



آزمایشگاه ترمودینامیک

مولفان:

پیمان ابراهیمی ناغانی

احمد رضا ملاکاظمی

سید محمد نوید طباطبایی زاده



ابراهیمی ناغانی، پیمان 1354 -
آزمایشگاه ترمودینامیک / مولفان پیمان ابراهیمی ناغانی، احمدرضا
ملاکاظمی، سید محمد نوید طباطبایی زاده.
تهران، نوآور 1400.
146 ص.
978-600-168-558-3
فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی: <http://opac.nlai.ir> قابل
دسترسی است.
ملاکاظمی، احمدرضا -
طباطبایی زاده سید محمد نوید -
7990325

شناسه:
عنوان و نام پدیدآور:
مشخصات نشر:
مشخصات ظاهری:
شابک:
یادداشت:
یادداشت:
یادداشت:
شماره کتابشناسی ملی:

آزمایشگاه ترمودینامیک



نشر نوآور

مولفان: پیمان ابراهیمی ناغانی، احمدرضا ملاکاظمی

سید محمد نوید طباطبایی زاده

ناشر: نوآور

شمارگان: 500 نسخه

شابک: 978-600-168-558-3

مرکز بخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای
ژندارمیری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک
58

طبقه اول، واحد 3، تلفن: 92 66484191 www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و
مصنفان مصوب سال 1348 برای ناشر محفوظ و منحصرأ متعلق به نشر
نوآور می باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل
هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع
انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، 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 می گیرند.

لطفاً جهت دریافت الحاقات و اصلاحات احتمالی این کتاب به سایت انتشارات نوآور مراجعه فرمایید.

www.noavarpub.com

<https://telegram.me/noavarpub>

<https://www.instagram.com/noavarpub/>

فهرست مطالب

12.....	مقدمه
13.....	نحوه تهیه گزارش کار آزمایشگاه
13.....	(1) هدف
13.....	(2) چکیده مطالب
13.....	(3) تئوری
13.....	(4) شرح دستگاه
13.....	(5) شرح آزمایش
14.....	(6) نمونه محاسبات
14.....	(7) بحث و نتیجه گیری
14.....	(8) پاسخ به سوالات
14.....	(9) ضمیمه
15.....	آزمایش اول / دیگ مارست
15.....	اهداف
15.....	مقدمه
16.....	شرح دستگاه
16.....	روش کار با دستگاه
17.....	نکات ایمنی
17.....	ترمودینامیک آزمایش
18.....	روش انجام آزمایش
19.....	محاسبه و معادلات
20.....	نتیجه گیری
21.....	سوالات
22.....	آزمایش دوم / تبرید تراکمی
22.....	اهداف آزمایش
22.....	مقدمه
22.....	شرح دستگاه

- 23.....اجزای دستگاه
- 24.....ترمودینامیک آزمایش
- 24.....سیکل تبرید تراکمی
- 24.....ضریب عملکرد
- 26.....انحراف سیکل تبرید تراکم بخار حقیقی از سیکل ایده آل
- 26.....نحوه نصب و راه اندازی دستگاه
- 27.....روش انجام آزمایش
- 27.....آزمایش اول
- 27.....مراحل آزمایش
- 27.....خواسته های آزمایش اول
- 28.....آزمایش دوم
- 28.....مراحل آزمایش
- 28.....فرآیند 2-3
- 29.....فرآیند 3-4
- 29.....فرآیند 4-1
- 29.....خواسته های آزمایش دوم
- 29.....سوالات

31.....آزمایش سوم / دستگاه تهویه مطبوع

- 31.....اهداف آزمایش
- 31.....مقدمه
- 32.....مشخصات دستگاه
- 33.....ترمودینامیک آزمایش
- 33.....تعاریف
- 36.....فرایندهای تهویه مطبوع
- 36.....نکته بسیار مهم
- 38.....تعیین دبی جرمی هوای ورودی
- 38.....روش کار با دستگاه
- 39.....آزمایش ها
- 39.....آزمایش 1 (رطوبت زنی و گرمایش)
- 40.....آزمایش 2 (رطوبت زدایی)

