



پوهنځی طب بلخ

# فزیک طبی

(بخش حرارت)



۱۳۹۱

پوهاند میر محمد ظاهر حیدری

Ketabton.com

Ketabton.com



# فزیک طبی

(بخش حرارت)

مؤلف: پوهاند میر محمد ظاهر حیدری

1391

3

اسم کتاب	فزیک طبی (بخش حرارت)
مؤلف	پوهاند میر محمد ظاهر حیدری
ناشر	پوهنځی طب بلخ
وب سایت	<a href="http://www.ba.edu.af">www.ba.edu.af</a>
تاریخ نشر	1391
چاپ	مطبعة افغانستان تایمز، کابل
داونلود	<a href="http://www.ecampus-afghanistan.org">www.ecampus-afghanistan.org</a>
تیراژ	1000

کتاب هذا توسط موسسه همکاری های اکادمیک آلمان (DAAD) از بودیجه وزارت خارجه فدرالی آلمان تمویل شده است. امور اداری و تخنیکي کتاب توسط موسسه افغانیک انجام یافته است. مسؤلیت محتوا و نوشتن کتاب مربوط نویسنده و پوهنځی مربوطه میباشد. ارگان های کمک کننده و تطبیق کننده مسؤل نمی باشند.

اگر میخواهید که کتابهای تدریسی شما چاپ گردد، با ما به تماس شوید:

داکتر یحیی وردک، وزارت تحصیلات عالی، کابل

تلفون دفتر 0756014640

ایمیل wardak@afghanic.org

آی اس بی ان 978- 123456789

تمام حقوق نشر و چاپ همراهی نویسنده محفوظ است





## پیام وزارت تحصیلات عالی

در جریان تاریخ بشریت کتاب برای کسب علم و دانش نقش عمده را بازی کرده و جز اساسی پروسه درسی بوده که در ارتقای کیفیت تحصیلات دارای ارزش خاص میباشد. از اینرو باید با در نظر داشت ستندردها و معیارهای شناخته شده جهانی و ضروریات جوامع کتب و مواد درسی جدید برای محصلین آماده و چاپ گردد.

از اساتید محترم موسسات تحصیلات عالی کشور قلباً اظهار سپاس و قدردانی مینمایم که با تقبل زحمات در جریان سالهای متمادی با تالیف و ترجمه کتب ممد درسی دین ملی خود را ادا نموده اند و از سایر اساتید و دانشمندان گرانقدر نیز صمیمانه تقاضا مینمایم که در رشته های مربوطه خود کتب و سایر مواد درسی را تهیه نمایند تا بعد از چاپ در دسترس محصلین گرامی قرار داده شوند.

وزارت تحصیلات عالی وظیفه خود میداند تا جهت ارتقای سطح دانش محصلین عزیز کتب و مواد درسی جدید و معیاری را آماده نماید.

در اخیر از وزارت خارجه کشور آلمان، موسسه DAAD، سایر ادارات و اشخاصیکه زمینه چاپ کتب طبی اساتید محترم پوهنخی های طب کشور را مهیا ساخته اند صمیمانه تشکر مینمایم و امیدوارم که این کار سودمند ادامه یافته و به سایر بخش ها نیز گسترش یابد.

بااحترام

پوهاند دوکتور عبیدالله عبید

وزیر تحصیلات عالی

کابل ۱۳۹۱

## چاپ کتب درسی برای پروگرام بهبود پوهنخی های طب

### استادان گرامی و محصلین عزیز!

کامبود ونبود کتب درسی در پوهنتون های افغانستان از مشکلات عمده به شمار میرود. محصلین و استادان با مشکلات زیاد روبرو میباشند، آنها اکثرا به معلومات جدید دسترسی نداشته و از کتاب ها و چپتر های استفاده مینمایند که کهنه بوده و در بازار به کیفیت پایین فوتوکاپی میگردد.

برای رفع این مشکلات در دو سال گذشته ما چاپ کتب درسی پوهنخی های طب پوهنتون های کشور را آغاز نمودیم و تا اکنون ۶۰ عنوان کتب درسی را چاپ نموده و به تمام پوهنخی های طب افغانستان ارسال نموده ایم. این در حالی است که پلان ستراتیژیک وزارت تحصیلات عالی ( ۲۰۱۰ - ۲۰۱۴ ) کشور بیان می دارد:

« برای ارتقای سطح تدریس، آموزش و آماده سازی معلومات جدید، دقیق و علمی برای محصلان، باید برای نوشتن و نشر کتب علمی به زبان های دری و پشتو زمینه مساعد گردد. برای ریفورم در نصاب تعلیمی ترجمه از کتب و مجلات انگلیسی به دری و پشتو حتمی و لازمی میباشد. بدون امکانات فوق ناممکن است تا محصلان و استادان در تمامی بخش ها به پیشرفت های مدرن و معلومات جدید زود تر دسترسی بیابند.»

