



یک رویکرد مهندسی

ترمودینامیک

یونس آ.سنجل مایکل ای بولز مهمت کان اوغل

ویرایش نهم

مترجم : فریما قدمی

شناسنامه کتاب

ترمودینامیک	عنوان کتاب:
یونس آ. سنجل	مؤلف:
مایکل ای بولز	مترجم:
مهمت کان اوغل	ویراستار:
فریما قدمی	صفحه‌آرایی و طراحی جلد:
فائزه بابایی	عنوان انگلیسی کتاب:
thermodynamics	

ترمودینامیک: یک رویکرد مهندسی، ویرایش نهم

منتشر شده توسط McGraw-Hill Education, ۲ Penn Plaza, New York, NY ۱۰۱۲۱.

Copyright © ۲۰۱۹ by McGraw-Hill Education. تمامی حقوق محفوظ است. چاپ شده در ایالات

متحدہ آمریکا. نسخه‌های قبلی ۲۰۱۵ ©، ۲۰۱۱، و ۲۰۰۸ هیچ بخشی از این نشریه را نمی‌توان به هر شکل یا به هر وسیله‌ای تکثیر یا توزیع کرد، یا در پایگاه داده یا سیستم بازیابی، بدون رضایت کتبی قبلی مک‌گرو هیل آموزش و پرورش، از جمله، اما نه محدود به، در هر شبکه یا دیگر ذخیره سازی یا انتقال الکترونیکی، یا پخش برای آموزش از راه دور.

برخی از لوازم جانبی، از جمله قطعات الکترونیکی و چاپی، ممکن است برای مشتریان خارج از ایالات متحده در دسترس نباشد.

مدیر نمونه کارها Ph.D. : Thomas M. Scaife سازنده محصول Jolynn Kilburg

مدیر بازاریابی: شانون اودانل مدیر محتوای دیجیتال: چلسی هاویت، Ph.D.

مدیران پروژه محتوا: جین مور، تامی جوران، و سندی اشنی خریدار: سوزان کی کولبرتسون

طراحی: اگزون شقیری متخصص صدور مجوز محتوا Beth Thole: منبع تصویر جلد: ناسا Bill Ingalls / سازنده SPi Global

تمام عنوان هایی که در صفحه یا در انتهای کتاب ظاهر می شوند، به عنوان پسوند صفحه حق چاپ در نظر گرفته می شوند.

داده های فهرست نویسی در انتشارات کتابخانه کنگره

نام ها: چنگل، یونس ا.، نویسنده | بولز، مایکل آ.، نویسنده | کان اوغلو، مهمت، نویسنده.

عنوان: ترمودینامیک: یک رویکرد مهندسی Yunus A. Çengel / دانشگاه نوادا، Michael A. Reno

Boles، دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی، Mehmet Kanoğlu، دانشگاه Gaziantep.

توضیحات: چاپ نهم | نیویورک، نیویورک: مک‌گرو-هیل آموزش، [۲۰۱۹] شناسه‌ها LCCN:

|۲۰۱۷۰۴۸۲۸۲ LSH: ترمودینامیک.

طبقه بندی | ۲۰۱۹ C.۴۳ TJ۲۶۵ LCC: رکورد LC ۲۳dc — ۶۲۱,۴۰۲/۱ DDC موجود در

<https://lcn.loc.gov/۲۰۱۷۰۴۸۲۸۲>

آدرس های اینترنتی ذکر شده در متن در زمان انتشار دقیق بودند. درج آدرس یک وب سایت نشان دهنده تایید نویسندگان یا آموزش مک گراو هیل نیست و آموزش مک گراو هیل صحت اطلاعات ارائه شده در این سایت ها را تضمین نمی کند.

نقل قول هایی در مورد اخلاق

بدون اخلاق، همه چیز طوری اتفاق می افتد که انگار همه ما پنج میلیارد مسافر یک ماشین بزرگ هستیم و هیچ کس ماشین ها را نمی راند. و سریع تر و سریع تر پیش می رود، اما ما نمی دانیم کجاست.

-ژاک کوستو

از آنجا که شما قادر به انجام آن هستید و اینکه شما حق انجام آن را دارید به این معنی نیست که انجام آن درست است.

-لورا شلسینگر

مردی که اخلاق ندارد، حیوان وحشی است که در این دنیا رها شده است.

مانلی هال

اهتمام به انسان و سرنوشت او باید همیشه مورد توجه همه تلاش های فنی باشد. هرگز آن را در میان نمودارها و معادلات خود فراموش نکنید.

آلبرت انیشتین

تربیت یک مرد در فکر و نه اخلاق، تربیت یک تهدید برای جامعه است.

-تئودور روزولت

سیاستی که حول محور منفعت می چرخد، وحشی گری است.

-گفت نرسی

آزمون واقعی تمدن، نه سرشماری، نه وسعت شهرها، و نه محصولات کشاورزی، بلکه نوع انسان است که در کشور پیدا می شود.

-رالف دبلیو امرسون

معیار شخصیت یک مرد این است که اگر بداند هرگز کشف نخواهد شد چه کاری انجام می دهد.

-توماس بی .مکالی

درباره نویسندگان

یونس آ.سنگل پروفیسور ممتاز مهندسی مکانیک در دانشگاه نوادا، رنو است .او مدرک لیسانس خود را دریافت کرد . در مهندسی مکانیک از دانشگاه فنی استانبول و کارشناسی ارشد او .و Ph.D در مهندسی مکانیک از دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی .زمینه های مورد علاقه او انرژی های تجدیدپذیر، بهره وری انرژی، سیاست های انرژی، افزایش انتقال حرارت، و آموزش مهندسی است .او از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ به عنوان مدیر مرکز ارزیابی صنعتی (IAC) در دانشگاه نوادا، رنو خدمت کرد .او تیم هایی از دانشجویان مهندسی را به تأسیسات تولیدی متعددی در نوادای شمالی و کالیفرنیا برای انجام ارزیابی های صنعتی هدایت کرده است .گزارش صرفه جویی در انرژی، به حداقل رساندن ضایعات و افزایش بهره وری برای آنها .او همچنین به عنوان مشاور برای سازمان ها و شرکت های دولتی مختلف خدمت کرده است.

دکتر چنگل همچنین نویسنده یا نویسنده کتاب های درسی به طور گسترده پذیرفته شده انتقال حرارت و جرم : مبانی و کاربردها (ویرایش پنجم، ۲۰۱۵)، مکانیک سیالات :مبانی و کاربردها (ویرایش چهارم، ۲۰۱۸)، مبانی علوم حرارتی-سیالات است) .ویرایش پنجم، (۲۰۱۷، و معادلات دیفرانسیل برای مهندسان و دانشمندان (ویرایش اول، ۲۰۱۳)، همه توسط مک گرو-هیل منتشر شده است .برخی از کتاب های درسی او به زبان های چینی (شکل های

بلند و کوتاه)، ژاپنی، کره ای، اسپانیایی، فرانسوی، پرتغالی، ایتالیایی، ترکی، یونانی، تای و باسک ترجمه شده است.

دکتر چنگل دریافت کننده چندین جایزه معلم برجسته است و جایزه نویسنده برجسته ASEE

Meriam/Wiley را برای برتری در نویسندگی در سال ۱۹۹۲ و بار دیگر در سال ۲۰۰۰ دریافت کرده است .

دکتر چنگل یک مهندس حرفه ای ثبت شده در ایالت نوادا است .عضو انجمن مهندسين مکانیک آمریکا

(ASME) و انجمن آمریکایی آموزش مهندسی (ASEE) است.

مایکل ای .بولز دانشیار مهندسی مکانیک و هوافضا در دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی است که در آنجا دکترای

خود را دریافت کرد .در مهندسی مکانیک و فارغ التحصیل استاد ممتاز است .دکتر بولز جوایز و استندهای متعددی

را برای تعالی به عنوان یک مربی مهندسی دریافت کرده است .او قبلاً جایزه آموزشی SAE Ralph R. Teetor

را دریافت کرده است و دو بار به عضویت آکادمی معلمان برجسته NCSU انتخاب شده است .بخش دانشجویی

NCSU ASME همواره او را به عنوان معلم برجسته سال و عضو هیئت علمی که بیشترین تأثیر را بر دانشجویان

مهندسی مکانیک دارد، می شناسد.

دکتر بولز در انتقال حرارت تخصص دارد و در حل تحلیلی و عددی تغییر فاز و خشک کردن محیط متخلخل شرکت

داشته است .او عضو انجمن مهندسين مکانیک آمریکا (ASME)، انجمن آمریکایی آموزش مهندسی (ASEE) و

سیگما شی است .دکتر بولز در سال ۱۹۹۲ جایزه ASEE Meriam/Wiley Distinguished Author

Award را برای برتری در نویسندگی دریافت کرد.

مهمت کان اوغلو استاد مهندسی مکانیک در دانشگاه غازیانتپ است .او مدرک لیسانس خود را دریافت کرد .در

مهندسی مکانیک از دانشگاه فنی استانبول و کارشناسی ارشد او .و Ph.D در مهندسی مکانیک از دانشگاه نوادا،

رنو .زمینه های تحقیقاتی او شامل بهره وری انرژی، سیستم های تبرید، مایع سازی گاز، تولید و مایع سازی

هیدروژن، سیستم های انرژی های تجدیدپذیر، انرژی زمین گرمایی و تولید همزمان است .او نویسنده یا نویسنده

بیش از ۶۰ مقاله مجله و مقالات متعدد کنفرانس است.

دکتر کان اوغلو دوره هایی را در دانشگاه نوادا، رنو، موسسه فناوری دانشگاه انتاریو، دانشگاه آمریکایی شارجه و

دانشگاه غازیانتپ تدریس کرده است .او مؤلف کتاب های سیستم های تبرید و کاربردها (ویرایش دوم، ویلی، ۲۰۱۰)

و ارزیابی کارایی سیستم‌های انرژی (اسپرینگر، ۲۰۱۲ است).

دکتر کان اوغلو به عنوان مدرس در برنامه‌های آموزشی مدیر انرژی تایید شده و به عنوان کارشناس برنامه توسعه سازمان ملل متحد (UNDP) برای پروژه‌های بهره‌وری انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر خدمت کرده است. او دوره های آموزشی متعددی را آموزش داد و در مورد بهره‌وری انرژی و سیستم های انرژی تجدید پذیر سخنرانی و ارائه کرد. او همچنین به عنوان مشاور برای سازمان های دولتی تامین مالی تحقیقات و شرکت های صنعتی خدمت کرده است.

فهرست موضوعات

فصل اول

مقدمه و مفاهیم اساسی..... ۴۴

فصل دوم

انرژی، انتقال انرژی، و تجزیه و تحلیل انرژی عمومی..... ۱۶۹

فصل سه

خواص مواد خالص..... ۳۱۱

فصل چهار

تجزیه و تحلیل انرژی سیستم های بسته..... ۴۲۹

فصل پنجم

تجزیه و تحلیل جرم و انرژی حجم های کنترل..... ۵۵۲

فصل ششم

قانون دوم ترمودینامیک..... ۷۰۰

فصل هفتم

آنتروپی..... ۸۲۴

فصل هشتم

انرژی..... ۸۹۲

فصل نهم

چرخه های برق گاز..... ۹۴۲

فصل دهم

سیکل های بخار و قدرت ترکیبی ۱۱۰۶

فصل یازدهم

سیکل های تبرید ۱۲۲۰

فصل دوازدهم

روابط خصوصیات ترمودینامیکی ۱۳۲۲

فصل سیزدهم

مخلوط گاز ۱۳۹۲

فصل چهاردهم

مخلوط های گاز و بخار و تهویه مطبوع ۱۴۷۰

فصل پانزدهم

واکنش های شیمیایی ۱۵۶۱

فصل شانزدهم

تعادل شیمیایی و فاز ۱۶۶۰

فصل هفدهم

جریان تراکم پذیر ۱۷۳۶

فصل هجدهم (فصل وب)

انرژی تجدید پذیر ۱۷۳۶

پیوست ۱

جداول و نمودارهای املاک (واحد SI) ۱۸۶۵

پیوست ۲

جداول و نمودارهای ملک (واحد انگلیسی) ۱۹۱۶

محتوا

فصل اول

مقدمه و مفاهیم اساسی

۱-۱ ترمودینامیک و حوزه های کاربرد انرژی ترمودینامیک

۲-۱ اهمیت ابعاد و واحدها

برخی از واحدهای SI و انگلیسی

همگنی ابعادی

نسبت های تبدیل واحد

۳-۱ سیستم ها و حجم های کنترل

۴-۱ ویژگی های یک سیستم

پیوستگی

۵-۱ چگالی و وزن مخصوص

۶-۱ حالت و تعادل

اصل دولت

۷-۱ فرآیندها و چرخه ها

فرآیند جریان ثابت

۸-۱ دما و قانون صفر ترمودینامیک

مقیاس های دما

مقیاس بین المللی دما در سال ۱۹۹۰ (ITS-۹۰)