- 40..... آزمایش 3 (گرمایش هوا)
- 41..... آزمایش 4 (سرمایش هوا)
- 42..... آزمایش 5 (رسیدن به شرایط آسایش)
- 46..... آزمایش چهارم / برج خنک کن**
- 46..... هدف از آزمایش
- 46..... مقدمه
- 48..... ترمودینامیک آزمایش
- 49..... مدار جریان آب دستگاه
- 50..... مدار جریان هوای دستگاه
- 50..... تجهیزات دستگاه
- 50..... ابزارهای حفاظتی دستگاه
- 50..... تبخیر از یک سطح خیس
- 51..... عملکرد برج خنک کن
- 53..... کاربرد معادله انرژی جریان پایدار
- 53..... تعادل جرم
- 55..... آزمایش‌ها
- 55..... آزمایش اول
- 57..... آزمایش دوم
- 57..... تاثیر بار سرمایش بر روی دمای رویکرد به حباب مرطوب
- 58..... نمونه مثال حل شده
- 60..... آزمایش سوم
- 60..... رابطه‌ی بین سرعت هوا و دمای رویکرد به حباب مرطوب و افت فشار جعبه
- 60..... نمونه مثال حل شده
- 62..... آزمایش چهارم
- 62..... رابطه بین بار سرمایشی (توان هیتر) و بازه سرمایش
- 64..... آزمایش پنجم / تبرید جذبی**
- 64..... هدف
- 64..... شرح دستگاه و عملکرد سیکل تبرید جذبی
- 65..... اهداف سیکل جذبی

- 66.....مزایای سیکل جذبی
- 66.....اجزای اصلی سیکل تبرید جذبی
- 66.....اجزای دستگاه
- 67.....ترمودینامیک آزمایش
- 67.....سیکل تبرید جذبی - آمونیاک
- 69.....سیستم جذبی تکمیل شده
- 70.....روش انجام آزمایش
- 71.....سوالات

- 72.....آزمایش ششم / معادل مکانیکی گرما**
- 72.....هدف انجام آزمایش
- 72.....مقدمه
- 73.....ترمودینامیک آزمایش
- 73.....شرح دستگاه آزمایش
- 74.....روش کار با دستگاه
- 74.....نحوه‌ی انجام آزمایش
- 75.....داده‌های آزمایش
- 75.....خواسته‌های آزمایش
- 76.....نمونه‌ی محاسبات
- 76.....راندمان کلی دستگاه
- 76.....سوالات

- 78.....آزمایش هفتم / سیکل استرلینگ**
- 78.....هدف
- 78.....مقدمه
- 79.....ترمودینامیک آزمایش
- 80.....نحوه کار موتورهای استرلینگ
- 81.....شرح دستگاه
- 82.....اجزای دستگاه
- 82.....روش کار با دستگاه
- 83.....روش انجام آزمایش

83.....	محاسبات
84.....	سوالات
85.....	آزمایش هشتم
85.....	موتور بنزینی
85.....	هدف
85.....	شرح دستگاه
87.....	ترمودینامیک آزمایش
88.....	اجزای کلی دستگاه
88.....	روش کار با دستگاه
89.....	روش آزمایش
90.....	1- تعیین دبی جرمی هوای ورودی به موتور
90.....	2- فشار مؤثر متوسط (mean effective pressure) mep
91.....	3- مصرف ویژه سوخت
91.....	4- نسبت هوا به سوخت
91.....	5- انرژی از دست داده شده توسط دود خروجی
92.....	6- راندمان حجمی
92.....	7- راندمان حرارتی
92.....	8- درصد تلفات اگزوز
93.....	سوالات
95.....	آزمایش نهم / موتور دیزل
95.....	هدف
95.....	مقدمه
96.....	ترمودینامیک آزمایش
96.....	نحوه عملکرد موتورهای دیزل
97.....	سیکل دیزل
98.....	شرح دستگاه
99.....	مشخصات موتور دیزل
99.....	روش کار با دستگاه
101.....	روش آزمایش
101.....	محاسبات:

- 1- تعیین دبی جرمی هوای ورودی به موتور 101
- 2- قدرت محوری 101
- 3- مصرف ویژه سوخت 102
- 4- نسبت هوا به سوخت 103
- 5- انرژی از دست داده شده توسط دود خروجی 103
- 6- راندمان حجمی 103
- 7- راندمان حرارتی 103
- خواسته‌های آزمایش 104

