

- دستورالعمل نحوه کار در آزمایشگاه فیزیک حرارت  
نکات مورد توجه در تنظیم گزارش کار آزمایشگاهی  
آزمایش 1- ظرفیت گرمایی گرماسنج ( ارزش آبی )  
آزمایش 2- گرمای ویژه  
آزمایش 3 - گرمای نهان ذوب یخ  
آزمایش 4- گرمای نهان تبخیر  
آزمایش 5- ضریب انبساط طولی  
آزمایش 6- دماسنج گازی  
آزمایش 7- ضریب انبساط حجمی مایعات  
آزمایش 8- ضریب رسانائی فلزات  
آزمایش 9- ضریب رسانائی شیشه  
آزمایش 10- گرمای ویژه آب  
آزمایش 11- فشار بخار آب  
آزمایش 12- ضریب اتمیسته گازها

### مقدمه

فیزیک علمی تجربی است . آنچه را که درباره دنیای فیزیکی و اصول حاکم بر رفتار آن می دانیم . از طریق تجربه ، یعنی از طریق مشاهده پدیده های طبیعی بدست آمده است. آخرین آزمون هر نظریه فیزیکی، آزمون هماهنگی آن با نتایج حاصل از آزمایش است . این آزمایش ها با اندازه گیری همراهند. پس فیزیک ذاتاً آزمایش و اندازه گیری است.

هر عددی را که برای نشان دادن پدیده فیزیکی بصورت کمی بکار می رود، کمیت فیزیکی نامیده می شود.

## کمیت فیزیکی

دو نوع کمیت فیزیکی:

1- نوع اول کمیت هایی هستند که مستقیماً قابل اندازه گیری می باشند، مانند طول که بوسیله متر یا زمان که بوسیله کرنومتر مستقیماً اندازه گیری می نمایم.

2- نوع دوم کمیت هایی هستند که طبق روشی یا رابطه ای با محاسبه و استفاده از کمیت های نوع اول قابل محاسبه است. مانند سرعت و شتاب یک متحرک.

### مقیاس ها و یکا ها (واحدها)

وقتی کمیتی را اندازه می گیرند، آن را با مقیاس مرجع معینی مقایسه می کنند. وقتی می گویند طول طنابی 5 متر است، یعنی طول آن 5 برابر جسمی مثلاً یک خط کش مدرج است که طول آن برابر قرار داد برابر یک متر تعریف شده است. چنین مقیاسی را یکا یا واحد کمیت می نامند. مثل اینکه می گوئیم واحد یا یکای طول است. ثانیه نیز یکا یا واحد زمان است. برای انجام یک اندازه گیری دقیق، یکاها باید چنان تعریف شوند که تغییر نکنند.

### سیستم های اندازه گیری

در یازدهمین کنفرانس اوزان و مقیاس ها دستگاه یکاها که توسط این مجمع و بر پایه دستگاه متریک تعریف شده است از سال 1960 میلادی بعد رسماً دستگاه بین المللی نامیده می شود. با SI (که حروف اول کلمات System International) می باشد نشان داده می شود.

### 1- سیستم m.k.s علمی

این سیستم معروف به سیستم بین المللی واحد ها است. سیستم SI مناسب ترین سیستمهای اندازه گیری است و در کارهای علمی از آن استفاده می شود.

واحد های اصلی این سیستم عبارتند از:

کمیت	یکای(واحد)	علامت اختصاری
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s

واحدهای فرعی در سیستم SI عبارتند از:

کمیت	یکای(واحد)	علامت اختصاری
نیرو	نیوتن	N
سطح	مترمربع	m <sup>2</sup>
حجم	مترمکعب	m <sup>3</sup>
فرکانس	هرتز	HZ
جرم حجمی	کیلوگرم بر مترمکعب	Kg/ m <sup>3</sup>

m/s	متر بر ثانیه	سرعت
rad/s	رادیان بر ثانیه	سرعت زاویه ای
m/s <sup>2</sup>	متر بر مجذور ثانیه	شتاب
rad/s <sup>2</sup>	رادیان بر مجذور ثانیه	شتاب زاویه ای
N/m <sup>2</sup>	نیوتن بر متر مربع	فشار
J یا Nm	ژول	کار- انرژی
J/S یا W	وات	توان

سیستم SI مناسب ترین سیستم هاست و در کار های علمی از آن استفاده می شود.

## 2- سیستم m.k.s عملی

این سیستم بیشتر در صنعت بکار می رود.

فرق این سیستم با سیستم SI در واحد نیرو می باشد. واحد نیرو در این سیستم کیلوگرم نیرو (kgf) می باشد. با توجه به شتاب جاذبه

زمین ( $g=9/8$ ) و رابطه بین جرم و نیروی ثقل  $F=mg$

هر کیلوگرم نیرو برابر است با 9.8 نیوتن  $1\text{kg.F}=9/8\text{N}$

در عمل مقدار  $g$  را بطور تقریب برابر با 10 قرار می دهند. در این صورت خواهیم دانست.

$$1\text{kg.F}=10\text{N}$$

در عرف بجای بیان کیلوگرم نیرو بعنوان واحد وزن، اختصاراً کیلوگرم بیان می کنند و منظور شان وزن جسم می باشد.

## 3- سیستم c.g.s

در این سیستم واحد ها بشرح ذیل می باشد:

علامت اختصاری	یکا(واحد)	کمیت
cm	سانتیمتر	طول
g	گرم	جرم
s	ثانیه	زمان
Din	دین	نیرو
Cm/S	سانتیمتر بر ثانیه	سرعت
Cm/S <sup>2</sup>	سانتیمتر بر مجذور ثانیه	شتاب
bar	باری	فشار
erg	ارگ	کار

#### 4- سیستم F.P.S

در این سیستم در انگلستان و آمریکا معمول بوده بشرح ذیل می باشند:

علامت اختصاری	یکا(واحد)	کمیت
F	فوت	طول
P	پوند	جرم
S	ثانیه	زمان

روابط زیر بین یارد ، فوت و اینچ بر قرار است:

$1\text{yd}=3\text{ft}=36\text{in}$ 36 اینچ = 3 فوت = 1 یارد
$1\text{in}=1000\text{mil}=2.54\text{Cm}$ 2/54 سانتیمتر = 1000 میل = 1 اینچ
$1\text{mile}=1.61\text{km}$ 1/61 کیلومتر = 1 مایل
$1\text{P}=453.6\text{gr}=4.45\text{N}$ 4/45 نیوتن = 453/6 گرم نیرو = 1 پوند

#### اشتباهات (خطا) در اندازه گیری

هنگامی که یک کمیت با یک وسیله اندازه گیری می شود، بعلت عوامل مختلف نتیجه اندازه گیری با اندازه حقیقی اختلاف دارد ، و این اختلاف را خطای اندازه گیری گویند. هر چه وسیله اندازه گیری دقیق تر باشد ، خطای اندازه گیری کمتر است. در اندازه گیری های فیزیک چنانچه درجه دقت معلوم نباشد، اندازه گیری نمی تواند کاملا مورد استفاده قرار گیرد . مثلا ممکن است یک کمیت از روی اندازه کمیات دیگر محاسبه شود و در رابطه ای که مورد استفاده قرار می گیرد یک کمیت با توان  $n$  و کمیت دیگر با توان کمتر  $n$  از وارد شود. البته لازم نیست که درجه دقت اندازه گیری کمیت دوم به اندازه کمیت اول باشد، زیرا خطا در قوه  $n$  ام کمیت  $n$  برابر خطا روی اندازه آن کمیت و خطای مربوط به کمیت دوم کمتر از  $n$  برابر خطا روی آن کمیت است . خطا های اندازه گیری دو دسته هستند:

- 1- دسته اول خطا های قابل اجتناب است که در نتیجه روش غلط اندازه گیری یا نقص اسباب یا اشتباه در طرز خواندن رخ می دهد که البته می توان اینگونه اشتباهات را رفع کرد یا تقلیل داد.
- 2- دسته دوم اشتباهات غیر قابل اجتناب است که می توان حدود آنها را تخمین زد . اشتباهات اتفاقی از این دسته اند. هنگامی که با یک وسیله و در شرایط متشابه ، یک عمل اندازه گیری تکرار شود، نتایج حاصله در اثر اشتباه اتفاقی اختلاف پیدا می کند. مثلا اگر طول میله ای را بخواهیم با دقت حدود یک سانتیمتر اندازه بگیریم ، در تمام اندازه گیری های مکرر عددی مانند 12 سانتیمتر بدست می آید. ولی اگر بخواهیم با دقت 0.1 میلیمتر اندازه بگیریم ، ممکن است بترتیب نتایجی مانند 12.58-12.61-12.69-12.56

سانتیمتر حاصل شود. اختلاف این نتایج با اندازه حقیقی، اشتباه اتفاقی نامیده می شود. اگر بدفعات متعدد آزمایش تکرار شود اغلب نتایج حول یک مقدار متوسط خواهد بود. اگر نتایج اندازه گیری یک کمیت را  $X_1, X_2, \dots, X_n$  با نمایش دهیم میانگین یا مقدار متوسط عددی این نمایش را می توان اندازه آن کمیت اختیار کرد که از رابطه زیر بدست می آید.

در ارتباط با مثال بالا :

### خطای مطلق

اگر نتیجه اندازه گیری برای یک کمیت به  $X$  نمایش داده شود و اندازه حقیقی آن کمیت که البته برای ما نا معلوم است  $(X + X)$  فرض شود، تفاضل این دو مقدار  $(X + X) - X = X$  یعنی اشتباه مطلق اندازه گیری نامیده می شود.

$$\text{خطای مطلق} = (X + X) - X = X$$

### خطای نسبی

نسبت خطای مطلق به اندازه گیری حقیقی یک کمیت را خطای نسبی گویند.

### رعایت حدود دقت در اندازه گیری

در محاسبات عددی فیزیک بایستی از نوشتن ارقامی که از حدود دقت اندازه گیری مستقیم یا غیر مستقیم می باشد، خودداری کرد و فقط به نوشتن ارقامی که به ارقام حقیقی نزدیکتر هستند اکتفا کرد. این قبیل ارقام را ارقام با معنی دار گویند. در صورتیکه رقم صفر بعد از ارقام دیگر باشد، رقم معنی دار محسوب می شود. مثلا اگر طول یک میله را با دقت 0.1 میلیمتر اندازه بگیریم و نتیجه آن 2 دسیمتر و 3 سانتیمتر باشد می توانیم طول میله را با یکی از اعداد زیر نمایش دهیم:

$$230/0 \text{ میلیمتر با } 23/00 \text{ سانتیمتر با } 2/300 \text{ دسیمتر با } 0/2300 \text{ متر}$$

اعداد مذکور دارای 4 رقم معنی دار می باشد. البته از نظر ریاضی اعداد  $23/00$  سانتیمتر و  $23$  سانتیمتر با یکدیگر فرقی ندارند. اما از نظر فیزیک هر کدام از اعداد مذکور بیانگر میزانی از دقت در اندازه گیری می باشند.  $230$  سانتیمتر نشان دهنده میزان دقت در حد سانتیمتر است. اما  $23/00$  سانتیمتر نشان دهنده میزان دقت در حد صدم سانتی است. زیرا ممکن بود در اندازه گیری بجای دو رقم بعد از اعشار که اتفاقا صفر شده است اعداد دیگری حاصل می شد. لذا در نوشتن اعداد فیزیکی باید دقت محاسبه در اندازه گیری مورد توجه قرار گیرد.

