپ گرما

۶-۲۸م یخچال و پمپ گرما چه تفاوتی با هم دارند؟

۶-۲۹م یخچال و دستگاه تهویه مطبوع چه تفاوتی با هم دارند؟

۶-۳۰م در یک یخچال، گرما از محیط دماپایین (فضای خنک داخل یخچال) به محیطی با دمای بالاتر (هوای آشپزخانه) انتقال می‌یابد. آیا این پدیده قانون دوم ترمودینامیک را نقض می‌کند؟ توضیح دهید.

۶-۳۱م پمپ گرما وسیله‌ای است که انرژی را از هوای سرد بیرون جذب می‌کند و آن را به هوای گرم‌تر داخل انتقال می‌دهد. آیا این نقض قانون دوم ترمودینامیک است؟ توضیح دهید.

۶-۳۲م ضریب عملکرد یخچال را با کلمات مناسب تعریف کنید. آیا این ضریب می‌تواند از واحد بزرگ‌تر باشد؟

۶-۳۳م ضریب عملکرد پمپ گرما را با کلمات مناسب تعریف کنید. آیا این ضریب می‌تواند از واحد بزرگ‌تر باشد؟

۶-۳۴م از یک پمپ گرما با ضریب عملکرد ۲٫۵ برای گرم کردن خانه‌ای استفاده می‌کنند. یعنی این پمپ به‌ازای هر kWh الکتریسیتهٔ مصرفی، ۲٫۵kWh انرژی به خانه تحویل می‌دهد. آیا این پمپ قانون اول ترمودینامیک را نقض می‌کند؟ توضیح دهید.

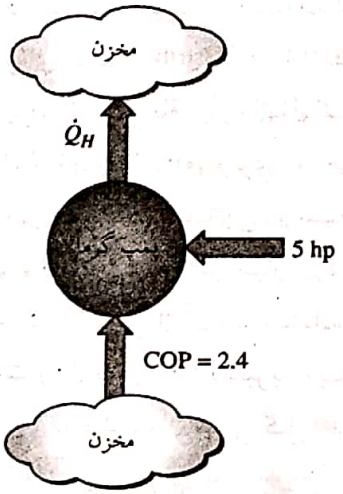
Scanned by CamScanner

۶-۳۵م ضریب عملکرد یخچالی ۱٫۵ است. یعنی این یخچال به‌ازای دریافت ۱kWh الکتریسیته، ۱٫۵kWh انرژی از فضای داخلی خود حذف می‌کند. آیا این نقض قانون اول ترمودینامیک است؟ توضیح دهید.

۶-۳۶م بیان کلاوزیوس از قانون دوم ترمودینامیک چیست؟

۶-۳۷م نشان دهید که بیان‌های کلوین- پلانک و کلاوزیوس از قانون دوم ترمودینامیک هم‌ارزند.

۶-۳۸ ضریب عملکرد یک پمپ گرمای خانگی ۲٫۴ است. وقتی این پمپ گرما ۳٫۷kW برق مصرف می‌کند، چه مقدار انرژی گرمایی به فضای خانه تحویل می‌دهد؟



شکل م۶-۳۸

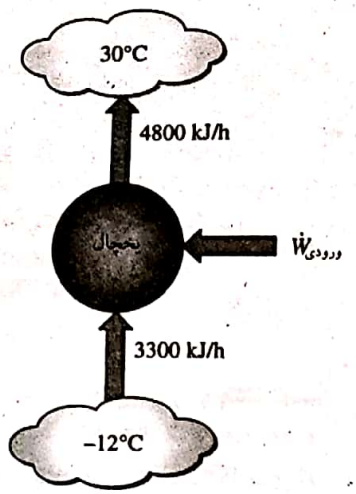
۶-۳۹ یک دستگاه تهویه مطبوع ۲kW سرمایش تولید و ۲٫۵kW گرما دفع می‌کند. ضریب عملکرد آن را تعیین کنید؟

۶-۴۰ یک یخچال که برای خنک کردن کامپیوتر به کار می‌رود ۳kW برق مصرف می‌کند و ضریب عملکردی برابر ۱٫۴ دارد. اثر سرمایشی این یخچال را، برحسب kW، محاسبه کنید.

۶-۴۱ محفظهٔ مواد غذایی یخچالی که در محیطی با دمای ۳۰°C قرار دارد، در دمای ۱۲°C- نگه داشته می‌شود. کل گرمای دریافتی محفظهٔ مواد غذایی ۳۳۰۰ kJ/h برآورد می‌شود و آهنگ دفع گرما در چگالنده ۴۸۰۰ kJ/h است. مطلوب است تعیین توان ورودی کمپرسور، برحسب kW و ضریب عملکرد یخچال.

۶-۴۲ یک یخچال خانگی با ضریب عملکرد ۱٫۲ گرما را با آهنگ ۶۰kJ/min از فضای داخل خود حذف می‌کند. مطلوب است تعیین (الف) توان الکتریکی مصرفی یخچال و (ب) آهنگ انتقال گرما به هوای آشپزخانه.

پاسخ‌ها. (الف) ۰٫۸۳kW، (ب) ۱۱۰ kJ/min



شکل م۶-۴۱

۶-۴۳ در یک خواروبارفروشی از یخچالی برای نگهداری مواد غذایی استفاده می‌شود که اثر سرمایشی آن ۲۵٬۰۰۰ kJ/h است و ضریب عملکردی برابر ۱٫۶ دارد. این یخچال برای کار کردن به چند کیلووات برق نیاز دارد؟

پاسخ. ۴٫۳۴kW

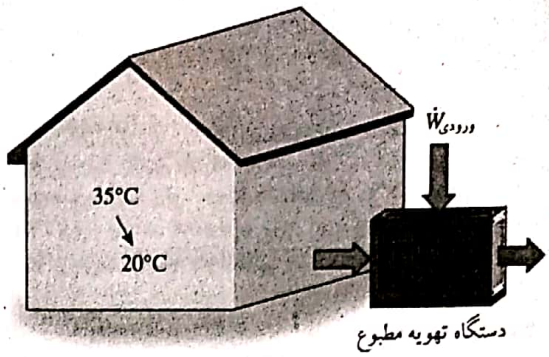
۶-۴۴ یک یخچال خانگی با توان ورودی ۴۵۰W و ضریب عملکرد ۲٫۵ باید پنج عدد هندوانه، هر یک به جرم ۱۰kg را خنک کند و دمای آن‌ها را به ۸°C برساند. دمای اولیهٔ هندوانه‌ها ۲۰°C است؛ چه مدت طول می‌کشد تا یخچال این هندوانه‌ها را خنک کند؟ هندوانه‌ها را می‌توان آب با گرمای ویژهٔ ۴٫۲kJ/kg·°C در نظر گرفت. آیا جواب شما واقع‌گرایانه است یا خوش‌بینانه؟ توضیح دهید.

پاسخ. ۲۲۴۰s

۶-۴۵ در یک روز تابستانی، مردی به خانهٔ خود باز می‌گردد که به‌خوبی درزبندی شده است و درمی‌یابد که دمای هوای خانه ۳۵°C است. او دستگاه تهویه مطبوع را روشن می‌کند؛ این دستگاه طی مدت ۳۰ دقیقه، دمای هوای کل خانه را به ۲۰°C می‌رساند. ضریب عملکرد این دستگاه ۲٫۸ فرض می‌شود. مطلوب است تعیین توان مصرفی دستگاه تهویه مطبوع. فرض کنید کل جرم داخل خانه هم‌ارز با ۸۰۰ kg هواست که برای آن $c_v = ۰٫۷۲\text{kJ/kg·°C}$ و $c_p = ۱٫۰\text{kJ/kg·°C}$.

۶-۴۶ مسئلهٔ ۶-۴۵ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، توان ورودی لازم برای یک دستگاه تهویه مطبوع خانگی را به‌صورت تابعی، به‌ازای EER نامی دستگاه تهویه مطبوع در گسترهٔ ۵ تا ۱۵ تعیین کنید. دربارهٔ

Scanned by CamScanner



شکل م ۶-۴۵

نتایج حاصل بحث کنید و قیمت دستگاه‌های تهویه مطبوع با این گسترهٔ EER نامی را نیز در محاسبات دخالت دهید.

۶-۴۷ می‌خواهیم با استفاده از یک سیستم تبرید، مقداری موز را با آهنگ ۲۱۵kg/h خنک کنیم و دمای آن‌ها را از ۲۴°C به ۱۳°C برسانیم. توان ورودی یخچال ۱٫۴kW است. مطلوب است تعیین آهنگ سرمایش، برحسب kJ/min، و ضریب عملکرد یخچال. گرمای ویژهٔ موز در بالای نقطهٔ انجماد ۳٫۳۵kJ/kg·°C است.

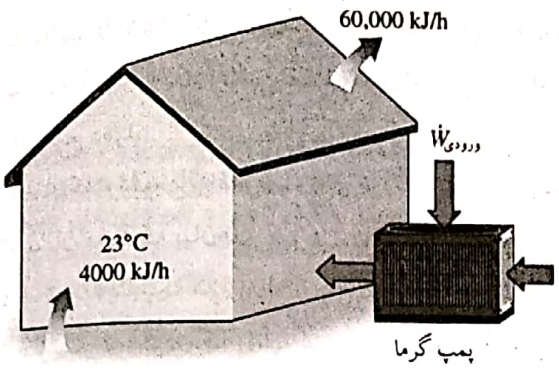
۶-۴۸ از یک یخچال برای خنک کردن پیوستهٔ آب از دمای ۲۳°C به دمای ۵°C، استفاده می‌کنند. گرمای دفع شده در چگالنده ۵۷۰kJ/min و توان مصرفی یخچال ۲٫۶۵kW است. مطلوب است تعیین آهنگ خنک شدن آب، برحسب L/min و ضریب عملکرد یخچال. گرمای ویژهٔ آب ۴٫۱۸kJ/kg·°C و چگالی آن ۱kg/L است.

پاسخ‌ها. ۵٫۴۶L/min، ۲٫۵۸

۶-۴۹ از یک پمپ گرما برای تثبیت دمای هوای خانه‌ای در ۲۳°C استفاده می‌شود. خانه از طریق دیوارها و پنجره‌ها، با آهنگ ۶۰۰۰۰kJ/h گرما دفع می‌کند و انرژی دریافتی خانه از طریق چراغ‌ها و لوازم خانگی به ۴۰۰۰kJ/h می‌رسد. هرگاه ضریب عملکرد پمپ ۲٫۵ باشد، توان ورودی لازم برای آن را تعیین کنید.

پاسخ. ۶٫۲۲kW

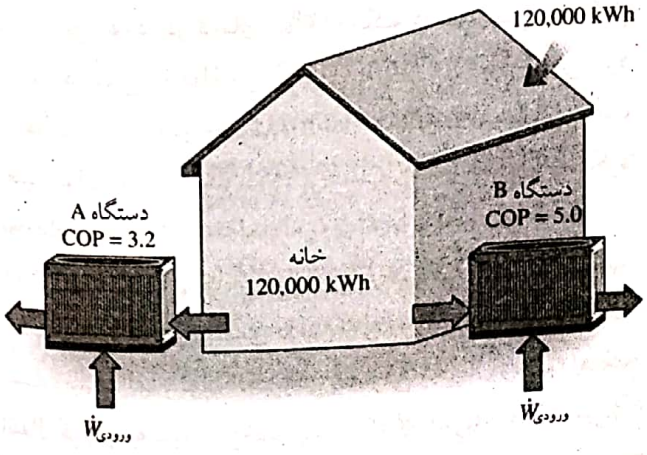
۶-۵۰ آب با دمای ۱۳°C وارد دستگاه یخ‌ساز می‌شود و به‌صورت یخ با دمای ۴°C- از آن بیرون می‌آید. فرض می‌کنیم ضریب عملکرد دستگاه یخ‌ساز ۲٫۴ است؛ توان ورودی لازم برای تولید یخ با آهنگ ۱۲kg/s را تعیین کنید. (باید از هر کیلوگرم آب با دمای ۱۳°C، به اندازهٔ ۳۹۳kJ انرژی گرفت تا به یخ با دمای ۴°C- تبدیل شود.)



