www.noavarpub.com

بسم الله الرحمن الرحیم

تشریح کامل مسائل

مبانی ترمودینامیک

(ویراست هفتم)

بورگناک ■ زونتاگ ■ (ون وایلن)

جلد اول

ویرایش دوم ـ چاپ دوم

تألیف و ترجمه:
مهندس حمید قاسمی
دکتر شکوفه خسروی‌زاده
مهندس سمیه حرمتی

سرشناسه	: قاسمی، حمید، ۱۳۵۶ –
عنوان و نام پدیدآور	: تشریح کامل مسایل مبانی ترمودینامیک/ تالیف و ترجمه حمید قاسمی، شکوفه خسروی‌زاده ، بهروز ساری‌جه؛ با همکاری اعظم شانظری .
مشخصات نشر	: تهران : نوآور، ۱۳۹۲ –
مشخصات ظاهری	: ۵۱۴ ص.
شابک	: ۹۷۸–۶۰۰–۱۶۸–۱۰۴–۲
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: thermodynamics, 7th ed, 2009 Fundamentals of.
یادداشت	: کتاب حاضر تشریح مسائل کتاب " "7th ed, c2009 Foundamentals of thermodynamics, " اصول ترمودینامیک" است
یادداشت	: ویراست یک تا چهارم کتاب با عنوان " thermodynamics Fundamentals of classical " " اصول ترمودینامیک کلاسیک "منتشر شده است .
عنوان دیگر	: اصول ترمودینامیک .
عنوان دیگر	: اصول ترمودینامیک کلاسیک .
موضوع	: ترمودینامیک
موضوع	: ترمودینامیک –– مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
شناسه افزوده	: خسروی‌زاده، شکوفه، ۱۳۵۹ –
شناسه افزوده	: ساری‌جه، بهروز، –۱۳۶۶
شناسه افزوده	: ون وایلن، گوردون جان، ۱۹۲۰ – م . اصول ترمودینامیک کلاسیک
شناسه افزوده	: سانتگ، ریچارد ادوین . اصول ترمودینامیک کلاسیک
شناسه افزوده	: بورگناک، کلاوس . اصول ترمودینامیک کلاسیک
رده بندی کنگره	: TJ ۲۶۵/س۲الف۶۲۷ ۱۳۹۲
رده بندی دیویی	: ۳۶/۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۰۹۴۹۷۰

تشریح کامل مسائل مبانی ترمودینامیک (ویراست هفتم) ـ جلد اول

تالیف و ترجمه: مهندس حمید قاسمی ـ دکتر شکوفه خسروی‌زاده ـ مهندس سمیه حرمتی

ناشر: نوآور

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

حروفچین و صفحه‌آرائی: زهرا محمودی، مریم علی‌محمدی، عاطفه مهری

طراحی اشکال: مهدی قاسمی‌زاده

مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا

شابک: ۹۷۸ـ ۶۰۰ـ ۱۶۸ـ۳۱۸ـ۳

نمایشگاه دائمی و مرکز فروش:

نوآور: تهران ـ خ انقلاب، خ فخررازی، خ شهدای ژاندارمری نرسیده به خ دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه دوم، واحد ۶

تلفن مرکز پخش:۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

پیشگفتار

بنام آنکه جان را حکمت آموخت

سپاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخشید تا به یاری این موهبت راه ترقی و تعالی را بپیماید و سپاس از اینکه عنایات الهی شامل حال ما شد تا با بضاعت اندک علمی خود در خدمت جوانان و آینده سازان کشور عزیزمان باشیم.

چیزی که این سری از کتابها را از سایر کتابها موجود در بازار متمایز می کند عبارتند از: ۱- در مسائل که نیاز به حل معادله یا توضیح مطالب ریاضی دارد، مفصل حل نموده ایم و همچنین با توضیحات فارسی کافی در قسمت به قسمت مسائل، حل آنها کاملاً واضح شده است.۲- در ابتدای هر مسئله داده ها و خواسته های آن نوشته شده است. نوشتن این مطالب این مزیت را دارد که داده ها و خواسته های مساله در ذهن هر فرد همیشه نقش بسته و ذهن هر فرد را در پیدا کردن ارتباط منطقی میان داده و حل مساله کمک می کند و از خواندن دوباره صورت مساله بی نیاز می کند.