استادان و محصلین پوهنخی های طب با مشکلات زیاد مواجه اند. تدریس به میتود کهنه، عدم دسترسی به معلومات و مواد جدید درسی و استفاده از کتب و چپتر های که به کیفیت بسیار پایین در بازار دریافت میگردد از جمله مشکلات عمده در این راستا میباشد. باید آن عده از کتاب هاییکه توسط استادان تحریر گردیده اند جمع آوری و چاپ گردند. با درنظرداشت حالت بحرانی کشور جنگ زده ما به دوکتوران ماهر و ورزیده نیاز داریم تا بتوانند در بهبود و ارتقای تحصیلات طبی و صحت عامه در کشور سهم فعال بگیرند. از اینرو باید توجه زیادتیر برای پوهنخی های طب جلب گردد.

تا به حال ما به تعداد 60 عنوان کتب مختلف طبی برای پوهنخی های طب ننگرهار، خوست، هرات، کندهار، بلخ هرات و کابل را چاپ نموده ایم و پروسه چاپ 50 عنوان دیگر جریان دارد که یک نمونه آن همین کتابی است که فعلا در دسترس شما قرار دارد. قابل یاد آوری است که تمام کتب چاپ شده مذکور بصورت مجانی برای پوهنخی های طب کشور توزیع گردیده اند.

به اثر درخواست وزارت محترم تحصیلات عالی، پوهنتون ها، استادان محترم و محصلین عزیز در آینده می خواهیم این پروگرام را به بخش های غیر طبی ( ساینس ، انجینری ، زراعت و سایر بخش ها ) و پوهنخی های دیگر هم توسعه دهیم و کتب مورد نیاز پوهنتون ها و پوهنخی های مختلف را چاپ نماییم.

از آنجاییکه چاپ نمودن کتب درسی یک پروژه پروگرام ما بوده، بخش های کاری دیگر ما بطور خلاصه قرار ذیل اند :

### 1. چاپ کتب درسی طبی

کتابی که در اختیار شما است، نمونه از فعالیت های ما میباشد. ما میخواهیم که این روند را ادامه دهیم تا بتوانیم در زمینه تهیه کتب درسی با پوهنتون های کشور همکاری نماییم و دوران چپتر و لکچرنوت را خاتمه دهیم و نیاز است تا برای موسسات تحصیلات عالی کشور سالانه به تعداد 100 عنوان کتاب درسی چاپ گردد.

### 2. تدریس با میتود جدید و وسایل پیشرفته

در جریان سال ۲۰۱۰ توانستیم در تمام صنوف درسی پوهنخی های طب بلخ، هرات، ننگرهار، خوست و کندهار پروجیکتورها را نصب نماییم. برای ایجاد محیط مناسب درسی باید تلاش گردد که اطاق های درسی و کنفرانس و لابراتوارها مجهز به مولتی میدیا، پروجکتور و سایر وسایل سمعی و بصری گردند.

### 3. ارزیابی ضروریات

وضعیت فعلی (مشکلات موجوده و چالش های آینده) پوهنخی های طب باید بررسی گردد و به اساس آن به شکل منظم پروژه های اداری، اکادمیک و انکشافی به راه انداخته شود.

### 4. کتابخانه های مسلکی

باید در تمام مضامین مهم و مسلکی کتب به معیارهای بین المللی به زبان انگلیسی خریداری و به دسترس کتابخانه های پوهنخی های طب قرار داده شود.

## ۵. لابراتوارها

در پوهنخی های طب کشور باید در بخش های مختلف لابراتوارهای فعال وجود داشته باشد.

## ۶. شفاخانه های کدري

هر پوهنخی طب کشور باید دارای شفاخانه کدري باشد و یا در یک شفاخانه شرایط برای تريننگ عملی محصلين طب آماده گردد.

## ۷. پلان ستراتیژیک

بسیار مفید خواهد بود که هر پوهنخی طب در چوکات پلان ستراتیژیک پوهنتون مربوطه خود دارای یک پلان ستراتیژیک پوهنخی باشد.