شکل م ۶-۴۹

۶-۵۱ دفتری را در نظر بگیرید که با استفاده از یک دستگاه تهویه مطبوع پنجره‌ای با توان ۱۲۰۰۰ Btu/h به‌خوبی خنک می‌شود. تصمیم گرفته‌اند این اتاق را به اتاق کامپیوتر تبدیل کنند و چندین کامپیوتر، پایانهٔ کامپیوتری، و چاپگر، با توان نامی کل ۸٫۴kW در آن نصب کنند. این مؤسسه چند دستگاه تهویه مطبوع با توان ۷۰۰۰ Btu/h در انبار دارد که می‌تواند برای تأمین سرمایش اضافی از آن‌ها استفاده کند. ضریب کاربرد تجهیزات را ۰٫۴ در نظر بگیرید (یعنی تجهیزات در هر لحظه فقط ۴۰ درصد توان نامی کل خود را مصرف می‌کنند) و فرض کنید هفت نفر به حاضران در این اتاق اضافه می‌شود که هر یک با آهنگ ۱۰۰ W گرما تولید می‌کنند. مطلوب است تعیین تعداد دستگاه‌های تهویه مطبوع اضافی که باید در اتاق نصب کرد.

۶-۵۲ ساختمانی را در نظر بگیرید که بار تهویه مطبوع سالانهٔ آن ۱۲۰۰۰۰ kWh برآورد می‌شود و در ناحیه‌ای قرار گرفته که قیمت برق کیلووات‌ساعتی ۰٫۱۰ دلار است. دو دستگاه تهویه مطبوع برای این ساختمان در نظر گرفته شده است. دستگاه A ضریب



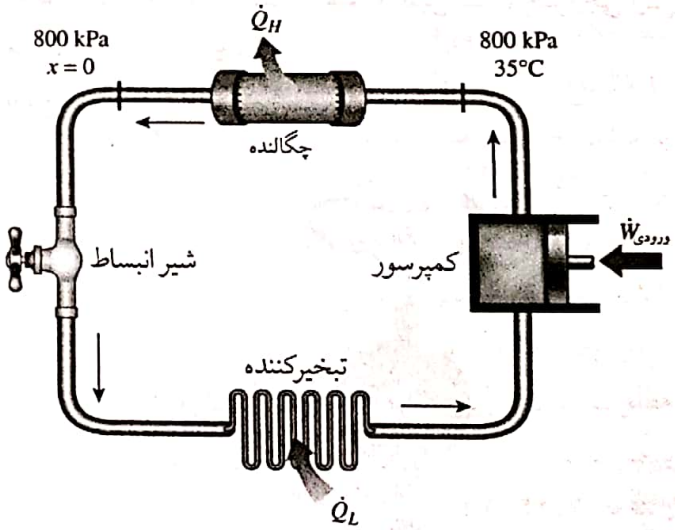
شکل م ۶-۵۲

Scanned by CamScanner

عملکرد فصلی میانگین ۳٫۲ دارد و هزینهٔ خرید و نصب آن ۵۵۰۰ دلار است. دستگاه B ضریب عملکرد فصلی ۵٫۰ دارد و هزینهٔ خرید و نصب آن ۷۰۰۰ دلار است. این دو دستگاه از هر لحاظ دیگر همانندند. خرید کدام دستگاه به صرفه است؟

۶-۵۳ خانه‌ای که با استفاده از بخاری برقی گرم می‌شد، در هر ماه زمستان ۱۲۰۰ kWh برق مصرف می‌کرد. اگر این خانه را با استفاده از پمپ گرمایی با ضریب عملکرد میانگین ۲٫۴ گرم می‌کردند، صاحبخانه در هر ماه زمستان چقدر در مصرف برق صرفه‌جویی می‌کرد؟ قیمت هر کیلووات‌ساعت برق را ۸٫۵ سنت در نظر بگیرید.

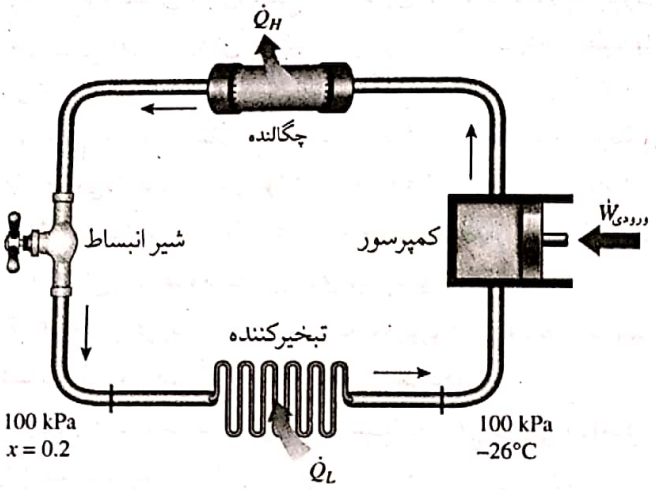
۶-۵۴ مبرّد 134a با فشار 800 kPa، دمای 35°C، و آهنگ 0٫018 kg/s وارد چگالندهٔ یک پمپ گرمای خانگی می‌شود و با فشار 800 kPa، به‌صورت مایع اشباع از آن بیرون می‌رود. توان مصرفی کمپرسور 1٫2 kW است؛ مطلوب است تعیین **(الف)** ضریب عملکرد پمپ گرما و **(ب)** آهنگ جذب گرما از هوای بیرون.



شکل م ۶-۵۴

۶-۵۵ مبرّد 134a با فشار 100 kPa و کیفیت ۲۰ درصد وارد کویل‌های تبخیرکنندهٔ پشت محفظهٔ فریزر یک یخچال خانگی می‌شود و با فشار 100 kPa و دمای −26°C از آن بیرون می‌رود. توان مصرفی کمپرسور 600 W و ضریب عملکرد یخچال 1٫2 است؛ مطلوب است تعیین **(الف)** آهنگ جریان جرمی مبرّد، و **(ب)** آهنگ گرمای دفع شده به هوای آشپزخانه.

پاسخ‌ها. (الف) 0٫00414 kg/s، (ب) 1320 W



شکل م ۶-۵۵

ماشین‌های حرکت دائم

۶-۵۶م مخترعی ادعا می‌کند یک گرم‌کن مقاومتی ابداع کرده که به‌ازای هر کیلووات ساعت برق مصرفی، 1٫2 kWh انرژی به اتاق تحویل می‌دهد. آیا این ادعا معقول است، یا این مخترع یک ماشین حرکت دائم اختراع کرده است؟ توضیح دهید.

۶-۵۷م می‌دانیم که وقتی هوا فشرده شود، دمای آن افزایش می‌یابد. مخترعی دربارهٔ استفاده از این هوای گرم برای گرمایش ساختمان‌ها فکر کرد و کمپرسوری را به‌کار گرفت که با الکتروموتور کار می‌کرد. این مخترع ادعا می‌کند که بازده استفاده از سیستم هوای گرم فشرده، ۲۵ درصد بیش‌تر از بازده کاربرد یک گرم‌کن مقاومتی است که همان مقدار گرمایش تأمین می‌کند. آیا این ادعا صحت دارد، یا این هم یک ماشین حرکت دائم دیگر است؟ توضیح دهید.

فرایندهای برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر

۶-۵۸م نشان دهید که فرایندهایی که در آن‌ها برای مخلوط کردن کار مصرف می‌شود برگشت‌ناپذیرند؛ برای این کار سیستم آدیاباتیکی را در نظر بگیرید که مواد تشکیل‌دهندهٔ آن با چرخش چرخ پره‌داری در داخل سیستم مخلوط می‌شوند (مثلاً هم‌زدن مایهٔ کیک با هم‌زن برقی).

۶-۵۹م نشان دهید که فرایندهای شامل واکنش‌های شیمیایی سریع برگشت‌ناپذیرند؛ به این منظور احتراق مخلوطی از یک گاز طبیعی (مثلاً متان) و هوا در مخزنی صلب را در نظر بگیرید.

۶-۶۰م یک قوطی نوشابهٔ خنک را در اتاقی می‌گذارند و در نتیجهٔ انتقال گرما، دمای آن افزایش می‌یابد. آیا این فرایند برگشت‌پذیر است؟ توضیح دهید.

Scanned by CamScanner

۶-۶۱م قطعه‌ای روی سطح شیب‌داری با اصطکاک و بدون نیروی بازدارنده لغزش می‌کند. این فرایند برگشت‌پذیر است یا برگشت‌ناپذیر؟ دربارهٔ پاسخ خود توضیح دهید.

۶-۶۲م چرا مهندسان به فرایندهای برگشت‌پذیر علاقه دارند، اگرچه می‌دانند هرگز نمی‌توانند به چنین فرایندهایی دست یابند؟

۶-۶۳م چرا فرایند تراکم غیرشبه‌تعادلی، در مقایسه با فرایند شبه‌تعادلی متناظر، به کار ورودی بیش‌تری نیاز دارد؟

۶-۶۴م چرا فرایند انبساط غیرشبه‌تعادلی، در مقایسه با فرایند شبه‌تعادلی متناظر، کار کم‌تری تحویل می‌دهد؟

۶-۶۵م چگونه می‌توان عوامل برگشت‌ناپذیری خارجی و داخلی را از هم تشخیص داد؟

۶-۶۶م آیا فرایند انبساط یا تراکم برگشت‌پذیر لزوماً شبه‌تعادلی است؟ آیا فرایند انبساط یا تراکم شبه‌تعادلی لزوماً برگشت‌پذیر است؟

چرخهٔ کارنو و اصول کارنو

۶-۶۷م چهار فرایند تشکیل‌دهندهٔ چرخهٔ کارنو را نام ببرید.

۶-۶۸م دو بیان موسوم به اصول کارنو را شرح دهید.

۶-۶۹م شخصی ادعا می‌کند چرخهٔ ماشین حرارتی برگشت‌پذیر جدیدی ابداع کرده است که بازده نظری آن از بازده چرخهٔ کارنو که بین همان حدود دما کار کند، بالاتر است. این ادعا را ارزیابی کنید.

۶-۷۰م شخصی ادعا می‌کند چرخهٔ ماشین حرارتی برگشت‌پذیر جدیدی ابداع کرده است که بازده نظری آن با بازده چرخهٔ کارنو که بین همان حدود دما کار کند، برابر است. آیا این ادعا معقول است؟

۶-۷۱م آیا می‌توان (**الف**) چرخهٔ ماشین حرارتی واقعی، و (**ب**) چرخهٔ ماشین حرارتی برگشت‌پذیری ابداع کرد که بازده آن از بازده چرخهٔ کارنو که بین همان حدود گرمایی کار می‌کند، بالاتر باشد؟ توضیح دهید.

ماشین حرارتی کارنو

۶-۷۲م آیا جز افزایش T_H یا کاهش T_L، راهی برای افزایش بازده ماشین حرارتی کارنو وجود دارد؟

۶-۷۳م دو نیروگاه واقعی را در نظر بگیرید که با انرژی خورشیدی کار می‌کنند. انرژی به یک نیروگاه از برکهٔ خورشیدی با دمای ۸۰°C، و به نیروگاه دیگر از کلکتورهای متمرکزکننده‌ای که دمای آب را تا ۶۰۰°C بالا می‌برند، تحویل داده می‌شود. کدام‌یک از این دو نیروگاه بازده بالاتری خواهند داشت؟ توضیح دهید.

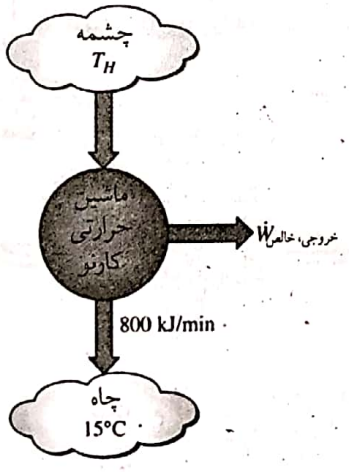
۶-۷۴م از دیدگاه تولید کار، کدام یک ارزشمندتر است: (**الف**) منابع انرژی گرمایی با دمای ۶۷۵K و ۳۲۵K یا (**ب**) منابع انرژی گرمایی با دمای ۶۲۵K و ۲۷۵K؟

۶-۷۵ یک ماشین حرارتی بین چشمه‌ای با دمای ۴۷۷°C و چاهی با دمای ۲۵°C کار می‌کند. گرما با آهنگ پایای ۶۵۰۰۰ kJ/min به ماشین حرارتی تحویل داده می‌شود؛ مطلوب است تعیین توان خروجی ماکزیمم این ماشین.

۶-۷۶ مسئلهٔ ۶-۷۵ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، آثار دمای چشمهٔ گرما و چاه گرما را بر تولید توان و بازده گرمایی چرخه بررسی کنید. فرض کنید دمای چشمه از ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ °C، و دمای چاه از صفر تا ۵۰°C تغییر می‌کند. نمودار توان تولیدی و بازده چرخه را، برحسب دمای چشمه، به‌ازای دماهای ۰°C، ۲۵°C، و ۵۰°C برای چاه ترسیم کرده، دربارهٔ نتایج بحث کنید.