برخورد لازم می دانم از همکاری صمیمانه ناشر محترم جناب آقای علی نصیر نیا و محمد نصیر نیا تشکر و قدردانی کنم. همچنین از آقای مهندس بهروز ساری جه و آقای مهندس مهدی بقایی که در مراحل ویرایش، بازخوانی مطالب ما را یاری کرده اند صمیمانه تشکر و قدرانی می نماییم و همچنین از خانم سمیه حرمتی که در حذف واحدهای غیر si کمک کردند تشکر می کنیم.

با تمام کوششی که برای ارائه بدون غلط این اثر به عمل آمده است، کتاب خالی از اشکال نیست. نگارندگان صیمیمانه ترین سپاسهای خود را تقدیم فرهیخته و دانشجویان ارجمندی می نماید که با راهنماییها و پیشنهاد های خود راه اصلاح و تکمیل این مجموعه را هموار سازند. (از طریق پست الکترونیکی $Hamid.Ghasemi۵۶@gmail.com$)

دانشگاه صنعتی اصفهان - دانشگاه صنعتی مالک اشتر

خسروی زاده - قاسمی

فراخوان مساعدت فرهنگی و علمی

خوانندهٔ فرهیخته و بزرگوار

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلّفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همّت خود را برای ارائهٔ کتابی درخور و شایستهٔ شما فرهیختهٔ گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حدّاقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیّت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

بااین‌وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائهٔ اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرّا از نقص و اِشکال دانست. ازسوی‌دیگر، این انتشارت بنابه تعهّدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلّم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، ازهرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشرهٔ خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا دراین راستا، از شما فرهیختهٔ گرامی تقاضا داریم درصورتی‌که حین مطالعهٔ کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شدهٔ خود را با هزینهٔ انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگهٔ جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگهٔ مزبور را با ذکر نام و شمارهٔ تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اِعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارترشدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهّدانه و مسئولانهٔ شما خوانندهٔ فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکّر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، درصورتی‌که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخهٔ دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شدهٔ آن و نیز از سایر کتب منتشرهٔ خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و درصورتی‌که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدّمهٔ چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.

نشرنوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

فهرست

فصل دوم ۷

فصل سوم ۳۳

فصل چهار ۹۱

فصل پنجم ۱۳۷

فصل ششم ۲۲۳

فصل هفتم ۲۹۵

فصل هشتم ۳۴۳

فصل نهم ۴۲۷

هشـــدار

کلّیهٔ حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قـانون حقـوق مؤلّفـان و مـصنّفان و هنرمنـدان مصوّب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامهٔ اجرایی آن مصوّب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلّـق بـه نـشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تـصاویر ایـن کتـاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قـسمتی از کتـاب به هـر شـکل از قبیـل هـر نـوع چـاپ، فتـوکپی، اسـکن، تایـپ از کتـاب، تهیّـهٔ پـی دی اف از کتـاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتـشار بـه‌صـورت اینترنتـی، سـی دی، دی وی دی، فـیلم، فایـل صوتی یا تصویری و غیره بـدون اجازهٔ کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بـوده و **شـرعاً نیـز حـرام** است، و متخلّفین تحت **پیگرد قانونی و قضایی** قرار می‌گیرند.

با توجّه به اینکه هیچ کتابی از کتـب نـشر نـوآور بـه‌صـورت فایـل ورد یـا پـی دی اف و مـوارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده اسـت، لـذا درصـورتی‌کـه هـر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقـدام بـه فـروش آن نمایـد، توسـط کارشناسـان امـور اینترنتـی ایـن انتشارات، که مسئولیّت ادارهٔ سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و درصورت مشخص شدن هرگونه تخلّف، ضمن اینکه این کار از نظـر قـانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیـل قـانونی انتـشارات از طریـق وزارت فرهنـگ و ارشاد اسلامی، **پلیس فتا** (پلیس رسیدگی به جرایم رایانـه‌ای و اینترنتـی) و نیـز سـایر مراجـع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلّف کرده و طیّ انجام مراحل قانونی و اقدامات قـضایی، خاطیان را مورد **پیگرد قانونی و قضایی** قرار داده و کلّیّهٔ خـسارات وارده بـه ایـن انتـشارات از متخلّف اخذ می‌گردد.

همچنین درصورتی‌که هر کتابفروشی، اقدام به تهیّهٔ کپی، جزوه، چـاپ دیجیتـال، چـاپ ریـسو، اُفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فـروش آن نمایـد، ضـمن اطـلاع‌رسـانی تخلّفـات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مُوَزّعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشـاد اسـلامی، اتحادیهٔ ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلّف می‌نماید.