آزمایش دهم / موتور بخار 106

- هدف 106
- مقدمه 107
- water tube boiler 107
- fire tube boiler 108
- شرح دستگاه 108
- بویلر 109
- یونیت موتور 109
- کندانسور 110
- ترمودینامیک آزمایش 110
- روش انجام آزمایش 113
- سوالات 114

آزمایش یازدهم / کمپرسور تک مرحله‌ای 116

- هدف 116
- مقدمه 117
- ترمودینامیک آزمایش 117
- راندمان حجمی 118
- راندمان دما ثابت: 120
- بازده تک آنترابی کمپرسورها 121
- شرح دستگاه 122
- روش انجام آزمایش 124

- 124..... خواسته‌های آزمایش
- 126..... آزمایش دوازدهم / کمپرسور دو مرحله‌ای**
- 126..... هدف
- 127..... مقدمه
- 127..... ترمودینامیک آزمایش
- 128..... شرح دستگاه آزمایش
- 129..... 1- تعیین دبی جرمی هوای ورودی
- 129..... 2- محاسبه راندمان کلی کمپرسور
- 130..... 3- راندمان حجمی کمپرسور
- 130..... 4- محاسبه توان پلی‌تریپیک یا اندیس تراکم n
- 130..... 5- محاسبه کار واقعی انجام شده
- 131..... 6- توان اندیکاتور
- 131..... 7- توان ایزوترم
- 131..... 8- محاسبه راندمان ایزوترم
- 131..... 9- محاسبه گرمای از دست داده شده در خنک کن (مخزن میانی)
- 131..... روش کار با دستگاه
- 132..... روش انجام آزمایش
- 132..... خواسته‌های آزمایش
- 134..... آزمایش سیزدهم / مخلوط گازها**
- 134..... هدف
- 135..... مقدمه
- 136..... مثال
- 136..... شرح دستگاه
- 137..... نوار ابزار (*Tool Bar*)
- 139..... نوار ابزار (*Tool Bar*)
- 140..... ترمودینامیک آزمایش
- 141..... الف) فرآیند حجم ثابت
- 141..... ب) فرآیند آدیباتیک
- 141..... کار انجام شده در یک فرآیند آدیباتیک

- 142..... (ج) فرایند دما ثابت
- 143..... روش انجام آزمایش
- 143..... الف) فرایند حجم ثابت
- 143..... ب) فرایند آدیاباتیکی
- 144..... (ج) فرایند هم دما
- 144..... درک سیستم تنفس انسان با قانون بویل
- 145..... منابع و مآخذ

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرا از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه 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 ویرایش شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هر چه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه 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 هر چه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.



تلفن: 2-66484191

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

به نام یگانه پروردگار عقل، عدل و عشق

کتابی که پیش روی شماست بسیار کاربردی و مفهومی است و سعی بر آن شده تا مطالب به صورت ساده و قابل فهم بیان شود، همان طور که می‌دانید درس آزمایشگاه ترمودینامیک از دروس مهم کارشناسی می‌باشد البته که دانشجو باید درس‌های ترمودینامیک 1 و 2 را گذرانده باشد تا بتواند این درس آزمایشگاه را بگذراند ولی این کتاب مطالب را به صورتی بیان می‌کند که دانشجویانی که به هر علت درس‌های پایه ترمودینامیک را به خاطر نداشته باشند بتوانند آزمایش‌ها را درک کنند، البته که قوه بینایی و دیدن از نزدیک چه بسا بهتر از مطالعه در ذهن انسان نقش می‌بندد پس به دانشجویان توصیه می‌شود حتماً آزمایش‌ها را همراه با ترمودینامیک آزمایش بررسی کنند تا مفهوم درس شیرین ترمودینامیک را متوجه بشوند. و به عنوان سخن آخر همیشه گفته ام که دانشجویان فنی و مهندسی بیشتر از آن که تئوری بخوانند باید عملی کار کنند و بیشتر ساعات خود را در آزمایشگاه و کارگاه بگذرانند تا مطالب تئوری در ذهنشان نقش ببندد و متأسفانه در دانشگاه‌های ما به این درس‌ها اهمیت کمتری داده می‌شود. در پایان بحث ام را با سخنی از نویسنده معروف دیل کارنگی بزرگ به پایان می‌رسانم:

اگر می‌خواهید آن چه را که می‌بینید به خاطر بسپارید، بهترین کار آن است که به دیدن اکتفا نکنید! باید آن را لمس کنید، بو کنید و بچشید!