۶-۷۷ یک ماشین حرارتی با چرخهٔ کارنو کار می‌کند و بازده گرمایی آن ۷۵ درصد است. گرمای تلف‌شده از ماشین با آهنگ ۸۰۰ kJ/min به دریاچهٔ مجاور دفع می‌شود که دمای آب آن ۱۵°C است. مطلوب است (**الف**) تعیین توان خروجی این ماشین، (**ب**) دمای چشمه.

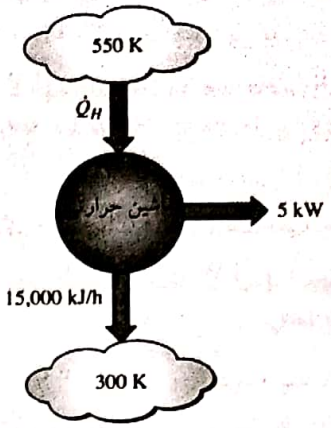
پاسخ‌ها. (الف) ۴۰٫۰ kW، (ب) ۱۱۵۲K



شکل م ۶-۷۷

۶-۷۸ مخترعی ادعا می‌کند که موتوری چرخه‌ای برای نصب روی یک وسیلهٔ فضاپیما اختراع کرده است که با یک چشمهٔ انرژی هسته‌ای با دمای ۵۵۰K، و یک چاه با دمای ۳۰۰K کار می‌کند که گرمای تلف شده را به اعماق فضا می‌تاباند. او ادعا می‌کند که این موتور ۵kW تولید می‌کند و انرژی را با آهنگ ۱۵۰۰۰ kJ/h دفع می‌کند. آیا این ادعا معتبر است؟

Scanned by CamScanner



شکل م۶-۷۸

۶-۷۹ یک ماشین حرارتی گرما را از چشمهٔ گرمایی با دمای ۱۲۰۰°C دریافت می‌کند و بازده‌گرمایی آن ۴۰ درصد است. این ماشین حرارتی کار ماکزیممی برابر ۵۰۰kJ انجام می‌دهد. مطلوب است تعیین گرمای دریافتی این ماشین از چشمهٔ گرما، گرمایی که به چاه‌گرما دفع می‌کند، و دمای چاه‌گرما.

۶-۸۰ یک ماشین حرارتی که با چرخهٔ کارنو کار می‌کند ۹۰۰kJ کار خروجی دارد و ۱۵۰kJ گرما به منبعی با دمای ۲۷°C دفع می‌کند. مطلوب است تعیین گرمایی که چشمهٔ گرما به ماشین حرارتی می‌دهد، برحسب kJ، و دمای چشمهٔ گرما برحسب °C.

۶-۸۱ یک ماشین حرارتی با چرخهٔ کارنو کار می‌کند و بازده آن ۷۵ درصد است. گرمای تلف شده از این ماشین با آهنگ ۱۴kW به دریاچهٔ مجاور دفع می‌شود که دمای آب آن ۱۵°C است. مطلوب است تعیین توان خروجی این ماشین و دمای چشمه برحسب °C.

پاسخ‌ها. ۴۲kW، ۸۷۹°C

۶-۸۲ یک نیروگاه زمین گرمایی به‌عنوان چشمهٔ گرما از آبی استفاده می‌کند که با آهنگ ۲۱۰kg/s و دمای ۱۵۰°C از زیر زمین استخراج می‌شود و ۸۰۰۰ kW توان خالص تولید می‌کند. آب با دمای ۹۰°C از نیروگاه خارج می‌شود. دمای محیط ۲۵°C است. مطلوب است تعیین (**الف**) بازده گرمایی واقعی، (**ب**) ماکزیمم بازده‌گرمایی ممکن، و (**ج**) آهنگ واقعی دفع گرما از این نیروگاه.

۶-۸۳ ادعا می‌شود که با دو برابر کردن دمای چشمهٔ انرژی گرمایی، می‌توان بازده یک ماشین حرارتی کاملاً برگشت‌پذیر را دو برابر کرد. برای اثبات این ادعا دلیل بیاورید.

پمپ گرما و یخچال کارنو

۶-۸۴م ضریب عملکرد یخچال کارنو را چگونه می‌توان افزایش داد؟

۶-۸۵م صاحبخانه‌ای یک یخچال و یک دستگاه تهویه‌مطبوع جدید می‌خرد. انتظار دارید ضریب عملکرد کدام بالاتر باشد؟ چرا؟

۶-۸۶م صاحبخانه‌ای یخچال جدیدی می‌خرد که محفظهٔ فریزر ندارد و یک فریزر هم می‌خرد. انتظار دارید ضریب عملکرد کدام یک پایین‌تر باشد؟ چرا؟

۶-۸۷م شخصی در تلاش برای صرفه‌جویی در انرژی مصرفی در چرخهٔ ماشین حرارتی، پیشنهاد به‌کارگیری یخچالی را مطرح می‌کند که بخشی از انرژی تلف‌شدهٔ Q_L را جذب کرده، آن را به چشمهٔ انرژی ماشین حرارتی انتقال دهد. آیا این فکر هوشمندانه‌ای است؟ توضیح دهید.

۶-۸۸م کاملاً مشخص شده است که بازده‌گرمایی ماشین حرارتی با کاهش دمای T_L دفع گرما از ماشین، افزایش می‌یابد. شخصی در تلاش برای افزایش بازده یک نیروگاه پیشنهاد می‌کند آب خنک‌کن را، قبل از ورود به چگالنده‌ای که گرما در آن دفع می‌شود، سرد کنیم. آیا با این پیشنهاد موافق‌اید؟ چرا؟

۶-۸۹م می‌دانیم که با افزایش دمای چشمهٔ انرژی، بازده ماشین حرارتی افزایش می‌یابد. شخصی در تلاش برای افزایش بازده یک نیروگاه پیشنهاد می‌کند که با استفاده از پمپ گرما، گرما از چشمهٔ انرژی موجود به محیطی با دمای بالاتر انتقال یابد و سپس به نیروگاه تحویل داده شود. در مورد این پیشنهاد چه نظری دارید؟ توضیح دهید.

۶-۹۰ مطلوب است تعیین کار مینیمم به‌ازای واحد گرمای انتقال یافته از چشمهٔ گرما، که برای به‌کار انداختن یخچالی با منابع گرمایی با دمای ۲۷۳K و ۳۰۳K لازم است.

۶-۹۱ مخترعی ادعا می‌کند که پمپ گرمایی ساخته است که ۲۰۰kW اثر گرمایشی برای محیطی با دمای ۲۹۳K تأمین می‌کند و برای این کار فقط از ۷۵kW برق و چشمهٔ گرمایی با دمای ۲۷۳K استفاده می‌کند. برای اثبات ادعای او دلیل بیاورید.

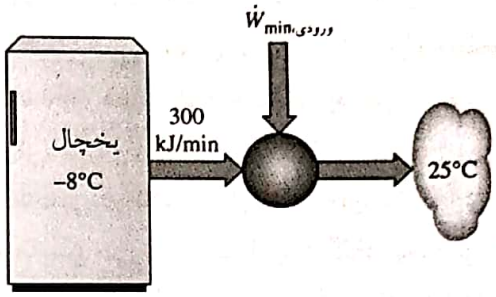
۶-۹۲ یک پمپ گرما با چرخهٔ پمپ گرمای کارنو کار می‌کند و ضریب عملکرد آن ۸٫۷ است. این پمپ با مصرف ۴٫۲۵kW برق، دمای اتاقی را در ۲۶°C تثبیت می‌کند. مطلوب است تعیین دمای منبعی که گرما از آن جذب می‌شود و بار گرمایی که پمپ گرما ارائه می‌کند.

پاسخ‌ها. ۲۶۵K، ۳۷٫۰kW

Scanned by CamScanner

۶-۹۳ یخچالی باید گرما را از فضای داخلی خود با آهنگ ۳۰۰ kJ/min حذف کند تا دمای آن را در ۸°C- نگه دارد. دمای هوای اطراف یخچال ۲۵°C است؛ مطلوب است تعیین توان ورودی مینیمم لازم برای این یخچال.

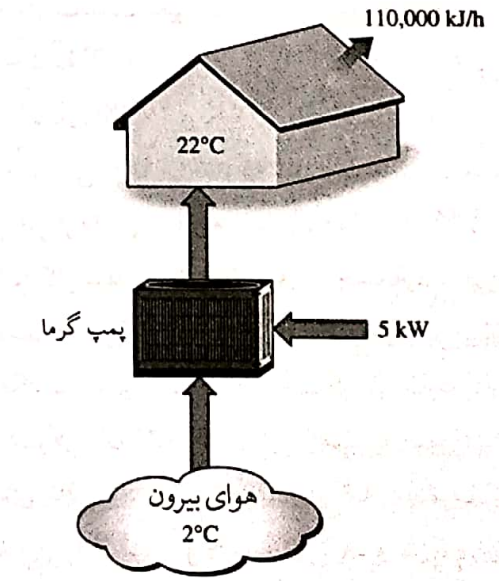
پاسخ. ۰٫۶۲۳kW



شکل م ۶-۹۳

۶-۹۴ مخترعی ادعا می‌کند سیستم تبریدی ابداع کرده است که گرما را از ناحیه‌ای بسته با دمای ۱۲°C- می‌گیرد و به هوای محیط با دمای ۲۵°C تحویل می‌دهد و ضریب عملکرد آن ۶٫۵ است. آیا این ادعا معقول است؟ چرا؟

۶-۹۵ از یک پمپ گرما برای تثبیت دمای هوای خانه‌ای در ۲۲°C استفاده می‌شود. این پمپ در روزی که دمای هوای بیرون ۲°C است، گرما را از هوای بیرون استخراج می‌کند. برآورد می‌شود که این خانه با آهنگ ۱۱۰۰۰۰ kJ/h گرما از دست می‌دهد و پمپ گرما در هنگام کار ۵kW برق مصرف می‌کند. آیا این پمپ می‌تواند وظیفهٔ بالا را انجام دهد؟



شکل م ۶-۹۵

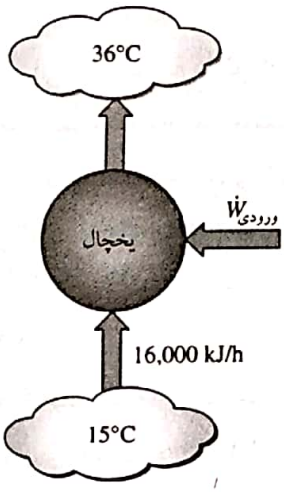
۶-۹۶ یک یخچال کاملاً برگشت‌پذیر بین دو منبع انرژی گرمایی با دماهای ۲۵۰ K و ۳۰۰ K کار می‌کند. این یخچال چند کیلووات برق لازم دارد تا ۴٫۴kW اثر سرمایشی تولید کند؟

۶-۹۷ یخچالی با چرخهٔ معکوس کارنو کار می‌کند و کار ورودی آن ۲۰۰ kW و گرمای دفع شدهٔ آن به منبعی با دمای ۲۷°C برابر ۲۰۰۰ kW اندازه‌گیری شده است. مطلوب است تعیین بار سرمایی تأمین شده برای یخچال، برحسب kW، و دمای منبع گرما، برحسب °C.

پاسخ‌ها. ۱۸۰۰ kW، ۳°C-

۶-۹۸ از یک دستگاه تهویه مطبوع اسپلیت (دو بخشی) با ظرفیت ۱۸۰۰۰ Btu/h برای تثبیت دمای هوای اتاقی در ۲۲°C، در محیطی که دمای آن ۳۳°C است، استفاده می‌کنند. توان ورودی کمپرسور ۳٫۴kW است. مطلوب است تعیین (**الف**) آهنگ دفع گرما در چگالنده، برحسب kJ/h، (**ب**) ضریب عملکرد دستگاه تهویه مطبوع، و (**ج**) آهنگ سرمایش برحسب Btu/h، هرگاه این دستگاه، با همان توان ورودی، به‌صورت یخچال کارنو کار کند.

۶-۹۹ یک یخچال کارنو گرما را با آهنگ ۱۶۰۰۰ kJ/h از فضایی با دمای ۱۵°C جذب، و آن را به منبعی با دمای ۳۶°C دفع می‌کند. مطلوب است تعیین ضریب عملکرد این یخچال، توان ورودی آن، برحسب kW، و آهنگ دفع گرما به منبع دمابالا، برحسب kJ/h.