از تمام استادان محترم خواهشمندیم که در بخش های مسلکی خویش کتب جدید تحریر، ترجمه و یا هم لکچرنوت ها و چپتر های خود را ایدیت و آماده چاپ نمایند. بعداً در اختیار ما قرار دهند، تا به کیفیت عالی چاپ و به شکل مجانی به دسترس پوهنخی های مربوطه، استادان و محصلين قرار داده شود. همچنان در مورد نکات ذکر شده پیشنهادات و نظریات خود را به آدرس ما شریک ساخته تا بتوانیم مشترکاً در این راستا قدم های مؤثرتر را برداریم. از محصلين عزیز نیز خواهشمندیم که در امور ذکر شده با ما و استادان محترم همکاری نمایند.

از وزارت محترم خارجه آلمان و مؤسسه DAAD (همکاری های اکادمیک آلمان) اظهار سپاس و امتنان مینماییم که تاکنون چاپ 90 عنوان کتب طبی درسی را به عهده گرفته که از آن جمله پروسه چاپ 50 عنوان آن جریان دارد. از پوهنخی طب پوهنتون ماینز آلمان (Mainz/Germany) و استاد پوهنخی مذکور دوکتور زلمی توریال، Dieter Hampel و موسسه افغانیک نیز تشکر میکنیم که در امور اداری و تخنیکی چاپ کتب با ما همکاری نمودند.

بطور خاص از دفاتر جی آی زیٹ (GIZ) و CIM (Center for International Migration and Development) یا مرکز برای پناهنده گی بین المللی و انگشاف که برای من امکانات کاری در طی دو سال گذشته در افغانستان را مهیا ساخته است نیز اظهار سپاس و امتنان مینمایم.

از دانشمند محترم پوهاند دوکتور عبیدالله عبید وزیر تحصیلات عالی، محترم پوهنوال محمد عثمان بابری معین علمی وزارت، محترم پوهندوی دوکتور گل حسن ولیزی معین اداری و مالی، روسای محترم پوهنتون ها، پوهنخی های طب و استادان گرامی تشکر مینماییم که پروسه چاپ کتب درسی را تشویق و حمایت نمودند.

همچنان از همکاران محترم دفتر هرکدام دوکتور محمد یوسف مبارک، عبدالمنیر رحمانزی، احمد فهیم حبیبی، سبحان الله و همت الله نیز تشکر مینمایم که در قسمت چاپ نمودن کتب همکاری نمودند.

داکتر یحیی وردک، وزارت تحصیلات عالی  
کابل، نومبر سال ۲۰۱۲ م

نمبر تیلیفون دفتر: ۰۷۵۶۰۱۴۶۴۰

ایمیل آدرس: wardak@afghanic.org  
textbooks@afghanic.org

## پیشگفتار

خداوند بزرگ و توانا بر من توفیق عنایت فرمود تا در همین مقطع زمان که در همه عرصه های زنده گی تحولات شگرف در حال پیشرفت و انکشاف است به تجدید نظر کتاب فزیک طبی بخش حرارت اقبال یافتم.

مضمون فزیک طبی بخش حرارت که جز پروگرام درسی پوهنچی های طب افغانستان بوده و در سیستم کریدت در 16 ساعت لکچرو 32 ساعت کار عملی که جمعاً 4 کریدت میشود تدریس میگردد. تالیف کتاب و شمولیت مواد جدید از زمره مسوولیت های کادر های علمی شمرده میشود تا در ساحه امکانات در تحقق این هدف مصمم و هدف مند تلاش بعمل آید.

در محدوده زمان با رعایت اهداف پیداگوژیکی و تسلسل موضوعات این کتاب ترتیب و در ختم کتاب جدول ثابت ها با معرفی دانشمندان که در روشنایی دست آوردهای علمی، تحقیقات و اختراعات شان در فزیک حرارت تجلی یافته و افتخارات شان جاویدان است آماده گردیده است. امید وارم تا از مطالعه آن محصلان عزیز بقدر نیاز شان کسب فیض نمایند.