نحوه تهیه گزارش کار آزمایشگاه

اصولا یک گزارش خوب، بهترین و قوی‌ترین وسیله ارتباطی برای اجرای امور و بهبود روش کار می‌باشد. یک گزارش ارزنده، حاوی اطلاعاتی است که در زمان ارائه می‌تواند بسیاری از مشکلات را حل کند. برای اینکه گزارش شما نیز چنین باشد در بدو امر نکات زیر را در نظر بگیرید:

- 1- گزارش باید کاملا رسا و قابل فهم تنظیم شود.
 - 2- گزارش باید حتی المقدور مختصر ولی قابل استفاده باشد.
 - 3- گزارش باید در حد خود کامل و جامع باشد.
- گزارشی که شما برای هر آزمایش تهیه می‌کنید به ترتیب باید شامل قسمت‌های زیر باشد:

(1) هدف:

در این قسمت در یک یا دو سطر، انتظاری را که از تحقیق و بررسی خود دارید ذکر کنید.

(2) چکیده مطالب:

خلاصه ای از هدف و کاری را که انجام داده اید و نتیجه را به طور مختصر در چند سطر توضیح بدهید.

(3) تئوری:

در این بخش گزارش تئوری‌های ارائه شده در زمینه مورد بحث را به طور خلاصه برای خواننده توضیح دهید. لازم بذکر است که بهتر است به جای کپی کردن مطالب از دستور کار، این بخش را با استفاده از کتاب و به سلیقه خودتان بنویسید. بدیهی است هر چه بخش تئوری، مختصر ولی مفید و حاوی اطلاعات مناسب باشد، بهتر است.

(4) شرح دستگاه:

سیستمی را که به کمک آن بررسی‌های خود را انجام خواهید داد با وضوح کامل و با آوردن عکس یا شکل آن شرح دهید. طرز کار با دستگاه و اطلاعات و مشخصات فنی دستگاه را ذکر کنید.

(5) شرح آزمایش:

چگونگی انجام آزمایش و روشی را که برای بررسی مسئله مورد بحث به کار می‌برید را شرح دهید.

(6) نمونه محاسبات:

برای رسم منحنی‌ها و تهیه جداول، محاسباتی را باید انجام دهید که به ترتیب از هر کدام یک نمونه را در این قسمت برای خواننده توضیح می‌دهید.

(7) بحث و نتیجه‌گیری:

مهم‌ترین قسمت هر گزارش را این بخش از گزارش تشکیل می‌دهد. آنالیز اعداد و منحنی‌های به دست آمده قدرت درک شما را از مسائل علمی آشکار می‌سازد. بنابراین سعی کنید با دلایل محکم آنچه را که با کوشش به دست آورده‌اید، توجیه کنید.

(8) پاسخ به سوالات:

در انتهای هر بخش سوالاتی وجود دارد که جواب بیشتر آن‌ها را می‌توان در متن همان بخش یافت که پاسخ به این سوالات منوط به خواندن هر آزمایش و فهم آن است.

(9) ضمیمه:

در اولین ضمیمه جداول به دست آمده از آزمایش و منحنی‌های رسم شده را قرار دهید و در دومین ضمیمه فهرست کتاب‌ها یا مقالاتی که در تهیه گزارش مورد استفاده قرار گرفته‌اند را بنویسید. پس از اتمام گزارش این سوالات را از خودتان پرسید:

1) آیا به هدفی که داشتیم رسیده‌ام؟

2) آیا گزارش ساده و دقیق تهیه شده؟

3) آیا جداول و نمودارها واضح و دقیق هستند؟

اگر جواب سوالاتی خیر بود سعی کنید قبل از تحویل گزارش آن نقص را بر طرف کنید و بدانید که هدف از آزمایشگاه غیر از مقایسه تئوری‌ها با عمل، ایجاد همکاری بین شما و به وجود آوردن نظم و ترتیب در کار شما می‌باشد.