اگر از روی دقت اندازه گیری یا محاسبه، عده ارقام معنی دار عددی را  $n$  پیش بینی کنیم، بایستی از ارقام زائد بر  $n$  صرفنظر کنیم، مثلا نتیجه محاسبه قبلی که با دقت  $0/1$  میلیمتر اندازه گیری شده است و بصورت  $230/0$  میلی متر نمایش داده شده است و دارای 4 رقم معنی دار است، نمی توان بصورت  $230/000$  نمایش داد. زیرا رقم پنجم معنی دار نیست و واقعا معلوم نیست رقم پنجم چه عددی است. لذا منظور کردن عدد صفر در رقم پنجم کاملا بی معنی می باشد.

در جمع و تفریق اعداد، از منظور کردن ارقام معنی دار که در سمت راست عدد واقع شده و نظیر آن در سایر اعداد وجود ندارد. بایستی خودداری کرد. مثلا می خواهیم سه فاصله زیر را با هم جمع کنیم:

$$12/345 \text{ متر و } 45/67 \text{ متر و } 23/4 \text{ متر}$$

با توجه به اینکه اندازه گیری اول با دقت میلیمتر و اندازه گیری دوم با دقت سانتیمتر و اندازه گیری سوم با دقت دسیمتر در اختیار می باشد، جمع آنها بصورت ریاضی زیر بی معنی خواهد شد:

$$23/4 + 45/67 + 12/345 = 81/415 \text{ متر}$$

زیرا با توجه به اینکه در عدد سوم (23/4 متر) دقت اندازه گیری تا حد دسیمتر معلوم است. لذا پس از اعشار ما فقط یک رقم معنی دار داریم و لذا رقم های دوم و سوم این اندازه گیری بی معنی است. لذا در حاصل جمع نیز پس از اعشار عملاً فقط یک رقم معنی دار حاصل می شود. بدین ترتیب جمع معنی دار سه فاصله مذکور عبارتست از 81/4 متر. زیرا ارقام دوم و سوم پس از اعشار معلوم نیست که واقعیت داشته باشند.

در واقع دقت در حد میلی متر بکار رفته در اندازه گیری طول اول (12/345 متر)، توسط عدم دقت بکار رفته در طول دوم (45/67 متر) که در حد سانتیمتر است از بین می رود. و همینطور دقت بکار رفته در اندازه گیری طول دوم که در حد سانتیمتر است، توسط عدم دقت بکار رفته در اندازه گیری سوم که در حد دسیمتر است خنثی می شود. لذا در جمع سه اندازه مذکور ما فقط به حدود دقتی در حد دسیمتر می رسیم نه سانتیمتر یا میلیمتر. بنابراین مجموعه سه طول مذکور بصورت 81/415 صرفاً یک عدد ریاضی است که دو رقم آخر آن از نظر فیزیکی کاملاً بی معنی و غیر قابل اعتنا می باشد.

### دستورالعمل نحوه کار در آزمایشگاه حرارت

- 1- حضور به موقع در ساعت مقرر در آزمایشگاه.
- 2- استفاده از روپوش سفید رنگ هنگام کار در آزمایشگاه.
- 3- پیش مطالعه آزمایش تعیین شده به منظور تسلط کامل به انجام آزمایش مورد نظر.
- 4- مطالعه دقیق تئوری آزمایش و اطلاع کامل از تئوری آزمایش بطوریکه دانشجو قبل از اقدام به آزمایش اطلاعات تئوریک آزمایش مورد نظر را کسب نموده باشد.
- 5- آشنائی با دستگاه و سیستم آزمایش مورد نظر قبل از اقدام به آزمایش و کنترل و مراقبت دائمی از آنها.
- 6- دقت در حفظ و نگهداری وسایل و دستگاه هایی که در اختیار گذاشته می شود.
- 7- عدم تحرک بی مورد در آزمایشگاه و عدم دخالت در اجرای آزمایشگاه های دیگر.
- 8- حفظ نظم و آرامش هنگام آزمایش و رعایت سکوت در محیط آزمایشگاه.
- 9- یادداشت نتایج بدست آمده از آزمایش به منظور تکمیل گزارش کار آزمایش مربوط.
- 10- تنظیم گزارش کار آزمایش انجام شده طبق فرم نمونه.
- 11- دقت در کاهش عوامل خارجی که بر روی نحوه اجرای آزمایش و ایجاد خطا اثر می گذارند.
- 12- حفظ خونسردی هنگام بروز حادثه ای غیر قابل پیش بینی در محیط آزمایشگاه.
- 13- توجه جدی به نکات ایمنی مطرح شده توسط استاد مربوطه.
- 14- احتیاط کامل هنگام کار با دستگاه های برقی - اجاق گاز - آب جوش و جیوه.
- 15- مرتب و تمیز نگاه داشتن محیط آزمایشگاه - میز کار، و دستگاه های آزمایشگاهی و وسایل تحویلی.
- 16- تحویل گزارش کار جلسه قبل در بدو ورود و قبل از شروع آزمایش به استاد مربوطه.
- 17- در اختیار داشتن لوازم نوشتاری مورد نیاز مانند خط کش، ماشین حساب، کاغذ میلیمتری و ...
- 18- پرهیز از تعجیل در اجرای آزمایش و داشتن اعتماد به نفس لازم جهت اجرای هر چه بهتر آزمایش.

19- باتوجه به اینکه آزمایشگاه صرفاً محل آزمایش است و نه مطالعه تئوریهای آزمایش ، لازم است بمنظور بهره گیری کامل از فرصت آزمایشگاهی ، با مطالعه کامل تئوریهای آزمایش و کسب اطلاع کامل تئوریهای آزمایش ، از ساعت مربوطه به آزمایشگاه حداکثر بهره در جهت انجام آزمایش کسب گردد. لذا بمنظور حصول اطمینان از مطالعه تئوریهای آزمایش مربوطه احتمال پرسش هائی توسط استاد از دانشجویان صورت می گیرد که در نمره امتحانی پایان ترم موثر است .

20- رعایت موارد فوق الذکر توسط دانشجویان جمعا 6 نمره امتحانی در طول ترم را به خود اختصاص خواهد داد.

21- در پایان ترم امتحان عملی و کتبی و از آزمایش های انجام شده بعمل خواهد آمد که 14 نمره به امتحان عملی و کتبی اختصاص خواهد یافت.

### **نکات مورد توجه در تنظیم گزارش کار آزمایشگاهی**

در نگارش و تنظیم گزارش کار هر آزمایش ، توجه به نکات زیر و تکمیل پاسخ در هر مورد الزامی است .

1- فرم زیر قبل از شروع گزارش کار تکمیل نمایند.

2- نام استاد:

1- نام دانشجو

4- شماره دانشجویی (کد):

3- رشته تحصیلی

6- روز آزمایش :

5- تاریخ آزمایش :

8- ساعت آزمایش:

7- نام آزمایش

2- هدف آزمایش:

3- وسایل آزمایش:

4- خلاصه تئوری آزمایش :

5- روش آزمایش :

6- شرح دستگاه و سیستم آزمایش:

7- تکمیل جدول مربوط به آزمایش ( عندالزوم):

8- رسم نمودار مربوط به آزمایش ( عندالزوم):

9- نتیجه گیری از آزمایش انجام شده :

10- فهرست منابع استفاده شده.:

### **آزمایش 1- ظرفیت گرمائی گرماسنج ( ارزش آبی )**

**هدف آزمایش :**

اندازه گیری ظرفیت گرمائی گرماسنج می باشد ، که به آن ارزش آبی نیز می گویند.

**وسایل آزمایش:** گرماسنج - بشر - ترازو - دماسنج.

**تئوری آزمایش :** اصول حاکم بر گرماسنجی.

1- تعادل دما: هر گاه دو جسم A و B با دماهای مختلف در مجاورت یکدیگر قرار گیرند، جسم گرمتر انرژی حرارتی خود را به جسم سردتر انتقال می دهد و این امر همچنان ادامه دارد، لذا پس از مدتی آنکه گرمتر است، دمایش کاهش و آنکه سردتر است دمایش افزایش می یابد. تا هر دو به یک دمای تعادل برسند. هر گاه دمای جسم گرم A، T و دمای جسم سرد B،  $t_1$  باشد، پس از تعادل حرارتی دمای هر دو جسم  $t_2$  خواهد بود.

$$(t_1 < t_2 < T)$$

2- بقای انرژی :

در ایجاد تعادل، جسم A که گرمتر است مقداری انرژی گرمایی از دست می دهد و جسم B که سردتر است مقداری گرما دریافت می کند. طبق اصل بقای انرژی ( در صورتی که سیستم (A, B) با خارج تبادل گرمایی نداشته باشند) گرمای گرفته شده توسط جسم B برابر گرمای پس داده شده توسط جسم A می باشد.

هر گاه به جای دو جسم چند جسم با دماهای مختلف در مجاورت یکدیگر قرار گیرند پس از حصول تعادل گرمایی، مقدار گرمایی که اجسام گرم از دست می دهند مساوی مقدار گرمایی است که اجسام سرد می گیرند. بنابراین اصل فوق مجموع گرماهای پس داده شده برابر مجموع گرمای گرفته شده است.

اصل بقای انرژی گرمایی بین دو یا چند جسم هنگامی صادق است که مجموعه دستگاه از محیط خارج جدا بوده و هیچگونه تبادل گرمایی بین دستگاه و محیط خارج انجام نشود. چنین دستگاهی را دستگاه ترمودینامیک نامند.

### ظرفیت گرمایی یا ارزش آبی (A)

مقدار گرمایی که ظرف گرماسنج و متعلقات آن برای تغییر دمای یک درجه می گیرند، ظرفیت گرمایی یا ارزش آبی گرماسنج نامیده می شود و آنرا به A نمایش می دهند.

اگر جرم ظرف و متعلقات گرماسنج به ترتیب  $m_1$ ،  $m_2$ ، ... و گرمای ویژه آنها  $c_1$ ،  $c_2$ ، ... A ارزش آبی گرماسنج عبارتست از: گرمای ویژه هر جسم عبارتست از مقدار گرمایی که برای بالا بردن یک درجه دمای واحد جرم آن جسم لازم است و آنرا با  $C$  نمایش می دهند.

برای محاسبه ظرفیت گرمایی گرماسنج به روش گرماسنجی، گرماسنج و متعلقات آن را به عنوان یک جسم گرماگیر (جسم سرد) و آب گرم را بعنوان یک جسم گرما ده (جسم گرم) در نظر بگیرید.

اگر ارزش آبی گرماسنج را به A نمایش دهیم، مقدار گرمایی که گرماسنج و متعلقات آن می گیرند تا از دمای اولیه  $t_1$  به دمای تعادل  $t_2$  برسند از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = A(t_2 - t_1)$$

$$Q_2 = MC(T - t_2)$$

مقدار گرمایی که M گرم آب به دمای اولیه T از دست می دهد تا به دمای تعادل برسد از رابطه زیر حساب می شود:-

$$Q_1 = Q_2$$

طبق اصل بقای انرژی داریم:

$$A((t_2 - t_1)) = MC(T - t_2)$$

از آنجائیکه ظرفیت گرمایی هر دماسنج (A) معادل مقدار آبی است که باعث تغییر دمای واحد آن مقدار آب می شود، لذا آنرا معادل آبی گرماسنج نیز نامیده اند.

محاسبه ارزش آبی گرماسنج در برخی از موارد جنبه اقتصادی داشته مانند تعیین ارزش آبی یک گلخانه پاره ای موارد جنبه حیاتی دارد مانند تعیین ارزش آبی یک انکوباتور (محفظه رشد نوزاد نارس).

## شرح دستگاه

گرماسنج نمونه ای از یک دستگاه ترمودینامیک است .