خرید، فروش، تهیّه، استفاده و مطالعه از روی نسخهٔ غیراصلِ کتاب، از نظر قانونی غیرمجاز، و شرعاً نیز حرام است.

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهدهٔ هر گونـه تخلّـف از قبیـل مـوارد فـوق، مراتب را یا از طـریق تلفـن‌های انتـشارات نـوآور بـه شـماره‌هـای۲- ۶۶۴۸۴۱۹۱ ۰۲۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتـشارات بـه آدرس *info@noavarpub.com* و یـا از طریق منوی تماس با ما در سایت *www.noavarpub.com* به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع حقـوق ناشـر، پدیدآورنـده و نیـز خـود خواننـدگان محتـرم جلـوگیری بـه‌عمـل آیـد، و نیز به‌عنوان تشکّر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

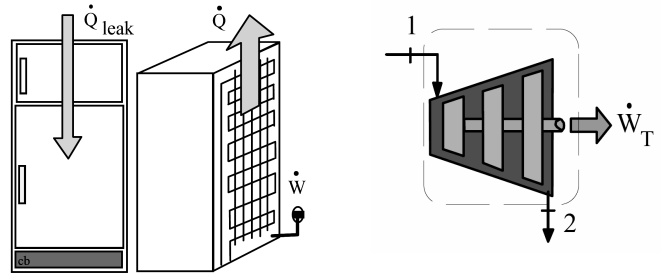
فصل دوم

برخی تعاریف و مفاهیم

پاسخ به مسائل متن درس

۲- الف) یک حجم کنترل حول توربین در نیروگاه بخار شکل ۱-۱ در نظر بگیرید و جریان‌های جرمی و انرژی که وجود دارند را نام ببرید.

پاسخ: یک جریان بخار داغ فشار بالا در حالت ۱ داریم که از غلطک بخار ناشی می‌شود (در شکل نشان داده نشده است). بخار در فشار پایین‌تر خارج و به چگالنده (مبدل حرارتی) در حالت ۲ وارد می‌شود یک محور دوار توان را به دستگاه ژنراتور برق تحویل می‌دهد.



۲- ب) یک حجم کنترل حول یخچال آشپزخانه در نظر بگیرید و مشخص کنید اجزای نشان داده شده در شکل در چه مکانی قرار می‌گیرند و کل جریان‌های انتقال انرژی را نشان دهید.

پاسخ: شیر و خط سرما، اپراتور است که کاملاً در داخل دیواره‌ای، داخل یخچال قرار می‌گیرد و معمولاً یک دمنده کوچک هوای سرد را از جعبه فریزر به هوای اتاق پخش می‌کند. مشبک سیاه در پشت یا کف چگالنده است که حرارت را به هوای اتاق می‌دهد. کمپرسور در کف یخچال قرار می‌گیرد.

۲- ج) چرا افراد هنگام شنا در دریای لوط (بحرمیت) در مقایسه با شنا در یک دریاچه با آب تازه در بالا شناور می‌مانند؟

پاسخ: به علت اینکه دریای لوط (بحرمیت) بسیار شور است چگالی آن بالاتر از چگالی آب تازه است. خاصیت شناوری نیرویی برابر با وزن آب جابه‌جا شده به بالا ایجاد می‌کند چون چگالی آب شور بالاتر است حجم جابه‌جا شده برای نیروی یکسان کمتر است.

۲- د) چگالی آب مایع برابر $r = ۱۰۰۸ - \frac{T}{۲}\left[kg/m^۳\right]$ است که دمای T برحسب $^\circ C$ می‌باشد اگر دما افزایش یابد برای چگالی و حجم مخصوص چه تغییری رخ می‌دهد؟

پاسخ: مشاهده می‌شود که با افزایش دما، چگالی کاهش می‌یابد. $\Delta r = -\frac{\Delta T}{۲}$

زیرا حجم مخصوص عکس چگالی است ($v = ۱/r$). بنابراین کاهش خواهد یافت.