۹-۱ فشار

تغییر فشار با عمق

۱۰-۱ دستگاه های اندازه گیری فشار

فشارسنج

مانومتر

سایر دستگاه های اندازه گیری فشار

۱-۱۱ تکنیک حل مسئله

مرحله ۱: بیان مشکل

مرحله ۲: شماتیک

مرحله ۳: مفروضات و تقریب ها ۳۴ مرحله ۴: قوانین فیزیکی

مرحله ۵: خواص

مرحله ۶: محاسبات

مرحله ۷: استدلال، تأیید، و بحث

حل معادلات بسته های نرم افزار مهندسی

خلاصه ای از اعداد مهم

مراجع و مشکلات خواندن پیشنهادی

فصل دوم

انرژی، انتقال انرژی، و تجزیه و تحلیل انرژی عمومی

۲-۱ مقدمه

۲-۲ اشکال انرژی

برخی بینش فیزیکی نسبت به انرژی درونی

بیشتر در مورد انرژی هسته ای

انرژی مکانیکی

۲-۳ انتقال انرژی توسط گرما

پیشینه تاریخی در گرما

۴-۲ انتقال انرژی توسط کار برق کاری

۵-۲ اشکال مکانیکی کار

شفت کار

کار بهار

کار انجام شده روی میله های جامد الاستیک

کار مرتبط با کشش یک فیلم مایع

کار انجام شده برای بالا بردن یا تسریع یک بدنه

اشکال غیرمکانیکی کار

۶-۲ قانون اول ترمودینامیک

تعادل انرژی

تغییر انرژی یک سیستم و Δ سیستم مکانیزم های انتقال انرژی، E_{out} و E_{in}

۷-۲ بازده تبدیل انرژی دستگاه های مکانیکی و الکتریکی

۸-۲ انرژی و محیط زیست

ازن و دود

باران اسیدی

اثر گلخانه ای: گرمایش جهانی و تغییری آب و هوا

موضوع مورد علاقه ویژه: مکانیسم های انتقال حرارت

خلاصه

مراجع و مشکلات خواندن پیشنهادی

فصل سه

خواص مواد خالص

۱-۳ ماده خالص

۲-۳ مراحل یک ماده خالص

فرآیندهای تغییر فاز مواد خالص

مایع فشرده و مایع اشباع

بخار اشباع و بخار فوق گرم

دمای اشباع و فشار اشباع

برخی از پیامدهای وابستگی P_{sat} و T_{sat}

۴-۳ نمودارهای ویژگی برای فرآیندهای تغییر فاز

۱ نمودار $T-v$

۲ نمودار $P-v$

گسترش نمودارها برای گنجاندن فاز جامد

نمودار $P-T$

سطح $P-v-T$

۵-۳ جداول خواص

آنتالپی—یک ویژگی ترکیبی

۱ مایعات اشباع و بخار اشباع

۱ مخلوط مایع و بخار اشباع

۲ بخار فوق گرم

۳ مایع فشرده

حالت مرجع و مقادیر مرجع

۶-۳ معادله گاز ایده آل حالت

آیا بخار آب یک گاز ایده آل است؟

۷-۳ ضریب تراکم پذیری - اندازه گیری انحراف از رفتار گاز ایده آل

۸-۳ سایر معادلات حالت

معادله حالت واندروالس

معادله حالت بیتی-بریجمن

معادله وضعیت

معادله بندیکت-وب-روبین

معادله ویروسی

موضوع مورد علاقه ویژه: فشار بخار و تعادل فاز

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسئله

فصل چهار

تجزیه و تحلیل انرژی سیستم های بسته

۱-۴ کار مرز متحرک

فرآیند چند گرمسیری

۲-۴ تعادل انرژی برای سیستم های بسته

۳-۴ گرمای ویژه

۴-۴ انرژی داخلی، آنتالپی، و گرمای ویژه گازهای ایده آل

روابط حرارتی ویژه گازهای ایده آل

۵-۴ انرژی داخلی، آنتالپی، و گرمای ویژه جامدات و مایعات

تغییرات انرژی داخلی

تغییرات آنتالپی

موضوع مورد علاقه ویژه: جنبه های ترمودینامیکی

سیستم های بیولوژیکی

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسائل

فصل پنجم

تجزیه و تحلیل جرم و انرژی حجم های کنترل

۵-۱ حفظ جرم

نرخ جریان جرمی و حجمی

اصل

حفظ جرم

توازن جرم برای فرآیندهای جریان ثابت مورد ویژه: جریان تراکم ناپذیر

۵-۲ جریان کار و انرژی یک جریان

مایع

کل انرژی یک سیال جاری

انتقال انرژی با جرم

۵-۳ تجزیه و تحلیل انرژی سیستم های جریان ثابت

۵-۴ برخی از دستگاه های مهندسی جریان ثابت

۱ نازل و دیفیوزر

۲ توربین و کمپرسور

۳ دریچه گاز

۴ اتاق های اختلاط

۴ مبدل های حرارتی

۵ جریان لوله و کانال

۵-۵ تجزیه و تحلیل انرژی جریان

فرآیندهای ناپایدار

موضوع مورد علاقه ویژه: معادله انرژی عمومی

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسائل

فصل ششم

قانون دوم ترمودینامیک

۶-۱ مقدمه ای بر قانون دوم

۶-۲ مخازن انرژی حرارتی

۶-۳ موتورهای حرارتی

بازده حرارتی

آیا می توانیم Qout را ذخیره کنیم؟

قانون دوم ترمودینامیک: کلون-پلانک

بیانیه

۶-۴ یخچال و پمپ حرارتی

ضریب عملکرد

پمپ های حرارتی

عملکرد یخچال، تهویه مطبوع و گرما

پمپ

قانون دوم ترمودینامیک: کلازیوس

بیانیه

معادل دو عبارت

۵-۶ ماشین های حرکت دائمی

۶-۶ فرآیندهای برگشت پذیر و غیر قابل برگشت

برگشت ناپذیری ها

فرآیندهای برگشت پذیر داخلی و خارجی

۷-۶ چرخه کارنو

چرخه کارنو معکوس

۸-۶ اصول کارنو

۹-۶ مقیاس دمای ترمودینامیکی

۱۰-۶ موتور حرارتی کارنو

کیفیت انرژی

کمیت در مقابل کیفیت در زندگی روزمره

۱۱-۶ یخچال کروت و پمپ گرما

موضوع مورد علاقه ویژه: یخچال های خانگی خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسائل

فصل هفتم

آنتروپی

۷-۱ آنتروپی

یک مورد خاص: گرمای همدم برگشت پذیر داخلی

فرآیندهای انتقال

۷-۲ اصل افزایش آنتروپی نکاتی درباره آنتروپی

۷-۳ تغییر آنتروپی مواد خالص

۷-۴ فرآیندهای ایزنتروپیک

۷-۵ نمودارهای ویژگی شامل آنتروپی

۷-۶ آنتروپی چیست؟

آنتروپی و تولید آنتروپی در زندگی روزمره

۷-۷ روابط $T ds$

۷-۸ تغییر آنتروپی مایعات و جامدات

۷-۹ تغییر آنتروپی گازهای ایده آل

گرمای ویژه ثابت (تحلیل تقریبی)

گرمای ویژه متغیر (تحلیل دقیق) فرآیندهای همسانتروپیک گازهای ایده آل

گرمای ویژه ثابت (تحلیل تقریبی) گرمای ویژه متغیر (تحلیل دقیق)

۷-۱۰ کار با جریان ثابت برگشت پذیر

اثبات اینکه دستگاه‌های جریان ثابت بیشترین کار را انجام می‌دهند و کمترین کار را زمانی که فرآیند برگشت پذیر

است مصرف می‌کنند

۷-۱۱ به حداقل رساندن کمپرسور فشرده سازی چند مرحله ای به وسیله خنک کننده

۷-۱۲ بازده ایزنتروپیک دستگاه‌های جریان ثابت

راندمان ایزنتروپیک توربین‌ها

راندمان ایزنتروپیک کمپرسورها و پمپ‌ها

راندمان ایزنتروپیک نازل ها

۷-۱۳ تعادل آنتروپی

تغییر آنتروپی یک سیستم، ΔS سیستم مکانیسم های انتقال آنتروپی، Sin و Sout

۱ انتقال حرارت

۲ جریان جرمی

نسل آنتروپی، Sgen

سیستم های بسته

کنترل ولوم

تولید آنتروپی مرتبط با گرما

فرآیند انتقال

موضوع مورد علاقه ویژه: کاهش هزینه هوای فشرده

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسئله

فصل هشتم

انرژی

۸-۱ انرژی: پتانسیل کاری انرژی اگزرژی (پتانسیل کار) مرتبط با جنبشی و انرژی بالقوه

۸-۲ کار برگشت پذیر و برگشت ناپذیری

۸-۳ کارایی قانون دوم

۸-۴ تغییر اگزرژی یک سیستم

اگزرژی یک جرم ثابت: بدون جریان (یا سیستم بسته) اکسرژی

انرژی یک جریان آزاد: جریان (یا جریان) انرژی

۵-۸ انتقال انرژی توسط گرما، کار و جرم

انتقال انرژی با حرارت، انتقال انرژی Q با کار، انتقال انرژی W با جرم، m

۶-۸ کاهش اصل انرژی و تخریب انرژی

تخریب انرژی

۷-۸ تعادل انرژی: سیستم های بسته

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسائل

فصل دهم

سیکل های بخار و قدرت ترکیبی

۱-۱۰ چرخه بخار کارنو چرخه رانکین

۱۰-۲: چرخه ایده آل برای چرخه قدرت بخار

تجزیه و تحلیل انرژی چرخه رانکین ایده آل

۱۰-۳ انحراف چرخه های قدرت بخار واقعی از سیکل های ایده آل

۱۰-۴ چگونه می توانیم کارایی چرخه رانکین را افزایش دهیم

کاهش فشار کندانسور (تولو، میانگین را کاهش می دهد)

گرم کردن بخار تا دمای بالا

(متوسط ران را افزایش می دهد)

افزایش فشار بویلر (افزایش ران، میانگین)

۱۰-۵ چرخه رانکین تجدید گرمای ایده آل

۱۰-۶ چرخه رانکین احیا کننده ایده آل

بخاری های فیدواتر باز

بخاری های فیدواتر بسته

۱۰-۷ تجزیه و تحلیل قانون دوم چرخه های قدرت بخار

۱۰-۸ تولید همزمان

۱۰-۹ سیکل های ترکیبی گاز و بخار موضوع مورد توجه ویژه: چرخه های بخار دوتایی

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسئله

فصل یازدهم

سیکل های تبرید

۱۱-۱ یخچال ها و پمپ های حرارتی

۱۱-۲ چرخه کارنو معکوس

۱۱-۳ سیکل ایده آل تبرید فشرده سازی بخار

۱۱-۴ سیکل تبرید فشرده سازی بخار واقعی

۱۱-۵ تجزیه و تحلیل قانون دوم چرخه تبرید فشرده سازی بخار

۱۱-۶ انتخاب مبرد مناسب

۱۱-۷ سیستم های پمپ حرارتی

۱۱-۸ سیستم های تبرید تراکمی بخار مبتکرانه

سیستم های تبرید آبشاری

سیستم های تبرید فشرده چند مرحله ای

سیستم های تبرید چند منظوره با یک دستگاه

کمپرسور

مایع سازی گازها

۹-۱۱ سیکل های تبرید گازی

۱۰-۱۱ سیستم های تبرید جذبی

موضوع مورد علاقه ویژه: سیستم های تولید برق و تبرید ترموالکتریک

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسئله

فصل دوازدهم

روابط خصوصیات ترمودینامیکی

۱-۱۲ کمی ریاضی - مشتقات جزئی و روابط مرتبط

دیفرانسیل جزئی

روابط دیفرانسیل جزئی

۲-۱۲ روابط ماکسول

۳-۱۲ معادله کلاپیرون

۴-۱۲ روابط عمومی برای c ، ds ، dh ، du و vp

تغییرات انرژی داخلی

تغییرات آنتالپی

تغییرات آنتروپی

گرمای ویژه c_v و c_p

۵-۱۲ ضریب ژول تامسون

۶-۱۲ Δu ، Δh ، و Δs گازهای واقعی

آنتالپی تغییرات گازهای واقعی

انرژی داخلی تغییرات گازهای واقعی تغییرات آنتروپی گازهای واقعی

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسئله

فصل سیزدهم

مخلوط گاز

۱-۱۳ ترکیب یک مخلوط گاز: کسر جرمی و مول

۲-۱۳ P - v - T رفتار مخلوط های گازی: گازهای ایده آل و واقعی

مخلوط های گاز ایده آل

مخلوط های گاز واقعی

۳-۱۳ خواص مخلوط های گازی: گازهای ایده آل و واقعی

مخلوط های گاز ایده آل

مخلوط واقعی گاز

موضوع مورد علاقه ویژه: پتانسیل شیمیایی و جدایی کار از مخلوط ها

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسئله

فصل چهاردهم

مخلوط های گاز و بخار و تهویه مطبوع

۱-۱۴ هوای خشک و جوی

۲-۱۴ رطوبت خاص و نسبی هوا

۳-۱۴ دمای نقطه شبنم

۴-۱۴ اشباع آدیاباتیک و دمای حباب مرطوب

۵-۱۴ نمودار روان سنجی

۶-۱۴ آسایش انسان و تهویه مطبوع

۷-۱۴ فرآیندهای تهویه مطبوع

گرمایش و سرمایش ساده ($\Phi = 0$) ثابت) گرمایش با رطوبت

خنک کننده با رطوبت گیر

خنک کننده تبخیری

اختلاط آدیاباتیک

جریان های هوا

برج خنک کننده مرطوب

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسئله

فصل پانزدهم

واکنش های شیمیایی

۱-۱۵ سوخت و احتراق

۱۵-۲ احتراق نظری و واقعی

فرآیندهای

۱۵-۳ آنتالپی تشکیل و آنتالپی احتراق

۱۵-۴ تجزیه و تحلیل قانون اول سیستم های واکنش دهنده

سیستم های جریان ثابت

سیستم های بسته

۱۵-۵ دمای شعله آدیاباتیک

۱۵-۶ تغییر آنتروپی سیستم های واکنش دهنده

۱۵-۷ تجزیه و تحلیل قانون دوم سیستم های واکنش دهنده

موضوع مورد علاقه ویژه: پیل های سوختی

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسائل

فصل شانزدهم

تعادل شیمیایی و فاز

۱۶-۱ معیار برای تعادل شیمیایی

۱۶-۲ ثابت تعادل برای مخلوط های گاز ایده آل

۱۶-۳ برخی از نکات در مورد K مخلوط ها

گاز ایده آل

۱۶-۴ تعادل شیمیایی برای واکنش های همزمان

۱۶-۵ تغییر K_P با دمای فاز ۱۶-۶ تعادل

تعادل فاز برای یک سیستم تک جزئی قانون فاز

تعادل فاز برای یک سیستم چند جزئی خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسائل

فصل هفدهم

جریان تراکم پذیر

۱۷-۱ مشخصه‌های ایستایی (رکود)

۱۷-۲ سرعت صدا و عدد ماخ

۱۷-۳ جریان ایزنتروپیک یک بعدی

تغییر سرعت سیال با مساحت جریان

روابط مالکیت برای جریان ایزنتروپیک گازهای ایده آل

۱۷-۴ جریان ایزنتروپیک از طریق نازل

نازل همگرا

نازل های همگرا - واگرا

۱۷-۵ امواج شوک و امواج انبساط شوک های عادی

شوک اریب

امواج انبساط پراندتل-مایر

۱۷-۶ داکت جریان با انتقال گرما و ناچیز

اصطکاک (ریلی فلو)

روابط دارایی برای جریان رایلی خفه شده رایلی فلو

۱۷-۷ نازل بخار

خلاصه

مراجع و مطالب پیشنهادی

مسئله

فصل هجدهم (فصل وب)