دستگاه ترمودینامیک ، دستگاه هائی هستند که به جهت عایق بندی خاص خود، حتی الامکان با محیط خارج تبادل حرارتی ندارند. مانند فلاکس چای و یخچال . چنین دستگاه هائی ترمودینامیکی که با خارج از محیط خود امکان تبادل حرارتی ندارند از نظر حرارتی سیستمی ایده آل محسوب می شوند . گرماسنج نیز یکی از دستگاههاست که صرفا کاربرد آزمایشگاهی داشته و دارای خصوصیات زیر می باشد.

- 1- گرماسنج ها دو جداره می باشند . بدین ترتیب که از دو ظرف استوانهای که داخل یکدیگر قرار دارند تشکیل شده است .
- 2- بین جدارهای دو ظرف توسط عایقی مانند پشم شیشه یا یونولیت پر شده است .
- 3- سطح خارجی محفظه حتی الامکان صیقلی بوده تا از جذب حرارت به داخل کالریمتر اجتناب شود.
- 4- درب کالریمتر توسط ماده عایقی که حتی الامکان هادی حرارت نباشد تعبیه شده است .
- 5- یک همزن بنحوی در آن تعبیه شده است تا بدون برداشتن درب آن با استفاده از هم زن می توان سریعا دمای جسم داخل کالریمتر را به دمای تعادل رساند.
- 6- روزنه ای درست به قطر دماسنج روی درب کالریمتر تعبیه شده است . چنانچه قطر روزنه بزرگتر از قطر دماسنج باشد میبایستی بخوبی اطراف آن را پوشاند تا از جریان هوای داخل کالریمتر با خارج و تبادل حرارتی جلوگیری شود.

## نکات ایمنی

قبل از انجام آزمایش نکات ایمنی زیر را بمنظور پرهیز از خطر دقیقا رعایت فرمائید:

- 1- هنگام استفاده از هیتر برقی توجه داشته باشید که هیتر بر روی میز چوبی قرار نداشته باشد ، زیر سطح میز را سوزانده و احتمال بروز آتش سوزی خواهد بود . لذا برای جلوگیری از این خطر می توان هیتر را بر روی یک موزائیک قرار داده و سپس روشن نمود.
- 2- برای گرم کردن آب از بشر استفاده کرده و هرگز گرماسنج محتوی آب را بر روی منبع گرمائی قرار ندهید.

## روش آزمایش

- 1- ظرف گرماسنج را همراه با متعلقات آن بدقت توزین کنید. ( $m_1$ )
- 2- دمای اولیه محیط گرماسنج را یادداشت نمائید. ( $t_1$ )  
برای اندازه گیری دمای  $t_1$  بهتر است درب گرماسنج نیمه باز باشد تا با محیط آزمایشگاه، تعادل گرمائی برقرار شود.
- 3- مقداری آب ( حدودا 200 ) را گرم کرده و دمای آن را یادداشت می کنیم ( $T$ ) . هنگام خواندن دماسنج نبایستی مخزن دماسنج به کف بشر که روی منبع حرارت قرار گرفته نزدیک شود، زیرا دمای بیشتری را که غیر واقعی است نشان خواهد داد . پس از خواندن دمای آب گرم ( $T$ ) بایستی بدون اتلاف وقت فوراً و با احتیاط کامل آب گرم را داخل کالریمتر ریخته و فوراً درب آنرا گذاشت تا انتقال حرارت با محیط خارج صورت نگیرد.
- 4- با استفاده از همزن کالریمتر ، دمای آب داخل کالریمتر را به دمای تعادل میرسانیم ( $t_2$ )

- 5- برای بدست آوردن جرم آب گرم داخل کالریمتر ظرف گرماسنج را با آب داخل آن بدقت توزین کنید و با استفاده عدد بدست آمده از توزین بند 1 (m2) جرم آب داخل کالریمتر بدست می آید.
- $$M = m_2 - m_1$$
- 6- با قرار دادن مقادیر بدست آمده در جدول زیر و با معلوم بودن گرمای ویژه اب (C) ظرفیت گرمایی گرماسنج را از فرمول زیر بدست می آوریم .

$$A((t_2-t_1)=MC(T-t_2)$$

$$A = \frac{MC(T-t_2)}{(t_2-t_1)}$$

	m1	m2	t1	t2	T	A	A	M

## آزمایش 2- گرمای ویژه

**هدف آزمایش:** اندازه گیری گرمای ویژه اجسام جامد به روش گرماسنجی.

**وسایل آزمایش:** گرماسنج - بشر - ترازو - دماسنج - نمونه جسم جامد - هیتر برقی.

**تئوری آزمایش:**

1- تعریف کالری:

واحد مقدار گرما کالری نام دارد و آن مقدار گرمائی است که دمای یک گرم آب را یک درجه سانتیگراد تغییر دهد. ( دمای آب 14/5 را به 15/5 برساند).

( واحدی که برای اندازه گیری انرژی موجود در غذا از آن استفاده می شود ، در واقع کیلو کالری است).

2- تعریف گرمای ویژه:

مقدار گرمائی که دمای یک گرم از جسم را یک درجه سانتیگراد تغییر دهد.

با توجه به تعریف های مذکور گرمای ویژه آب معادل یک کالری بر گرم درجه سانتی گراد می باشد.

گرمای ویژه مواد با تغییر دما اندکی تغییر می کند و به گستره دمائی که در آن قرار دارند و به محل بازده دمائی بستگی دارد. ولی چون دامنه این تغییرات بسیار کوچک است از این تغییرات صرفنظر کرده و معمولا گرمای ویژه یک جسم را در دمای عادی و معمولی می توان ثابت فرض کرد و همواره با یک عدد ثابت نمایش داد.

3- سنجش گرمای ویژه یک جسم جامد بروش گرماسنجی:

جسم مورد نظر را به دمای T رسانده و در گرماسنجی M گرم آب با دمای t1 است وارد می کنیم ،درجه حرارت مجموعه گرما سنج و آب بالا می رود و به دمای تعادل t2 میرسد. در این حالت گرمائی که جسم مورد نظر از دست می دهد معادل گرمائی است که مجموعه گرماسنج و آب داخل آن جذب می کند (از اتلاف گرما صرف نظر می شود)

اکنون با داشتن روابط گرماسنجی بشرح زیر میتوان گرمای ویژه جسم مورد نظر را بدست آورد:

چنانچه جرم جسم M و گرمای ویژه C آن باشد، مقدار گرمایی که جسم از دست می دهد تا از دمای T به دمای t2 برسد عبارتست از:

$$Q_1 = MC(T-t_2)$$

و مقدار گرمایی که گرماسنج با ظرفیت گرمایی A و آب داخلش با گرمای

ویژه C و جرم M میگیرد تا از دمای t1 به دمای t2 برسد عبارتست از:

$$Q_2 = (MC+A)(t_2-t_1)$$

بنا به اصل انرژی از تساوی دو رابطه فوق رابطه زیر حاصل شده و مقدار گرمای ویژه جسم مورد نظر بدست می آید.

$$Q_1 = Q_2$$

$$MC(T-t_2) = (MC+A)(t_2-t_1)$$

$$(MC+A)(t_2-t_1)$$

$$C' = \frac{(MC+A)(t_2-t_1)}{M(T-t_2)}$$

$$M(T-t_2)$$

## نکات ایمنی

بمنظور پرهیز از خطر قبل از انجام آزمایش موارد زیر را بدقت رعایت کنید:

- 1- هنگام استفاده از هیتر برقی توجه داشته باشید که هیتر بروی میز چوبی قرار نداشته باشد. بمنظور پرهیز از آتش سوزی احتمالی هیتر را بروی یک موزاییک قرار داده و استفاده کنید.
- 2- برای گرم کردن آب از بشر استفاده کرده و هرگز گرماسنج محتوی آب را بروی منبع گرمایی قرار ندهید.

## روش آزمایش

1- گرماسنجی را انتخاب کرده و طبق آزمایش قبل ارزش آبی آنرا بدست آورید (A)

2- ظرف گرماسنج را همراه با متعلقات آن (خالی از آب) در کفه ترازو قرار داده و جرم آنرا یادداشت نمایید (m1)

3- مقداری آب (حدود 200) در گرماسنج ریخته و آنرا توزین نموده و از این طریق جرم آب داخل گرماسنج را محاسبه نمایید. M

$$= m_2 - m_1$$

M: جرم آب داخل گرماسنج

m2: جرم گرماسنج با آب داخلش

m1: جرم گرماسنج بدون آب

4- آب داخل گرماسنج را توسط همزن چند بار بهم زده و دمای مجموعه گرماسنج و آب داخل آن را بخوانید: t1

5- جسم مورد نظر را (که گرمای ویژه آن مجهول است) توزین نمایید: M'

6- جسم مورد نظر را توسط نخ در آب جوش قرار داده مدتی صبر کنید تا دمای جسم با دمای آب جوش به حالت تعادل برسد:

$$T = 100 + \%37 (P - 760)$$

T آب جوش را از رابطه مقابل بدست آورید.

7- جسم را سریعاً و در کمال احتیاط توسط نخ که بدان متصل است از آب جوش خارج کرده و داخل گرماسنج قرار داده و درب گرماسنج را سریعاً گذاشته تا تبادل حرارت با خارج به حداقل کاهش یابد.

8- توسط همزن آب داخل گرماسنج را بهم زده بطوریکه آب داخل آن به دمای تعادل برسد:  $t_2$

9- با معلوم بودن گرمای ویژه آب و مقادیر بدست آمده از آزمایش مقدار  $C$  گرمای ویژه جسم مورد نظر طبق فرمول زیر بدست می

$$\text{آید: } MC(T-t_2) = (MC+A)(t_2-t_1)$$

10- آزمایش مذکور را چند بار تکرار کرده- جدول زیر را تکمیل نمایید:

آزمایش	M	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	M	T	C	C	A
1								
2								
3								

### آزمایش 3- گرمای نهان ذوب یخ

**هدف آزمایش:**

اندازه گیری گرمای نهان ذوب یخ

**وسایل آزمایش:**

گرماسنج- بشر- ترازو- دماسنج - یخ- هیتر برقی

**تئوری آزمایش:**

هنگامی که یک جسم در اثر گرما به مایع و یا مایعی به بخار تبدیل می شود (تغییر حالت فیزیکی ماده) دمای آن در مدت تغییر حالت ثابت می ماند، یعنی انرژی گرمایی که جسم می گیرد، بصورت افزایش دما ظاهر نمی شود بلکه صرف تغییر حالت فیزیکی ماده می گردد. بطور مثال هنگامی که یخی را درون ظرفی گذاشته و دمای آن را با دماسنج اندازه می گیریم چند درجه زیر صفر را نشان می دهد. حال اگر ظرف یخ را روی شعله ملایمی قرار داده و حرارت دهیم، دمای یخ تا صفر درجه بالا می آید و در آنجا شروع به ذوب شدن می کند و مخلوطی از آب و یخ را بوجود می آورد. اما تا هنگامی که تمام یخ ذوب نشده دما در صفر درجه باقی می ماند. این در حالی است که هنوز مجموعه را گرما می دهیم ولی پس از ذوب شدن یخ اگر گرما را ادامه دهیم دمای آب بالا می رود. پس میتوان نتیجه گرفت که:

دمایی که در آن جسم جامد شروع به ذوب شدن میکند نقطه ذوب جسم نامیده میشود و گرمای نهان ذوب مقدار گرمایی است که واحد جرم یک جسم جامد را در نقطه ذوب خود به مایع تبدیل می نماید.

گرمای نهان ذوب برای مواد مختلف متفاوت می باشد مثلا گرمای نهان یخ در دمای صفر درجه  $80\text{cal/gr}$  یا  $334\text{ KJ/Kg}$  می باشد. گرمای نهان ذوب یک جسم را با  $L_f$  نمایش میدهند.