آزمایش اول

دیگ مارست

اهداف

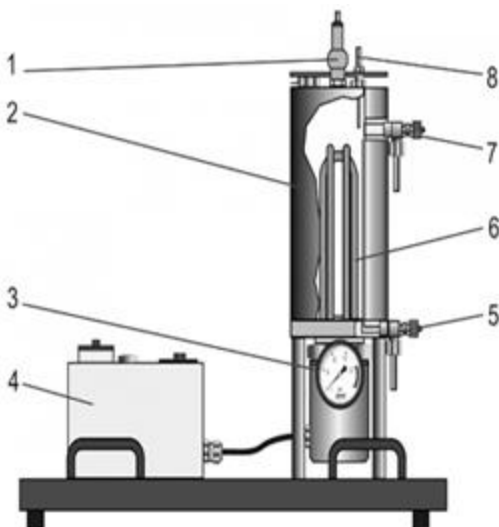
بررسی و درک مفهوم رابطه فشار و دمای بخار در تعادل با آب
ترسیم منحنی فشار و بخار اشباع

مقدمه

اگر مایعی را در فشار ثابت حرارت دهیم، حجم آن به مقدار ناچیز و دمای آن به شدت تغییر می‌کند و در دمای معینی ($T_s =$ دمای جوش) درجه حرارت ثابت مانده ولی تغییرات حجم شدید می‌شود تا اینکه تمام مایع داخل ظرف تبدیل به بخار تبدیل گردد. سپس در اثر ادامه حرارت، دما و حجم هر دو تغییر خواهند کرد. در این آزمایش نحوه تغییرات فشار نسبت به دما در حجم ثابت و تغییر فاز از مایع به بخار بررسی می‌شود.

این آزمایش به منظور تعیین رابطه بین فشار و دمای بخار اشباع در تعادل با آب و به دست آوردن منحنی فشار اشباع انجام میشود.

آزمایش دیگ مارست یک آزمایش بسیار ساده است که میتوان تا فشار 10 بار (حداکثر) آن را اندازه‌گیری کرد.



- 1- شیر اطمینان
- 2- دیگ بخار یا پوشش عایق
- 3- گیج فشار سنج
- 4- جعبه سویچ و نمایشگر دما
- 5- شیر تغذیه
- 6- هیتر
- 7- شیر کنترل ارتفاع
- 8- سنسور دما

شکل 1 اجزا دیگ مارست

شرح دستگاه

دیگ مارست مخزنی استوانه‌ای است به حجم حدود 2/5 لیتر و با ضخامت بالا تا بتواند در فشارهای بالا مقاومت کند. بدنه دیگ با ورق آهن نازک پوشیده شده است. در نتیجه، فاصله هوایی ایجاد شده یک نوع عایق می‌باشد. داخل دیگ آب ریخته می‌شود. میزان پر شدن دیگ از آب، به وسیله شیر کنترل ارتفاع آب تنظیم می‌شود. آب درون دیگ توسط هیتر الکتریکی تعبیه شده در داخل دیگ گرم می‌شود. گرما توسط یک هیتر با توان 2kW تامین می‌گردد. به این ترتیب آب داخل دیگ گرم می‌شود تا به نقطه جوش برسد. پس از تبخیر مقداری از آب، دما و فشار داخل دیگ در حجم ثابت افزایش می‌یابد. دما و فشار داخل دیگ، به ترتیب به وسیله نمایشگر دیجیتال دما و گیج فشار نمایش داده می‌شوند.