### بـا احترام

پوهاند میر محمد ظاهر حیدری

استاد فزیک پوهنچی طب پوهنتون بلخ

مراحل دیداکتیکی در تالیف کتاب

انجام تمام فعالیتها ی اکادمیک مستلزم به یک نیاز سنجی دقیق بر مبنای پیرفت های معاصر با طرح پلان و بر نامه ویژه ای می باشد . تالیف

کتاب، کار های علمی و تحقیقی برای رسیدن به یک هدف معین نیز شامل فعالیت‌های اکادمیک می باشد.

فزیک طبی حرارت که جز پروگرام درسی پوهنچی های طب و ستوماتولوژی می باشد و در سیستم کریدت در 16 ساعت لکچرو و 16 ساعت کار عملی که جمعاً 4 کریدت در یک سمستر تدریس میگردد.  
هدف:

درتالیف کتاب فزیک طبی بخش حرارت این اهداف شامل میباشد:

- شمولیت پیشرفتهای مهم در شناخت پدیده های و پژوهش های جدید فزیک طبی در برنامه درسی.

- ضرورت دیپارتمنت فزیک به کتاب درسی.

- آشنا ساختن محصلان به دست آورد های علمی و تحقیقی در ابعاد

مختلف حرارت و کار برد آن در طب.

ویژه گی ها:

- ارتباط و پیوستگی فزیک طبی بخش حرارت با سایر علوم .

- قابل فهم و ساده بودن بر نامه درسی و پاسخگوی نیازمندی محصلان

در محدوده زمان .

- بیان مفاهیم و قوانین در مثال ها غرض کسب مهارت جدید در جهت

استفاده مستقلانه از آنها.

- داشتن تمرینات بمنظور تحکیم دانش و کسب مهارت.

- توضیح مفاهیم و پدیده ها در بدن به اساس نیاز و کار برد آن در طب.

- اتکاء به دانش محصل در سطح لسانس و مسلک طبابت شده و بیشتر به موضوعات که دانستن آن برای طب ضروری می باشد تعقیب و از ثبوت فارمول و مسایل مغلق انصراف بعمل آمده است.

مواد درسی:

مواد درسی در تهیه کتاب درسی، کتابها، انترنت و نتایج تحقیقات دانشمندان.

مواد درسی که برای آموزش و تحکیم آموزش در توضیح پدیده ها شامل است از قبیل سامان لابراتواری و وسایل تشخیصیه .  
روش تدریس:

در تدریس موضوعات درسی نظر به خصوصیات موضوع و دسترسی به امکانات نیاز به روشهای مختلف را در زمینه دارد، که باید استفاده شود، از قبیل میتود لکچر، مناقشه، کار عملی و توضیح. بیشتر به روش فعال بودن محصل تاکید میشود.

مدت تدریس :

محتوای کتاب به اساس ضرورت وبا سلامت کریولوم درسی برای یک سمستر در 16 ساعت درسی 50 دقیقه ای آماده گردیده است تا استادان با رعایت زمان تدریس دریک سمستر عملی کنند. در هفته هشتم امتحان 20 فیصد در نظر گرفته شده است .

توصیه :



محصلان عزیزم! آرزویم موفقیت شما است. هر کاری که در ساحه توانم انجام میدهم فقط در جهت حصول رضایت شما و ادای مسؤلیت در تجلی حیات و غنامندی مسلکی تان است.

امید وارم با تقدیم این کتاب که ثمره کار اکادمیک ام می باشد در قلب تان برای خود جای داشته باشم.

ارزومندم که برای غنای بیشتر و شمولیت دیدگاه تان در توضیح پدیده ها مستقلانه باندیشید تا در توضیح و شناخت پدیده تفکر تان را با قوانین فزیک برابری داده بتوانید.

اگر ما نمی توانیم کاری بکنم که باران بیارد ،  
اما می توانیم زمین را برای بارش باران آماده سازیم