شکل م ۶-۹۹

۶-۱۰۰ عملکرد پمپ گرما با کاهش دمای چشمهٔ گرما کاهش می‌یابد (یعنی ضریب عملکرد آن کاهش می‌یابد). در نتیجه استفاده از پمپ گرما در اقلیم‌های بسیار سرد، چندان جذاب نیست. خانه‌ای را در نظر بگیرید که در فصل زمستان با استفاده از پمپ گرما گرم می‌شود و دمای آن در ۲۰°C ثابت می‌ماند. ماکزیمم ضریب عملکرد این پمپ را تعیین کنید، هرگاه گرما از

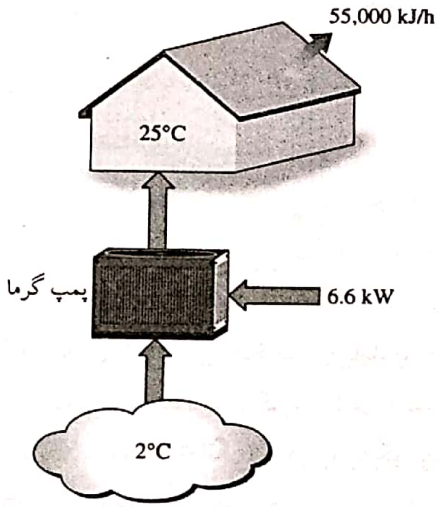
Scanned by CamScanner

هوای بیرون با دمای (**الف**) ۱۰°C، (**ب**) ۵°C-، و (**ج**) ۳۰°C- تأمین شود.

۶-۱۰۱ از یک پمپ گرما برای گرمایش خانه‌ای در فصل زمستان استفاده می‌شود. دمای هوای داخل خانه باید در تمام ساعات در ۲۶°C تثبیت شود. وقتی دمای هوای بیرون به ۴°C- کاهش می‌یابد، اتلاف گرما از خانه ۵۵۰۰۰ kJ/h برآورد می‌شود. مطلوب است تعیین مینیمم توان موردنیاز برای استفاده از این پمپ گرما، هرگاه گرما (**الف**) از هوای بیرون با دمای ۴°C-، و (**ب**) چاه آبی با دمای ۱۰°C تأمین شود.

۶-۱۰۲ پمپ گرمای کارنو را برای گرمایش یک خانه و تثبیت دمای آن در ۲۵°C در فصل زمستان به‌کار می‌برند. در روزی که دمای هوای بیرون در حدود ۲°C است، برآورد می‌شود که این خانه با آهنگ ۵۵۰۰۰ kJ/h گرما از دست می‌دهد. فرض می‌کنیم پمپ گرما در حین کار ۶٫۶kW برق مصرف می‌کند؛ مطلوب است تعیین (**الف**) مدت زمان کار پمپ گرما در آن روز، (**ب**) کل هزینهٔ گرمایش با احتساب قیمت ۸٫۵ سنت برای هر کیلووات‌ساعت برق، و هزینهٔ گرمایش در همان روز، اگر به‌جای پمپ گرما از گرمایش مقاومتی استفاده می‌شد.

پاسخ‌ها. (**الف**) ۴٫۲۹h، (**ب**) ۲٫۴۱ دلار، (**ج**) ۳۱٫۲ دلار



شکل م ۶-۱۰۲

۶-۱۰۳ یک ماشین حرارتی کارنو گرما را با آهنگ ۸۰۰ kJ/min از منبعی با دمای ۹۰۰ °C دریافت می‌کند و گرمای تلف‌شده را در هوای محیط با دمای ۲۷°C دفع می‌کند. کار خروجی کل این ماشین حرارتی صرف به‌کار انداختن یخچالی می‌شود که گرما را از فضای خنک‌شده با دمای ۵°C- دریافت می‌کند و آن را به هوای محیط با همان دمای ۲۷°C انتقال می‌دهد. مطلوب است تعیین (**الف**) آهنگ ماکزیمم حذف گرما از فضای خنک‌شده و (**ب**) آهنگ کل دفع گرما در هوای محیط.

پاسخ‌ها. (**الف**) ۴۹۸۲kJ/min، (**ب**) ۵۷۸۲kJ/min

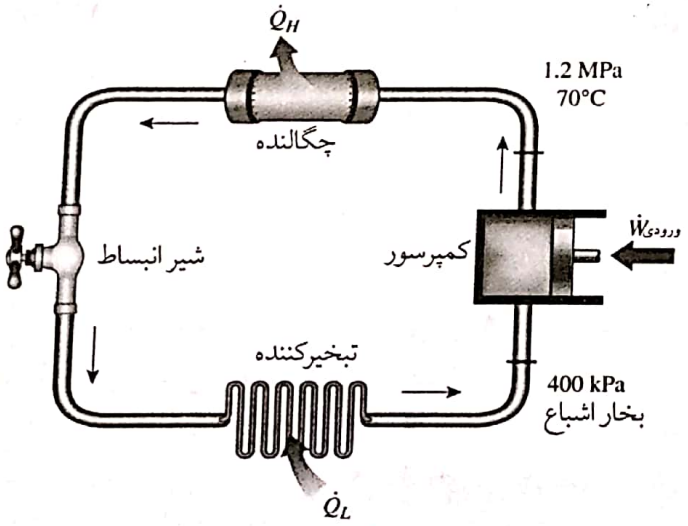
۶-۱۰۴ خانه‌ای چنان ساخته شده که به‌ازای هر °C اختلاف دما بین هوای داخل و خارج، با آهنگ ۳۸۰۰ kJ/h گرما از دست می‌دهد. از پمپ گرمایی که به توان ورودی ۴kW نیاز دارد برای تثبیت دمای این خانه در ۲۴°C استفاده می‌کنند. مطلوب است تعیین پایین‌ترین دمای هوای بیرون که به‌ازای آن پمپ گرما می‌تواند نیاز گرمایشی این خانه را برطرف کند.

پاسخ. ۹٫۵°C-

۶-۱۰۵ از یک دستگاه تهویه مطبوع که سیال کارکن آن مبرّد ۱۳۴a است برای تثبیت دمای اتاقی در ۲۳°C، از طریق دفع گرما به هوای بیرون با دمای ۳۷°C استفاده می‌شود. این اتاق گرما را از طریق دیوارها و پنجره‌ها با آهنگ ۲۵۰ kJ/min دریافت می‌کند و گرمای تولیدشده توسط کامپیوتر، تلویزیون و چراغ‌ها به ۹۰۰ W می‌رسد. مبرّد با فشار ۴۰۰ kPa، به‌صورت بخار اشباع با آهنگ ۱۰۰ L/min وارد کمپرسور می‌شود و با فشار ۱۲۰۰ kPa و دمای ۷۰°C از آن خارج می‌شود. مطلوب است تعیین (**الف**) ضریب عملکرد واقعی این دستگاه، (**ب**) ماکزیمم ضریب عملکرد دستگاه، و (**ج**) آهنگ جریان حجمی مبرّد در ورودی کمپرسور، هرگاه شرایط ورودی و خروجی کمپرسور همان باشد.

پاسخ‌ها. (**الف**) ۳٫۴۵، (**ب**) ۲۱٫۱، (**ج**) ۱۶٫۳L/min

۶-۱۰۶ مطلوب است محاسبه و ترسیم نمودار ضریب عملکرد یک یخچال کاملاً برگشت‌پذیر، به‌صورت تابعی از دمای چاه تا ۵۰۰ K، هرگاه دمای چشمه در ۲۵۰ K ثابت بماند.



شکل م ۶-۱۰۵

Scanned by CamScanner

۶-۱۰۷ عبارتی برای بیان ضریب عملکرد یک یخچال کاملاً برگشت‌پذیر برحسب دماهای منابع گرمایی T_L و T_H به‌دست آورید.

موضوع خاص: یخچال خانگی

۶-۱۰۸م چگونه می‌توان مصرف انرژی یخچال خانگی را کاهش داد؟

۶-۱۰۹م تمیز کردن کویل‌های چگالندهٔ یخچال خانگی چه اهمیتی دارد؟ به‌علاوه، چرا نباید مانع عبور جریان هوا از کویل‌های چگالندهٔ یخچال شد؟

۶-۱۱۰م چرا بازده یخچال‌های امروزی از یخچال‌های قدیمی بالاتر است؟

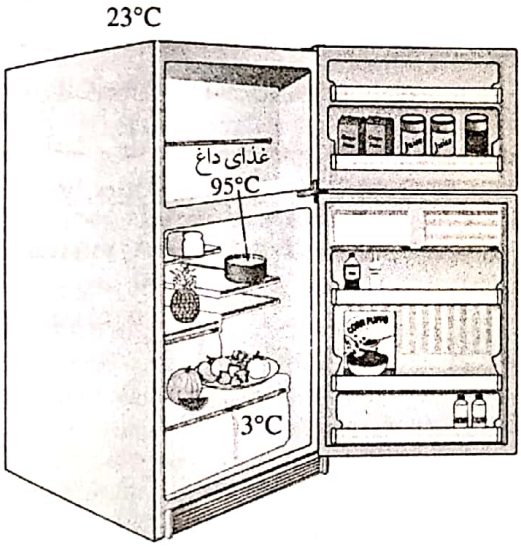
۶-۱۱۱م شخصی پیشنهاد می‌کند که سیستم تبرید فروشگاهی را با ظرفیت بالاتری طراحی کنند تا بتوان همهٔ نیازهای تهویه مطبوع فروشگاه را با استفاده از هوای سرد، بدون نیاز به نصب سیستم تهویه مطبوع برطرف کرد. نظر شما در مورد این پیشنهاد چیست؟

۶-۱۱۲م شخصی پیشنهاد می‌کند که به‌جای نصب یخچال و فریزر جداگانه، کل نیازهای یخچال/فریزر فروشگاهی با استفاده از فریزر بزرگی تأمین شود که هوای سرد با دمای $-20^{\circ}C$ تولید می‌کند. نظر شما در مورد این پیشنهاد چیست؟

۶-۱۱۳ برچسب «راهنمای انرژی» یخچالی حاکی از این است که این یخچال در شرایط کار عادی و با قیمت برق هر کیلووات‌ساعت ۰٫۰۷ دلار، سالانه ۷۴ دلار برق مصرف می‌کند. اگر از برق مصرفی لامپ داخل یخچال چشم‌پوشی کنیم، این یخچال در هنگام کارکردن ۳۰۰ W مصرف می‌کند؛ مطلوب است تعیین کسر زمانی که یخچال در طول سال کار می‌کند.

۶-۱۱۴ روشنایی داخل یخچال را معمولاً با لامپ‌های التهابی تأمین می‌کنند که کلید آن‌ها با باز شدن درِ یخچال کار می‌کند. یخچالی را در نظر بگیرید که لامپ ۴۰ W آن در حدود ۶۰ ساعت در سال روشن می‌ماند. پیشنهاد شده است که این لامپ را با لامپ کم‌مصرفی تعویض کنند که فقط ۱۸W برق مصرف می‌کند، اما هزینهٔ خرید و نصب آن ۲۵ دلار است. اگر ضریب عملکرد یخچال ۱٫۳، و قیمت برق کیلووات‌ساعتی ۸ سنت باشد، آیا صرفه‌جویی حاصل از نصب لامپ کم‌مصرف، با توجه به هزینهٔ اولیهٔ آن، قابل توجیه است؟

۶-۱۱۵ معمولاً توصیه می‌شود که غذاهای داغ را ابتدا باید تا دمای محیط خنک کرد و سپس در یخچال گذاشت تا در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود. به‌رغم این توصیه، شخصی سه بار در هفته ظرف بزرگی غذا می‌پزد و هنگامی که هنوز داغ است آن را در یخچال می‌گذارد، زیرا فکر می‌کند صرفه‌جویی ناشی از خنک کردن آن تا دمای محیط قبل از گذاشتن در یخچال، ناچیز است. اما اذعان می‌کند که اگر به او نشان دهید میزان صرفه‌جویی چشمگیر است، توصیهٔ یادشده را به‌کار می‌بندد. جرم میانگین ظرف و محتویات آن ۵kg است. دمای میانگین آشپزخانه ۲۳°C و دمای میانگین ظرف غذا، وقتی از روی اجاق برداشته می‌شود، ۹۵°C است. دمای داخل یخچال ۳°C، و میانگین گرمای ویژهٔ غذا و ظرف را می‌توان ۳٫۹kJ/kg·°C فرض کرد. ضریب عملکرد یخچال ۱٫۵ و قیمت برق کیلووات‌ساعتی ۱۰ سنت فرض می‌شود. مطلوب است تعیین میزان صرفه‌جویی حاصل در طول یک سال، اگر این شخص صبر کند تا غذا تا دمای محیط خنک شود و سپس آن را در یخچال بگذارد.