انرژی تجدید پذیر

۱-۱۸ مقدمه

۲-۱۸ انرژی خورشیدی تابش خورشیدی

گردآورنده خورشیدی صفحه تخت

جمع کننده خورشیدی متمرکز

جمع کننده انرژی خورشیدی متمرکز خطی

استخر خورشیدی نیروگاه برج خورشیدی

کاربردهای خورشیدی غیرفعال سلول فتوولتائیک

افزایش گرمای خورشیدی از طریق ویندوز

۳-۱۸ انرژی باد

انواع توربین بادی و قدرت

منحنی عملکرد

پتانسیل نیروی باد

چگالی نیروی باد

راندمان توربین بادی

حد بتز برای کارایی توربین بادی

۴-۱۸ نیروگاه آبی

تجزیه و تحلیل انواع توربین نیروگاه های برق آبی

۵-۱۸ انرژی زمین گرمایی تولید نیروی زمین گرمایی

۶-۱۸ انرژی زیست توده منابع زیست توده

تبدیل زیست توده به سوخت زیستی

محصولات زیست توده

تولید برق و حرارت توسط زباله های شهری جامد زیست توده

خلاصه

مراجع و مشکلات خواندن پیشنهادی

ضمیمه یک

جداول و نمودارهای اموال

واحدهای SI

جدول A-۱ خواص جرم مولی، ثابت گاز و نقطه بحرانی

جدول A-۲ گرمای ویژه گاز ایده آل گازهای رایج مختلف

جدول الف-۳ خواص مایعات، جامدات و مواد غذایی رایج

جدول A-۴ آب اشباع - جدول دما

جدول A-۵ آب اشباع - جدول فشار

جدول A-۶ آب فوق گرم

جدول A-۷ آب مایع فشرده

جدول A-۸ بخار آب یخ اشباع شده

جدول A-۹ نمودار T-s برای آب

جدول A-۱۰ نمودار مولیه برای آب جدول A-۱۱ مبرد اشباع-۱۳۴a — جدول دما

جدول A-۱۲ مبرد اشباع-۱۳۴a-جدول فشار

جدول A-۱۳ مبرد فوق گرم-۱۳۴a

ضمیمه دوم و شکل‌ها

جداول و نمودارها (واحد انگلیسی)

جدول A-۱E خواص مولی، ثابت گاز و نقطه بحرانی

شاخص

نامگذاری

ضرایب تبدیل

***** هر گونه کپی برداری از کتاب یا بخشی از آن دارای پیگرد قانونی می باشد.**

پیشگفتار

زمینه

ترمودینامیک موضوعی مهیج و جذاب است که با انرژی سروکار دارد و ترمودینامیک از دیرباز بخشی ضروری از برنامه های درسی مهندسی در سراسر جهان بوده است. این حوزه کاربرد وسیعی از موجودات میکروسکوپی گرفته تا لوازم خانگی معمولی، وسایل نقلیه حمل و نقل، سیستم های تولید برق و حتی فلسفه دارد. این کتاب مقدماتی حاوی مطالب کافی برای دو درس متوالی ترمودینامیک است. فرض بر این است که دانش آموزان پیشینه کافی در حساب دیفرانسیل و انتگرال و فیزیک دارند.

اهداف

این کتاب به عنوان یک کتاب درسی توسط دانشجویان کارشناسی مهندسی در سال دوم یا اول و به عنوان کتاب مرجع برای مهندسان شاغل در نظر گرفته شده است. اهداف این متن عبارتند از:

- برای پوشش اصول اولیه ترمودینامیک.
- ارائه انبوهی از نمونه های مهندسی در دنیای واقعی برای ارائه دانشجویان
- احساسی در مورد چگونگی استفاده از ترمودینامیک در عمل مهندسی.
- برای ایجاد درک شهودی از ترمودینامیک با تأکید بر فیزیک و استدلال های فیزیکی که این نظریه را تشکیل می دهند.

امیدواریم این کتاب با توضیحات دقیق مفاهیم و استفاده از مثال ها و شکل های عملی متعدد، به دانش آموزان کمک کند تا مهارت های لازم را برای پر کردن شکاف بین دانش و اعتماد به نفس برای به کارگیری صحیح دانش، توسعه دهند.

فلسفه و هدف

فلسفه ای که به محبوبیت بیش از حد نسخه های قبلی این کتاب کمک کرد، در این نسخه بدون تغییر باقی مانده است. یعنی هدف ما ارائه یک کتاب درسی مهندسی بوده است که:

- به روشی ساده و در عین حال دقیق مستقیماً با ذهن مهندسان فردا ارتباط برقرار می کند.
 - دانش آموزان را به سمت درک روشن و درک دقیق اصول اساسی ترمودینامیک هدایت می کند.
 - تفکر خلاق و توسعه درک عمیق تر و احساس شهودی ترمودینامیک را تشویق می کند.
 - توسط دانش آموزان با علاقه و اشتیاق خوانده می شود نه اینکه به عنوان کمکی برای حل مشکلات استفاده شود.
- تلاش ویژه ای برای جلب کنجکاوی طبیعی دانش آموزان و کمک به آنها برای کشف جنبه های مختلف موضوع هیجان انگیز ترمودینامیک انجام شده است. پاسخ های مشتاقانه ای که ما از کاربران نسخه های قبلی دریافت کرده ایم -از کالج های کوچک گرفته تا دانشگاه های بزرگ در سراسر جهان -و ترجمه های مستمر به زبان های جدید نشان می دهد که اهداف ما تا حد زیادی محقق شده اند.

این فلسفه ما این است که بهترین راه برای یادگیری تمرین است. بنابراین، تلاش ویژه ای در سراسر کتاب برای تقویت مطالبی که قبلاً ارائه شد، انجام شده است.

مهندس دیروز بخش عمده ای از زمان خود را صرف جایگزینی مقادیر در فرمول ها و به دست آوردن نتایج عددی کرد. با این حال، دستکاری فرمول و خرد کردن اعداد در حال حاضر عمدتاً به رایانه ها واگذار شده است. مهندس فردا به درک روشن و درک دقیق اصول اساسی نیاز دارد تا بتواند حتی پیچیده ترین مسائل را درک کند، آنها را فرموله کند و نتایج را تفسیر کند. تلاش آگاهانه ای برای تأکید بر این اصول اساسی انجام می شود و در عین حال دیدگاهی در مورد نحوه استفاده از ابزارهای محاسباتی در عمل مهندسی به دانشجویان ارائه می شود.

رویکرد سنتی کلاسیک، یا ماکروسکوپی، در سراسر متن مورد استفاده قرار می گیرد و استدلال های میکروسکوپی در صورت مناسب نقش حمایتی را ایفا می کنند. این رویکرد بیشتر با شهود دانش آموزان مطابقت دارد و یادگیری موضوع را بسیار آسان تر می کند.

مطالب جدید در این نسخه:

تمام ویژگی های محبوب نسخه های قبلی حفظ شده است. تعداد زیادی از مشکلات پایان فصل در متن اصلاح شده و بسیاری از مشکلات با موارد جدید جایگزین شده اند. همچنین چندین مورد از نمونه های حل شده جایگزین شده اند.

منابع ویدیویی — با استفاده از داده‌های پاسخ دانش‌آموز از نسخه هشتم LearnSmart/SmartBook، ویدیوهای انیمیشن دوبعدی/سه بعدی به کتاب الکترونیکی اضافه شده‌اند تا به شفاف‌سازی مفاهیم چالش‌برانگیز کمک کنند. علاوه بر این منابع ویدیویی مفهومی، ویدئوهای نمونه کار شده با مشکل در کتاب الکترونیکی گنجانده شده است تا به دانش‌آموزان کمک کند تا درک مفهومی خود را برای حل مسئله به کار ببرند.

ابزار های آموزشی

معرفی اولیه قانون اول ترمودینامیک

اولین قانون ترمودینامیک در اوایل فصل ۲، "انرژی، انتقال انرژی، و تجزیه و تحلیل انرژی عمومی" معرفی شده است. این فصل مقدماتی چارچوب ایجاد یک درک کلی از اشکال مختلف انرژی، مکانیسم‌های انتقال انرژی، مفهوم تعادل انرژی، ترمواقتصاد، تبدیل انرژی و راندمان تبدیل را با استفاده از تنظیمات آشنا که عمدتاً اشکال الکتریکی و مکانیکی انرژی را شامل می‌شود، تنظیم می‌کند. همچنین دانش‌آموزان را در اوایل دوره با برخی از کاربردهای واقعی و هیجان‌انگیز ترمودینامیک در معرض دید قرار می‌دهد و به آنها کمک می‌کند تا احساسی از ارزش پولی انرژی داشته باشند. تاکید ویژه بر استفاده از انرژی های تجدیدپذیر مانند نیروی باد و انرژی هیدرولیک و استفاده بهینه از منابع موجود است.

اتکا بر فیزیک

ویژگی بارز این کتاب تاکید آن بر جنبه های فیزیکی موضوع علاوه بر نمایش ها و دستکاری های ریاضی است. نویسندگان بر این باورند که تأکید در تحصیلات کارشناسی باید بر ایجاد حس مکانیسم‌های فیزیکی اساسی و تسلط بر حل مشکلات عملی که یک مهندس احتمالاً در دنیای واقعی با آنها مواجه می‌شود، باقی بماند. توسعه یک درک شهودی همچنین باید این دوره را به تجربه ای انگیزاننده و ارزشمند برای دانش‌آموزان تبدیل کند.

استفاده موثر از انجمن

یک ذهن آگاه نباید در درک علوم مهندسی مشکلی داشته باشد. به هر حال، اصول علوم مهندسی مبتنی بر تجربیات روزمره و مشاهدات تجربی ما است. بنابراین، یک رویکرد فیزیکی و شهودی در سراسر این متن استفاده شده است.

غالباً بین موضوع و تجربیات روزمره دانش آموزان شباهت هایی ایجاد می شود تا آنها بتوانند موضوع را با آنچه قبلاً می دانند مرتبط کنند. برای مثال، فرآیند پخت و پز به عنوان وسیله ای عالی برای نشان دادن اصول اولیه ترمودینامیک عمل می کند.

خودآموزی

مطالب در متن در سطحی معرفی شده است که یک دانش آموز متوسط می تواند به راحتی آن را دنبال کند. با دانش آموزان صحبت می کند، نه با دانش آموزان. در واقع خودآموزنده است. ترتیب پوشش از ساده به عمومی است. یعنی از ساده ترین حالت شروع می شود و به تدریج پیچیدگی ها را اضافه می کند. به این ترتیب، اصول اولیه به طور مکرر در سیستم های مختلف اعمال می شود و دانش آموزان به جای ساده سازی یک فرمول کلی، چگونه اصول را به کار ببرند. با توجه به اینکه مبانی علوم مبتنی بر مشاهدات تجربی است، تمامی اشتقاقیات موجود در این متن مبتنی بر استدلال های فیزیکی است و به این ترتیب به راحتی قابل پیگیری و درک است.

استفاده گسترده از آثار هنری؛

شکل ها ابزارهای یادگیری مهمی هستند که به دانش آموزان کمک می کنند "تصویر را دریافت کنند" و متن استفاده بسیار مؤثری از گرافیک دارد. این نسخه دارای یک برنامه هنری پیشرفته است که در چهار رنگ انجام می شود تا واقع گرایی و درک آموزشی بیشتری را ارائه دهد. علاوه بر این، تعداد زیادی از فیگورها برای تبدیل شدن به سه بعدی و در نتیجه واقعی تر ارتقا یافته اند. چهره ها جلب توجه می کنند و کنجکاوی و علاقه را تحریک می کنند. بیشتر شکل های این متن به عنوان وسیله ای برای تأکید بر برخی مفاهیم کلیدی است که در غیر این صورت مورد توجه قرار نمی گیرند. برخی به عنوان خلاصه صفحه عمل می کنند.

اهداف و خلاصه های آموزشی

هر فصل با یک مرور کلی از مطالبی که باید پوشش داده شود و اهداف یادگیری خاص فصل آغاز می شود. خلاصه ای در پایان هر فصل گنجانده شده است که مرور سریع مفاهیم اساسی و روابط مهم را ارائه می دهد و به ارتباط مطالب اشاره می کند.

نمونه های کار شده متعدد با روش راه حل های سیستماتیک

هر فصل شامل چندین مثال کار شده است که مطالب را روشن می کند و استفاده از اصول اولیه را نشان می دهد. یک رویکرد شهودی و سیستماتیک در حل مشکلات مثال استفاده می شود، در حالی که سبک مکالمه غیر رسمی را حفظ می کند. ابتدا مشکل بیان می شود و اهداف مشخص می شوند. سپس مفروضات همراه با توجیه آنها بیان می شود. خواص مورد نیاز برای حل مشکل در صورت لزوم به طور جداگانه فهرست شده است. مقادیر عددی همراه با واحدهایشان استفاده می شوند تا تاکید کنند که اعداد بدون واحد بی معنی هستند و دستکاری واحدها به اندازه دستکاری مقادیر عددی با ماشین حساب مهم هستند. اهمیت یافته ها به دنبال راه حل ها مورد بحث قرار می گیرد. این رویکرد همچنین به طور مداوم در راه حل های ارائه شده در راهنمای راه حل های مربی استفاده می شود.

انبوهی از مسائل پایان فصل در دنیای واقعی

مسائل انتهای فصل در موضوعات خاصی دسته بندی می شوند تا انتخاب مسئله را برای مربیان و دانش آموزان آسان تر کنند. در هر گروه از مسائل، سوالات مفهومی وجود دارد که با «C» نشان داده شده است تا سطح درک دانش آموزان از مفاهیم اساسی بررسی شود. مسائل مربوط به بررسی مشکلات ماهیت جامع تری دارند و مستقیماً به بخش خاصی از یک فصل مرتبط نیستند - در برخی موارد نیاز به بررسی مطالب آموخته شده در فصل های قبلی دارند. مسائلی که به عنوان طراحی و مقاله تعیین می شوند برای تشویق دانش آموزان به قضاوت های مهندسی، انجام کاوش مستقل در موضوعات مورد علاقه و انتقال یافته های خود به شیوه های حرفه ای هستند. مسائل با علامت "E" در واحدهای انگلیس مشخص شدند و کاربران SI می توانند آنها را نادیده بگیرند. مشکلات مربوط به ماهیت جامع هستند و در نظر گرفته شده است که با کامپیوتر و با استفاده از نرم افزار مناسب حل شوند. چندین مشکل مرتبط با اقتصاد و ایمنی برای ارتقاء آگاهی از هزینه و ایمنی در بین دانشجویان مهندسی گنجانده شده است. پاسخ به مسائل انتخاب شده بلافاصله پس از مشکل برای راحتی دانش آموزان فهرست می شود. علاوه بر این، برای آماده سازی دانش آموزان برای امتحان اصول مهندسی (که برای معیارهای مبتنی بر نتیجه ۲۰۰۰ ABET اهمیت بیشتری پیدا می کند) و برای تسهیل آزمون های چند گزینه ای، بیش از ۲۰۰ مسئله چند گزینه ای در انتهای فصل گنجانده شده

است. مجموعه های مشکل آنها برای تشخیص آسان تحت عنوان مسائل امتحانی مبانی مهندسی (FE) قرار می گیرند. این مشکلات به منظور بررسی درک اصول و کمک به خوانندگان برای جلوگیری از مشکلات رایج است.