## فهرست مطالب

پیشگفتار ..... الف

فهرست مطالب ..... ب

مقدمه ..... 1

### فصل اول

#### ماهیت حرارت

1-1 نظریات در مورد حرارت ..... 3

2-1 تیوری حرکی مائیکولی ..... 6

3-1 حالت های ماده ..... 8

4-1 آثار حرارت ..... 11

5-1 منابع حرارت ..... 12

6-1 تاریخچه حرارت در طبابت ..... 14

### فصل دوم

#### درجه حرارت و مقیاس های اندازه گیری آن

1-2 درجه حرارت ..... 18

2-2 ترما متر ..... 21

3-2 ساختمان ترما متر ..... 21

4-2 مقیاس های درجه حرارت ..... 22

5-2 رابط بین مقیاسات درجه حرارت ..... 25

6-2 ترما متر الکھولی ..... 28

7-2 ترما متر طبی ..... 29

8-2 مقتضیات استفاده از ترما متر طبی ..... 30

9-2 ترمیستور ..... 31

10-2 کوپل ترمو الکتریک ..... 33

11-2 ترمو پیل ..... 35

12-2 نقش درجه حرارت بدن انسان ..... 37

مسائل ..... 43

### فصل سوم

#### مقدار حرارت و اندازه گیری آن

3-1 تعریف مقدار حرارت ..... 46

3-2 تعیین مقدار حرارت ..... 47

3-3 حرارت مخصوصه ..... 48

- 3- 4 واحداث مقدار حرارت و حرارت مخصوصه .....49  
3- 5 نقش حرارت مخصوصه آب در بدن انسان .....50  
3- 6 تعادل حرارتي.....51  
3- 7 كالوري متر .....55  
3- 8 ارزش حرارتي غذا .....57  
مسائل .....60

#### فصل چهارم انتقال حرارت

- 4- 1 علل انتقال حرارت .....63  
4- 2 انتقال حرارت بطريقه هدايت .....63  
4- 3 انتقال حرارت بطريقه كنوكشن .....68  
4- 4 انتقال حرارت به طريقه تشعشع .....69  
4- 5 مشخصات شعاعات حرارتي .....70  
4- 6 قوانين جذب تشعشع .....72  
4- 7 جسم سياه و تشعشع .....73  
4- 8 قانون ستيفان - بولتزمن .....75  
4- 9 کاربرد انتقال حرارت در بدن انسان .....77  
مسائل .....84

#### فصل پنجم انبساط حرارتي اجسام

- 5- 1 انبساط اجسام .....86  
5- 2 انبساط جامدات .....86  
5- 3 انبساط خطي .....87  
5- 4 انبساط سطحي .....88  
5- 5 انبساط حتمي .....88  
5- 6 تأثير حرارت در كثافت اجسام .....89  
5- 7 علت انبساط غير طبيعي آب .....91  
5- 8 انبساط گازات .....93  
5- 9 مقتضيات استفاده و كار برد انبساط اجسام .....99  
مسائل .....101

#### فصل ششم قوانين گازات و کاربرد آن در وجود انسان

- 1- 6 ماهيت گازات .....103  
2- 6 گازات ايديال .....104

- 105..... 3 - 6 پارامتر هاي حالت گازات  
105..... 4 - 6 قوانين اساسي گازات ايديال  
106..... 5-6 - قانون گي لوساک  
107..... 6-6 - قانون شارل  
109..... 6-6 تطبيق قانون گازات در وجود انسان  
112..... (6 - 7) عمليه تنفس  
114..... 6 - 8 گازات حقيقي  
115..... 9-6 قانون دالتن  
116..... 6 - 10 کاربرد قانون دالتن در عمليه تنفس  
118..... 6-11 قانون گراهام و انتشار گازات  
122..... مسایل

### فصل هفتم

#### تأثيرات حرارت و حوادث حرارتي

- 126..... 7 - 1 تغيير حالت  
126..... 7 - 2 ذوبان و انجماد  
128..... 7 - 3 تبخير  
131..... 7 - 4 اثرات تبخير بر بدن انسان  
133..... 7 - 5 غليان يا جوش  
135..... 7 - 6 نقط ميعان  
137..... 7 - 7 تسريع فعاليت کيمياوي  
137..... 7 - 8 ايجاد تفاوت پوتنسيل  
138..... 7 - 10 کاهش لزوجيت مايعات  
138..... 7 - 11 نشر ترمويونيک  
138..... 7 - 12 اثرات حرارتي شعاع  
140..... 7 - 13 اثرات فزيولوژيکي حرارت  
143..... 7 - 14 حرارت زده گي  
145..... 7 - 15 سرما زده گي  
146..... مسایل

### فصل هشتم

#### قوانين ترمو ديناميك

- 148..... 8-1 تعريف تر موديناميك  
148..... (8-2) اصطلاحات تر موديناميکي  
150..... 8-3 تحول يا انتقال  
155..... 8-4 انرژي ، حرارت و کار