۲- و) بادسنج لاستیک ماشین فشار $۱۹۵kPa$ را نشان می‌دهد فشار هوای داخل لاستیک چقدر است؟

پاسخ: فشاری که روی دستگاه خوانده می‌شود بصورت ΔP است بنابراین فشار مطلق بصورت زیر خواهد بود:

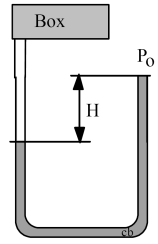
$$P = P_۰ + \Delta P = ۱۰۱ + ۱۹۵ = ۲۹۶kPa$$

۲- ه) آیا همیشه می‌توان از ΔP سیال در موقعیت بالای A شکل ۱۲-۲ صرف‌نظر کرد؟ به چه چیزی بستگی دارد؟

پاسخ: اگر چگالی سیال بالای A نسبت به سیال فشارسنج پایین است می‌توان از تغییر فشار در پیستون A در بالا چشم‌پوشی کرد و می‌توان گفت که سیال یک گاز مثل هوا است و سیال فشارسنج چیزی مثل آب مایع است. گرچه اگر سیال بالای A چگالی برابر با اندازه چگالی سیال فشارسنج داشته باشد تغییر فشار با ارتفاع به اندازه‌ای بزرگ هست که باید آن را در محاسبات در نظر گرفت.

۲- ت) یک فشارسنج U شکل دارای شاخه‌ای در سمت چپ است که یک محفظه با فشار $۱۱۰kPa$ به آن متصل شده است و شاخه سمت راست باز است. کدام طرف ستون سیال بالاتری دارد؟

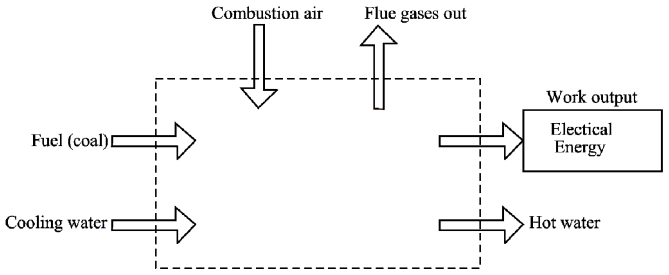
پاسخ: چون سیال شاخه چپ $۱۱۰kPa$ را تحمل می‌کند و شاخه سمت راست در فشار $۱۰۰kPa$ است باید پایین رود تا با فشار $۱۱۰kPa$ متعادل گردد. بنابراین شاخه سمت راست ستون سیال بالاتری دارد.



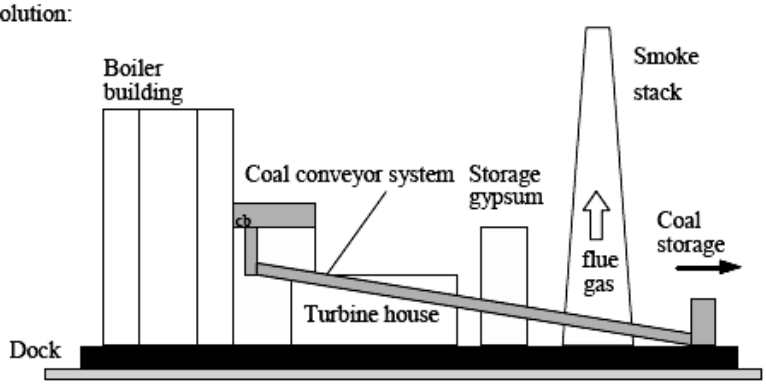
مسایل مفهومی

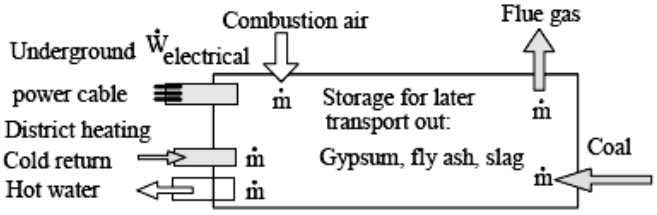
۲-۱ یک حجم کنترل اطراف کل نیروگاه شکل (۱-۲) بوسیله‌ی شکل (۱-۱) رسم نمایید. لیستی از جریان‌های جرم و انرژی که وارد یا خارج یا ذخیره می‌شود را بنویسید. یقین حاصل نمایید که همه‌ی آن چه را که داخل و یا بیرون حجم کنترل انتخابی شما واقع شده‌اند مورد توجه قرار داده‌اید.

پاسخ: اگر کل یک نیروگاه برق معمولی را در نظر بگیریم هوا و سوخت وارد نیروگاه شده و محصولات حاصل از احتراق واحد را ترک می‌کنند. همچنین یک انتقال حرارت از طریق آب خنک کننده و کار انجام شده به شکل انرژی الکتریکی که از نیروگاه خارج می‌شوند نیز وجود دارند.