کنوانسیون علامت آرام

استفاده از کنوانسیون علامت رسمی برای گرما و کار کنار گذاشته می شود زیرا اغلب نتیجه معکوس می شود. یک رویکرد فیزیکی معنادار و جذاب برای تعاملات به جای رویکرد مکانیکی اتخاذ شده است. برای نشان دادن جهت های تعاملات، از زیرنویس های «in» و «out» به جای علامت های مثبت و منفی استفاده می شود.

فرمول های فیزیکی معنادار

اشکال معنادار فیزیکی معادلات تعادل به جای فرمول ها برای تقویت درک عمیق تر و اجتناب از رویکرد کتاب آشپزی استفاده می شود. توازن جرم، انرژی، آنتروپی و اگزرژی برای هر سیستمی که تحت هر فرآیندی قرار می گیرد به صورت زیر بیان می شود؛

تعادل جرم :

$$m_{in} - m_{out} = \Delta m_{system}$$

تعادل انرژی :

$$\underbrace{E_{in} - E_{out}}_{\text{انتقال انرژی خالص از راه گرما، کار و جرم}} = \underbrace{\Delta E_{system}}_{\text{تغییر در انرژی های درونی، جنبشی، پتانسیل و غیره}}$$

تعادل آنتروپی :

$$\underbrace{S_{in} - S_{out}}_{\text{انتقال آنتروپی خالص از راه گرما و جرم}} + \underbrace{S_{gen}}_{\text{تولید آنتروپی}} = \underbrace{\Delta S_{system}}_{\text{تغییر در آنتروپی}}$$

تعادل اگزرژی :

$$\underbrace{X_{in} - X_{out}}_{\text{انتقال خالص اگزرژی از راه گرما، کار و جرم}} - \underbrace{X_{destroyed}}_{\text{تولید اگزرژی}} = \underbrace{\Delta X_{system}}_{\text{تغییر در اگزرژی}}$$

این روابط اصول اساسی را تقویت می کند که در طول یک فرآیند واقعی جرم و انرژی حفظ می شود، آنتروپی ایجاد می شود و اگزرژی از بین می رود. دانش آموزان تشویق می شوند تا پس از مشخص کردن سیستم، از این اشکال

تعادل در فصل‌های اولیه استفاده کنند و آنها را برای مشکل خاص ساده‌سازی کنند. با تسلط دانش‌آموزان، در فصل‌های بعدی از رویکرد آرام‌تری استفاده می‌شود.

انتخابی از SI به تنهایی یا واحدهای SI/انگلیسی

با توجه به این واقعیت که واحدهای انگلیسی هنوز به طور گسترده در برخی صنایع استفاده می‌شوند، هر دو واحد SI و انگلیسی با تاکید بر SI در این متن استفاده می‌شوند. مطالب موجود در این متن را می‌توان با استفاده از واحدهای ترکیبی SI/انگلیسی یا واحدهای SI به تنهایی، بسته به ترجیح مربی پوشش داد. جداول و نمودارهای دارایی در ضمیمه‌ها در هر دو واحد ارائه شده است، به جز مواردی که شامل کمیت‌های بدون بعد است. مشکلات، جداول و نمودارها در واحدهای انگلیسی با "E" بعد از عدد برای تشخیص آسان مشخص می‌شوند و کاربران SI می‌توانند آنها را نادیده بگیرند.

موضوعات مورد علاقه خاص

اکثر فصل‌ها شامل بخشی به نام «موضوع مورد علاقه ویژه» هستند که در آن جنبه‌های جالب ترمودینامیک مورد بحث قرار می‌گیرد. مثال‌ها عبارتند از جنبه‌های ترمودینامیکی سیستم‌های بیولوژیکی در فصل ۴، یخچال‌های خانگی در فصل ۶، جنبه‌های قانون دوم زندگی روزمره در فصل ۸، و صرفه‌جویی در سوخت و پول با رانندگی معقول در فصل ۹. موضوعات انتخاب‌شده برای این بخش‌ها، توسعه‌های جذابی را ارائه می‌کنند. ترمودینامیک، اما در صورت تمایل می‌توان آنها را بدون از دست دادن تداوم نادیده گرفت.

واژه نامه اصطلاحات ترمودینامیکی

در سرتاسر فصل‌ها، وقتی یک اصطلاح یا مفهوم کلیدی مهم معرفی و تعریف می‌شود، با حروف پررنگ ظاهر می‌شود. اصطلاحات و مفاهیم اساسی ترمودینامیکی نیز در واژه نامه ای که در وب سایت همراه ما قرار دارد ظاهر می‌شود. این واژه نامه منحصر به فرد به تقویت اصطلاحات کلیدی کمک می‌کند و یک ابزار یادگیری و بررسی عالی برای دانش‌آموزان است که در مطالعه ترمودینامیک پیشرفت می‌کنند.

ضرایب تبدیل

ضرایب تبدیل پرکاربرد و ثابت‌های فیزیکی در انتهای متن ذکر شده است.

مکمل

مکمل های زیر در دسترس کاربران کتاب است.

جزوه جدول خواص

(ISBN ۱-۲۶۰-۰۴۸۹۹-۳)

این جزوه به دانش آموزان اجازه می دهد تا به آسانی به مهم ترین جداول و نمودارهای دارایی که بسیاری از آنها در پشت کتاب در هر دو واحد SI و انگلیسی یافت می شوند، مراجعه کنند.

سامانه

سامانه مک گروه هیل (سامانه سازماندهی دستی راه حل های آنلاین کامل) به مربیان اجازه می دهد تا با استفاده از مسائل و راه حل های کتاب درسی و همچنین مطالب سفارشی خود، ایجاد تکالیف، آزمون ها و تست ها را ساده کنند. این سامانه اکنون به صورت آنلاین در <http://cosmos.mhhe.com> در دسترس است.

قدردانی

نویسندگان مایلند با قدردانی از نظرات، پیشنهادات، انتقادات سازنده و ستایشگران متعدد و ارزشمند ارزیابان و بازبینان زیر تقدیر و تشکر کنند:

ادوارد اندرسون

دانشگاه فنی تگزاس

جان بیدل

دانشگاه کال پلی پومونا

جانفرانکو دی جوزپه

دانشگاه کترینگ

شوله دی خولیو

دانشگاه ایالتی کالیفرنیا - نورتریج

افشین قجر

دانشگاه ایالتی اوکلاهما

هری هاردی

دانشگاه ایالتی نیومکزیکو

کوپن لیون

دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی

کوپن مک فارلان

دانشگاه جان براون

سعید مناف زاده

دانشگاه ایلینوی-شیکاگو

الکس موتسوغلو

دانشگاه ایالتی داکوتای جنوبی

ریشی راج

کالج شهر نیویورک

ماریا سانچز

دانشگاه ایالتی کالیفرنیا - فرسنو

کالین سرینیواسان

دانشگاه ایالتی می سی سی پی

رابرت استیگر

دانشگاه گونزاگا

پیشنهادهای آنها کمک زیادی به بهبود کیفیت این متن کرده است. از محسن حسن وند بابت پیشنهادات و کمک های ارزشمندش تشکر می کنیم. ما همچنین می خواهیم از دانش آموزان خود که بازخوردهای زیادی از دیدگاه دانش آموزان ارائه کردند تشکر کنیم. در نهایت، مایلیم از همسرانمان و فرزندانمان به خاطر صبر، درک و حمایت مستمرشان در طول تهیه این متن قدردانی کنیم.

یونس آ. سنگل

مایکل آ. بولس

مهمت کانوگلو

رابط مک گرو-هیل®

رابط® یک راه حل بسیار قابل اعتماد و آسان برای مدیریت تکالیف و یادگیری است که از یادگیری علم و ابزارهای تطبیقی برنده جایزه برای بهبود نتایج دانش آموزان استفاده می کند.

تجزیه و تحلیل درون بینی® را به هم متصل می کند. رابط درون بینی داشبورد تجزیه و تحلیل بصری منحصر به فرد مرتبط است. اکنون هم برای مربیان و هم برای دانش آموزان در دسترس است که اطلاعاتی را در یک نگاه در

مورد عملکرد دانش آموز ارائه می دهد، که بلافاصله قابل عمل است. با ارائه تکالیف، ارزیابی، و نتایج عملکرد موضعی همراه با یک متریک زمانی که به راحتی برای نتایج مجموع یا فردی قابل مشاهده است.

■ ارتباط درون بینی گزارش های خوانایی را در مورد دانش آموزان، کل کلاس و تکالیف خاص تولید می کند.

■ داشبورد ارتباط درون بینی داده های مربوط به عملکرد، رفتار مطالعه و تلاش را ارائه می دهد. مربیان می توانند به سرعت دانش آموزانی را شناسایی کنند که در تلاش هستند و روی مطالبی تمرکز می کنند که کلاس هنوز به آنها تسلط پیدا نکرده است.

■ به طور خودکار تکالیف و آزمون ها را با نمرات وصل کنید و گزارش های خوانا در مورد عملکرد فردی و کلاسی ارائه دهید.

منابع مدرس زیر را که از راه ارتباطی در دسترس هستند پیدا کنید:

■ راهنمای مطالعه دانش آموز - این منبع مفاهیم اساسی متن را تشریح می کند و راهنمای مفیدی است که به دانش آموزان اجازه می دهد تا بر مهمترین مفاهیم تمرکز کنند. این راهنما همچنین می تواند به عنوان طرح کلی سخنرانی برای مربیان باشد.

■ اهداف یادگیری - اهداف یادگیری فصل در اینجا تشریح شده است. بر اساس فصل سازماندهی شده و با اهداف ABET مرتبط است.

■ راهنمای همبستگی - کاربران جدید این متن از این منبع قدردانی خواهند کرد. این راهنما برای مدرسانی که در حال حاضر از این متن استفاده نمی کنند، یک انتقال آرام فراهم می کند.

■ کتابخانه تصویر - نسخه الکترونیکی شکل ها برای ادغام آسان در ارائه دوره، امتحانات و تکالیف ارائه شده است.

■ راهنمای مربی - ابزارهای مفیدی مانند برنامه های درسی و امتحانات نمونه، راهنمای تبدیل ABET، واژه نامه ترمودینامیک و اهداف فصل را در اختیار مدرسان قرار می دهد.

■ Errata—اگر خطاهایی در راهنمای راه حل ها یافت شود، در اینجا گزارش می شود.

■ راه حل راه حل - راه حل های دقیق برای تمام مشکلات تکالیف متنی در فرم PDF ارائه شده است.

■ اسلایدهای پاورپوینت — اسلایدهای ارائه پاورپوینت برای تمام فصل های متن برای استفاده در سخنرانی ها

موجود است.

■ ضمائم - برای سهولت استفاده به صورت PDF ارائه شده است.

سامانه

دنیای مک گرو-هیل (سامانه سازماندهی دستی راه حل های آنلاین کامل) به مریبان اجازه می دهد تا با استفاده از مسائل و راه حل های کتاب درسی و همچنین مطالب سفارشی خود، ایجاد تکالیف، آزمون ها و تست ها را ساده کنند. این سامانه اکنون به صورت آنلاین در <http://cosmos.mhhe.com> در دسترس است.

کتاب هوشمند® تطبیقی

کتاب هوشمند با ارائه یک تجربه خواندن تعاملی از طریق برجسته سازی و مرور تطبیقی، به دانش آموزان کمک می کند کارآمدتر مطالعه کنند.

هر علمی واژگان منحصر به فردی دارد و ترمودینامیک نیز از این قاعده مستثنی نیست. تعریف دقیق مفاهیم پایه، شالوده مناسبی را برای توسعه علم تشکیل می دهد و از سوء تفاهات احتمالی جلوگیری می کند. ما این فصل را با مروری بر ترمودینامیک و سیستم های واحد شروع می کنیم و با بحث در مورد برخی مفاهیم اساسی مانند سیستم، حالت، فرض حالت، تعادل، فرآیند و چرخه ادامه می دهیم. ما خواص فشرده و گسترده یک سیستم را مورد بحث قرار می دهیم و چگالی، وزن مخصوص و وزن مخصوص را تعریف می کنیم. ما همچنین مقیاس های دما و دما را با تأکید ویژه بر مقیاس بین المللی دما در سال ۱۹۹۰ مورد بحث قرار می دهیم. سپس فشار را ارائه می کنیم، که نیروی طبیعی است که توسط یک سیال در واحد سطح اعمال می شود، و فشار مطلق و گیج، تغییر فشار با عمق را مورد بحث قرار می دهیم. و دستگاه های اندازه گیری فشار مانند مانومتر و فشارسنج. مطالعه دقیق این مفاهیم برای درک خوب موضوعات در فصول بعدی ضروری است. در نهایت، ما یک تکنیک حل مسئله سیستماتیک بصری را ارائه می کنیم که می تواند به عنوان یک مدل در حل مسائل مهندسی استفاده شود.

فصل ۱

اهداف

اهداف فصل ۱ عبارتند از:

- واژگان منحصر به فرد مرتبط با ترمودینامیک را از طریق تعریف دقیق مفاهیم اساسی شناسایی کنید تا پایه و اساس درستی برای توسعه اصول ترمودینامیک ایجاد کنید.
- متریک SI و سیستم های واحد انگلیسی را که در سراسر متن استفاده می شود، مرور کنید.
- مفاهیم اساسی ترمودینامیک مانند سیستم، حالت، فرض حالت، تعادل، فرآیند و چرخه را توضیح دهید.
- خصوصیات یک سیستم را مورد بحث قرار دهید و چگالی، وزن مخصوص و وزن مخصوص را تعریف کنید.
- مفاهیم دما، مقیاس دما، فشار و فشار مطلق و گیج را مرور کنید.
- یک تکنیک حل مسئله سیستماتیک بصری را معرفی کنید.