160.....	5 - 8	قانون اول ترمودینامیک
162.....	8-6	نتایج قانون اول ترمودینامیک
163.....	7 - 8	سکل کارنو
164.....	8 - 8	انترپی
166.....	9 - 8	انتالپی
167.....	10- 8	ثمره علمی و صنعتی ماشین ها
170.....	11 - 8	قانون دوم ترمودینامیک
172.....	12 - 8	کاربرد قوانین ترمودینامیک
174.....	مسائل	

### فصل نهم

#### استفاده از حرارت در تشخیص و تداوی

176.....	1 - 9	آخذہ های تشخیصی حرارت و سردی
177.....	2 - 9	تشخیص افزایش درجه حرارت
179.....	3 - 9	استفاده از حرارت در تشخیص
180.....	4 - 9	کاربرد حرارت در تداوی
183.....	5 - 9	دیاترمی ماورای صوت
184.....	6 - 9	کاربرد سرما در طبابت
186.....	7 - 9	ترموگرافی طبی
187.....	8 - 9	استفاده از سرما در جراحی
189.....	9-9	هیپوترمی
190.....	9-10	مقتضیات استفاده از سرما
191.....	مسائل	

### فصل دهم

#### وسایل ترموگرافی

193.....	1-10	دستگاه کوپر
194.....	2- 10	سکانر حرارتی
197.....	3-10	دتکتور های حساس به نور
197.....	4-10	ایوپروگراف
198.....	مسائل	
200.....	اصطلاحات	
215.....	معرفی دانشمندان علم حرارت	
224.....	جدول های ضمیمه	
	مآخذ	

ختم

## مقدمه

انسان ها برای ادامه زنده گی به محیطی به حرارت مناسب نیاز دارند و در حرارت های معین قادر به انجام فعالیت های حیاتی اند . امروز حرارت مطلوب برای زنده گی را  $21^{\circ}\text{C}$  که از نظری سایر شرایط اقلیمی چون رطوبت 50% و جریان هوا با سرعت 10 m/s همراه باشد ، میدانند . اگر حرارت محیط از حد مشخص بیشتر شود به انسان ها احساس گرمی و اگر از حد معین کمتر باشد احساس سردی رخ میدهد . این دو احساس نامطلوب که شخص را از حالت رفاه حرارتی خارج میسازد ، منشأً برای بسیاری فعالیت های بدنی و ذهنی وی شده و توجه به این دو پدیده مینماید .

از نظر علم طبابت حرارت مطلوب برای کار و فعالیت های بدنی مختلف بسته به نوع فعالیت بررسی شده است .

در جهان معاصر پیشرفت لازم در مراقبت های صحی برای کنترل حرارت اقدامات مناسب و چشم گیر صورت گرفته که بیانگر پیوستگی علم فزیک حرارت در طبابت میباشد .

امروز با استفاده از تکنیک های مختلف و پیگیری مناسب و گسترده از علم فزیک ، علم طب در ضمن کسب سهولت ها به دست آورد های عظیم نایل گردیده است .

موضوع حرارت به دلیل نیاز انسان و محسوس بودن آن مورد توجه و تحقیق دانشمندان قرار گرفته که این خود به ارزشمندی تدریس این علم گواه است .

کتاب فزیک حرارت که برای محصلان سال اول دانشکده طب تالیف گردیده، شامل 10 فصل بوده و هر فصل قوانین اساسی، کاربرد طبی حل مثالهای نمونه، و تمرینات برای کارهای مستقلانه را حاوی میباشد.

در ترتیب این کتاب با رعایت تسلسل مطالب بادر نظر داشت درک و نیاز محصلان و پیوسته گی با سایر علوم سعی به عمل آمده و به قابلیت ها و کسب مهارتهای مسلکی توجه گردیده است.

امیدوار هستم که این کتاب برای محصلان دانشکده طب و دست درکاران عرصه خدمات صحی ارزشمند بوده باشد.

## فصل اول

### ماهیت حرارت

#### 1-1 نظریات در مورد حرارت

انسانها از گذشته های دور در برابر این سوال که حرارت چیست؟ قرار گرفته اند و در هر زمان علما با دسترسی به امکانات و شرایط به نحوی به آن پاسخ اراییه و نظریات شان مطرح بوده است .