نقطه ذوب جسم بستگی به فشاری دارد که هنگام ذوب شدن بر جسم وارد می شود. نقطه ذوب اغلب اجسام با افزایش فشار بالا می رود اما نقطه ذوب یخ با افزایش فشار کاهش می باشد.

برای تعیین گرمای نهان ذوب یخ ( $L_f$ ) مقداری یخ صفر درجه (مخلوط آب و یخ) را به جرم  $m$  در گرماسنج به ارزش آبی  $A$  که دارای مقداری آب گرم به جرم  $M$  و گرمای ویژه  $C$  و دمای  $t_1$  میباشد قرار میدهیم چنانچه پس از تعادل حرارتی، در حرارت

تبادل  $t_2$  شود بنابراین اصل انرژی (در صورتیکه اتلاف گرما نداشته باشیم) مقدار گرماییکه یخ میگیرد تا به دمای تبادل برسد برابر است با مقدار گرماییکه گرماسنج و آب گرم داخلش از دست میدهند تا به دمای تبادل برسند یعنی:

$$Q_1 = Q_2$$

از طرفی مقدار گرماییکه یخ صفر درجه به جرم  $m$  را به آب صفر درجه تبدیل کرده است ( $Q_f = mL_f$ ) و سپس آب صفر درجه حاصل از یخ را به دمای تبادل برساند عبارتست از:  $Q_1 = mL_f + mc(t_2 - 0)$

مقدار گرماییکه گرماسنج و آب گرم داخلش پس میدهند تا از دمای  $t_1$  به دمای تبادل  $t_2$  برسند برابر است با:  $Q_2 = (MC + A)(t_2 - t_1)$

$$mL_f + mc(t_2 - 0) = (MC + A)(t_2 - t_1)$$

$$(M_w C_w + A)(t_2 - t_1) - m_i c_w t_2$$

در نتیجه :

$$L_f = \frac{\dots}{m}$$

## نکات ایمنی

بمنظور پرهیز از خطر قبل از انجام آزمایش موارد زیر را بدقت رعایت کنید:

1- هنگام استفاده از هیتر برقی توجه داشته باشید که هیتر بر روی میز چوبی قرار نداشته باشد. بمنظور پرهیز از آتش سوزی احتمالی هیتر را بروی یک موزاییک قرار داده و استفاده کنید.

2- برای گرم کردن آب از بشر استفاده کرده و هرگز گرماسنج محتوی آب را بر روی منبع گرمائی قرار ندهید.

## روش آزمایش

1- گرماسنجی را انتخاب کرده و طبق آزمایش 1 ارزش آبی آنرا بدست آورید (A)

2- ظرف گرماسنج را همراه با متعلقات آن (خالی از آب) در کفه ترازو قرار داده و جرم آنرا یادداشت کنید: ( $m_1$ )

3- مقداری آب گرم (200) در گرماسنج ریخته و آنرا توزین نموده و از این طریق جرم آب داخل گرماسنج را محاسبه

$$M = m_2 - m_1$$

$m_1$ : جرم گرماسنج بدون آب

$m_2$ : جرم گرماسنج با آب داخلش

M: جرم آب داخل گرماسنج

4- توسط همزن آب داخل کالریمتر را همزده و سپس دمای آب داخل کالریمتر را اندازه میگیریم:

5- مقداری یخ صفر درجه تهیه کنید. بدین منظور کافی است مقداری مخلوط آب و یخ تهیه کرده پس از مدتی دمای یخ و آب

صفر درجه خواهد شد.

6- قطعه یخ را بر داشته بوسیله پارچه آنرا کاملا خشک میکنیم سپس بلافاصله داخل کالریمتر قرار داده و فوراً درب کالریمتر را

می بندیم و توسط همزن دمای کالریمتر را متعادل می کنیم.

7- پس از مدتی که تمام یخ کاملاً ذوب شد دمای تبادل را یادداشت نمایم. ( $t_2$ )

8- برای بدست آوردن جرم یخ مجدداً آنرا توزین میکنیم.

$m_3$ : جرم گرماسنج با آب و یخ داخلش

m: جرم خالص یخ  $m = m_3 - m_2$

m<sub>2</sub>: جرم گرماسنج با آب داخلش

9- با قرار دادن مقادیر بدست آمده در جدول زیر و با معلوم بودن گرمای ویژه آب (C) گرمای نهان ذوب یخ را از رابطه زیر

محاسبه کنید

در صد خطا	A	L <sub>f</sub> (j/kg)	M	t <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>	M	آزمایش
							1
							2
							3

### آزمایش 4- گرمای نهان تبخیر

**هدف آزمایش:** اندازه گیری نهان تبخیر آب

**وسایل آزمایش:**

گرماسنج - دماسنج - بشر - هیتر برقی - ترازو.

**تئوری آزمایش:**

1- تغییر حالات ماده:

اجسام دارای سه حالت فیزیکی جامد، مایع و گاز می باشند، مثلاً آب میتواند بصورت یخ (جامد) یا آب (مایع) یا بخار آب درآید و همه اجسام بجز آنهاییکه در دمای پائین تر از نقطه جوش تبخیر می شوند می توانند هر سه حالت فیزیکی فوق الذکر را داشته باشند. انتقال از حالتی به حالت دیگر با گرفتن یا پس دادن حرارت و هم چنین با تغییر حالت همراه است.

2- نقطه ذوب:

وقتی به یک جسم جامد حرارت می دهیم دمای آن بالا می رود تا به یک دمای معینی برسد، سپس در آن دما ثابت می ماند و جسم در این موقع شروع به ذوب شدن می کند و تا زمانی که کاملاً ذوب شود دمای جسم ثابت می ماند این دما را نقطه ذوب جسم می نامند.

3- نقطه جوش:

اگر عمل حرارت دادن را همینطور ادامه دهیم. مشاهده می کنیم که وقتی آخرین ذره جسم از حالت جامد به مایع درآمد، دما بالا می رود تا باز در یک دمای معینی مایع شروع به بخار شدن می کند. این دما هم چنان ثابت می ماند. این دما را نقطه جوش می نامند.

4- تبخیر:

عمل تبخیر در شرایط مختلف صورت می گیرد. مانند: تبخیر سطحی - تبخیر در خلأ - تبخیر در مجاورت گازها و تبخیر در اثر جوش. دما در هنگام جوش ثابت است و گرمای مصرف شده صرف تبدیل مایع به بخار می گردد.

5- گرمای نهان تبخیر:

مقدار گرمائی که واحد جرم هر مایع می گیرد تا در نقطه جوش به بخار تبدیل شود، گرمای نهان تبخیر می نامند . و آنرا با  $L_7$  نمایش می دهند. گرمای نهان تبخیر آب در دمای 100 برابر با 537 کالری بر گرم است .

چنانچه  $m$  گرم مایع را در دمای ثابت به بخار تبدیل کنیم گرمای دریافت شده برابر است با:  $Q = mL_7$

چنانچه  $m$  گرم بخار آب با دمای  $T$  را وارد یک گرماسنج نمائیم گرمائی که از دست می دهد تا به دمای متعادل  $t_2$  برسد برابر است با:

$$Q_1 = mL_7 + mc(T - t_2)$$

چنانچه گرماسنج مذکور با ظرفیت گرمائی  $A$  در حالیکه محتوی  $M$  گرم آب با دمای  $t_1$  باشد ( دمای آب و گرماسنج ) در این صورت گرمائی که گرماسنج ( با محتویاتش ) می گیرد از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q_2 = (MC + A)(t_2 - t_1)$$

چون گرمای داده شده با گرمای گرفته شده برابر است پس:  $Q_1 = Q_2$

بنابراین خواهیم داشت :

$$mL_7 + mc(T - t_2) = (MC + A)(t_2 - t_1)$$

$$(MC + A)(t_2 - t_1) - mc(T - t_2)$$

$$L_7 = \frac{\text{-----}}{m}$$

### نکات ایمنی

1- هنگام استفاده از هیتر برقی توجه داشته باشید که هیتر بر روی میز چوبی قرار نداشته باشد . بمنظور پرهیز از آتش سوزی احتمالی هیتر را بر روی یک موزائیک قرار داده و استفاده کنید.

2- برای گرم کردن آب از بشر استفاده کرده و هرگز گرماسنج محتوی آب را بر روی منبع گرمائی قرار ندهید.

3- هنگام خارج کردن شلنگ بخار آب از گرماسنج مراقبت نمائید که بخار آب دستتان را نسوزاند.

### **روش آزمایش**

1- ارزش آبی کالریتمر مورد نظر را طبق آزمایش های قبلی محاسبه کنید (A)

2- گرماسنج و متعلقات آنرا بدقت خشک کرده و توزین نمائید. ( $m_1$ )

3- حدود  $\frac{2}{3}$  آنرا از آب سرد پر کرده مجدداً توزین نموده ، جرم آب خالص را پیدا کنید. (M)

4- دمای اولیه آب داخل گرماسنج را محاسبه نمائید. ( $t_1$ )

5- مقداری آب در ارلن ریخته ، روی هیتر برقی قرار داده منتظر باشید تا آب بجوشد.

6- انتهای لوله ای را که به ارلن متصل است داخل گرماسنج نموده بطوریکه انتهای لوله درون آب قرار گرفته و بخارات آب وارد آب گرماسنج شود.

7- دمای بخار آب جوش داخل ارلن را توسط رابط مقابل بدست آورید.

$$T = 100 + \frac{P - 760}{3.7}$$

- 8- توسط همزن آب داخل گرماسنج را مرتباً هم زده تا دمای آب گرماسنج حدوداً 10 الی 15 درجه بالا رود.
- 9- در این هنگام لوله ورودی بخار آب را از گرماسنج جدا کرده و ارتباط ارلن و گرماسنج را قطع کنید.
- 10- سپس هیتر برقی را خاموش نمائید . باید توجه داشت هنگامی که لوله داخل آب است هیتر خاموش نشود. ( یعنی بندهای 9 و 10 جابجا نشود) زیرا در اینصورت کاهش فشار باعث حرکت آب داخل گرماسنج به داخل لوله می شود.
- 11- پس از چند دقیقه دمای تعادل  $t_2$  را یادداشت نمائید.
- 12- مجدداً گرماسنج را توزین نموده و جرم بخار آب (m) وارده به داخل گرماسنج را محاسبه نمائید.
- 13- مقادیر بدست آمده را در رابطه مذکور قرار داده  $L_7$  را محاسبه نمائید.

درصد خطا	$L_7$	A	C	T	$t_1$	$t_2$	M	M	شماره آزمایش
									1
									2

## آزمایش 5- ضریب انبساط طولی

### هدف آزمایش :

اندازه گیری ضریب انبساط طولی جامدات

### وسایل آزمایش:

میله فلزی - دماسنج - مولد جریان 6 ولتی - لامپ - سیم رابط - اجاق برقی - بشر - میکرومتر.

### تئوری آزمایش:

#### 1- انبساط طولی:

تجربه های عادی نشان می دهد که اغلب اجسام جامد از نتیجه افزایش دما منبسط می گردند و به ابعاد آنها افزوده می شود . سهولت ملاحظه می شود. هنگامی که میله فلزی گرم می شود طول آن زیاد می شود. کافی است میله فلزی بلندی را موقعی که سرد است روی تخته صافی بگذاریم و در محل دو انتهای آن روی تخته خطی بکشیم سپس میله را گرم کنیم و روی تخته بگذاریم ملاحظه می شود که چون یک طرف آن روی خط نشانه گذارده شود انتهای دیگر آن از خط دوم می گذرد.