Solution:



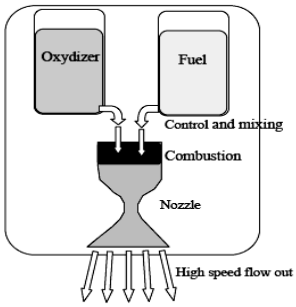


موارد زیر ورودی‌ها و خروجی‌های نیروگاه برق هستند:

ورودی‌ها: ۱) سوخت (زغال سنگ) ۲) هوا برای احتراق ۳) آب خنک کننده

خروجی‌ها: ۱) کار انجام شده به شکل انرژی الکتریکی ۲) گازهای خروجی ۳) آب داغ

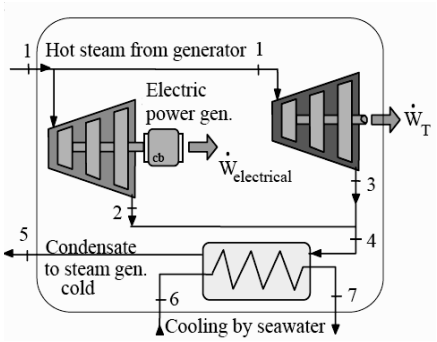
۲-۲ حجم کنترلی از اطراف موتور راکت شکل (۱-۱۲) را بنویسید. جریان‌های جرم را شناسایی کنید و ثابت کنید که انرژی جنبشی در کجا اهمیت دارد و در کجا تغییرات ذخیره خواهند شد.



پاسخ: ذخیره هر دو مخزن رو به کاهش هستند و جریان جرمی با سرعت آرام خارج می‌شود. تبدیل انرژی در فرآیند احتراق رخ می‌دهد. گاز فشار بالا انبساط یافته و با فشار پایین خارج می‌شود و بنابراین شتابی با سرعت بالا و انرژی جنبشی کافی ایجاد می‌کند.

۲-۳ یک حجم کنترل شامل جریان بخار در چرخه‌ی توربین اصلی در یک سیستم پیشران هسته‌ای شکل (۱-۳) ارائه نمایید. جریان‌های جرم (سرد یا داغ) و انتقال انرژی که به حجم کنترل وارد یا خارج می‌شود را تعیین کنید.

پاسخ: حجم کنترل شامل جریان بخار در اطراف حلقه اصلی توربین در سیستم رانش هسته‌ای به صورت زیر است:



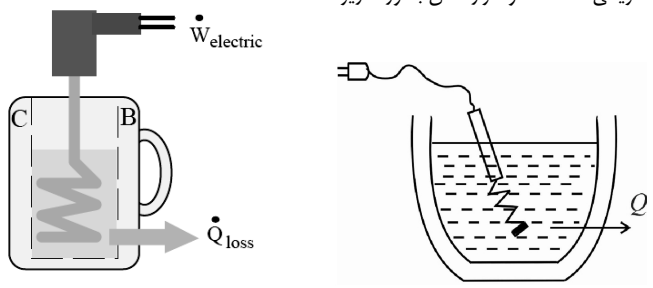
– بخار فوق گرم فشار بالا ژنراتور بخار را ترک و وارد توربین در حالت (۱) می‌شود. – بخار در هر دو قسمت توربین و در طی کار انبساط می‌یابد و توربین را قادر می‌سازد تا توربو ژنراتور و سیستم جعبه دنده را به حرکت درآورد. – بخار در حالت فشار پایین از توربین-ها خارج شده (حالت ۲ و ۳) و در حالت ۴ وارد چگالنده می‌شود. – آب خنک کننده مورد نظر آب دریاست که در حالت ۶ وارد و در حالت ۷ خارج می‌شود.

۲-۴ از بین پارامترهای P , F , V ,v , r , T , a , m , L , t , $\mathbf{V}$ خواص متمرکز، پیدا کرده و آنهایی را که خاصیت شناخته نمی‌شوند محاسبه نمایید.

پاسخ: خصوصیات داده شده شامل $\mathbf{V}$, t , L , m , a , T , r , v , V , F , P هستند. خواص شدتی شامل P , V , r , T هستند. خواص مقداری شامل $\mathbf{V}$, m هستند. خواص $\mathbf{V}$, t , L , a , F در هیچکدام از دسته‌های بالا نیستند.