چنانچه یونانی های قدیم مانند دیموکریتوس<sup>1</sup> جسم جامد را مرکب از ذراتی در حال نوسان میدانست . پس از چندین قرن افکار بشر متوجه خواص ماده و حوادث حرارتی گردید و نظریه حرکی براساس تجربه بمیان آمد و بیکن<sup>2</sup> موضوع مشاهده را در تعریف حرارت شامل و چنین بیان کرد. ما مشاهده میکنیم که حرارت عبارت از حرکت شدیدی اجزای داخل جسم است و در کتاب اورگانون نو<sup>3</sup> نوشت ، حرارت از لحاظ ماهیت خود چیزی جز حرکت نیست . لومونوسیف در سال 1745 گفته بود که حرارت عبارت از حرکت ذرات داخلی ماده است (9,19)

لاوازیه<sup>4</sup> از حرارت نام برد و جمیزبلاک<sup>5</sup> این عنصر را کالوریک<sup>6</sup> نامید . علما به این عقیده بودند که حرارت یک سیالی بدون وزن و غیر مریی بوده آن را کالوریک نامیدند .

---

<sup>1</sup> Democritus

<sup>2</sup> Bacon

<sup>3</sup> (10) ارگانو نو اصطلاح یونانی است به معنی پژوهش علمی یا تفکر علمی

<sup>4</sup> Lavoisier

<sup>5</sup> James Black



تامدت زیاد برای توضیح حرارت وجود یک شی مادی بنام کالوریک در هر جسم لازمی فرض می شد . گفته می شد، کالوریک میتواند به جسمی وارد واز آن خارج شود ، آن جسم را گرم ویا سرد سازد .وقتی که ذغال میسوزد یکمقدار کالوریک تولید مینماید . انتقال کالوریک به جسم دیگر باعث گرمی آن میشود . به اساس نظر به کالوریک بسیاری از پدیده ها مانند انتقال حرارت از طریق هدایت ، اختلاط مواد در ترمامیتر را میتوان توضیح کرد. اما مفهوم حرارت به عنوان ماده که مقدار آن ثابت باقی بماند بیان شده نتوانست . در او اخیر قرن هجده تجاربی انجام گردید که تشریح آن بوسیله کالورک امکان نداشت .

بالاخره عموماً دریافتند که حرارت ماده نیست بلکه نوعی از انرژی است . اولین مدرک قاطع مبنی براینکه حرارت نمیتواند ماده باشد توسط ینجامین تامسن<sup>7</sup> امریکالی که بعدها کانت ریمفورد با واریا<sup>8</sup> لقب گرفت ارائه شد . ریمفورد درمقاله اش مینویسد . من معتقدم که کنجکاوی در مورد هر آنچه در جریان عادی زنده گی هتی بر حسب تصادف یا در گشت وگذار های بی هدف پیش میآید غالباً بیشتر از تمام تفکرات جدی فلاسفه در اوقاتی که صریحاً بمطالعه بپردازند ، ما را به تر دید های مفید و طرحهای معقول برای تحقیق و پیشرفت رهنمون شده است، طور تصادفی بوده که من به انجام آزمایش های که میخواهم درمورد شان

---

<sup>6</sup> Caloric

<sup>7</sup> Benjamin Thompson

<sup>8</sup> Count Rumford of Bavaria

گذارش دهم کشیده شدم . در اخیر قرن هجدهم متخصص نظامی و سانیس دادن معروف ریمفورد موقعی به این کشف نایل شد که جریان برمه کاری رامشاهده میکرد . درهنگام سوراخ نمودن استوانه فلزی توسط برمه بجوش آمدن آب را بدون آتش مشاهده نمود . برای سرد نگهداشتن برمه یک مقدار آبی را که دراستوانه انداخته شده بود در نتیجه حرکت برمه در اثر اصطکاک حاصله بوجود آمده، سبب جوش آمدن آب گردید. در حالی که منبع حرارت وجود نداشت. ریمفورد دربرابر این سوال قرار گرفت ودریافت که کار انجام شده ازطریق اصطکاک به حرارت تبدیل شده است ، یعنی میتوان در اثر اصطکاک بالاثر کار میخانیکی ، حرارت حاصل نمود (12.11.4).

ژول ژیمز<sup>9</sup> برمنای این عقیده خویش که حرارت یک نوع انرژی بوده و به حرکت ذرات ماده مربوط میباشد . بعد از تجارب دقیق نشان داد که همیشه یکمقدار انرژی میخانیکی سبب تولید یکمقدار انرژی حرارتی میگردد .

تجارب ریمفورد و ژول نشان داد که انرژی میخانیکی وحرارت باهم معادل اند وحرارت یک شکل انرژی است .