اگر لوله شیشه ای سرد را یکبار داخل شعله چراغ قرار دهیم ، از آنجا که قسمتی از آن که داخل شعله قرار دارد یکبار منبسط می شود و بقیه قسمت های مجاور هنوز سرد است و منبسط نشده است ، می شکنند . علت آن فشاری است که از قسمت های انبساط یافته به قسمتی که هنوز منبسط نشده است وارد می شود.

برعکس چنانچه قطره آبی سرد به لوله چراغ داغ بریزد لوله می شکنند علت آن همان انقباض قسمتی از لوله است که در اثر تماس با قطره آب سرد جمع شده و باعث شکستن شیشه می شود.

#### 2- ضریب انبساط طولی:

برای مقایسه میزان انبساط طولی اجسام جامد برای آنها ضریب انبساط طولی را تعریف می کنند.

ضریب انبساط طولی عبارتست از افزایش واحد طول جسم به ازاء افزایش واحد دما.

اگر طول جسم را در دمای  $t_2$  و  $t_1$  و در  $t_1$  به  $L_1$  نمایش دهیم خواهیم داشت :

اگر ضریب انبساط طولی را با  $\alpha$  نمایش دهیم خواهیم داشت :

انبساط حجم یک جامد همگن نتیجه انبساط طولی آن در همه جهات است . در صورتیکه جسم جامد به شکل سیم یا میله یا نژاثر آن باشد، انبساط آن بشکل طولی ظاهر میشود. زیرا با آنکه اتم های جسمی با چنین خصوصیات در سه بعد ارتعاش دارند، ولی چون تعداد اتم ها در یک راستا بیش از دو راستای دیگر است لذا ارتعاش و در نتیجه انبساط در یک بعد بیش از دو بعد دیگر است . در اینصورت انبساط جسم را طولی گویند.

## آشنائی با دستگاه

دستگاه مخصوص انبساط طولی که دیلاتومتر نامیده میشود تشکیل شده است از یک لوله شیشه ای تو خالی که بر روی پایه ای نصب شده است و میله ای فلزی درون آن قرار گرفته . قسمت بالای لوله شیشه ای دو سوراخ تعبیه شده است یکی برای قرار گرفتن دماسنج و دیگری برای ریختن آب گرم درون لوله . در طرفین لوله پیچ های تنظیم وجود دارد که بوسیله این پیچ می توان جریان برق را برقرار ساخت ، پیچ سمت چپ یک پیچ معمولی برای ایجاد اتصال و جریان برق است . ولی پیچ سمت راست غیر از اینکه باعث اتصال و جریان برق می شود از آنجا که به شیوه میکرومتر (ریزنسج) تنظیم شده است ، آزمایشگر را قادر می سازد تا پیچ اتصال را تا حد میلی متر حرکت داده، عقب و جلو ببرد. لازم است قبل از انجام آزمایش با کارکرد و درجه بندی این پیچ میکرومتری (ریزنسج) آشنا شوید . میله فلزی داخل لوله شیشه ای از ابتدا و انتهای خود توسط این دو پیچ به منبع تغذیه متصل می باشد . بدین ترتیب که یک مدار سری بین دستگاه انبساط طولی ( دیلاتومتر)، منبع تغذیه و لامپ برقرار می باشد، هرگاه جریان در دستگاه برقرار شود لامپ روشن می شود ، وبا قطع جریان ، لامپ خاموش می شود.

## نکات ایمنی

موارد زیر را به هنگام کار با دستگاه دیلاتومتر رعایت فرمائید.

- 1- هنگام ریختن آب جوش در دستگاه مراقبت نمائید تا این امر توسط قیف مخصوص دستگاه انجام گیرد تا آب جوش بیرون نریزد.
- 2- از حرکت دادن دستگاه خودداری نمائید و در صورت نیاز به جابجائی این امر را توسط پایه ها انجام دهید واز فشار آوردن به حباب شیشه ای دستگاه خودداری فرمائید.
- 3- از سفت کردن پیچ های ابتدا و انتهائی دستگاه خودداری نمائید. زیرا این امر موجب هرز شدن پیچ ها و عدم دقت ریز سنج متصل به دستگاه خواهد شد.

## روش آزمایش

- 1- مقداری آب را داخل بشر توسط اجاق برقی بحالت جوش در آورید.
- 2- پیچ میکرومتری سمت راست دستگاه را طوری تنظیم کنید که صفر صفحه گردان مقابل صفر خط کش قرار گیرد.
- 3- پیچ سمت چپ دستگاه را کمی باز کنید بطوری که هیچ گونه اتصالی با میله داخل حباب نداشته باشد.
- 4- آب جوش بشر را داخل حباب شیشه ای ریخته بطوریکه تمامی سطح میله فلزی را بپوشاند.
- 5- دماسنجی را از روزنه بالای حباب شیشه ای داخل دستگاه قرار دهید.

- 6- میله در اثر جذب حرارت ، افزایش دما یافته ، طولش انبساط پیدا می کند.
- 7- بانگه به دماسنج، هنگامی که دماسنج به نقطه ثابتی رسید و بیشترین دما را نشان داد، توسط پیچ سمت چپ اتصال را برقرار کنید، بطوریکه لامپی که در مسیر جریان قرار گرفته است روشن شود. در این حالت دما را یادداشت کنید.
- 8- آب داخل دستگاه بمرور سرد می شود و دمای آن پائین می آید لذا میله در اثر کاهش دما، کم می شود و با کاهش طول میله جریان برق قطع می شود، در اینصورت ملاحظه می شود که لامپ سر راه دستگاه خاموش می شود.
- 9- با چرخش پیچ میکرومتری ( پیچ سمت راست ) اتصال میله فلزی را برقرار کنید و کاهش طول میله را توسط ریزسنج متصل به دستگاه یادداشت نمایید.
- 10- این عمل را حداقل ده بار تکرار کرده و جدول زیر را تکمیل کنید. توجه نمایید که همواره کاهش طول میله بایستی با چرخش پیچ سمت راست ( پیچ میکرومتری) قرائت شود و از دست زدن به پیچ سمت چپ خودداری فرمائید. ( آزمایش ترا تا رسیدن به دمای 25 ادامه دهید).

آزمایش							
1							
2							
3							
4							
5							

- 11- منحنی نمایش تغییرات طول نسبت به تغییرات دما را در کاغذ میلیمتری رسم نمایید.
- 12- با توجه به اینک هدر دمای 25 طول اولیه میله فلزی  $L = 50$  می باشد. با استفاده از رابطه زیر ضریب انبساط میله فلزی را محاسبه نمایید.

## آزمایش 6- دماسنج گازی

**هدف آزمایش:** چگونگی طرز کار دماسنج گازی و نحوه مدرج کردن آن.

**وسایل آزمایش:**

بشر- لوله لاستیکی - جیوه - بالن شیشه ای ته گرد - دماسنج - اجازق گاز - چوب پنبه - مقداری یخ - خط کش

**تئوری آزمایش:**

برای داشتن یک مقیاس دمایی قطعی ، باید نوع خاصی از دماسنج را به عنوان استاندارد انتخاب کرد. این انتخاب بر پایه تسهیلات تجربی صورت نمی گیرد. بلکه با تحقیق این نکته به عمل می آید که مقیاس دمائی تعریف شده به وسیله یک دماسنج بخصوص ، تا چه حد می توان در فرمول بندی قوانین فیزیک مفید باشد کوچکترین اختلافها در مقادیری مشاهده می شود که توسط دماسنج های

مختلف ( گاز - با حجم ثابت ) خوانده شده اند، و این امر ما را بر آن می دارد که یک گاز را به عنوان ماده استاندارد دماسنجی انتخاب کنیم .

خصائص گازی که برای دماسنج گازی بکار می رود باید بقدر امکان به گاز کامل نزدیک باشد . بهترین گازها ( هلیوم ) است . اگر حجم یک گاز ثابت نگه داشته شود، فشار آن به دما بستگی خواهد داشت و دائما با بالا رفتن دما افزایش خواهد یافت . در دماسنج گازی با حجم ثابت ، از فشار در حجم ثابت به عنوان خاصیت دماسنجی استفاده می شود . در دماسنج گازی برای اندازه گیری دما از تغییرات فشار در حجم ثابت و رابطه زیر استفاده می شود.

مقدار در این رابطه برابر است با :

قبل از سال 1954 برای تعریف مقیاس قانونی رابطه فوق را مبنا قرار داده ، دمای دو نقطه ثابت معمولی را صفر و صد قرارداد میکردند ، مقیاسی که باین طریق بدست می آید مقیاس قانونی دما است که بنامهای مقیاس صد قسمتی گازهای کامل یا مقیاس صد قسمتی آووگادور و موسوم است .

عبارت داخل پرانتز یعنی  $T = (273 + t)$  را دمای مطلق می نامند . مقیاسی که باین طریق تعریف می شود مقیاس مطلق آووگادور نامیده میشود که این مقیاس با مقیاس دما ترمودینامیک که بر حسب درجه کلونین ( $T$ ) بیان می شود تطبیق می کند . به همین جهت دمای مطلق را بر حسب درجه کلونین بیان می کنند.

## شرح دستگاه

استفاده از دماسنج گازی فقط در آزمایشگاههای مخصوص میسر است و مورد استفاده عمومی ندارد. این دستگاه اساس کلیه سنجشهاست و اشل ترمودینامیک دما بوسیله آن تعیین و مشخص می شود.

لوله A بوسیله یک لوله لاستیکی B متصل است و درون لوله مقداری جیوه ریخته شده است . همانگونه که ملاحظه می شود سطح جیوه در لوله A و B یکسان است ، لوله R متحرک است که می توان با حرکت لوله R سطح جیوه را در لوله A و B تغییر داد. بالنی پر از هوا توسط لوله ای لاستیکی به لوله A متصل است. حال اگر بالن پر از هوا را داخل آب گرم قرار دهیم ، گاز داخل بالن منبسط می شود و در اثر فشار وارد بر سطح جیوه در لوله A ، آنرا به طرف پایین رانده و متقابلا سطح جیوه در لوله B بالا میرود . برای اینکه حجم ثابت بماند، لوله R را آنقدر بالا میبریم تا سطح جیوه در لوله A همواره ثابت بماند . اختلاف ارتفاع جیوه را در دو لوله برای دماهای صفر درجه و صد درجه و t درجه را به  $h_t, h_{100}, h_0$  نشان میدهیم . در نتیجه فشار هوای داخل ظرف در این دماها بصورت زیر در می آید:

اگر در رابطه فوق بجای مقادیر زیر را قرار دهیم :

خواهیم داشت:

پس از ساده کردن عبارت فوق خواهیم داشت :

## نکات ایمنی

- 1- مراقبت کنید که جیوه از لوله R به بیرون نریزد.
- 2- مراقبت نمائید جیوه با پوست دست شما تماس نداشته باشد ، زیرا جیوه ماده ای سمی است.
- 3- از جابجایی دستگاه خودداری نمائید . زیرا بهمان حالت تنظیم شده است.