شکل م ۶-۱۱۵

۶-۱۱۶ غالباً گفته می‌شود که درِ یخچال را باید تا حد امکان به دفعات کم‌تر، و به مدت کم‌تر باز کرد تا در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود. یخچالی خانگی را در نظر بگیرید که حجم داخلی آن ۰٫۹m³ و دمای میانگین فضای داخل آن ۴°C است. در هر زمان، ۱/۳ از فضای داخل یخچال را مواد غذایی اشغال می‌کند و ۰٫۶m³ بقیه با هوا پر شده است. دما و فشار میانگین در آشپزخانه، به‌ترتیب، ۲۰°C و ۹۵kPa است. به‌علاوه، میزان رطوبت هوای آشپزخانه و یخچال، به‌ترتیب، ۰٫۰۱۰ و ۰٫۰۰۴ kg در هر کیلوگرم هواست، و بنابراین به‌ازای هر کیلوگرم هوایی که وارد یخچال می‌شود ۰٫۰۰۶ kg بخار آب چگالش می‌یابد و حذف می‌شود. درِ یخچال به‌طور میانگین ۸ مرتبه در روز باز می‌شود و هر مرتبه نیمی از هوای داخل یخچال با هوای گرم

Scanned by CamScanner

آشپزخانه جایگزین می‌شود. ضریب عملکرد یخچال را ۱٫۴ و قیمت برق را کیلووات‌ساعتی ۷٫۵ سنت در نظر بگیرید و قیمت انرژی تلف‌شده در هر سال، بر اثر باز کردن درِ یخچال را تعیین کنید. اگر هوای آشپزخانه بسیار خشک باشد و در نتیجه مقدار بخار آب چگالش یافته در یخچال قابل چشم‌پوشی باشد، پاسخ چه خواهد بود؟

مسائل دوره

۶-۱۱۷ یک ماشین حرارتی با چشمه‌ای در دمای ۱۲۸۰K و چاهی با دمای ۲۹۰K کار می‌کند. مطلوب است تعیین ماکزیمم کار در واحد گرما که این ماشین می‌تواند از چشمه حذف کند.

۶-۱۱۸ یک ماشین حرارتی گرما را از چشمهٔ گرمایی با دمای ۱۲۰۰°C دریافت و آن را به چاه گرمایی با دمای ۵۰°C دفع می‌کند. این ماشین حرارتی کار ماکزیممی برابر ۵۰۰kJ انجام می‌دهد. مطلوب است تعیین گرمایی که چشمهٔ گرما به ماشین حرارتی داده و گرمایی که به چاه گرما دفع شده است.

۶-۱۱۹ یک پمپ گرما اثر گرمایشی معادل ۳۲۰۰۰ kJ/h برای فضایی دارد که دمای آن در ۲۹۵K تثبیت می‌شود و در عین حال پمپ گرما ۱٫۸kW برق مصرف می‌کند. مطلوب است تعیین دمای مینیمم چشمه، به طوری که قانون دوم ترمودینامیک در مورد آن صدق کند.

پاسخ. ۲۳۵K

۶-۱۲۰ از پمپ گرمایی با ضریب عملکرد ۲٫۴ برای گرمایش خانه‌ای استفاده می‌شود. پمپ در هنگام کار ۸kW برق مصرف می‌کند. این خانه با آهنگ میانگین ۴۰۰۰۰ kJ/h گرما از دست می‌دهد و هنگامی که پمپ گرما به کار می‌افتد دمای خانه ۳°C است. چقدر طول می‌کشد تا دمای خانه به ۲۲°C افزایش یابد. فرض کنید خانه کاملاً درزبندی شده است (یعنی هوا نشت نمی‌کند) و کل جرم داخل خانه (هوا، اثاثیه و غیره) با ۲۰۰۰ kg هوا هم‌ارز است.

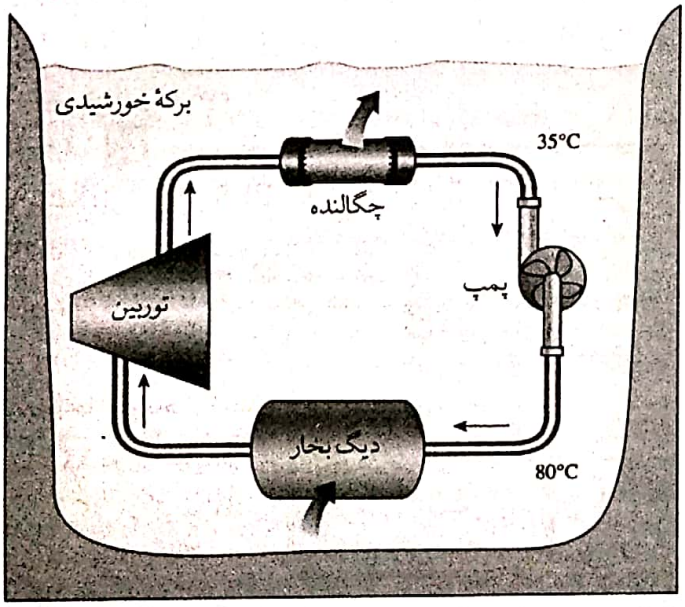
۶-۱۲۱ در یک سیستم تبرید برای دفع گرمای تلف‌شده از چگالندهٔ آب ـ خنک استفاده می‌شود. این سیستم گرما را با آهنگ ۲۴۰۰۰ kJ/h از فضایی با دمای ۵°C- جذب می‌کند. آب با آهنگ ۰٫۶۵kg/s و دمای ۱۵°C وارد چگالنده می‌شود. ضریب عملکرد سیستم ۱٫۷۷ برآورد می‌شود. مطلوب است تعیین (**الف**) توان ورودی به سیستم، برحسب kW، (**ب**) دمای آب در خروجی چگالنده، برحسب °C، و (**ج**) ماکزیمم ضریب عملکرد ممکن سیستم. گرمای ویژهٔ آب ۴٫۱۸kJ/kg·°C است.

۶-۱۲۲ چرخهٔ ماشین حرارتی کارنوی را در نظر بگیرید که در سیستم بسته‌ای کار می‌کند که سیال کارکن آن ۰٫۰۱ kg مبرّد ۱۳۴a است. بازده گرمایی این چرخه ۱۵ درصد است و طی این فرایند مبرّد ۱۳۴a، در دمای ۵۰°C، از مایع اشباع به بخار اشباع تبدیل می‌شود. مطلوب است تعیین کار خالص خروجی این ماشین در هر چرخه.

۶-۱۲۳ از پمپ گرمایی با ضریب عملکرد ۲٫۸ برای گرمایش خانه‌ای درزبندی شده استفاده می‌شود. پمپ گرما در هنگام کارکردن ۵kW برق مصرف می‌کند. اگر در هنگام روشن کردن پمپ، دمای خانه ۷°C باشد، چقدر طول می‌کشد تا پمپ بتواند دمای خانه را به ۲۲°C افزایش دهد. آیا این پاسخ واقع‌گرایانه است یا خوش‌بینانه؟ توضیح دهید. فرض کنید کل جرم داخل خانه (هوا، اثاثیه، و غیره) با ۱۵۰۰ kg هوا هم‌ارز است.

پاسخ. ۱۹٫۲min

۶-۱۲۴ یکی از روش‌های آینده‌دار برای تولید برق شامل جمع‌آوری و ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی در دریاچه‌های مصنوعی بزرگ به عمق چند متر است که برکهٔ خورشیدی نامیده می‌شوند. انرژی خورشیدی توسط همهٔ بخش‌های برکه جذب می‌شود و دمای آب در همه جا افزایش می‌یابد. اما لایهٔ فوقانی آب برکه بخش عمدهٔ گرمایی را که جذب می‌کند، به هوا دفع می‌کند و در نتیجه دمای آن کاهش می‌یابد. این آب سرد برای بخش پایینی برکه نقش عایق را بازی کرده، به حفظ انرژی گرمایی در آن‌جا کمک می‌کند. معمولاً کف برکه نمک می‌ریزند تا مانع بالا



شکل م ۶-۱۲۴

Scanned by CamScanner

آمدن این آب گرم به سطح برکه شوند. نیروگاهی که از یک سیال آلی، مانند الکل، به‌عنوان سیال کارکن استفاده می‌کند، می‌تواند بین بخش‌های بالایی و پایینی برکه کار کند. اگر دمای آب در نزدیکی سطح برکه ۳۵°C و در نزدیکی کف آن ۸۰°C باشد، مطلوب است تعیین ماکزیمم بازدهی که این نیروگاه می‌تواند داشته باشد. آیا استفاده از دماهای ۳۵ و ۸۰°C در محاسبات واقع‌گرایانه است؟ توضیح دهید.

پاسخ. ۱۲٫۷ درصد

۶-۱۲۵ چرخهٔ ماشین حرارتی کارنویی را در نظر بگیرید که در سیستمی بسته، با استفاده از ۰٫۰۲۵kg بخار آب، به‌عنوان سیال کارکن، کار می‌کند. می‌دانیم که ماکزیمم دمای مطلق در این چرخه دو برابر مینیمم دمای مطلق است و کار خالص خروجی چرخه ۶۰kJ است. طی فرایند دفع گرما، بخار آب از حالت بخار اشباع به مایع اشباع تبدیل می‌شود؛ مطلوب است تعیین دمای بخار آب در فرایند دفع گرما.

۶-۱۲۶ مسئلهٔ ۶-۱۲۵ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، دربارهٔ اثر کار خالص خروجی بر دمای لازم برای بخار آب در فرایند دفع گرما تحقیق کنید. فرض کنید کار خروجی بین ۴۰ تا ۶۰kJ تغییر می‌کند.

۶-۱۲۷ چرخهٔ تبرید کارنویی را در نظر بگیرید که در سیستمی بسته در ناحیهٔ مخلوط اشباع مایع ـ بخار اجرا می‌شود و سیال کارکن آن ۰٫۹۶kg مبرّد ۱۳۴a است. می‌دانیم که ماکزیمم دمای مطلق در این چرخه ۱٫۲ برابر مینیمم دمای مطلق، و کار خالص ورودی به چرخه ۲۲kJ است. طی فرایند دفع گرما، مبرّد از بخار اشباع به مایع اشباع تبدیل می‌شود؛ مطلوب است تعیین فشار مینیمم در این چرخه.

۶-۱۲۸ مسئلهٔ ۶-۱۲۷ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر) دربارهٔ اثر کار خالص ورودی بر فشار مینیمم تحقیق کنید. فرض کنید کار ورودی از ۱۰ تا ۳۰kJ تغییر می‌کند. نمودار فشار مینیمم در چرخهٔ تبرید را به‌صورت تابعی از کار خالص ورودی ترسیم کرده، دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید.

۶-۱۲۹ دو ماشین حرارتی کارنو را در نظر بگیرید که به‌صورت متوالی کار می‌کنند. ماشین اول گرما را از منبعی با دمای ۱۸۰۰ K دریافت می‌کند و گرمای اضافی را به منبع دیگری با دمای T دفع می‌کند. ماشین دوم انرژی دفع‌شده از ماشین اول را دریافت می‌کند، بخشی از آن را به کار تبدیل می‌کند و بقیه را به منبعی با دمای ۳۰۰ K دفع می‌کند. بازده گرمایی دو ماشین برابر است؛ دمای T را تعیین کنید.

پاسخ. ۷۳۵K

۶-۱۳۰ یک ماشین حرارتی کارنو گرما را با دمای ۹۰۰ K دریافت، و گرمای اضافی را به محیط با دمای ۳۰۰ K دفع می‌کند. از کل کار خروجی این ماشین برای به کار انداختن یخچال کارنویی استفاده می‌شود که گرما را از فضای خنک شده با دمای ۱۵°C- با آهنگ ۲۵۰kJ/min می‌گیرد و آن را به همان محیط با دمای ۳۰۰ K دفع می‌کند. مطلوب است تعیین (**الف**) آهنگ تأمین گرمای ماشین اول و (**ب**) آهنگ کل دفع گرما به محیط.

۶-۱۳۱ مسئلهٔ ۶-۱۳۰ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر) دربارهٔ اثر دمای چشمهٔ ماشین حرارتی، دمای محیط، و دمای فضای خنک‌شده بر گرمایی که باید برای ماشین حرارتی تأمین کرد و آهنگ کل دفع گرما به محیط تحقیق کنید. فرض کنید دمای چشمه از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ K، دمای محیط از ۲۷۵ تا ۳۲۵K، و دمای فضای خنک‌شده از ۲۰- تا ۰°C تغییر می‌کند. نمودار گرمای لازم برحسب دمای چشمه را، به‌ازای دمای ۱۵°C- برای فضای خنک‌شده و ۲۷۵، ۳۰۰، و ۳۲۵K برای دمای محیط ترسیم کرده، دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید.