۲-۵ یک گرمکن الکتریکی در یک فنجان آب قرار گرفته و آن را از $20^\circ C$ تا $80^\circ C$ گرم می‌نماید. جریان‌های انرژی و ذخیره انرژی در آن را مشخص کنید و آن چه را که تغییر می‌یابد ارائه کنید.

پاسخ: گرمکن الکتریکی داده شده و حرارت آن بصورت زیر است:



می‌دانیم که آب از $20^\circ C$ تا $80^\circ C$ گرم می‌شود. – آب ابتدا در دمای $20^\circ C$ قرار دارد. – انرژی الکتریکی گرمکن تبدیل به انرژی گرمایی می‌شود که به آب داخل فنجان منتقل می‌شود. – آب این انرژی گرمایی را جذب کرده و دمایش تا $80^\circ C$ افزایش می‌یابد.
چون فنجان در دمای پایین‌تری نسبت به آب قرار دارد قسمتی از انرژی گرمایی آب به فنجان منتقل می‌شود. – چون دمای هوای بیرونی کمتر از دمای فنجان است. فنجان مقدار کمی از انرژی خود را به صورت اتلاف حرارتی (Q) به جو از دست می‌دهد.

۲-۶ آب در طبیعت به سه شکل جامد، مایع و گاز دیده می‌شود. بزرگی نسبی دانسیته و حجم ویژه را برای هر سه حالت به دست آورید.

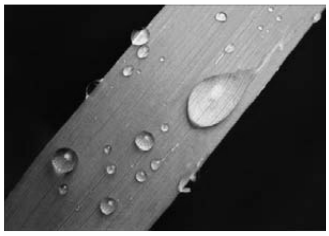
پاسخ: روش اول) آب در طبیعت به سه حالت مختلف جامد، مایع و گاز وجود دارد. مقدار نسبی چگالی و حجم مخصوص برای این سه فاز در جدول زیر آمده است.

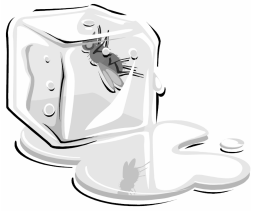
شماره	فاز آب	چگالی	حجم مخصوص
۱	جامد	۹۰۰	۰/۰۰۱۱
۲	مایع	۱۰۰۰	۰/۰۰۱۰
۳	گاز	۱/۰	۱/۰

(توجه: حجم مخصوص عکس چگالی است)

روش دوم) مقادیر چگالی برای مواد معمول در شکل ۲-۷ نشان داده شده‌اند. مقادیر با دقت بیشتر در جداول $A.3$ و $A.4$ و $A.5$ موجود هستند. آب بصورت جامد (یخ) دارای چگالی در حدود $900 kg/m^3$ است. آب بصورت مایع چگالی در حدود $1000 kg/m^3$ دارد. آب بصورت بخار دارای چگالی در حدود $1 kg/m^3$ است. (حساس به T, P است).







بخار (بخار آب) قابل مشاهده نیست چیزی که ما می‌بینیم قطرات ریز معلق در هوا هستند قبلاً بصورت بخار آب وجود داشته‌اند وچگالیده شده‌اند.

۲-۷ آیا دانسیته یک مقیاس از توزیع جرم در حجم می‌باشد یا خیر؟ آیا تغییری می‌یابد؟ اگر قابل تغییر باشد با چه نوع مقیاسی این کار امکان‌پذیر است؟

پاسخ: چگالی بصورت جرم واحد حجم یعنی $r = \frac{m}{V}$ تعریف می‌شود. بله چگالی می‌تواند از محلی به محل دیگر بسته به جرم جسم و حجم اشغالی آن تغییر کند. اگر حجم بسیار بزرگی در مقایسه با جرم داشته باشیم چگالی بطور نامحدود تغییر می‌کند. اگر جرم در حجم در دسترس بصورت نایکنواخت توزیع شده باشد چگالی باعث می‌شود که جسم در یک طرف نسبت به طرف دیگر سنگین‌تر باشد. چگالی می‌تواند در مقیاس‌های متر، سانتیمتر یا میلیمتر اندازه‌گیری شود.

***۲-۸** چگالی کلی الیاف، پشم شیشه عایق، فوم‌ها و پنبه به طور مشخص پایین است. چرا؟

پاسخ: چگالی الیاف، عایق پشم سنگ، اسفنج و کتان نسبتاً پایین است.