## روش آزمایش

- 1- ابتدا با باز کردن شیری که لوله A را به بالن متصل میکند هوای داخل بالن را به هوای خارج متصل نمائید در این صورت فشار هوای داخل بالن معادل فشار جو خواهد شد.
- 2- با باز کردن شیر بالن ارتفاع جیوه در لوله های A, B یکسان خواهد شد.
- 3- با تغییر ارتفاع لوله R، ارتفاع جیوه را در لوله A بر روی عدد معینی تنظیم کرده، سپس شیر را می بندیم و بدین ترتیب ارتباط هوای داخل بالن را با خارج قطع می کنیم.
- 4- بالن شیشه ای را در مخلوط آب و یخ قرار می دهیم، دمای مخلوط آب و یخ را یادداشت می کنیم.
- 5- در اثر سرد شدن و انقباض، هوای داخل بالن کاهش یافته بمرور سطح جیوه در لوله A بالا آمده و در لوله پائین می رود.
- 6- با بالا و پایین بردن لوله R سطح جیوه را در لوله A بر روی عدد قبلی تنظیم می کنیم. در این حالت اختلاف ارتفاع جیوه را در دو لوله یادداشت می کنیم. ( $h_0$ )
- 7- توسط پیچ M بالن را به آرامی از داخل بشر آب و یخ خارج می کنیم.
- 8- این بار بالن را در داخل بشری محتوی آب جوش قرار می دهیم. در این حالت بشر محتوی بالن که توسط آب جوش احاطه شده بایستی روی هیتر قرار داشته باشد.
- 9- دمای آب جوش را یادداشت می کنیم. (با توجه به فشار محیط آزمایشگاه دمای آب جوش کمتر از 100 می باشد)
- 10- در اثر گرم شدن و انبساط هوای داخل بالن، فشار آن کاهش یافته، بمرور سطح جیوه در لوله A پائین آمده و در لوله B بالا می رود.
- 11- با بالا و پائین بردن لوله R سطح جیوه را در لوله A بر روی عدد قبلی تنظیم می کنیم. در این حالت اختلاف ارتفاع جیوه را در دو لوله یادداشت می کنیم. ( $h_{100}$ )
- 12- منبع حرارتی را از زیر بشر آب جوش خارج می کنیم، در اینصورت دمائی که دماسنج داخل بشر نشان میدهد در حال پایین آمدن است.
- 13- به ازاء هر 5 درجه کاهش دما مجدداً با تنظیم کردن ارتفاع جیوه در لوله A بر روی عدد مبنا، اختلاف ارتفاع جیوه را در دو لوله A, B بدست می آوریم.
- 14- این عمل را حداقل 10 بار تکرار کرده، جدول زیر را با استفاده از فرمول ذکر شده تکمیل نمائید.

آزمایش	دمای دماسنج داخل بشر	اختلاف ارتفاع جیوه در دو لوله	دمای دماسنج گازی	$h_0$	$h_{100}$
1					
2					
3					
4					
5					

15- دما ها و ارتفاع های بدست آمده را بر روی محور های مختصات بشکل زیر رسم نموده

تذکر:

اختلاف سطح جیوه در دو لوله A, B در دمای صفر درجه عدد منفی است.

## آزمایش 7- ضریب انبساط حجمی مایعات

### هدف آزمایش:

اندازه گیری ضریب انبساط حجمی مایعات

### وسایل آزمایش:

دستگاه سنجش انبساط حجمی مایعات - ارلن - منبع حرارتی - دماسنج - خط کش - لوله های رابط

### تئوری آزمایش:

(1) انبساط حجمی مایعات:

وقتی سخن از انبساط مایعات می شود منظور انبساط حجمی مایعات است که در پاره ای از موارد استثنایی که انبساط ستون باریکی از مایع (مانند ستون جیوه در دماسنج) منظور باشد، که در این حالت در انبساط طولی ستون جیوه برای خواندن دما استفاده می شود، در این صورت نیز فی الواقع انبساط حجمی جیوه باعث بالا رفتن جیوه بصورت ستونی می شود.

(2) ضریب انبساط حجمی مایعات:

تغییر حجم واحد حجم مایع، به ازاء تغییر واحد دما را ضریب انبساط حجمی مایعات گویند. چنانچه مقداری از مایع با حجم  $V$  در اثر تغییر دمایی معادل  $t$  به اندازه  $V$  تغییر حجم دهد، ضریب انبساط حجمی از رابطه زیر حاصل می شود:

در این رابطه ضریب انبساط حجمی مایع نام دارد و برابر است با تغییر واحد حجم مایع به ازاء تغییر یک درجه سانتیگراد حرارت. از آنجا که شکل مایعات تابع ظرف خود می باشند انبساط و انقباض آنها با انبساط و انقباض ظرفشان توأم است. منتها در این آزمایش از انبساط و انقباض ظرف صرف نظر می شود.

### شرح دستگاه

دستگاهی که ملاحظه می فرمائید از دو استوانه شیشه ای  $a$ ،  $b$  تشکیل شده است که توسط لوله کروی شکل که داخلش الکل می باشد بیکدیگر متصل، و توسط مخازن  $A$ ،  $B$  آب سرد و گرم وارد استوانه ها می شود، دمای آب داخل استوانه ها توسط دماسنج های و اندازه گیری می شود.

از آنجا که می بایستی ترتیبی اتخاذ شود تا دماسنج های و دمای ثابتی را نشان دهند، مرتباً آب توسط مخازن وارد استوانه ها شده و توسط لوله هائی، آب استوانه ها بداخل تشتک تخلیه می شوند.

چون دمای هادی و لوله و متفاوت اند، ارتفاع مایع در دو شاخه لوله  $U$  شکل متفاوت است، زیرا انبساط حجمی مایع درون دو لوله مساوی یکدیگر نیست و انبساط حجمی مایعی که در لوله  $b$  قرار دارد از انبساط حجمی مایع درون لوله  $a$  بیشتر است. در نتیجه حجمی مایع در دو لوله  $a$ ،  $b$  با یکدیگر متفاوت است.

اگر جرم حجمی مایع در دو لوله و ارتفاع مایع در دو لوله و باشد، میتوان نوشت: (1)

از طرفی نسبت حجم مایع در دو لوله مساوی نسبت عکس جرم حجمی آنهاست.

طرفهای اول روابط (1) و (2) با هم برابرند پس:

چنانچه ضریب انبساط حجمی مایعی که در لوله U شکل قرار دارد باشد می توان نوشت :  
 همانگونه که ملاحظه می شود با اندازه گیری مقادیر و دماهای که دماسنج های و نشان میدهند می توان ضریب انبساط  
 حجمی مایع مورد نظر را اندازه گیری نمود.

### نکات ایمنی

- 1- از جابجایی دستگاه خودداری نمایید زیرا بهمان حالت تنظیم شده است .
- 2- مخازن راهمیشه پر آب نگهدارید.
- 3- دماسنج ها را از جای خالی خارج نکنید زیرا بدقت جایگذاری شده اند.

### روش آزمایش

- 1- در ابتدا بایستی دقت نمائید که ارتفاع مایع ( الکل ) درون لوله U شکل در دو طرف لوله مساوی باشد.
- 2- شیر مابین مخزن آب سرد و لوله a را باز می کنیم تا آب بصورت قطره قطره وارد دستگاه شود. انجام این عمل سبب می شود  
 که دمای آب موجود در لوله استوانه a ثابت بماند.
- 3- اجاق برقی را زیر ارلن قرار داده ، آب داخل آنرا گرم می کنیم ( تا دمای 80 ).
- 4- با باز کردن شیر رابط آب گرم و استوانه b آب گرم را داخل استوانه فرستاده تا به بالاترین دما که رسید شیر آب گرم را می  
 بندیم.
- 5- در یک دمای ثابت ، دمای آب های داخل استوانه را توسط دماسنج های و هم چنین ارتفاع های و ستون الکل را در لوله  
 شکل می خوانیم .
- 6- این آزمایش را چندین مرتبه تکرار کرده بدین صورت که مجددا شیری را که بین مخزن آب و ارلن در حال گرم شدن قرار  
 دارد باز می کنیم . سپس شیر را می بندیم . پس از ثابت شدن دمای دماسنج های و ارتفاع های مایع را در لوله U شکل یادداشت  
 می کنیم .
- 7- جدول زیر را تکمیل کرده ضریب انبساط حجمی مایع داخل لوله U شکل را محاسبه کنید.

آزمایش							
1							
2							
3							

### آزمایش 8- ضریب رسانائی فلزات

#### وسائل آزمایش:

دستگاه موجود در آزمایشگاه - ارلن - دماسنج - اجاق برقی - بشر - منبع اب - لوله های رابط .

#### تئوری آزمایش :

## 1) هدایت یا رسانایی :

هر گاه یک طرف میله فلزی را در مجاورت حرارت قرار داده و طرف آنرا با دست بگیریم ملاحظه می شود که گرما از یک میله به طرف دیگر هدایت شده و طرف دیگر میله که در دست شماست و مستقیماً با حرارت تماس ندارد گرم می شود. در این حالت گفته می شود که گرما از یک طرف میله به طرف دیگر آن از طریق هدایت یا رسانایی منتقل شده است. در جامدات انتقال حرارت به طریق هدایت حرارتی یا رسانش صورت می گیرد و نظریه مولکولی اجسام در مورد هدایت بر این اساس است که ملکول های اجسام از جمله جامدات در فاصله کم یا زیاد حرکت رفت و برگشتی دارند. فاصله متوسط حرکت هر ملکول در جامدات یک حد خاصی دارد که توسط ملکول های مجاور آن مشخص شده است. یعنی حرکت رفت و برگشتی یا ارتعاشی بسیار خفیف. انرژی حرارتی که به یک جسم تعلق می گیرد انرژی جنبشی ناشی از ارتعاش ملکول ها و یا سرعت ملکولی آنست. زمانی که به یک جسم انرژی حرارتی می رسد ملکول های جسم آنرا جذب کرده و باعث افزایش سرعت ارتعاش ملکول های آن قسمت از جسم می گیرد. بر خورد این ملکول های با ملکول های سرد مجاور در جسم جامد باعث تبادل انرژی حرارتی شده و باعث افزایش سرعت ارتعاش سایر ملکول ها می شود و این کار همچنان ادامه می یابد. همین امر بمنزله انتقال انرژی حرارتی به کلیه نقاط جسم تلقی می شود. باید توجه داشت که بدلیل آنکه محدوده حرکت نوسانی ملکول ها در جسم جامد محدود است، انتقال حرارت در اثر جابجا شدن ملکول آنگونه که در همرفت برای مایعات و گازها رخ می دهد، برای جسم جامد اتفاق نمی افتد.

## 2- جهت جریان حرارتی:

هدایت حرارت در درون هر جسم که دمای نقاط مختلف آن متفاوت باشد، از نقاط گرم به نقاط سرد صورت می گیرد. جریان گرمائی زمانی صورت می گیرد که دمای دو نقطه از جسم متفاوت باشند و جهت جریان گرمائی از نقطه گرمتر بسوی نقطه سردتر خواهد بود.

## 3- ضریب رسانایی :

میله ای در نظر بگیرید که طول آن  $L$  و سطح مقطع آن  $A$  باشد. مقدار گرمائی که در زمانی مانند  $t$  میتواند از این میله بگذرد برابر است با:

در این رابطه  $K$  ضریب رسانایی فلز مورد نظر بوده و عبارتست از مقدار گرمائی که از واحد سطح هر جسم در واحد زمان میگذرد در صورتیکه باشد که تغییرات دما به تغییرات طول می باشد گرادیان دمای نام دارد.

## شرح دستگاه

میله توپر فلزی به قطر  $D = 5$  داخل قوطی  $A$  قرار دارد و دور تا دور آن را جوش داده اند. بخار آب وارد قوطی شده و از طرف دیگر قوطی خارج می شود. در اثر ورود بخار آب میله رسانا گرم می شود. طرق دیگر میله فلزی توسط یک لوله پوشیده شده است و آب معمولی از مخزن  $B$  داخل لوله شده اطراف میله گردش کرده سپس خارج می شود. دمای آب ورودی و خروجی توسط دو دماسنج  $t_3$  و  $t_4$  قرائت می شود در دو نقطه از میله دو سوراخ به فاصله  $d = 18$  از یکدیگر تعبیه شده است بطوریکه دماسنج های  $t_1, t_2$  درون آنها قرار گرفته اند. آبی در لوله بطور پیوسته جریان دارد.