۶-۱۳۲ یک ماشین حرارتی بین دو منبع با دماهای ۸۰۰ و ۲۰°C کار می‌کند. نیمی از کار خروجی ماشین حرارتی برای به‌کار انداختن پمپ گرمای کارنویی مصرف می‌شود که گرما را از محیط سرد اطراف با دمای ۲°C می‌گیرد و آن را به خانه‌ای انتقال می‌دهد که دمای آن باید در ۲۲°C تثبیت شود. این خانه با آهنگ ۶۲۰۰۰ kJ/h گرما از دست می‌دهد؛ مطلوب است تعیین آهنگ مینیمم تأمین گرما برای ماشین حرارتی تا بتوان دمای خانه را در ۲۲°C تثبیت کرد.

۶-۱۳۳ مخترعی ادعا می‌کند یخچالی ابداع کرده است که دمای فضای خنک‌شده را در ۲°C تثبیت می‌کند. این یخچال در اتاقی با دمای ۲۴°C قرار دارد، و ضریب عملکرد آن ۱۳٫۵ است. آیا این ادعا منطقی است؟

۶-۱۳۴ یک چرخهٔ پمپ گرمای کارنو را در نظر بگیرید که در سیستمی جریان‌پایا در ناحیهٔ مخلوط اشباع مایع ـ بخار اجرا می‌شود و سیال کارکن آن مبرّد ۱۳۴a با آهنگ جریان ۰٫۲۲kg/s است. می‌دانیم که ماکزیمم دمای مطلق در این چرخه ۱٫۲ برابر مینیمم دمای مطلق است، و توان خالص ورودی به چرخه ۵kW است. طی فرایند دفع گرما، مبرّد از حالت بخار اشباع به مایع

Scanned by CamScanner

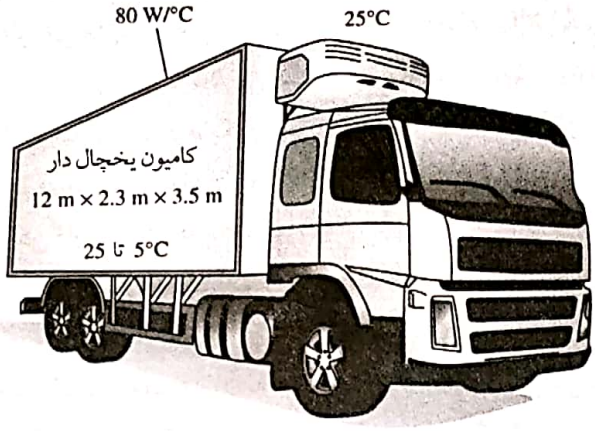
اشباع تبدیل می‌شود؛ مطلوب است تعیین نسبت فشارهای ماکزیمم به مینیمم در این چرخه.

۶-۱۳۵ با استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف به‌جای لامپ‌های رشته‌ای، می‌توان مصرف انرژی را به ۱/۴ کاهش داد. انرژی مصرفی لامپ‌ها سرانجام به گرما تبدیل می‌شود و به این ترتیب استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف بار سرمایی خانه را در تابستان کاهش می‌دهد، اما بار گرمایی آن را در زمستان افزایش خواهد داد. ساختمانی را در نظر بگیرید که با استفاده از کوره‌ای با بازده ۸۰درصد، که گاز طبیعی می‌سوزاند، گرم می‌شود و دستگاه تهویه‌مطبوعی با ضریب عملکرد ۳٫۵ آن را خنک می‌کند. قیمت هر کیلووات‌ساعت برق ۰٫۰۸ دلار و قیمت هر ترم گاز طبیعی ۱٫۴ دلار است (۱ ترم = ۱۰۵۵۰۰ kJ)؛ تعیین کنید که آیا استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف هزینهٔ کل انرژی مصرفی این ساختمان را (**الف**) در تابستان، و (**ب**) در زمستان افزایش می‌دهد یا کاهش.

۶-۱۳۶ یک پمپ گرما انرژی گرمایی موردنیاز خانه‌ای را با آهنگ ۱۴۰۰۰۰ kJ/h تأمین می‌کند و دمای هوای آن را در ۲۵°C ثابت نگه می‌دارد. طی دوره‌ای یک ماهه، پمپ گرما ۱۰۰ ساعت کار می‌کند تا انرژی را از چشمهٔ گرمای خارج از خانه، به داخل خانه انتقال دهد. پمپ گرمایی را در نظر بگیرید که گرما را از دو چشمهٔ انرژی خارجی مختلف دریافت می‌کند. در یک کاربرد، پمپ گرما را از هوای بیرون با دمای ۰°C دریافت می‌کند، و در کاربرد دوم گرما را از دریاچه‌ای دریافت می‌کند که دمای آب آن ۱۰°C است. قیمت برق را هر کیلووات‌ساعت ۰٫۰۸۵ دلار فرض می‌کنیم. مطلوب است تعیین ماکزیمم صرفه‌جویی حاصل از استفاده از آب دریاچه به‌جای هوای بیرون، به‌عنوان چشمهٔ انرژی خارجی.

۶-۱۳۷ اتاق بار یک کامیون یخچال‌دار با ابعاد داخلی ۱۲m × ۲٫۳m × ۳٫۵m را باید از دمای ۲۵°C به دمای میانگین ۵°C پیش‌سرد کرد. این کامیون طوری ساخته شده که با آهنگ ۸۰ W/°C گرما جذب می‌کند. دمای محیط را ۲۵°C فرض می‌کنیم؛ مطلوب است تعیین مدتی که طول می‌کشد تا سیستمی با ظرفیت تبرید ۸kW اتاق بار این کامیون را پیش‌سرد کند.

۶-۱۳۸ سیستم تبریدی باید قرص‌های نان را با جرم میانگین ۳۵۰g، با آهنگ ۱۲۰۰ قرص نان در ساعت، توسط هوای سرد با دمای ۳۰°C-، از دمای ۳۰°C سرد کند و دمای آن‌ها را به ۱۰°C- برساند. گرماهای ویژه و نهان میانگین نان را، به‌ترتیب، ۲٫۹۳kJ/kg·°C و ۱۰۹٫۳kJ/kg در نظر بگیرید؛ مطلوب است

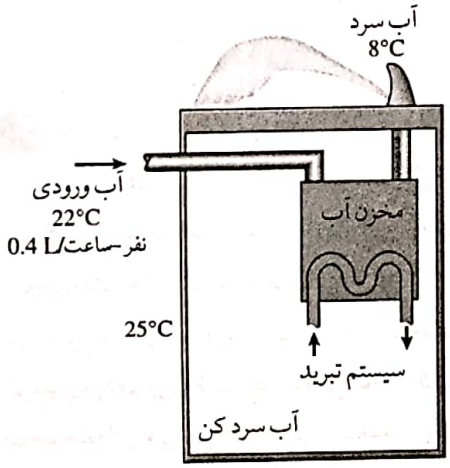


شکل م ۶-۱۳۷

تعیین (**الف**) آهنگ حذف گرما از نان، برحسب kJ/h، (**ب**) آهنگ جریان حجمی هوا، برحسب m^3/h، هرگاه نخواهیم افزایش دمای هوا از ۸°C تجاوز کند، و (**ج**) اندازهٔ کمپرسور سیستم تبرید، هرگاه ضریب عملکرد این سیستم ۱٫۲ باشد.

۶-۱۳۹ آب آشامیدنی موردنیاز یک واحد تولیدی با ۲۰کارگر را باید با استفاده از آب‌سردکن تأمین کرد. آب در آب‌سردکن باید از دمای ۲۲°C به دمای ۸°C برسد و آب خنک باید با آهنگ ۰٫۴L/h به‌ازای هر کارگر تأمین شود. گرما از محیط اطراف با دمای ۲۵°C و آهنگ ۴۵W به مخزن آب‌سردکن انتقال می‌یابد. ضریب عملکرد سیستم تبرید ۲٫۹ است؛ مطلوب است تعیین اندازهٔ کمپرسور مناسب برای این آب‌سردکن، برحسب W.

۶-۱۴۰ برچسب «راهنمای انرژی» یک ماشین لباسشویی حاکی از این است که هرگاه آب گرم موردنیاز ماشین توسط آب‌گرمکن گازی گرم شود که قیمت هر ترم گاز مصرفی آن ۱٫۲۱ دلار است

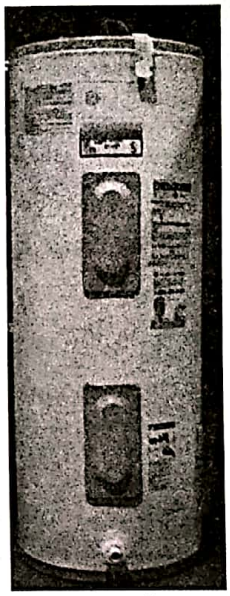


شکل م ۶-۱۳۹

Scanned by CamScanner

(۱ ترم = ۱۰۵۵۰۰ kJ)، هزینهٔ تأمین آب گرم ماشین لباسشویی ۳۳ دلار خواهد شد. فرض می‌کنیم آب از دمای ۱۵°C گرم می‌شود و به دمای ۵۵°C می‌رسد؛ مطلوب است تعیین میزان مصرف هفتگی آب گرم یک خانوادهٔ متوسط بر حسب لیتر. از هزینهٔ برق مصرفی ماشین لباسشویی چشم‌پوشی کنید و بازده آب‌گرم‌کن گازی را ۵۸ درصد بگیرید.

۶-۱۴۱ بازده یک آب‌گرم‌کن برقی معمولی ۹۵ درصد است و هرگاه قیمت برق هر کیلووات‌ساعت ۰٫۰۸ دلار باشد، هزینهٔ سالانهٔ برق مصرفی آن به ۲۵۰ دلار می‌رسد. آب‌گرم‌کنی که با پمپ گرما کار می‌کند ضریب عملکردی برابر ۳٫۳ دارد اما هزینهٔ خرید و نصب آن در حدود ۸۰۰ دلار بیش‌تر است. چند سال طول می‌کشد تا اختلاف هزینهٔ خرید و نصب آب‌گرم‌کنی که با پمپ گرما کار می‌کند، از طریق صرفه‌جویی در مصرف برق، جبران شود؟



آب‌گرم‌کن

شکل م ۶-۱۴۱

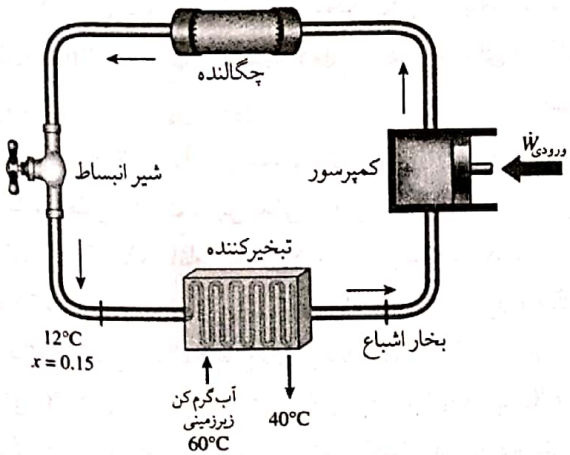
۶-۱۴۲ مسئلهٔ ۶-۱۴۱ را دوباره در نظر بگیرید. با استفاده از نرم‌افزار EES (یا نرم‌افزاری دیگر)، دربارهٔ اثر ضریب عملکرد پمپ گرما بر هزینهٔ سالانهٔ بهره‌برداری و زمان استهلاک هزینهٔ اولیهٔ تجهیزات تحقیق کنید. فرض کنید ضریب عملکرد از ۲ تا ۵ تغییر می‌کند. نمودار دورهٔ برگشت سرمایه برحسب ضریب عملکرد را ترسیم کرده، دربارهٔ نتایج حاصل بحث کنید.