۱-۱ ■ ترمودینامیک و انرژی

ترمودینامیک را می توان به عنوان علم انرژی تعریف کرد. اگرچه هر بدنی احساس می کند انرژی چیست، اما ارائه تعریف دقیقی برای آن دشوار است. انرژی را می توان به عنوان توانایی ایجاد تغییرات در نظر گرفت.

نام ترمودینامیک از کلمات یونانی *therme* (گرما) و *dynamis* (قدرت) گرفته شده است که بیشتر توصیف کننده تلاش های اولیه برای تبدیل گرما به نیرو است. امروزه همین نام به طور گسترده تفسیر می شود که شامل تمام جنبه های انرژی و تبدیل انرژی از جمله تولید برق، تبرید و روابط بین خواص ماده می شود.

یکی از اساسی ترین قوانین طبیعت، اصل بقای انرژی است. به سادگی بیان می کند که در طول یک تعامل، انرژی می تواند از شکلی به شکل دیگر تغییر کند، اما مقدار کل انرژی ثابت می ماند. یعنی انرژی را نمی توان ایجاد کرد یا از بین برد. برای مثال، سنگی که از صخره سقوط می کند، در نتیجه تبدیل انرژی پتانسیل آن به انرژی جنبشی، سرعت می گیرد (شکل ۱-۱). اصل بقای انرژی همچنین ستون فقرات صنعت رژیم غذایی را تشکیل می دهد: فردی

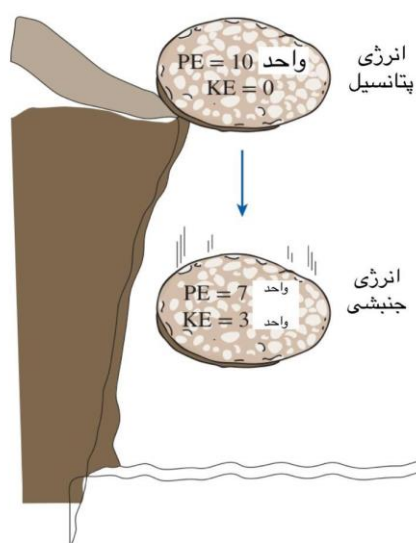
که انرژی ورودی (غذا) بیشتر از انرژی خروجی (ورزش) دارد، وزن اضافه می کند (انرژی را به شکل چربی ذخیره می کند) و فردی که دارای انرژی است. انرژی ورودی کمتر از خروجی باعث کاهش وزن می شود (شکل ۱-۲). تغییر در محتوای انرژی یک جسم یا هر سیستم دیگری برابر است با تفاوت بین انرژی ورودی و خروجی انرژی، و تعادل انرژی به صورت $E_{in} - E_{out} = \Delta E$ بیان می شود.

قانون اول ترمودینامیک به سادگی بیانی از اصل بقای انرژی است و ادعا می کند که انرژی یک ویژگی ترمودینامیکی است. قانون دوم ترمودینامیک بیان می کند که انرژی علاوه بر کمیت دارای کیفیت است و فرآیندهای واقعی در جهت کاهش کیفیت انرژی رخ می دهد. برای مثال، یک فنجان قهوه داغ روی میز در نهایت خنک می شود، اما یک فنجان قهوه خنک در همان اتاق هرگز به خودی خود گرم نمی شود (شکل ۱-۳). انرژی دمای بالای قهوه پس از انتقال به هوای اطراف تجزیه می شود (در دمای پایین تر به شکل کمتر مفیدی تبدیل می شود).

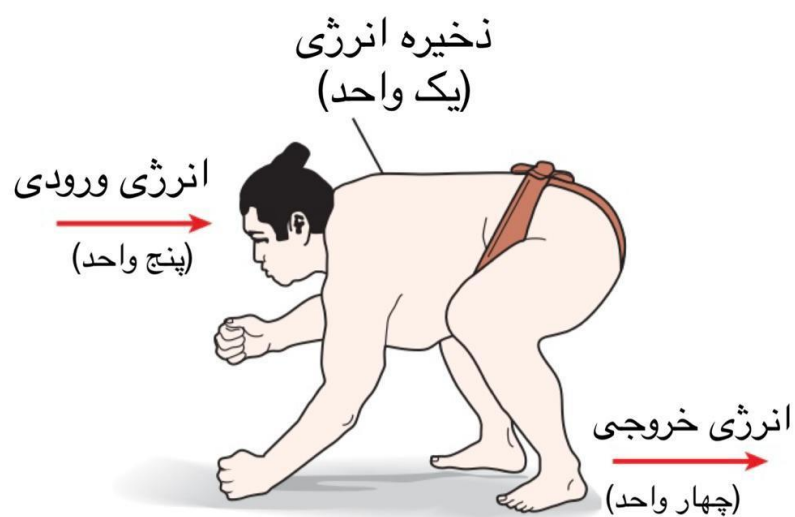
اگرچه اصول ترمودینامیک از زمان پیدایش جهان وجود داشته است، ترمودینامیک به عنوان یک علم ظاهر نشد تا زمانی که اولین موتورهای بخار جوی موفق در انگلستان توسط توماس ساوری در سال ۱۶۹۷ و توماس نیوکومن در سال ۱۷۱۲ ساخته شد. این موتورها بسیار بودند. کند و ناکارآمد، اما راه را برای توسعه علم جدید باز کردند.

قوانین اول و دوم ترمودینامیک به طور همزمان در دهه ۱۸۵۰ ظهور کردند، عمدتاً از آثار ویلیام رانکین، رودولف کلازیوس و لرد کلوین (ویلیام تامسون سابق). واژه ترمودینامیک اولین بار در انتشاراتی توسط لرد کلوین در سال ۱۸۴۹ استفاده شد. اولین کتاب درسی ترمودینامیک در سال ۱۸۵۹ توسط ویلیام رانکین، استاد دانشگاه گلاسکو نوشته شد.

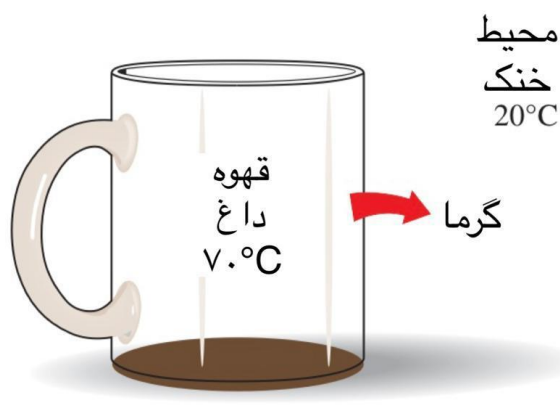
به خوبی شناخته شده است که یک ماده از تعداد زیادی ذره به نام مولکول تشکیل شده است. خواص این ماده به طور طبیعی به رفتار این ذرات بستگی دارد. به عنوان مثال، فشار گاز در یک ظرف نتیجه انتقال تکانه بین مولکول ها و دیواره های ظرف است. با این حال، برای تعیین فشار در ظرف، نیازی به دانستن رفتار ذرات گاز نیست. کافی است یک فشار سنج به ظرف وصل کنید.



شکل ۱-۱ انرژی را نمی توان ایجاد کرد یا از بین برد. فقط می تواند شکل ها را تغییر دهد (قانون اول).



شکل ۲-۱ اصل بقای انرژی برای بدن انسان.



شکل ۱-۳ گرما در جهت کاهش دما جریان دارد.

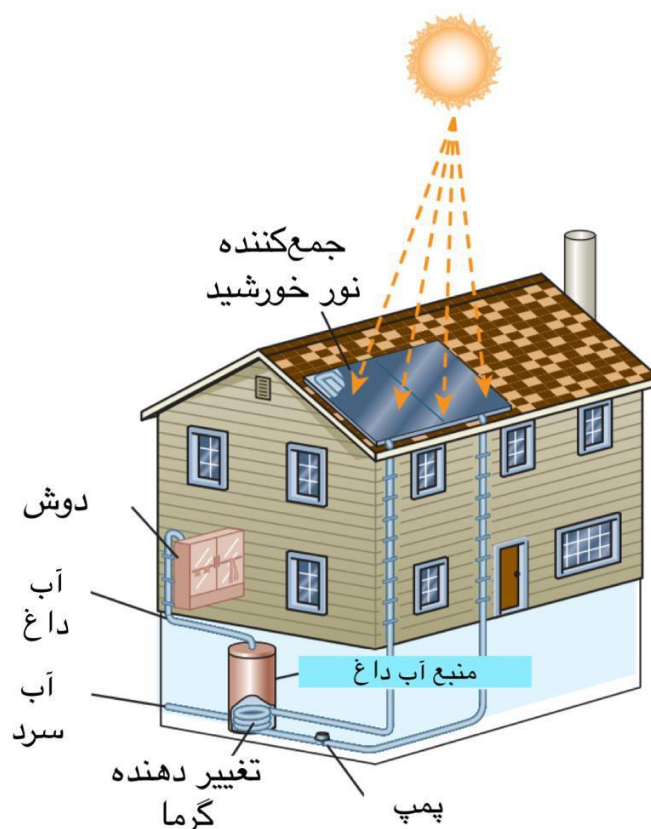
این رویکرد ماکروسکوپی برای مطالعه ترمودینامیک که نیازی به دانش رفتار تک تک ذرات ندارد، ترمودینامیک کلاسیک نامیده می شود. این یک راه مستقیم و آسان برای حل مشکلات مهندسی ارائه می دهد. یک رویکرد پیچیده تر، بر اساس رفتار متوسط گروه های بزرگ از ذرات منفرد، ترمودینامیک آماری نامیده می شود. این رویکرد میکروسکوپی بیشتر درگیر است و در این متن فقط در نقش حمایتی استفاده شده است.

حوزه های کاربردی ترمودینامیک

تمام فعالیت های طبیعت شامل برخی از تعاملات بین انرژی و ماده است. بنابراین، تصور منطقه ای که به نوعی با ترمودینامیک مرتبط نباشد، دشوار است. بنابراین، توسعه یک درک خوب از اصول پایه ترمودینامیک از دیرباز بخشی ضروری از آموزش مهندسی بوده است.

ترمودینامیک معمولاً در بسیاری از سیستم های مهندسی و سایر جنبه های زندگی دیده می شود، و برای دیدن برخی از حوزه های کاربردی آن نیازی نیست خیلی دور برویم. در واقع آدم نیازی به رفتن به جایی ندارد. قلب دائماً خون را به تمام قسمت های بدن انسان پمپاژ می کند، تبدیل های انرژی مختلف در تریلیون ها سلول بدن اتفاق می افتد و گرمای تولید شده بدن دائماً به محیط دفع می شود. آسایش انسان ارتباط تنگاتنگی با میزان دفع حرارت متابولیک دارد. ما سعی می کنیم با تنظیم لباس خود با شرایط محیطی، این سرعت انتقال حرارت را کنترل کنیم.

کاربردهای دیگر ترمودینامیک درست در جایی است که فرد زندگی می کند. یک خانه معمولی، از برخی جهات، یک سالن نمایشگاه پر از شگفتی های ترمودینامیک است (شکل ۱-۴). بسیاری از ظروف و لوازم خانگی معمولی به طور کامل یا جزئی با استفاده از اصول ترمودینامیک طراحی می شوند. برخی از نمونه ها شامل محدوده برق یا گاز، سیستم های گرمایش و تهویه مطبوع، یخچال، رطوبت ساز، زودپز، آبگرمکن، دوش، اتو و حتی کامپیوتر و تلویزیون است. در مقیاس بزرگ تر، ترمودینامیک نقش عمده ای در طراحی و تحلیل موتورهای خودرو، موشک ها، موتورهای جت، نیروگاه های معمولی یا هسته ای، کلکتورهای خورشیدی، و طراحی وسایل نقلیه از خودروهای معمولی تا هواپیماها ایفا می کند (شکل ۱). (۵-). برای مثال، خانه ای با انرژی کارآمد که ممکن است در آن زندگی کنید، بر اساس به حداقل رساندن اتلاف گرما در زمستان و افزایش گرما در تابستان طراحی شده است. اندازه، مکان و قدرت ورودی فن رایانه شما نیز پس از تجزیه و تحلیلی که شامل ترمودینامیک است انتخاب می شود.



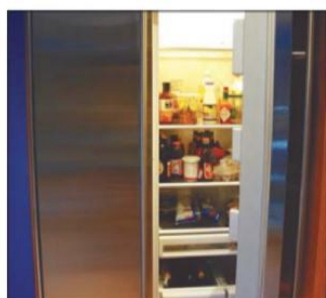
شکل ۴-۱ طراحی بسیاری از سیستم های مهندسی، مانند این سیستم آب گرم خورشیدی، شامل ترمودینامیک است.

۲-۱ ■ اهمیت ابعاد و واحدها

هر کمیت فیزیکی را می توان با ابعاد مشخص کرد. قدرهای اختصاص داده شده به ابعاد را واحد می گویند. برخی از ابعاد اصلی مانند جرم m ، طول L ، زمان t و دمای T به عنوان ابعاد اولیه یا اساسی انتخاب می شوند، در حالی که برخی دیگر مانند سرعت V ، انرژی E و حجم V بر حسب ابعاد اولیه و ثانویه و یا ابعاد مشتق شده بیان می شوند.

تعدادی از سیستم های واحد در طول سال ها توسعه یافته اند. علیرغم تلاش های قوی در جامعه علمی و مهندسی برای متحد کردن جهان با یک سیستم واحد، دو مجموعه از واحدها امروزه رایج هستند: سیستم انگلیسی که به نام سیستم عرفی ایالات متحده (USCS) نیز شناخته می شود. متریک SI (از Le Système International d'Unités)، که به عنوان سیستم بین المللی نیز شناخته می شود. SI یک سیستم ساده و منطقی مبتنی بر یک رابطه اعشاری بین واحدهای مختلف است و برای کارهای علمی و مهندسی در اکثر کشورهای صنعتی از جمله

انگلستان استفاده می شود. با این حال، سیستم انگلیسی پایه عددی سیستماتیک ظاهری ندارد و واحدهای مختلف در این سیستم به طور دلخواه با یکدیگر مرتبط هستند (۱۲ اینچ = ۱ فوت، ۱ مایل = ۵۲۸۰ فوت، ۴ gal = ۱ qt، و غیره)، که یادگیری آن را گیج کننده و دشوار می کند. ایالات متحده تنها کشور صنعتی است که هنوز به طور کامل به سیستم متریک تبدیل نشده است.



(a) یخچال



(b) قایقها



(c) هواپیما و فضاپیما



(d) نیروگاه ها



(e) بدن انسان



(f) ماشینها



(g) توربینهای بادی



(h) پردازش غذایی



(i) شبکه لوله کشی در یک تاسیسات صنعتی.