مجموعه این دستگاه بوسیله پشم شیشه عایق بندی شده است تا از اتلاف گرما جلوگیری بعمل آید. با توجه به توضیحات فوق

الذکر چنانچه جرم آبی را که از دستگاه  $A$  عبور می کند  $M$  و دمایی که دماسنج نشان می دهند بترتیب باشد میتوان نوشت:

همینطور برای دماسنج های  $t_1, t_2$  نیز گرادیان دمائی در فاصله بین آنها برابر است:  
و اگر بجای مقادیر نشان را در رابطه زیر قرار دهیم و بجای مساحت میله نیز را قرار دهیم خواهیم داشت:

### نکات ایمنی:

- 1- از جابجائی دستگاه خودداری نمائید زیرا احتمالاً از حالت تنظیم خارج میشود.
- 2- از ابتدا تا انتهای آزمایش به شیر مخزن دست نزنید .

### شرح آزمایش:

- 1- ارنلی را که بمنظور تهیه بخار آب جوش در نظر گرفته شده است از آب پر نمائید (حدوداً تا 3 سانتیمتر زیر لوله رابط را از آب پر نمائید)
- 2- هیتر برقی زیر ارنل را روشن کرده تا آب جوش آمده و بخار آب وارد دستگاه شود.
- 3- با ورود بخار آب شیر را باز کرده تا آب بصورت قطرات پیوسته خارج شود .
- 4- زمانیکه دمای دماسنج ها ثابت شد، جرم آب خروجی را در مدت زمان معینی (مانند 30، 45، 60) ثانیه در ظرفی (مانند بشر جمع کرده، وزن آب را بدست آورید .

5- با معلوم بودن کمیات زیر  $K$  ضریب رسانایی فلز را از رابطه (1) حساب کنید.

جرم آبی که از دستگاه عبور می کند  $M =$  دمای دماسنج های  $t_1, t_3 =$

دمای دماسنج های  $t_1$  و  $t_2 =$

$d = 18 \text{ cm}$

$D = 5 \text{ cm}$

6- مقدار  $K$  را در دستگاه SI و CGS محاسبه نمایید.

شماره آزمایش					$M_{(kg)}$	$t(s)$	$C$	$D_{(m)}$	$d_{(m)}$	$K$
1										
2										
3										

### آزمایش 9- ضریب رسانائی شیشه

#### هدف آزمایش:

اندازه گیری ضریب رسانائی یک جسم نیمه رسانا مانند شیشه

#### وسائل آزمایش:

دستگاه موجود در آزمایشگاه - منبع حرارتی - دماسنج - لوله لاستیکی - ارنل - بشر - چوب پنبه.

#### تئوری آزمایش:

اجسامی را که بخوبی نمی توانند گرما را هدایت کنند نیمه رسانا گویند ، مانند شیشه، یک لوله شیشه ای دو جداره را در نظر می گیریم که جریان آب از جداره داخلی آن میگذرد و از جداره دوم، بخار آب عبور میکند. اگر ضخامت لوله  $dr$  و فاصله جزء ضخامت

از محور لوله I باشد گرادیان گرمائی (تغییرات دما به تغییرات طول) بصورت نشان داده می شود و در نتیجه مقدار گرمای هدایت شده در زمان t برابر است با:

اگر جرم آبی که در مدت معینی از لوله عبور میکند M و دمای ورودی و خروجی آب از لوله و باشد دمای بخاری است که از مجاورت لوله می گذرد.

### شرح دستگاه

یک لوله شیشه ای دو جداره بطول 60 که شعاع داخلی آن 8 و شعاع خارجی آن 11 میباشد. این لوله داخل جبابی به همان طول و ضخامت جاسازی شده است. این مجموعه بوسیله پشم شیشه پوشانیده شده است تا از اتلاف گرما جلوگیری شود. بخار آب توسط ارلنی که روی هیتر قرار دارد از ابتدای لوله وارد جدار خارجی لوله شیشه ای شده و از انتهای آن خارج می شود. دمای ابتدا و انتهای لوله شیشه ای توسط دو دماسنج اندازه گیری می شود.

### نکات ایمنی

- 1- از جابجائی دستگاه خودداری نمائید زیرا بهمان حالت تنظیم شده است.
- 2- از آنجا که لوله شیشه ای عایق بندی شده شکننده می باشد، مراقبت نمائید که فشاری به آن وارد نیاید.

### روش آزمایش:

- 1- ارلنی را که بمنظور تهیه بخار آب جوش در نظر گرفته شده است از آب پر نمائید (حدوداً تا 3 زیر لوله رابط را از آب پر نمائید)
- 2- هیتر را زیر ارلن روشن کرده تا آب جوش آید.
- 3- شیر ورودی مخزن آب سرد را باز کرده تا آب بصورت قطرات پیوسته از طرف دیگر خارج شود.
- 4- زمانی که دمای دماسنج های ورودی و خروجی آب ثابت شد جرم آب را در زمان معینی (30، 45، 60) ثانیه اندازه بگیرید.
- 5- با معلوم بودن کمیات زیر K را از رابطه (1) بدست آورید.  
جدولی مانند جدول آزمایش قبل طراحی می شود و نتایج در آن ثبت شود.  
$$r_1 = 0/800 \quad M = \text{جرم آب خروجی}$$
$$r_2 = 0/110 \quad t = \text{زمان آب خروجی}$$
$$= T = 100 + \%.37 (P - 760) \quad L = 0/6$$
$$= \text{دمای دماسنج } t_1$$
$$= \text{دمای دماسنج } t_2$$
- 6- مقدار K را در دستگاه Si و CGS محاسبه نمائید.

## آزمایش 10- گرمای ویژه آب

### هدف آزمایش:

اندازه گیری گرمای ویژه آب

## وسائل آزمایش:

سیم مقاوم تعبیه شده در یک لوله شیشه ای - ولت متر - آمپر متر - منبع تغذیه الکتریکی - سیم های رابط - کرونومتر - دماسنج - چوب پنبه یا در پوش لاستیکی - شلنگ.

## تئوری آزمایش:

واحد گرما در دستگاه کالری C.G.S نام دارد و آن مقدار گرمائی است که یک گرم آب 14.5 را به 15.5 می رساند. چنانچه این مقادیر را در رابطه زیر قرار دهیم گرمای ویژه آب مساوی یک کالری بر گرم بر درجه می شود  $Q=m.c(t_2-t_1)$  واحد فوق نشان می دهد که گرمای ویژه عبارتست از مقدار گرمائی که یک جسم میگیرد تا یک درجه گرمتر شود. گرمای ویژه متوسط یک جسم بین دو دمای  $t_2, t_1$  عبارتست از:

که  $Q$  گرمائی است که دمای  $m$  جسم را از  $t_2, t_1$  برساند. گرمای ویژه جسم در دمای  $t$  عبارتست از:

آزمایش های دقیق نشان می دهند که گرمای ویژه اجسام در دماهای مختلف متفاوت است، گرمای ویژه آب در حدود 34 درجه سانتیگراد به حداقل میرسد و برابر است با 0.99795 و این مقدار در دمای صفر درجه برابر است 1.00738 کالری بر درجه بر گرم می شود. گرمای ویژه آب در دمای 15 درجه و در دمای 65 درجه مساوی واحد است.

## شرح دستگاه

سیم مقاومت داری (المنت) را مطابق شکل درون شیشه ای قرار داده و آنرا با آمپرسنج بطور متوالی به منبع تغذیه الکتریکی متصل مینمایند. ولت متر را بطور موازی به دو سر مقاومت وصل کرده سپس دماسنج را از چوب پنبه ها و یا در پوش های لاستیکی عبور داده و بوسیله آنها دهانه لوله های شیشه ای را مسدود مینماییم. جریان آب از لوله  $M$  وارد دستگاه شده و از لوله  $N$  خارج میشود. آب خارج شده را در یک ظرف جمع آوری مینماییم.

دماسنج هائی که در دو دریچه ورودی و خروجی قرار گرفته اند دماهای آب ورودی و خروجی را نشان میدهند. اگر در هر ثانیه گرم آب از دستگاه عبور کند میتوان داشت:

$$VI = mc(\quad - \quad)$$

در رابطه فوق  $VI$  توان الکتریکی مصرف شده بوسیله سیم مقاوم است. در این رابطه با مشخص بودن مقادیر مربوطه میتوان  $C$  گرمای ویژه آب را بدست آورد.

## نکات ایمنی:

- 1- از جابجائی دستگاه خودداری نمائید زیرا از حالت تنظیم خارج می شود.
- 2- از آنجا که سیم مقاومت دار (المنت) داخل حباب شیشه ای شکننده می باشد مراقبت نمائید که فشاری به آن وارد نیاید.
- 3- قبل از اتصال دستگاه به برق و بر قرار نمودن جریان در دستگاه لازم است مدار را کنترل نمایند.

## روش آزمایش:

- 1- پس از کنترل مدار دستگاه، جریان را در مدار برقرار نمائید.
- 2- با تنظیم منبع تغذیه اختلاف پتانسیلی حدود چند ولت بین دو سر سیم بر قرار نمائید.
- 3- شیر آب را باز کرده تا آب بصورت قطره قطره و پیوسته خارج شود (در طول آزمایش به هیچ عنوان به شیر آب دست نزنید).

4- زمانیکه دمای آب خروجی ثابت شد جریانی که آمپر سنج نشان می‌دهد یادداشت نمائید.

5- جرم آب خروجی (m) را در بشر به مدت مثلاً 60 ثانیه جمع آوری نمائید .

6- جرم خالص آب خروجی را بر زمان تقسیم نموده تا جرم آب خروجی در یک ثانیه بدست آید.

7- دمای ورودی و دمای خروجی را یادداشت نمائید.

8- توان الکتریکی مصرف شده توسط سیم مقاومت دار را از رابطه زیر بدست می آید:

$$VI = mc( - )$$

در رابطه بالا C مجهول است.

9- با تغییرات اختلاف پتانسیل دستگاه و تغییر زمان جمع آوری آب (مثلاً 120 ثانیه ) آزمایش مذکور را چندین بار تکرار نموده

جدول زیر را کامل کنید ، سپس مقدار گرمای ویژه آب را بدست آورید.

درصد خطا	C	M	t		I	V	آزمایش
							1
							2
							3
							4

جرم کل آب جمع آوری شده = M

جرم آب در یک ثانیه = m

10- واحد آن را تحقیق نمائید.

## آزمایش 11- فشار بخار آب

**هدف آزمایش:**

اندازه گیری فشار بخار آب

**وسایل آزمایش:**

هیتر- ارلن- بوتله چینی - جیوه - خط کش

**تئوری آزمایش:**

چنانچه مقداری آب در استوانه ای وجود داشته باشد و پیستونی روی سطح مایع قرار گرفته باشد، چونکه پیستون را بالا کشیم ، در بالای سطح مایع فضائی ایجاد می شود و مایع شروع به تبخیر میکند، ملکول های مایع از سطح مایع بیرون می آیند و در فضای فوقانی حرکت میکنند . این ملکول ها که اینک در حالت بخارند به جدار استوانه و سطح پیستون بر خورد میکنند.تاثیر ضربه های متوالی تعداد زیادی از این ملکول ها روی جدار ظرف و سطح پیستون بصورت فشار بر آنها جلوه میکند . این فشار را فشار بخار آب مینامند.