۶-۱۴۳ صاحبخانه‌ای می‌خواهد بین انتخاب یک کوره با سوخت گاز طبیعی با بازده ۹۷ درصد، و یک پمپ گرما با چشمهٔ زمینی و ضریب عملکرد ۳٫۵ تصمیم‌گیری کند. قیمت‌های واحد برق و گاز طبیعی، به‌ترتیب هر کیلووات‌ساعت ۰٫۰۹۲ دلار و هر ترم ۱٫۴۲ دلار است (۱ ترم = ۱۰۵۵۰۰ kJ). هزینهٔ انرژی کدام سیستم کم‌تر است؟

۶-۱۴۴ از هواکش آشپزخانه، حمام، و سایر هواکش‌های نصب‌شده در خانه، باید به‌ندرت استفاده کرد، زیرا این هواکش‌ها می‌توانند کل هوای گرم یا سرد خانه را طی یک ساعت تخلیه کنند. خانه‌ای با زیربنای ۲۰۰ m^2 را در نظر بگیرید که ارتفاع سقف آن ۲٫۸m است. این خانه با استفاده از یک آب‌گرم‌کن گازی با بازده ۹۶ درصد گرم می‌شود و دمای آن در ۲۲°C و فشار آن در ۹۲kPa تثبیت شده است. قیمت واحد گاز طبیعی هر ترم ۱٫۲۰ دلار است (۱ ترم = ۱۰۵۵۰۰ kJ)؛ مطلوب است تعیین بهای انرژی «هدررفته» توسط این هواکش‌ها در هر ساعت. دمای میانگین هوای بیرون طی فصل گرمایش را ۵°C فرض کنید.

۶-۱۴۵ مسئلهٔ ۶-۱۴۴ را برای هزینهٔ تهویه مطبوع در اقلیمی خشک با دمای ۲۸°C حل کنید. فرض کنید ضریب عملکرد سیستم تهویه مطبوع ۲٫۳، و قیمت هر کیلووات‌ساعت برق ۰٫۱۰ دلار است.

۶-۱۴۶ پمپ گرمایی که سیال کارکن آن مبرّد ۱۳۴a است برای تثبیت دمای محیطی در ۲۵°C با جذب گرما از آب گرم زیرزمینی که با دمای ۶۰°C و آهنگ ۰٫۰۶۵kg/s وارد تبخیرکننده می‌شود و با دمای ۴۰°C آن را ترک می‌کند، به‌کار می‌رود. مبرّد با دمای ۱۲°C و کیفیت ۱۵ درصد وارد تبخیرکننده می‌شود و با همان فشار، به‌صورت بخار اشباع از تبخیرکننده بیرون می‌رود. فرض می‌کنیم کمپرسور ۱٫۶kW برق مصرف می‌کند؛ مطلوب است تعیین (**الف**) آهنگ جریان جرمی مبرّد، (**ب**) آهنگ تأمین گرما،



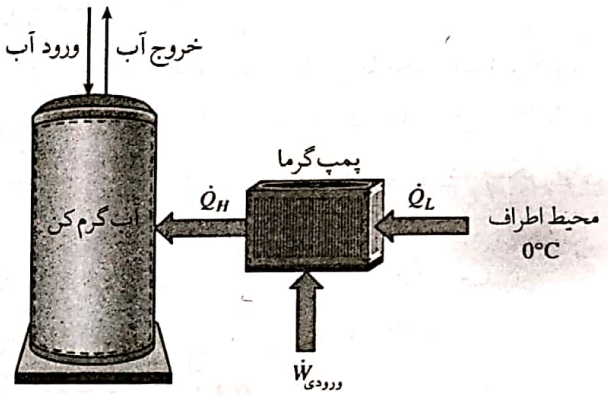
شکل م ۶-۱۴۶

Scanned by CamScanner

(ج) ضریب عملکرد، و (د) توان ورودی مینیمم کمپرسور با همان آهنگ تأمین گرما.

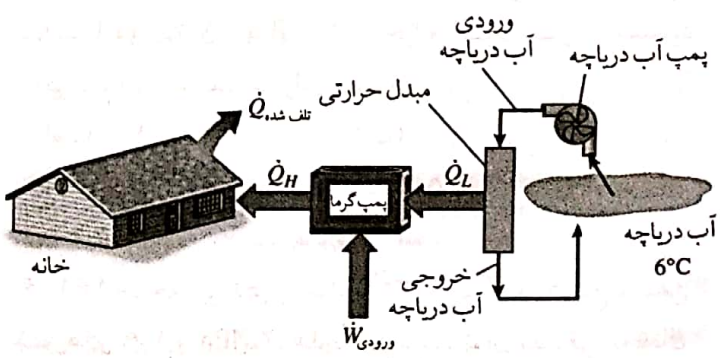
پاسخ‌ها. (الف) ۰٫۰۳۳۸ kg/s، (ب) ۷٫۰۴ kW،
(ج) ۴٫۴۰، (د) ۰٫۷۴۰ kW

۶-۱۴۷ آب سرد با دمای ۱۰°C و آهنگ ۰٫۰۲ m³/min وارد آب‌گرم‌کن می‌شود و با دمای ۵۰°C آن را ترک می‌کند. آب‌گرم‌کن گرما را از پمپ گرمایی دریافت می‌کند که گرما را از منبعی با دمای ۰°C تأمین می‌کند. (**الف**) فرض کنید آب مایعی تراکم‌ناپذیر است و حین گرم شدن تغییر فاز نمی‌دهد؛ آهنگ گرمارسانی به آب را، برحسب kJ/s، تعیین کنید. (**ب**) فرض کنید آب‌گرم‌کن به‌صورت چاه‌گرما با دمای میانگین ۳۰°C عمل می‌کند؛ مینیمم توان تأمین شده برای پمپ گرما را، برحسب kW، تعیین کنید.



شکل م ۶-۱۴۷

۶-۱۴۸ پمپ گرمایی از دریاچه‌ای گرما دریافت می‌کند که دمای میانگین آن در زمستان ۶°C است؛ پمپ این گرما را به خانه‌ای با دمای میانگین ۲۷°C می‌دهد. (**الف**) اگر این خانه گرما را با آهنگ ۶۴۰۰۰ kJ/h به هوای محیط دفع کند، مینیمم توان لازم برای پمپ گرما، برحسب kW، چقدر است؟ (**ب**) از یک مبدل حرارتی برای انتقال انرژی از آب دریاچه به پمپ گرما استفاده می‌شود. دمای آب دریاچه، وقتی از مبدل حرارتی عبور می‌کند به اندازهٔ ۵°C کاهش می‌یابد؛ مطلوب است تعیین مینیمم آهنگ جریان جرمی آب دریاچه، برحسب kg/s. از اثر پمپ آب دریاچه چشم‌پوشی کنید.



شکل م ۶-۱۴۸

۶-۱۴۹ ثابت کنید که ضریب عملکرد هیچ یخچالی نمی‌تواند از ضریب عملکرد یخچال کاملاً برگشت‌پذیری که از همان منابع انرژی گرمایی استفاده می‌کند، بیش‌تر باشد.

۶-۱۵۰ ثابت کنید که ضریب عملکرد همهٔ یخچال‌های کاملاً برگشت‌پذیر، وقتی از منبعی با دمای مساوی استفاده می‌کنند، باید برابر باشد.

۶-۱۵۱ رابطه‌ای برای بیان ضریب عملکرد پمپ گرمای کاملاً برگشت‌پذیر، برحسب دماهای منابع گرما، یعنی T_L و T_H به‌دست آورید.

۶-۱۵۲ یک ماشین حرارتی کارنو بین چشمه‌ای با دمای T_H، و چاهی با دمای T_L کار می‌کند. می‌خواهیم بازده گرمایی این ماشین را دو برابر کنیم؛ دمای جدید چشمهٔ گرما را تعیین کنید. فرض کنید دمای چاه گرما ثابت می‌ماند.

۶-۱۵۳ در هنگام توصیف ماشین‌های کارنو، فرض می‌شود این ماشین‌ها، طی فرایندهای جذب و دفع گرما، به‌ترتیب، با چشمه و چاه در تعادل گرمایی هستند. یعنی فرض می‌شود که $T_H^* = T_H$ و $T_L^* = T_L$، به‌طوری که هیچ عامل برگشت‌ناپذیر خارجی وجود ندارد. در این صورت، بازده گرمایی ماشین کارنو برابر است با $\eta_C = 1 - T_L/T_H$.

اما در عمل، باید بین دو محیط انتقال گرما اختلاف دمای معقولی وجود داشته باشد تا آهنگ انتقال گرما با وجود سطح متناهی مبدل حرارتی، قابل‌قبول باشد. در این حالت می‌توان آهنگ‌های انتقال گرما را چنین بیان کرد

$$\dot{Q}_H = (hA)_H (T_H - T_H^*)$$
$$\dot{Q}_L = (hA)_L (T_L^* - T_L)$$

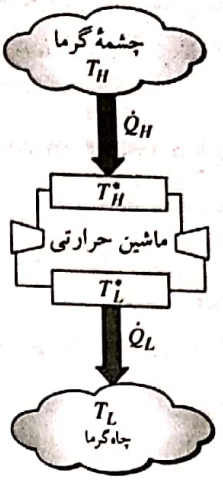
که در آن h و A، به‌ترتیب، ضریب انتقال گرما و مساحت سطح تبادل گرمایند. نشان دهید که وقتی مقادیر h، A، T_H، و T_L تثبیت شوند، توان خروجی در صورتی ماکزیمم می‌شود که

$$\frac{T_L^*}{T_H^*} = \left(\frac{T_L}{T_H}\right)^{1/2}$$

هم‌چنین، نشان دهید که در این صورت توان خالص خروجی ماکزیمم برابر است با

$$\dot{W}_{C,\text{ماکزیمم}} = \frac{(hA)_H T_H}{1 + (hA)_H/(hA)_L}\left[1 - \left(\frac{T_L}{T_H}\right)^{1/2}\right]^2$$

Scanned by CamScanner



شکل م ۶-۱۵۳

مسائل امتحان مبانی مهندسی (FE)

۶-۱۵۴ برچسب انرژی یک ماشین لباسشویی حاکی از آن است که هرگاه آب گرم موردنیاز ماشین با استفاده از آب‌گرم‌کن برقی با بازده ۹۰ درصد تأمین شود، و قیمت برق هر کیلووات‌ساعت ۰٫۰۹ سنت باشد، هزینهٔ سالانهٔ تأمین آب گرم این ماشین ۸۵ دلار خواهد بود. هرگاه آب از دمای ۱۸°C تا دمای ۴۵°C گرم شود، مقدار آب گرمی که یک خانوادهٔ متوسط در طول سال مصرف می‌کند، برابر است با

(الف) ۱۱٫۶tons (ب) ۱۵٫۸tons
(ج) ۲۷٫۱tons (د) ۳۰٫۱tons
(ه) ۳۳٫۵tons

۶-۱۵۵ دمای هوای خانه‌ای با زیربنای ۲۰۰ m^2 و ارتفاع سقف ۲٫۴m را با استفاده از سیستم تهویه مطبوعی با ضریب عملکرد ۳٫۲ در ۲۲°C تثبیت می‌کنند. برآورد می‌شود که هرگاه هواکش‌های آشپزخانه، حمام و سایر هواکش‌های خانه روشن باشند، هر ساعت یک بار به‌طور کامل هوای خانه را تعویض می‌کنند. دمای میانگین هوای بیرون ۳۲°C، چگالی هوا ۱٫۲۰kg/m^3، و قیمت هر کیلووات‌ساعت برق ۰٫۱۰ دلار در نظر گرفته می‌شود؛ مقدار پولی که با ۱۰ ساعت روشن ماندن هواکش‌ها هدر می‌رود، برابر است با

(الف) ۰٫۵۰ دلار (ب) ۱٫۶۰ دلار
(ج) ۵٫۰۰ دلار (د) ۱۱٫۰۰ دلار
(ه) ۱۶٫۰۰ دلار

۶-۱۵۶ آب آشامیدنی موردنیاز یک دفتر اداری با خنک کردن آب لوله‌کشی در آب‌سردکن تأمین می‌شود. دمای آب لوله‌کشی ۲۳°C است که با آهنگ میانگین ۱۰kg/h تا دمای ۶°C خنک می‌شود. ضریب عملکرد آب‌سردکن ۳٫۱ است؛ برق مصرفی یخچال برابر است با

(الف) ۱۹۷W (ب) ۶۱۲W
(ج) ۶۴W (د) ۱۰۹W
(ه) ۴۰۳W

۶-۱۵۷ یک پمپ گرما از هوای بیرون با دمای ۵°C گرما جذب می‌کند و آن را، با آهنگ ۱۸۰۰۰ kJ/h به هوای خانه با دمای ۲۵°C می‌دهد. توان مصرفی این پمپ گرما ۱٫۹kW است؛ ضریب عملکرد این پمپ گرما برابر است با