شکل ۱-۵ برخی از حوزه های کاربردی ترمودینامیک.

(الف) © McGraw-Hill Education/Jill Braaten; (ب) © Doug Menuez/Getty Images RF; (ج) © Ilene

© Ryan McVay/Getty Images RF; (د) © Malcolm Fife/Getty Images RF; (ه) © Mark; (ف) © Ryan McVay/Getty Images RF

© Evans/Getty Images RF; (ز) © i; (ح) © Glow Images RF; (ط) © Getty Images/iStockphoto RF با حسن نیت از پیمانکاری و

بازرگانی مهندسی UMDE.

تلاش‌های سیستماتیک برای ایجاد یک سیستم واحدهای قابل قبول جهانی به سال ۱۷۹۰ بازمی‌گردد، زمانی که مجمع ملی فرانسه آکادمی علوم فرانسه را موظف کرد که چنین سیستم واحدی را ارائه کند. نسخه اولیه سیستم متریک به زودی در فرانسه توسعه یافت، اما تا سال ۱۸۷۵ که معاهده کنوانسیون متریک تهیه و توسط ۱۷ کشور از جمله ایالات متحده امضا شد، مورد پذیرش جهانی قرار نگرفت. در این معاهده بین‌المللی، متر و گرم به ترتیب به عنوان واحدهای متریک برای طول و جرم تعیین شدند و کنفرانس عمومی وزن‌ها و اندازه‌ها (CGPM) تأسیس شد که قرار بود هر شش سال یکبار تشکیل شود. در سال ۱۹۶۰، CGPM SI را تولید کرد که بر اساس شش کمیت اساسی بود و واحدهای آن در سال ۱۹۵۴ در دهمین کنفرانس عمومی اوزان و اندازه‌ها به تصویب رسید: متر (متر) برای طول، کیلوگرم (کیلوگرم) برای جرم، ثانیه (ثانیه) (s) برای زمان، آمپر (A) برای جریان الکتریکی، درجه کلوین (K°) برای دما، و cd (candela) برای شدت نور (مقدار نور). در سال ۱۹۷۱، CGPM هفتمین کمیت و واحد اساسی را اضافه کرد: مول (مول) برای مقدار ماده.

بر اساس طرح نمادگذاری که در سال ۱۹۶۷ معرفی شد، نماد درجه رسماً از واحد دمای مطلق حذف شد و همه نام‌های واحدها بدون حروف بزرگ نوشته می‌شد، حتی اگر از نام‌های خاص مشتق شده باشند (جدول ۱-۱). با این حال، اگر واحد از یک نام خاص مشتق شده باشد، مخفف یک واحد باید با حروف بزرگ نوشته شود. به عنوان مثال، واحد نیروی SI، که به نام سر اسحاق نیوتن (۱۶۴۷-۱۷۲۳) نامگذاری شده است، نیوتن است (نه نیوتن) و به اختصار N است. همچنین، نام کامل یک واحد ممکن است جمع شود، اما مخفف نمی‌تواند به عنوان مثال، طول یک جسم می‌تواند ۵ متر یا ۵ متر باشد، نه ۵ میلی ثانیه یا ۵ متر. در نهایت، هیچ نقطه‌ای نباید در اختصارات واحد استفاده شود، مگر اینکه در انتهای جمله ظاهر شوند. به عنوان مثال، مخفف مناسب متر، m (نه m) است.

حرکت اخیر به سمت سیستم متریک در ایالات متحده به نظر می‌رسد در سال ۱۹۶۸ آغاز شده است، زمانی که کنگره، در واکنش به آنچه در بقیه جهان اتفاق می‌افتد، قانون مطالعه متریک را تصویب کرد. کنگره به ترویج تغییر داوطلبانه به سیستم متریک با تصویب قانون تبدیل متریک در سال ۱۹۷۵ ادامه داد. یک لایحه تجاری که در سال ۱۹۸۸ توسط کنگره تصویب شد، مهلتی را در سپتامبر ۱۹۹۲ برای همه آژانس‌های فدرال برای تبدیل به سیستم متریک تعیین کرد. با این حال، مهلت‌ها بعداً بدون هیچ برنامه روشنی برای آینده کاهش یافتند.

صنایعی که به شدت در تجارت بین‌الملل دخیل هستند (مانند صنایع خودروسازی، نوشابه‌ها و مشروبات الکلی) به دلایل اقتصادی (دارای طراحی واحد در سراسر جهان، اندازه‌های کمتر، موجودی‌های کوچکتر و غیره) به سرعت به سیستم متریک تبدیل شده‌اند. امروزه تقریباً تمام خودروهای تولید شده در ایالات متحده متریک هستند. بیشتر صاحبان خودرو احتمالاً تا زمانی که آچار سوکت انگلیسی را روی یک پیچ متریک امتحان نکنند متوجه این موضوع نمی‌شوند. با این حال، اکثر صنایع در برابر این تغییر مقاومت کردند و در نتیجه روند تبدیل را کند کردند.

در حال حاضر ایالات متحده یک جامعه دو سیستمی است و تا زمانی که انتقال به سیستم متریک کامل نشود، به همین منوال خواهد ماند. این یک بار اضافی بر دوش دانشجویان مهندسی امروزی می‌گذارد، زیرا انتظار می‌رود که آنها درک خود را از سیستم انگلیسی در حین یادگیری، تفکر و کار بر اساس SI حفظ کنند. با توجه به موقعیت مهندسان در دوره انتقال، هر دو سیستم واحد در این متن با تاکید ویژه بر واحدهای SI استفاده شده است.

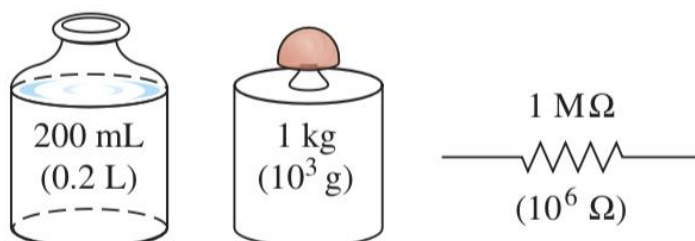
همانطور که اشاره شد، SI بر اساس یک رابطه اعشاری بین واحدها است. پیشنهادهای مورد استفاده برای بیان مضرب واحدهای مختلف در جدول ۱-۲ فهرست شده است. آنها برای همه واحدها استاندارد هستند و دانش آموز تشویق می‌شود که آنها را به خاطر استفاده گسترده از آنها حفظ کند (شکل ۱-۶).

جدول ۱-۱	
هفت بعد اساسی (یا اولیه) و واحدهای آنها در SI	
مقیاس	واحد
طول	متر (m)
جرم	کیلوگرم (kg)
زمان	ثانیه (s)
درجه حرارت	کلوین (K)
جریان الکتریسیته	آمپر (A)
مقدار نور	کاندلا (cd)
مقدار ماده	مول (mol)

جدول ۱-۲

پیشوندهای استاندارد در واحدهای SI

چندگانه	پیشوند
10^{24}	yotta, Y
10^{21}	zetta, Z
10^{18}	exa, E
10^{15}	peta, P
10^{12}	tera, T
10^9	giga, G
10^6	mega, M
10^3	kilo, k
10^2	hecto, h
10^1	deka, da
10^{-1}	deci, d
10^{-2}	centi, c
10^{-3}	milli, m
10^{-6}	micro, μ
10^{-9}	nano, n
10^{-12}	pico, p
10^{-15}	femto, f
10^{-18}	atto, a
10^{-21}	zepto, z
10^{-24}	yocto, y



برخی از واحدهای SI و انگلیسی

در SI واحدهای جرم، طول و زمان به ترتیب کیلوگرم (kg)، متر (m) و ثانیه (s) هستند. واحدهای مربوطه در سیستم انگلیسی عبارتند از پوند جرم (lbm)، فوت (ft) و ثانیه (s). نماد پوند lb در واقع مخفف libra است که

واحد وزن روم باستان بود. انگلیسی ها این نماد را حتی پس از پایان اشغال روم بر بریتانیا در سال ۴۱۰ حفظ کردند. واحدهای جرم و طول در دو سیستم با یکدیگر مرتبط هستند.

$$1 \text{ lbm} = 0.45356 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

در سیستم انگلیسی، نیرو معمولاً به عنوان یکی از ابعاد اولیه در نظر گرفته می شود و به آن یک واحد غیرمنطقی اختصاص می یابد. این یک منبع سردرگمی و خطا است که استفاده از یک ثابت ابعادی (gc) را در بسیاری از فرمول ها ضروری می کند. برای جلوگیری از این مزاحمت، نیرو را یک بعد ثانویه می دانیم که واحد آن از قانون دوم نیوتن مشتق شده است، یعنی:

$$\text{نیرو} = (\text{جرم}) (\text{شتاب})$$

و یا:

$$F = ma \quad (1-1)$$

در SI، واحد نیرو نیوتن (N) است و به عنوان نیروی مورد نیاز برای شتاب دادن به جرم ۱ کیلوگرم با سرعت ۱ متر بر ثانیه تعریف می شود. در سیستم انگلیسی، واحد نیرو پوند (lbf) است و به عنوان نیروی مورد نیاز برای شتاب دادن به جرم ۱ اسلاگ (۳۲/۱۷۴ پوند متر) با سرعت ۱ فوت بر ثانیه (شکل ۱-۷) تعریف می شود. به این معنا که،

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

$$1 \text{ lbf} = 32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft/s}^2$$

نیروی ۱ N تقریباً معادل وزن یک سیب کوچک ($m = ۱۰۲ \text{ گرم}$) است، در حالی که نیروی ۱ پوند بر فوت تقریباً معادل وزن چهار سیب متوسط است ($m_{\text{total}} = ۴۵۴ \text{ g}$) همانطور که در شکل نشان داده شده است. ۱-۸. یکی دیگر از واحدهای نیرو که در بسیاری از کشورهای اروپایی مورد استفاده قرار می گیرد، کیلوگرم نیرو (kgf) است که

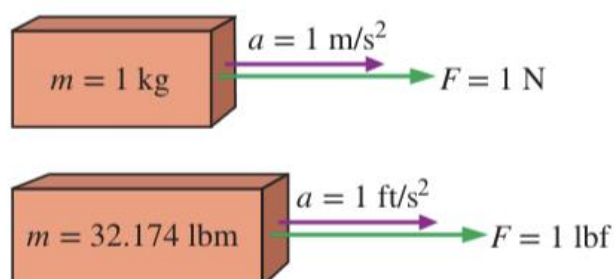
وزن ۱ کیلوگرم جرم در سطح دریا ($1 \text{ kgf} = 9,807 \text{ نیوتن}$) است.

اصطلاح وزن اغلب به اشتباه برای بیان جرم استفاده می شود، به ویژه توسط "نظارتان وزن". برخلاف جرم، وزن W یک نیرو است. این نیروی گرانشی است که به یک جسم وارد می شود و قدر آن از قانون دوم نیوتن تعیین می شود.

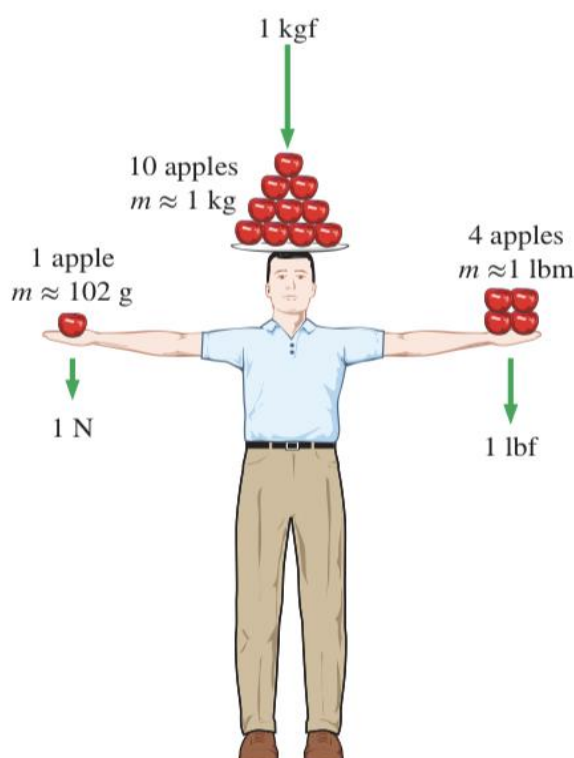
$$W = mg \text{ (N) (۱-۲)}$$

که در آن m جرم بدن، و g شتاب گرانشی محلی است ($9,807 \text{ m/s}^2$ یا $32,174 \text{ فوت/س}^2$ در سطح دریا و 45 درجه عرض جغرافیایی است). یک ترازو معمولی حمام نیروی گرانشی وارد بر جسم را اندازه گیری می کند.

جرم یک جسم بدون توجه به مکان آن در جهان ثابت می ماند. اما وزن آن با تغییر در شتاب گرانشی تغییر می کند. وزن بدن در بالای یک کوه کمتر است زیرا g با افزایش ارتفاع کاهش می یابد.



شکل ۱-۷ تعریف واحدهای نیرو.



شکل ۸-۱ بزرگی نسبی واحدهای نیرو نیوتن (N)، کیلوگرم-نیرو (kgf)، و پوند-نیروی (lbf).

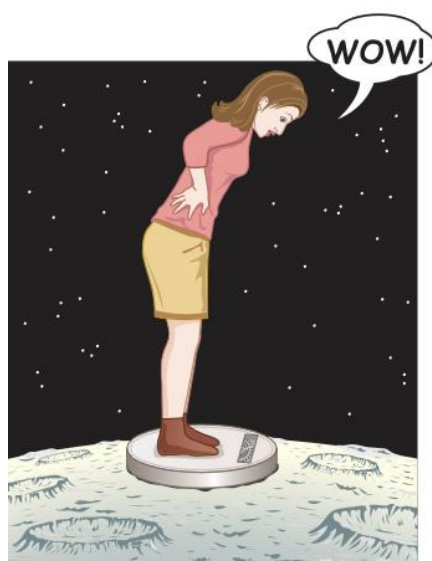
در سطح ماه، یک فضاانورد تقریباً یک ششم وزنی که معمولاً روی زمین دارد، وزن دارد (شکل ۹-۱).