روش کار با دستگاه

- 1- به وسیله ظرف مدرج از قسمت ورودی، آب مقطر به درون دیگ ریخته می‌شود (در این مرحله، باید شیر تغذیه و شیر کنترل ارتفاع آب در حالت باز باشند).
- 2- مقدار آب دیگ به وسیله شیر کنترل ارتفاع آب، تنظیم می‌شود. به این صورت که با رسیدن سطح آب به محل قرارگیری شیر کنترل ارتفاع آب، آب اضافی تخلیه می‌شود.
- 3- پس از اتصال به جریان برق شهر، دستگاه به وسیله کلید on/off روشن می‌شود.
- 4- هیتر به وسیله کلید مربوطه روشن می‌شود. در این حالت چراغ قرمز رنگ کنار کلید، روشن خواهد شد.
- 5- شیر ورود آب را بسته و شیر سرریز را باز بگذارید تا در اثر بخار ایجاد شده هوای داخل دیگ خارج شود و داخل دیگ فقط بخار داشته باشیم.
- 6- بعد از خروج بخار از شیر سرریز این شیر را نیز ببندید و آزمایش را شروع کنید.
- 7- دمای داخل دیگ به وسیله سنسور دما اندازه‌گیری شده و به وسیله نمایشگر دیجیتال دما، بر حسب درجه سانتیگراد نمایش داده می‌شود.
- 8- در صورت رسیدن دما به حدود 175 درجه سانتی‌گراد برق هیتر قطع خواهد شد تا از بالا رفتن بیش از حد فشار جلوگیری کند.
- 9- یک عدد گیج فشار روی دستگاه نصب شده است که فشار داخل دیگ را بر حسب bar نمایش می‌دهد.
- 10- در قسمت بالای دیگ، شیر اطمینان (شیر اطمینان فشار یا PSV یکی از تجهیزات ایمنی در صنعت تاسیسات است. که مانع از قرار گرفتن لوله‌ها، شیرآلات، مخازن تحت فشار و... در شرایط فشاری بیش از فشار طراحی می‌شود. بنابراین انتخاب PSV بسیار مهم بوده و باید با احتیاط کامل صورت پذیرد.) با حداکثر تحمل فشار 20 bar نصب شده که بر روی فشار 10 bar تنظیم شده است و در صورتی که فشار به این مقدار برسد، شیر اطمینان باز می‌شود.

نکات ایمنی

- قبل از شروع آزمایش اطمینان داشته باشید که داخل مخزن به اندازه کافی آب موجود است تا از سوختن هیتر در اثر فقدان آب جلوگیری شود.
- قبل از رسیدن فشار داخلی دیگ به فشار محیط، از باز کردن شیر کنترل ارتفاع آب خودداری نمایید.
- از دست زدن به لوله‌های استیل که از مخزن به گیج رفته جلوگیری کنید.
- دستگاه طوری تنظیم شده است که پس از رسیدن دما به $175\text{ }^\circ\text{C}$ هیتر خاموش می‌شود.
- در صورتی که در دمای $175\text{ }^\circ\text{C}$ به دلایلی هیتر خاموش نشد، به صورت دستی به وسیله کلید هیتر، آن را خاموش نمایید. در غیر این صورت در فشار 10 bar ، شیر اطمینان باز می‌شود.
- بعد از پایان آزمایش و رسیدن فشار به فشار محیط شیر سرریز را برای جبران خلاء ایجاد شده در اثر تخلیه هوا باز کنید تا به گیج آسیبی نرسد.
- قبل از رسیدن فشار داخلی دیگ به فشار محیط، از باز کردن شیر کنترل ارتفاع آب خودداری نمایید.
- در فشار 10bar شیر اطمینان باز می‌شود. بنابراین در صورت عمل نکردن رله و افزایش فشار تا بالای 9bar ، هیتر را خاموش نمایید.

ترمودینامیک آزمایش

در این آزمایش از معادله قانون گاز ایده‌آل استفاده شد. مفهوم گاز ایده‌آل به عنوان شاخصی که به ما کمک می‌کند تا رفتار گازهای واقعی را الگوسازی و پیش بینی کنیم، زیرا توصیف دقیق گاز واقعی دشوار است. فشار P ، حجم V و درجه حرارت T از گاز ایده‌آل با یک فرمول ساده به نام قانون ایده‌آل گاز مرتبط است. مولکول‌های موجود در آب با افزایش دما مولکول‌ها از سطح آب خارج میشوند تا زمانی که انرژی در آب افزایش می‌یابد تا در تعادل (نقطه جوش) قرار گیرند. وضعیت تعادل بستگی به فشار سطح آب دارد، در صورت کم بودن فشار، مولکول‌ها راحت تر از آب خارج می‌شوند.

معادله قانون گاز ایده‌آل می‌تواند به شرح زیر بیان شود:

$$PV = nRT$$

P is the pressure in **Pa** or N/m^2

V is the volume in m^3

n is the number of mole in **mol**

$R = 8.31441\text{ J}/\text{K}\cdot\text{mol}$ ← R is the gas constant

T is the temperature in **K**

در صورت ثابت بودن حجم گاز، معادله Clausius-Clapeyron شکل می‌گیرد:

$$\left(\frac{dp}{dT}\right)_{sat} = \frac{h_g - h_f}{T(v_g - v_f)}$$