(الف) ۱٫۳ (ب) ۲٫۶
(ج) ۳٫۰ (د) ۳٫۸
(ه) ۱۳٫۹

۶-۱۵۸ یک چرخهٔ ماشین حرارتی با بخار آب زیر گنبد اشباع اجرا می‌شود. فشار بخار آب طی فرایند جذب گرما ۱MPa و طی فرایند دفع گرما ۰٫۴MPa است. بالاترین بازده ممکن برای این ماشین حرارتی برابر است با

(الف) ۸٫۰ درصد (ب) ۱۵٫۶ درصد
(ج) ۲۰٫۲ درصد (د) ۷۹٫۸ درصد
(ه) ۱۰۰ درصد

۶-۱۵۹ یک ماشین حرارتی گرما را از چشمه‌ای با دمای ۱۰۰۰ °C دریافت می‌کند و گرمای تلف‌شده را به چاهی با دمای ۵۰°C تحویل می‌دهد. گرما با آهنگ ۱۰۰ kJ/s به این ماشین حرارتی داده می‌شود؛ ماکزیمم توانی که این ماشین می‌تواند تولید کند برابر است با

(الف) ۲۵٫۴kW (ب) ۵۵٫۴kW
(ج) ۷۴٫۶kW (د) ۹۵٫۰kW
(ه) ۱۰۰kW

۶-۱۶۰ یک چرخهٔ پمپ گرما با مبرّد ۱۳۴a و زیر گنبد اشباع، بین فشارهای ۱٫۴ و ۰٫۱۶MPa اجرا می‌شود. ضریب عملکرد ماکزیمم این پمپ گرما برابر است با

(الف) ۱٫۱ (ب) ۳٫۸
(ج) ۴٫۸ (د) ۵٫۳
(ه) ۲٫۹

۶-۱۶۱ چرخهٔ تبریدی با مبرّد ۱۳۴a، زیر گنبد اشباع و بین فشارهای ۱٫۶ و ۰٫۲MPa اجرا می‌شود. توان مصرفی یخچال ۳kW است؛ ماکزیمم آهنگ حذف گرما از فضای داخل این

Scanned by CamScanner

یخچال برابر است با

(الف) ۰٫۴۵kJ/s (ب) ۰٫۷۸kJ/s

(ج) ۳٫۰kJ/s (د) ۱۱٫۶kJ/s

(ه) ۱۴٫۶kJ/s

۶-۱۶۲ از یک پمپ گرما با ضریب عملکرد ۳٫۲ برای گرم کردن خانه‌ای کاملاً درزبندی شده (بدون نشت هوا) استفاده می‌شود. جرم کل داخل خانه (هوا، اثاثیه، و غیره) معادل ۱۲۰۰ kg هواست. توان مصرفی پمپ گرما در هنگام کار ۵kW است. وقتی پمپ شروع به کار کرد دمای خانه ۷°C بود. انتقال گرما از طریق پوش خانه (دیوارهای خارجی، بام، و غیره) قابل چشم‌پوشی است؛ مدت زمانی که پمپ گرما باید کار کند تا دمای کل محتویات خانه را به ۲۲°C برساند برابر است با

(الف) ۱۳٫۵min (ب) ۴۳٫۱min

(ج) ۱۳۸min (د) ۱۸٫۸min

(ه) ۸۰۸min

۶-۱۶۳ یک چرخهٔ ماشین حرارتی با بخار آب، زیر گنبد اشباع و بین فشارهای ۷ و ۲MPa اجرا می‌شود. گرما با آهنگ ۱۵۰kJ/s به ماشین حرارتی تحویل داده می‌شود؛ ماکزیمم توان خروجی این ماشین حرارتی برابر است با

(الف) ۸٫۱kW (ب) ۱۹٫۷kW

(ج) ۳۸٫۶kW (د) ۱۰۷kW

(ه) ۱۳۰kW

۶-۱۶۴ یک سیستم تهویه مطبوع که با چرخهٔ معکوس کارنو کار می‌کند، باید گرما را با آهنگ ۳۲kJ/s از خانه جذب کند تا دمای آن را در ۲۰°C ثابت نگه دارد. دمای هوای بیرون ۳۵°C فرض می‌شود؛ توان لازم برای کار این سیستم تهویه مطبوع برابر است با

(الف) ۰٫۵۸kW (ب) ۳٫۲۰kW

(ج) ۱٫۵۶kW (د) ۲٫۲۶kW

(ه) ۱٫۶۴kW

۶-۱۶۵ یخچالی گرما را با آهنگ ۷۲۰۰ kJ/h از محیطی سرد با دمای ۳°C جذب می‌کند و گرمای تلف‌شده را به محیطی با دمای ۳۰°C دفع می‌کند. اگر ضریب عملکرد این یخچال ۲ باشد، توان مصرفی آن برابر است با

(الف) ۰٫۱kW (ب) ۰٫۵kW

(ج) ۱٫۰kW (د) ۲٫۰kW

(ه) ۵٫۰kW

۶-۱۶۶ دو ماشین حرارتی کارنو به‌صورت متوالی کار می‌کنند، به‌طوری که چاه گرمای ماشین اول به‌صورت چشمهٔ گرما برای ماشین دوم کار می‌کند. اگر دمای چشمهٔ گرمای ماشین اول ۱۳۰۰ K و دمای چاه گرمای ماشین دوم ۳۰۰ K، و بازده گرمایی دو ماشین مساوی باشد، دمای منبع گرمای میانی برابر است با

(الف) ۶۲۵K (ب) ۸۰۰K

(ج) ۸۶۰K (د) ۴۵۳K

(ه) ۷۵۸K

۶-۱۶۷ یک یخچال کارنو و یک پمپ گرمای کارنو را در نظر بگیرید که بین دو منبع گرمایی همانند کار می‌کنند. اگر ضریب عملکرد یخچال ۳٫۴ باشد، ضریب عملکرد پمپ گرما برابر است با

(الف) ۱٫۷ (ب) ۲٫۴

(ج) ۳٫۴ (د) ۴٫۴

(ه) ۵٫۰

۶-۱۶۸ یک یخچال خانگی معمولی جدید هر سال در حدود ۶۸۰kWh برق مصرف می‌کند و ضریب عملکرد آن ۱٫۴ است. مقدار گرمایی که این یخچال در هر سال از فضای خنک‌شده حذف می‌کند، برابر است با

(الف) ۹۵۲MJ/yr (ب) ۱۷۴۹MJ/yr

(ج) ۲۴۴۸MJ/yr (د) ۳۴۲۷MJ/yr

(ه) ۴۰۴۸MJ/yr

۶-۱۶۹ یک دستگاه تهویه مطبوع پنجره‌ای را که در هنگام کار ۱kW برق مصرف می‌کند و ضریب عملکرد آن ۳ است، در وسط اتاقی قرار می‌دهند و آن را روشن می‌کنند. آهنگ سرمایش یا گرمایشی که این دستگاه در اتاق ایجاد می‌کند، برابر است با

(الف) ۳kJ/s، سرمایش (ب) ۱kJ/s، سرمایش

(ج) ۰٫۳۳kJ/s، گرمایش (د) ۱kJ/s، گرمایش

(ه) ۳kJ/s، گرمایش

مسائل طراحی و مقاله‌ای

۶-۱۷۰ زمانی پیشنهاد شده بود که تابع دمای ترمودینامیکی می‌بایست برحسب $\ln T$ باشد، نه برحسب T. این پیشنهاد چه تغییری در عبارت‌های ضریب عملکرد ماشین‌های حرارتی، یخچال‌ها، و پمپ‌های گرمای کاملاً برگشت‌پذیر ایجاد می‌کرد؟

۶-۱۷۱ با در نظر گرفتن وزنه‌ای که روی صفحه‌ای، در دو حالت بدون اصطکاک و با اصطکاک، به سمت پایین حرکت می‌کند، نشان دهید که کار تولیدی فرایندی برگشت‌پذیر از کار تولیدی فرایند برگشت‌ناپذیر هم‌ارز، بیش‌تر است.

Scanned by CamScanner

۶-۱۷۲ خورشید به زمین انرژی الکترومغناطیسی می‌دهد. به‌نظر می‌رسد دمای مؤثر خورشید K ۵۸۰۰ باشد. در یک روز تابستان در امریکای شمالی، که هوا صاف است، انرژی تابیده به سطحی از زمین که در مقابل خورشید است تقریباً $0.95 kW/m^2$ است. انرژی خورشیدی الکترومغناطیسی، هرگاه روی سطحی تاریک جذب شود، قابل تبدیل به انرژی گرمایی است. چگونه می‌توان قابلیت بالقوهٔ تولید کار انرژی خورشیدی را، وقتی برای تولید کار از آن استفاده می‌شود، مشخص کرد؟

۶-۱۷۳ در تلاش برای کاهش آلودگی گرمایی و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، بعضی‌ها پیشنهاد کرده‌اند که از منابعی چون آب گرمی که از نیروگاه برق خارج می‌شود، انرژی زمین‌گرمایی و انرژی گرمایی اقیانوس استفاده شود. اگرچه بسیاری از این منابع حاوی مقدار معتنابهی انرژی گرمایی هستند، مقدار محدودی کار می‌توانند تولید کنند. چگونه می‌توانید از قابلیت بالقوهٔ تولید کار برای تعیین «کیفیت انرژی» این منابع پیشنهادی استفاده کنید؟ معیار پیشنهادی خود برای «کیفیت انرژی» را با کاربرد آن در مورد منبع گرمایی اقیانوس، جایی که دمای آب آن در عمق ۳۰ متری شاید ۵°C کم‌تر از دمای سطح باشد، آزمایش کنید. این معیار را در مورد منبع آب زمین‌گرمایی نیز امتحان کنید که در آن دمای آب در عمق ۲ تا ۳ کیلومتری، ممکن است ۱۵۰°C بالاتر از سطح باشد.

۶-۱۷۴ با کاهش دمای چاه گرمایی یک ماشین حرارتی، می‌توان ماکزیمم کار قابل تولید با استفاده از ماشین حرارتی را افزایش داد. بنابراین استفاده از یخچال برای خنک کردن چاه و کاهش دمای آن منطقی به‌نظر می‌رسد. کجای این منطق سفسطه‌آمیز است؟

۶-۱۷۵ با استفاده از زمان‌سنج (یا ساعت) و دماسنج، آزمایش زیر را به منظور تعیین آهنگ جذب گرمای یخچال خانهٔ خود انجام دهید. ابتدا یقین حاصل کنید که درِ یخچال، دست‌کم تا مدت چند ساعت باز نخواهد شد، به‌طوری که شرایط کار پایا تثبیت شود. وقتی یخچال از کار افتاد، زمان‌سنج را به کار بیندازید و زمان Δt_1 را که یخچال خاموش می‌ماند اندازه‌گیری کنید. سپس، با روشن شدن یخچال، زمان Δt_2 را که یخچال روشن می‌ماند اندازه‌گیری کنید. با توجه به این‌که گرمای حذف‌شده در زمان Δt_2 با گرمای جذب‌شده توسط یخچال در زمان $\Delta t_1 + \Delta t_2$ برابر است، و با احتساب برق مصرفی یخچال در هنگام کار کردن، آهنگ میانگین جذب گرمای یخچال را برحسب W تعیین کنید. اگر ضریب عملکرد یخچال خود را نمی‌دانید، آن را ۱٫۳ فرض کنید.

۶-۱۷۶ یک واحد سرمایش آبی طراحی کنید که بتواند میوه و سبزی را با آهنگ ۲۰۰۰۰ kg/h از دمای ۳۰°C به دمای ۵°C برساند. شرایط زیر را در طراحی منظور کنید:

این واحد از نوع غرقابی خواهد بود و حین عبور فراورده‌ها از کانال پر از آب، آن‌ها را خنک خواهد کرد. فراورده‌ها از یک سر کانال داخل آن ریخته می‌شوند و از سر دیگر بیرون آورده می‌شوند. عرض کانال را می‌توان تا ۳m و ارتفاع آن را تا ۹۰cm در نظر گرفت. آب توسط بخش تبخیرکنندهٔ سیستم تبرید خنک می‌شود و به گردش در می‌آید. دمای مبرّد داخل کویل‌ها ۲°C- است و دمای آب نباید از ۱°C کم‌تر و از ۶°C بیش‌تر شود.

با اختیار مقادیر معقول برای چگالی میانگین محصولات، گرمای ویژه، و تخلخل (کسری از حجم هر بسته که با هوا پر شده است)، مقادیر معقول برای (**الف**) سرعت آب در کانال، و (**ب**) ظرفیت تبرید سیستم تبرید توصیه کنید.

Scanned by CamScanner