در سطح دریا، جرم ۱ کیلوگرمی ۹,۸۰۷ نیوتن وزن دارد، همانطور که در شکل ۱-۱۰ نشان داده شده است. با این حال، جرم ۱ پوند متر، ۱ پوند وزن دارد، که مردم را گمراه می کند تا تصور کنند که جرم پوند و پوند نیرو می توانند به جای هم به عنوان پوند (پوند) استفاده شوند، که منبع اصلی خطا در سیستم انگلیسی است.

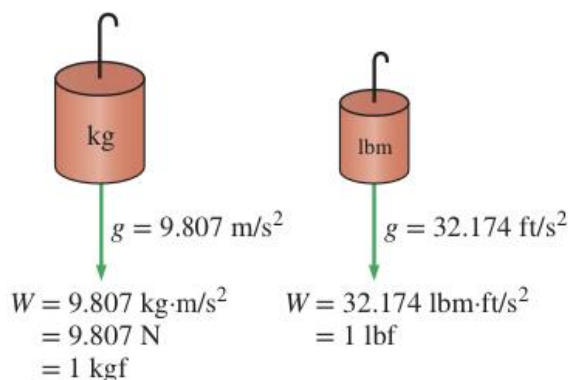
لازم به ذکر است که نیروی گرانش وارد بر یک جرم به دلیل جاذبه بین جرم هاست و بنابراین با قدر جرم ها متناسب و با مجذور فاصله بین آنها نسبت معکوس دارد. بنابراین، شتاب گرانشی g در یک مکان به عرض جغرافیایی، فاصله تا مرکز زمین و تا حدی به موقعیت ماه و خورشید بستگی دارد. مقدار g با موقعیت مکانی از ۹,۸۳۲ متر بر ثانیه در قطب (۹,۷۸۹ در استوا) تا ۷,۳۲۲ متر بر ثانیه در ۱۰۰۰ کیلومتر از سطح دریا متغیر است. با این حال، در ارتفاعات تا ۳۰ کیلومتر، تغییر g از مقدار سطح دریا ۹,۸۰۷ متر بر ثانیه کمتر از ۱ درصد است. بنابراین، برای بیشتر اهداف عملی، شتاب گرانشی را می توان در ۹,۸۰۷ m/s^2 ثابت فرض کرد، که اغلب به ۹,۸۱ m/s^2 گرد می شود. جالب است بدانید که در نقاط زیر سطح دریا، مقدار g با فاصله از سطح دریا افزایش می یابد، در حدود ۴۵۰۰ متر به

حداکثر می‌رسد و سپس شروع به کاهش می‌کند. (به نظر شما مقدار g در مرکز زمین چقدر است؟) علت اصلی سردرگمی بین جرم و وزن این است که جرم معمولاً به طور غیر مستقیم با اندازه گیری نیروی گرانشی که اعمال می‌کند اندازه گیری می‌شود. این رویکرد همچنین فرض می‌کند که نیروهای اعمال شده توسط اثرات دیگر مانند شناوری هوا و حرکت سیال ناچیز هستند. این مانند اندازه گیری فاصله یک ستاره با اندازه گیری انتقال آن به سرخ یا اندازه گیری ارتفاع هواپیما با اندازه گیری فشار هواست. هر دوی اینها نیز اندازه گیری های غیر مستقیم هستند. روش صحیح و مستقیم اندازه گیری جرم، مقایسه آن با جرم شناخته شده است. با این حال، این کار دست و پا گیر است و بیشتر برای کالیبراسیون و اندازه گیری فلزات گرانبها استفاده می‌شود. کار، که شکلی از انرژی است، به سادگی می‌تواند به عنوان نیرو ضربدر فاصله تعریف شود. بنابراین، دارای واحد نیوتن متر ($N \cdot m$) است که ژول (J) نامیده می‌شود. به این معنا که،

$$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J} \quad (3-1)$$



شکل ۹-۱ جسمی با وزن ۱۵۰ پوند بر روی زمین، در ماه تنها ۲۵ پوند وزن دارد.



شکل ۱-۱ وزن یک واحد جرم در سطح دریا.

واحد متداول تر انرژی در SI کیلوژول است (۱ کیلوژول = 10^3 ژول). در سیستم انگلیسی، واحد انرژی Btu (واحد حرارتی بریتانیا) است که به عنوان انرژی لازم برای افزایش دمای ۱ پوند متر آب در 68°F درجه فارنهایت به میزان ۱ درجه فارنهایت تعریف می شود. در سیستم متریک، مقدار انرژی مورد نیاز برای افزایش دمای ۱ گرم آب در دمای 14.5°C درجه سانتیگراد به میزان ۱ درجه سانتیگراد به عنوان ۱ کالری (کالری) و $1 \text{ کالری} = 4,1868 \text{ J}$. تعریف می شود. بزرگی کیلوژول و Btu تقریباً یکسان هستند ($1 \text{ Btu} = 1,0551 \text{ کیلوژول}$). در اینجا یک راه خوب برای درک این واحدها وجود دارد: اگر یک کبریت معمولی را روشن کنید و بگذارید خودش بسوزد، تقریباً یک Btu (یا یک کیلوژول) انرژی تولید می کند (شکل ۱-۱۱).

واحد نرخ زمان انرژی ژول بر ثانیه (J/s) است که به آن وات (W) می گویند. در مورد کار، نرخ زمانی انرژی را توان می گویند. یک واحد توان رایج، اسب بخار (اسب بخار) است که معادل ۷۴۶ وات است. یک دستگاه برقی با توان نامی ۱ کیلووات در صورت کار مداوم به مدت یک ساعت، ۱ کیلووات ساعت برق مصرف می کند.



شکل ۱-۱ یک کبریت معمولی در صورت سوختن کامل حدود یک Btu (یا یک کیلوژول) انرژی تولید می کند.

© جان ام سیمبالا

هنگام سروکار داشتن با تولید برق، واحدهای کیلووات و کیلووات ساعت اغلب اشتباه گرفته می شوند. توجه داشته باشید که kW یا kJ/s یک واحد قدرت است، در حالی که kWh یک واحد انرژی است. بنابراین، اظهاراتی مانند "توربین بادی جدید ۵۰ کیلووات برق در سال تولید خواهد کرد" بی معنی و نادرست است. یک جمله صحیح باید چیزی شبیه به "توربین بادی جدید با توان نامی ۵۰ کیلووات باشد ۱۲۰۰۰۰ کیلووات ساعت برق در سال تولید می کند."

همگنی ابعادی

همه ما می دانیم که سبب و پرتقال اضافه نمی کنند. اما ما به نوعی موفق به انجام آن می شویم (البته به اشتباه). در مهندسی، تمام معادلات باید از نظر ابعادی همگن باشند. یعنی هر جمله در یک معادله باید واحد یکسانی داشته باشد. اگر در مرحله ای از تجزیه و تحلیل، در موقعیتی قرار گرفتیم که دو کمیت را که واحدهای متفاوتی دارند اضافه کنیم، نشانه روشنی است که در مرحله قبلی اشتباه کرده ایم. بنابراین بررسی ابعاد می تواند به عنوان یک ابزار ارزشمند برای تشخیص خطاها باشد.

مثال ۱-۱ تولید برق توسط یک توربین بادی

یک مدرسه ۰,۱۲ دلار به ازای هر کیلووات ساعت برای برق می پردازد. برای کاهش هزینه برق خود، مدرسه یک توربین بادی (شکل ۱-۱۲) با توان نامی ۳۰ کیلو وات نصب می کند. اگر توربین ۲۲۰۰ ساعت در سال با توان نامی

کار می کند، مقدار برق تولید شده توسط توربین بادی و پولی که مدرسه در سال پس انداز می کند را تعیین کنید.
راه حل یک توربین بادی برای تولید برق نصب شده است. مقدار انرژی الکتریکی تولید شده و پول ذخیره شده در سال باید تعیین شود.

تجزیه و تحلیل توربین بادی انرژی الکتریکی را با سرعت ۳۰ کیلووات یا ۳۰ کیلوژول بر ثانیه تولید می کند. سپس مقدار کل انرژی الکتریکی تولید شده در سال می شود:

انرژی کل = (انرژی در واحد زمان) (فاصله زمانی)

$$= (30 \text{ kW})(2200 \text{ h})$$

$$= 66,000 \text{ kWh.}$$

پولی که در سال پس انداز می شود، ارزش پولی این انرژی است که به صورت زیر تعیین می شود:

پول ذخیره شده = (کل انرژی) (هزینه واحد انرژی)

$$= (66,000 \text{ kWh})(\$0.12/\text{kWh})$$

$$= \$7920$$

بحث؛ تولید سالانه انرژی الکتریکی نیز می تواند بر حسب کیلوژول با دستکاری واحد به فرم زیر تعیین شود

$$\text{Total energy} = (30 \text{ kW})(2200 \text{ h}) \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right) \left(\frac{1 \text{ kJ/s}}{1 \text{ kW}} \right) = 2.38 \times 10^8 \text{ kJ}$$

که معادل ۶۶۰۰۰ کیلووات ساعت (۱ کیلووات ساعت = ۳۶۰۰ کیلوژول) است.

همه ما به تجربه می دانیم که واحدها در صورت عدم استفاده دقیق در حل مشکل می توانند سردردهای وحشتناکی

ایجاد کنند. با این حال، با کمی توجه و مهارت، می توان از واحدها به نفع ما استفاده کرد. می توان از آنها برای

بررسی فرمول ها استفاده کرد. گاهی اوقات می توان از آنها برای استخراج فرمول ها استفاده کرد، همانطور که در

مثال زیر توضیح داده شد.



شکل ۱-۱۲ یک توربین بادی، همانطور که در مثال ۱-۱ بحث شد.

Bear Dancer Studios/Mark Dierker RF©

مثال ۱-۲

به دست آوردن فرمول از ملاحظات واحد

مخزن با روغنی پر می شود که چگالی آن 850 کیلوگرم بر متر مکعب است. اگر حجم مخزن $V = 2 \text{ m}^3$ است، مقدار جرم m مخزن را تعیین کنید.

راه حل حجم یک مخزن نفت داده شده است. جرم روغن باید تعیین شود. مفروضات روغن یک ماده تقریباً تراکم ناپذیر است و بنابراین چگالی آن ثابت است. تجزیه و تحلیل طرحی از سیستمی که به تازگی توضیح داده شد در شکل ۱-۱۳ آورده شده است. فرض کنید فرمولی را فراموش کرده ایم که جرم را به چگالی و حجم مرتبط می کند. با این حال، می دانیم که جرم واحد کیلوگرم است. یعنی هر محاسباتی انجام می دهیم در نهایت به واحد کیلوگرم برسیم. با قرار دادن اطلاعات داده شده در فرمول، داریم:

$$\rho = 850 \text{ kg/m}^3, V = 2 \text{ m}^3$$

بدیهی است که با ضرب این دو مقدار می توانیم m^3 را حذف کنیم و به کیلوگرم برسیم. بنابراین فرمولی که ما به دنبال آن هستیم باید به فرم زیر باشد:

$$m = \rho V$$

پس؛

$$m = (850 \text{ kg/m}^3)(2 \text{ m}^3) = 1700 \text{ kg}$$

بحث توجه داشته باشید که این رویکرد ممکن است برای فرمول های پیچیده تر کار نکند. ثابت های غیربعدي نیز ممکن است در فرمول ها وجود داشته باشند، و اینها را نمی توان به تنهایی از ملاحظات واحد استخراج کرد. باید به خاطر داشته باشید که فرمولی که از نظر ابعادی همگن نیست قطعاً اشتباه است (شکل ۱-۱۴)، اما فرمول همگن از نظر ابعادی لزوماً درست نیست.

نسبت های تبدیل واحد؛

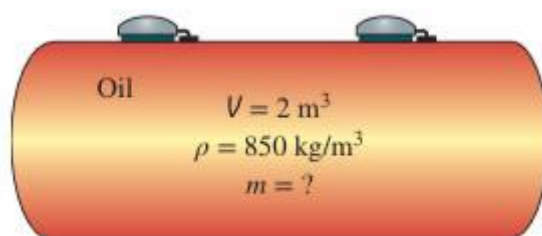
همانطور که همه ابعاد غیر اولیه را می توان با ترکیب مناسب ابعاد اولیه تشکیل داد، تمام واحدهای غیر اولیه (واحدهای ثانویه) نیز می توانند از ترکیب واحدهای اولیه تشکیل شوند. برای مثال، واحدهای نیرو را می توان به صورت زیر بیان کرد

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \text{and} \quad 1 \text{ lbf} = 32.174 \text{ lbm} \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$$

آنها همچنین می توانند راحت تر به صورت نسبت های تبدیل واحد بیان شوند

$$\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} = 1 \quad \text{and} \quad \frac{1 \text{ lbf}}{32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft/s}^2} = 1$$

نسبت‌های تبدیل واحد به طور یکسان برابر با ۱ هستند و بدون واحد هستند، و بنابراین چنین نسبت‌هایی (یا معکوس‌های آنها) می‌توانند به راحتی در هر محاسباتی برای تبدیل صحیح واحدها وارد شوند (شکل ۱-۱۵). شما تشویق می‌شوید که همیشه از نسبت‌های تبدیل واحد مانند آنچه در اینجا آمده است هنگام تبدیل واحدها استفاده کنید. برخی از کتاب‌های درسی ثابت گرانشی باستانی $g_c = 32,174 \text{ lbf}\cdot\text{ft}/\text{lbm}\cdot\text{s}^2 = 1$ را که به صورت $g_c = 32,174 \text{ lbf}\cdot\text{ft}/\text{lbm}\cdot\text{s}^2 = 1$ تعریف شده است را در معادلات وارد می‌کنند تا واحدها را وادار به مطابقت کنند. این عمل منجر به سردرگمی می‌شود و نویسندگان را به شدت دلسرد می‌کند. توصیه می‌کنیم در عوض از نسبت‌های تبدیل واحد استفاده کنید.



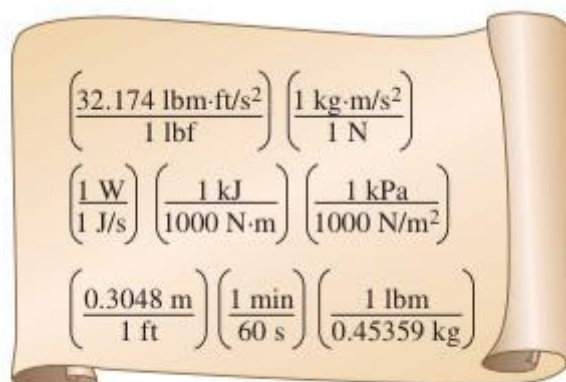
شکل ۱-۱۳

شماتیک برای مثال ۱-۲.