مولکول ها ضمن حرکت ، به سطح مایع نیز برخورد میکنند و داخل مایع میشوند تعداد ملکول هائی که با این به مایع بر می گردند به تعداد ملکول های موجود در فضای بالای مایع بستگی دارد . عبارت دیگر به فشار موجود در آن فضا مربوط می شود هر چه تعداد ملکول های بخار موجود بیشتر باشد ، فشار زیادتر است و با نتیجه تعداد زیادتری مولکول داخل مایع می گردد و تبدیل به مایع میشود، نتیجتا پس از مدت معینی حالت تعادل برقرار میگردد. به این معنی که پس از آنکه تعداد معینی مولکول از سطح مایع خارج می شود بهمان تعداد در سطح مایع داخل می گردد . در این حالت گویند فضای موجود در بالای مایع از بخار مایع اشباع شده است . فشاری را که در این حالت وجود دارد فشار بخار اشباع شده می نامند.

چون در اثر ازدیاد دما، انرژی جنبشی مولکول افزایش می یابد و سرعت آنها زیاد می شود، فشار بخار اشباع شده به درجه حرارت بستگی دارد و هر چه دما بالا رود فشار بخار اشباع شده بیشتر می گردد. در جدول زیر فشار بخار اشباع شده برای آب ذکر شده است

اعداد این جدول رابطه میان نقطه جوش و فشار بخار آب را نشان می دهند . بطور کلی وقتی که دمای مایع به نقطه جوش می رسد در واقع فشار بخار بقدری است که می تواند در مقابل فشار خارجی مقاومت کند. موقعی که فشار خارجی بقدری است که می تواند در مقابل فشار خارجی مقاومت کند. موقعی که فشار خارجی ثابت و مساوی  $P$  باشد، جوش در درجه حرارتی شروع می شود که فشار ماکزیمم ( فشار بخار اشباع شده) مساوی فشار  $P$  باشد که از خارج بر مایع وارد می شود. بنابراین تا هنگامیکه فشار خارجی تغییر نکند دمای جوش نیز تغییر نمی کند . در شرائط عادی که مایع تحت فشار جو جوشانده شود، نقطه جوش هر مایعی درجه حرارتی است که در آن درجه حرارت ، فشار بخار اشباع شده مایع مساوی فشار جو باشد . از این روست که ملاحظه می شود نقطه جوش آب در کنار دریا و یا جاهای مرتفع متفاوت است .

در تهران نقطه جوش آب حدود 97 است در صورتیکه در کنار دریا حدود 100 می باشد.

فشار میلیمتر جیوه	دما درجه سانتیگراد	فشار میلیمتر جیوه	دما درجه سانتیگراد
17/51	20	5/68	3
31/7	30	6/10	4
55/1	40	6/54	5
92/3	50	7/01	6
149/2	60	7/59	7
233/5	70	8/04	8
388/1	80	8/60	9
525/8	90	9/20	10
760/0	100	9/84	11

چنانچه منحنی نمایش تغییرات فشار و دما (جدول مذکور) را رسم کنیم به شکل زیر خواهیم رسید.

این منحنی به منحنی تبخیر موسوم است در قسمت فوقانی به نقطه بحرانی و در قسمت تحتانی به نقطه سه گانه ختم می شود. در نقطه سه گانه بخار و جامد و مایع در حالت تعادل است.

$$T = 100 + 0.37(P - 760)$$

که در آن  $t$  نقطه جوش بر حسب درجه سانتیگراد و  $P$  فشار هوا در آزمایشگاه بر حسب میلی متر جیوه است. رابطه فوق از فرمول کلایرون بدست می آید که اساس آن بر تجربه و آزمایش های دقیق قرار دارد.

( برای توضیحات بیشتر به فصل یازدهم از کتاب حرارت و ترمودینامیک تالیف دکتر جعفر سیروس ضیاء مراجعه شود.)

## شرح دستگاه

در دستگاه مورد نظر متشکل از لوله ای  $U$  شکل است که به صورت معکوس کار گذاشته شده است. بطوریکه در لوله  $U$  جیوه قرار می گیرد. انتهای دیگر لوله  $U$  شکل توسط لوله رابطی به بالنی متصل شده است. داخل بالن مقداری آب وجود دارد که دمای آن توسط دماسنجی که از دهانه بالن داخل آب قرار گرفته است خوانده می شود.

## نکات ایمنی

1- دستگاه مورد نظر بصورتی که ملاحظه می شود تنظیم و نصب شده است از جابجائی و انتقال آن خودداری نمایید.

## روش آزمایش:

- 1- هیتر برقی را زیر ارلن که محتوی مقداری آب می باشد روشن نمایید.
- 2- زمانی که آب به جوش آمد دمای آنرا یادداشت کرده و  $(t)$  و هیتر را کنار بگذارید.
- 3- آب داخل ارلن در حال سرد شدن است، لذا با کاهش دما فشار هوای داخل ارلن نیز از فشار هوای محیط کمتر خواهد شد، و در نتیجه جیوه در لوله  $U$  شکل بالا می رود.
- 4- به ازاء هر 3 کاهش دما، ارتفاع جیوه را در لوله اندازه بگیرید. چنانچه این ارتفاع  $h$  باشد فشار بخار آب موجود در بالن برابر است :  $P = P - h$ . در رابطه مذکور  $P$  فشار هوای آزمایشگاه بر حسب میلی متر جیوه و  $h$  نیز ارتفاع ستون جیوه در لوله  $U$  شکل بر حسب میلی متر است.

5- مقادیر بدست آمده از آزمایش را در جدول قرار داده، منحنی نمایش تغییرات  $h$  بر حسب  $\frac{1}{T}$  رسم نمایید.

6- محور افقی را محور  $\frac{1}{T}$  محور قائم را محور  $h$  در نظر بگیرید.

7- توجه نمایید که  $P$  در طول آزمایش ثابت است.

آزمایش	$h$	$P$	$P = P - h$	$L_m P$	$t$	$T = t + 173$	$\frac{1}{T}$
1							
2							
3							
4							
5							

8- مقدار  $P$  را از فشار سنج آزمایشگاه تعیین نمایید.

9- این آزمایش را حداقل ده بار انجام دهید.

## آزمایش 12- ضریب اتمیسته گازها

### هدف آزمایش:

اندازه گیری ضریب اتمیسته گازها.

### وسایل آزمایش:

ظرف شیشه ای دو دهانه - چوب پنبه - لوله لاستیک - لوله U شکل - پمپ هوا - الک .

### تئوری آزمایش:

اتمیسته در یک گاز عبارتست از خارج قسمت گرمای ویژه یک گاز در فشار ثابت بر گرمای ویژه آن در حجم ثابت .  
برای گازهای یک اتمی  $1/67$  و برای گازهای دو اتمی  $1/4$  است اما برای گازهای چند اتمی تابع قاعده ساده ای نیست .

### نکات ایمنی:

1- چون دستگاه به صورت ثابت مستقر شده است ، از جابجائی دستگاه خودداری فرمائید.

2- دقت نمائید که در اثر کارکرد بیش از حد تلمبه تراکم ، الککل داخل لوله U شکل به خارج نریزد.

### شرح دستگاه:

یک ظرف شیشه ای که از دو دهانه تشکیل شده است محتوی هوای خشک با فشار معمولی می باشد . از طریق دهانه پایینی به یک فشارسنجی مایعی U شکل متصل است . لوله فشارسنجی مایعی محتوی مقداری الککل می باشد ( بدلیل پائین بودن چگالی آن) سر دیگر لوله فشارسنج کاملاً باز بوده و با هوای خارج در تماس است . ظرف شیشه ای از طریق دهانه بالائی توسط یک لوله به تلمبه تراکم هوا متصل است .

در حالت عادی سطح الککل داخل لوله های فشارسنج مایعی U شکل متساوی است . با اتصال تلمبه تراکم ظرف شیشه ای متصل است پائین آمده و در لوله دیگر بالا می رود. اگر فشار هوا  $P$  و اختلاف ارتفاع مایع در دو شاخه لوله فرض شود فشار هوای داخل ظرف خواهد شد . شیر  $R$  ( مابین پمپ خلا و ظرف شیشه ای ) را بطور ناگهانی باز می کنیم در نتیجه هوای متراکم داخل ظرف شیشه ای خارج می شود. چون این تحول خیلی سریع انجام می گیرد، تبادل گرما بین هوای داخل و خارج ظرف ناچیز خواهد بود( تحول آدیاباتیکی) در نتیجه مایع در دو لوله هم سطح می شود. لازم به یادآوریست که هر تحولی را که در آن دستگاه با محیط خارج مبادله گرما نکند تحول آدیاباتیکی می نامند .

اکنون شیر را می بندیم و صبر می کنیم تا هوای داخل ظرف که در اثر تحول آدیاباتیکی سرد شده در اثر مبادله با محیط اطراف خود گرم شود و به دمای محیط برسد در نتیجه دوباره اختلاف ارتفاعی در دو لوله فشارسنج بوجود می آید، این اختلاف ارتفاع را می نامیم.

اگر حجم اولیه هوا  $V_1$  و حجم ظرف  $V_2$  باشد و فشار گاز در این دو مرحله را به  $P_1$  و  $P_2$  نشان می دهیم . خواهیم داشت :

طبق قانون بویل ماریوت داریم :

از مقایسه رابطه 1 و 2 داریم:

از طرفین این رابطه را می گیریم:

وقتی اختلاف فشار کم باشد می توان نوشت:

اگر به جای  $P_1$  و  $P_2$  مقادیرشان را در رابطه 3 قرار دهیم خواهیم داشت :  
با سبب دادن طرفین رابطه داریم:

در نتیجه :

## روش آزمایش:

- 1- ابتدا شیر ظرف شیشه ای را باز می کنیم تا هوای داخل آن با هوای خارج ارتباط پیدا کند.
- 2- پمپ هوا را فشار داده تا باعث بوجود آمدن اختلاف ارتفاع مایع الکل در لوله U شکل گردد.
- 3- بعد از پیدایش اختلاف ارتفاع، شیرمخزن را می بندیم و منتظر می مانیم تا ارتفاع مایع درون لوله U شکل ثابت شود. در این حالت اختلاف ارتفاع الکل را در لوله های U شکل یادداشت می کنیم.
- 4- سپس شیر ظرف شیشه ای را مجدداً باز می کنیم تا حدی که مایع در داخل لوله U شکل برابر شود، بعد از اینکه الکل در لوله ها هم سطح شد ، مجدداً شیر را می بندیم و ارتفاع بوجود آمده را پس از ثابت شدن می خوانیم:
- 5- باتکرار آزمایش جدول زیر را تکمیل نمائید:

آزمایش							
1							
2							
3							
4							
5							

6- نمودار مقادیر بدست آمده را روی محورهای مختصات ( محور عمودی و محور افقی) رسم نمائید.

7- شیب دو نقطه از این منحنی را بدست آورده ، رابطه زیر را تحقیق نمائید./

سلام بر بنده و رسول خدا، حضرت محمد (ص)، سلام بر بنده و ولیّ خدا، حضرت علی (ع)، سلام بر کاملترین مخلوق و حجّت خدا، حضرت مهدی (عج).  
تقدیم به امام زمان (عج)

**Jadeye\_tariki@yahoo.com**

کتابخانه نیلوفر آبی: <http://nilofare-abi-lib.blogfa.com>

تارنگار نیلوفر آبی: <http://nilofare-abi.persianblog.ir>

سایت استاد محمّد رضا یحیایی: <http://mry14mn.ir> & <http://www.mry14mn.net> & <http://www.mry14mn.com>

تنظیم و ویرایش: امیر نعمتی.

شهریور ماه 1387 خورشیدی.