شکل ۱-۱۴

همیشه واحدها را در محاسبات خود بررسی کنید.



شکل ۱-۱۵

هر نسبت تبدیل واحد (و همچنین معکوس آن) دقیقاً برابر با ۱ است. در اینجا چند نسبت تبدیل واحد که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرند،

نشان داده شده است، که هر کدام در مجموعه پرانتزهای خود قرار دارند.

مثال ۱-۳ وزن یک پوند-جرم

با استفاده از نسبت‌های تبدیل واحد، نشان دهید که ۱,۰۰ پوند متر روی زمین ۱,۰۰ پوند بر فوت وزن دارد (شکل

۱-۱۶).

راه حل جرمی به اندازه ۱,۰۰ پوند متر تحت گرانش استاندارد زمین قرار می گیرد. وزن آن بر حسب پوند باید تعیین

شود.

مفروضات؛ شرایط استاندارد سطح دریا در نظر گرفته شده است.

ویژگی ها: ثابت گرانشی $g = 32.174 \text{ ft/s}^2$ است.

تجزیه و تحلیل؛ ما قانون دوم نیوتن را برای محاسبه وزن (نیروی) مطابق با جرم و شتاب شناخته شده اعمال می کنیم. وزن هر جسم برابر است با جرم آن ضربدر مقدار محلی شتاب گرانشی. بدین ترتیب،

$$W = mg = (1.00 \text{ lbm})(32.174 \text{ ft/s}^2) \left(\frac{1 \text{ lbf}}{32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft/s}^2} \right) = 1.00 \text{ lbf}$$

بحث کمیت در پرانتزهای بزرگ در این معادله یک نسبت تبدیل واحد است. جرم بدون توجه به مکان آن یکسان است. با این حال، در برخی از سیاره های دیگر با مقدار شتاب گرانشی متفاوت، وزن ۱ پوند متر با آنچه در اینجا محاسبه می شود متفاوت است.

وقتی یک جعبه غلات صبحانه می خرید، ممکن است روی چاپ نوشته شود: «وزن خالص: یک پوند (۴۵۴ گرم)». (شکل ۱-۱۷ را ببینید.) از نظر فنی، این بدان معنی است که غلات داخل جعبه وزن ۱,۰۰ پوند بر روی زمین و جرم آن ۴۵۳,۶ گرم (۰,۴۵۳۶ کیلوگرم) است. با استفاده از قانون دوم نیوتن، وزن واقعی غلات روی زمین است

$$W = mg = (453.6 \text{ g})(9.81 \text{ m/s}^2) \left(\frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) = 4.49 \text{ N}$$

۱-۳ ■ سیستم ها و حجم های کنترل

سیستم به عنوان کمیت ماده یا منطقه ای در فضا که برای مطالعه انتخاب شده است تعریف می شود. جرم یا ناحیه خارج از سیستم، محیط نامیده می شود. سطح واقعی یا خیالی که سیستم را از اطراف آن جدا می کند، مرز نامیده می شود (شکل ۱-۱۸). مرز یک سیستم می تواند ثابت یا متحرک باشد. توجه داشته باشید که مرز سطح تماس مشترک سیستم و محیط اطراف است. از نظر ریاضی، ضخامت مرز صفر است و بنابراین نه می تواند جرمی داشته باشد و نه حجمی را در فضا اشغال کند.

بسته به اینکه یک جرم ثابت یا یک حجم ثابت در فضا برای مطالعه انتخاب شود، ممکن است سیستم ها بسته یا باز در نظر گرفته شوند. یک سیستم بسته (همچنین به عنوان یک جرم کنترل یا سیستم فقط زمانی که زمینه آن را روشن می کند شناخته می شود) از مقدار ثابتی از جرم تشکیل شده است و هیچ جرمی نمی تواند از مرز آن عبور

کند. یعنی هیچ جرمی نمی تواند وارد یک سیستم بسته شود یا از آن خارج شود، همانطور که در شکل ۱-۱۹ نشان داده شده است. اما انرژی، به شکل گرما یا کار، می تواند از مرز عبور کند. و حجم یک سیستم بسته نباید ثابت باشد. اگر به عنوان یک مورد خاص، حتی انرژی اجازه عبور از مرز را نداشته باشد، آن سیستم را سیستم ایزوله می نامند.



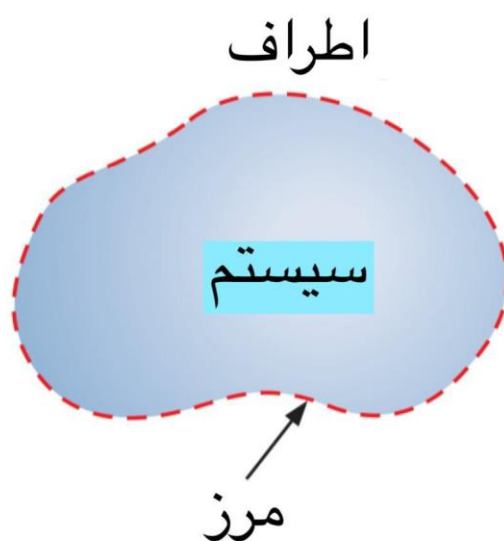
شکل ۱-۱۶

جرم ۱ پوند متری روی زمین ۱ پوند وزن دارد.



شکل ۱-۱۷

یک ابهام در سیستم متریک واحدها.



شکل ۱-۱۸

سیستم، محیط و مرز.

دستگاه پیستون سیلندر نشان داده شده در شکل ۱-۲۰ را در نظر بگیرید. بیا بگوییم که می‌خواهیم بدانیم وقتی گاز محصور گرم می‌شود چه اتفاقی می‌افتد. از آنجایی که ما توجه خود را بر روی گاز متمرکز می‌کنیم، این سیستم ما است. سطوح داخلی پیستون و سیلندر مرز را تشکیل می‌دهند و از آنجایی که هیچ جرمی از این مرز عبور نمی‌کند، یک سیستم بسته است. توجه داشته باشید که انرژی ممکن است از مرز عبور کند و بخشی از مرز (در این مورد سطح داخلی پیستون) ممکن است حرکت کند. همه چیز خارج از گاز، از جمله پیستون و سیلندر، محیط اطراف است.

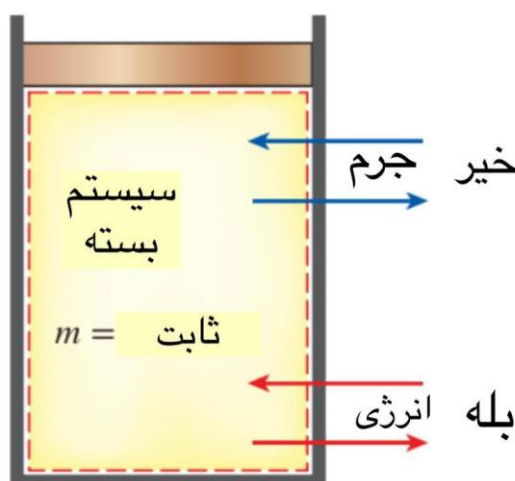
یک سیستم باز، یا یک ولوم کنترل، همانطور که اغلب نامیده می‌شود، یک منطقه به درستی انتخاب شده در فضا است. معمولاً دستگاهی را در بر می‌گیرد که شامل جریان جرمی مانند کمپرسور، توربین یا نازل است. جریان از طریق این دستگاه‌ها با انتخاب منطقه داخل دستگاه به عنوان حجم کنترل بهتر مورد مطالعه قرار می‌گیرد. جرم و انرژی هر دو می‌توانند از مرز یک حجم کنترل عبور کنند.

تعداد زیادی از مسائل مهندسی شامل جریان جرم در داخل و خارج از یک سیستم است و بنابراین به عنوان حجم‌های کنترل مدل می‌شوند. یک آبگرمکن، یک رادیاتور خودرو، یک توربین و یک کمپرسور همگی شامل جریان

جرمی هستند و باید به عنوان حجم‌های کنترلی (سیستم‌های باز) به جای جرم‌های کنترلی (سیستم‌های بسته) آنالیز شوند. به طور کلی، هر منطقه دلخواه در فضا را می‌توان به عنوان حجم کنترل انتخاب کرد. هیچ قانون مشخصی برای انتخاب حجم‌های کنترل وجود ندارد، اما انتخاب مناسب مطمئناً تجزیه و تحلیل را بسیار آسان‌تر می‌کند. به عنوان مثال، اگر بخواهیم جریان هوا را از طریق یک نازل تجزیه و تحلیل کنیم، یک انتخاب خوب برای حجم کنترل، ناحیه داخل نازل خواهد بود.

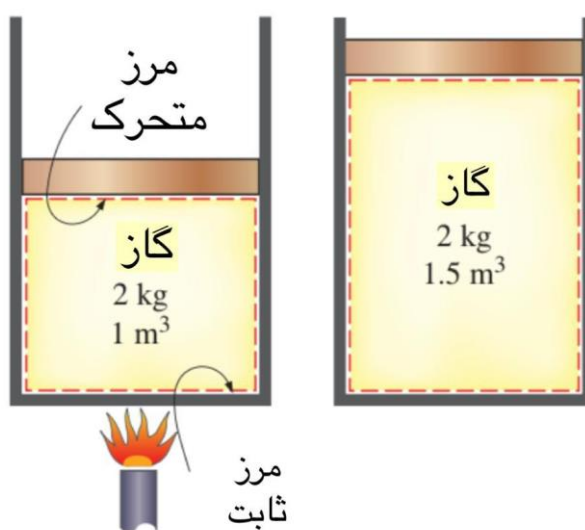
مرزهای یک حجم کنترل را سطح کنترل می‌نامند و می‌توانند واقعی یا خیالی باشند. در مورد یک نازل، سطح داخلی نازل قسمت واقعی مرز را تشکیل می‌دهد و نواحی ورودی و خروجی قسمت خیالی را تشکیل می‌دهند، زیرا هیچ سطح فیزیکی در آنجا وجود ندارد (شکل ۱-۲۱a).

یک ولوم کنترلی را می‌توان از نظر اندازه و شکل ثابت کرد، مانند مورد یک نازل، یا ممکن است شامل یک مرز متحرک باشد، همانطور که در شکل ۱-۲۱b نشان داده شده است. با این حال، اکثر حجم‌های کنترل دارای مرزهای ثابت هستند و بنابراین شامل هیچ مرز متحرکی نمی‌شوند. یک ولوم کنترلی همچنین می‌تواند علاوه بر برهمکنش جرمی، برهمکنش‌های حرارتی و کاری را نیز مانند یک سیستم بسته، شامل شود.



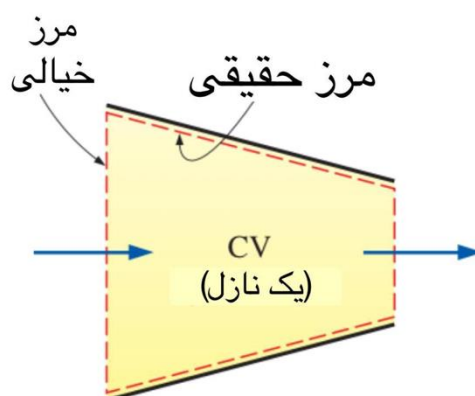
شکل ۱-۱۹

جرم نمی‌تواند از مرزهای یک سیستم بسته عبور کند، اما انرژی می‌تواند.

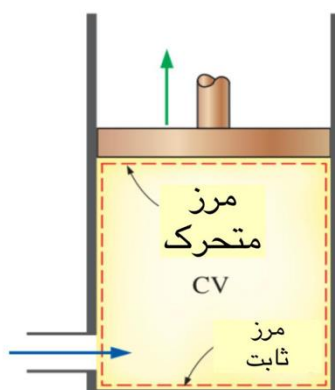


شکل ۱-۲۰

یک سیستم بسته با یک مرز متحرک.



(الف) حجم کنترل (CV) با مرزهای واقعی و خیالی



(ب) حجم کنترل (CV) با مرزهای ثابت و متحرک و همچنین مرزهای واقعی و خیالی

شکل ۱-۲۱

یک ولوم کنترل می تواند شامل مرزهای ثابت، متحرک، واقعی و خیالی باشد.

به عنوان نمونه ای از یک سیستم باز، آبگرمکن نشان داده شده در شکل ۱-۲۲ را در نظر بگیرید. اجازه دهید بگوییم که می خواهیم تعیین کنیم چه مقدار گرما باید به آب موجود در مخزن منتقل کنیم تا جریان ثابتی از آب گرم را تامین کنیم. از آنجایی که آب گرم از مخزن خارج می شود و با آب سرد جایگزین می شود، انتخاب یک جرم ثابت به عنوان سیستم ما برای تجزیه و تحلیل راحت نیست. در عوض، می توانیم توجه خود را روی حجم تشکیل شده توسط سطوح داخلی مخزن متمرکز کنیم و جریان های آب سرد و گرم را به عنوان جرمی در نظر بگیریم که از حجم کنترل خارج شده و وارد آن می شود. سطوح داخلی مخزن سطح کنترل این مورد را تشکیل می دهد و جرم در دو مکان از سطح کنترل عبور می کند.

در یک تحلیل مهندسی، سیستم مورد مطالعه باید به دقت تعریف شود. در بیشتر موارد، سیستم مورد بررسی کاملاً ساده و واضح است و تعریف سیستم ممکن است کاری خسته کننده و غیر ضروری به نظر برسد. با این حال، در موارد دیگر، سیستم مورد مطالعه ممکن است نسبتاً درگیر باشد و انتخاب مناسب سیستم ممکن است تجزیه و تحلیل را بسیار ساده کند.

۴-۱ ■ ویژگی های یک سیستم

هر مشخصه ای از یک سیستم را خاصیت می گویند. برخی از خواص آشنا عبارتند از فشار P ، دمای T ، حجم V و جرم m . این فهرست را می توان به مواردی مانند ویسکوزیته، هدایت حرارتی، مدول الاستیسیته، ضریب انبساط حرارتی، مقاومت الکتریکی، و حتی سرعت و ارتفاع، گسترش داد. خواص یا فشرده یا گسترده در نظر گرفته می شوند. خواص فشرده آنهایی هستند که مستقل از جرم یک سیستم هستند، مانند دما، فشار و چگالی. خواص گسترده آنهایی هستند که مقادیر آنها به اندازه یا وسعت سیستم بستگی دارد. جرم کل، حجم کل و تکانه کل نمونه هایی از خواص گسترده هستند. یک راه آسان برای تعیین فشرده یا