مطالعات بعدی روی حرارت توسط بولتزمن<sup>10</sup> در آلمان ، جمیز کلارک ماکسویل<sup>11</sup> در انگلستان وگیس<sup>12</sup> در امریکا صورت گزفته ودر

---

<sup>9</sup> James prescalt jous

<sup>10</sup> Luding Boltzman

<sup>11</sup> Jemes cleark Maxwell

<sup>12</sup> Jemes Willaro Gibbs

نتیجه تیوری حرکی مالیکولی ماده وماهیت حرارت کاملاً مشخص شد (4.11.12).

## 2-1 تیوری حرکی مالیکولی

تیوری حرکی مالیکولی ماده توضیحی است برای شناخت ساختمان و حالت ماده، حرارت و سایر ویژه گی های ماده مانند انبساط، انقباض و تغییر ماده. این تیوری که بسیاری پدیده های طبیعت و قوانین حاکم بر ماده را تعبیر و تفسیر میکند به اساس فرضیه ها و واقعیت های زیر استوار است.

➤ هر ماده از تعداد زیادی ذرات کوچک بنام مالیکول تشکیل شده است،

تعداد مالیکول ها بسته به نوع گازات شامل یک یا چند اتم میباشد.

➤ مالیکول ها مستقیلاً از همدیگر قرار دارند.

➤ مالیکولها همیشه در حال حرکت بوده و از قوانین نیوتن پیروی میکنند.

➤ هنگام بر خورد، مالیکول ها بر همدیگر قوه وارد میکنند.

➤ حرارت مستقیلاً از انرژی میخانیکی مالیکول های نیست.

اکنون می بینیم که مساله مالیکول ها چه ربطی به موضوع حرارت دارد.

وقتی که جسم حرارت داده میشود و یا به آن ضربه وارد میگردد، حرکت

مالیکول های جسم سریع تر میشود. این نوع حرکت را بنام حرکت هیجانی

حرارتی یاد میکنند. در اثر این نوع حرکت، مالیکولها باهم تصادم کرده، این

تصادمات باعث گرم شدن مالیکول های مجاور میگردد. مالیکول های جسم

گرم نسبت به جسم سرد سریع تر حرکت میکنند. مالیکولهای که سریع

ترحرکت میکنند فاصله آنها از یکدیگر زیادتر اند . این انتشار و پراکنده گی سبب انبساط حجم میشوند . وقتیکه مالیکول ها باهم نزدیک شود قوه جذب مالیکولی بیشتر میگردد(15,11)

بناءً ماهیت حرارت رانظریه حرکی مالیکولی توضیح میدارد . به استناد نظریات و مطالب ارائه شده میتوان گفت که ماده از مالیکول ها تشکیل یافته که همیشه درحال حرکت اند . در جریان این حرکت دائمی برهم قوه وارد میکنند که این قوه منشأ برقی داشته سبب پیدایش انرژی پوتنسیل هرذره میشود . مسلم است که مالیکول های درحال حرکت دارای انرژی اند که مقدار آن مستقیماً به سرعت مالیکول مربوط است .

اگر قطعه داغ مسی را به عنوان یک سیستم وظرف آب سرد را سیستم دیگری فرض کنیم می بینم که در ابتداً هیچ یک از سیستم هاهادی حرارت نیستند(البته هادی انرژی هستند) هنگامی که قطعه مس را در داخل آب قرار میدهیم ، هر دو به تعادل حرارتی می پردازند ، حرارت از مس به آب منتقل میشود تا تعادل حرارتی برقرار شود . ازاین به بعد انتقال حرارتی نخواهیم داشت ، زیرا اختلاف حرارتی وجود ندارد . در انتهای عملیه هیچ یک از سیستم ها هادی حرارت نخواهند بود درین حالت تمام پارامتر هابرای مدت طولانی ثابت می ماند . همچنین میتوان نتیجه گیری کرد که حرارت تنها در سرحد دو سیستم قابل تشخیص است و بصورت انرژی انتقال یافته از سرحد دوسیستم تعریف میشود . ( 19, 29

بادر نظر داشت ماهیت حرارت و تیوری حرکتی مایکولی، حرارت شکل از انرژی است که مربوط به حرکت مایکول ها میباشد .

بر طبق موارد فوق حرارت عبارت است از:

- حرارت یک حادثه فیزیکی است که در اثر انجام یک کار میخانیکی و یا عملیه کیمیاوی تولید میشود ونوعی از انرژی است .
- حرارت عبارت از حرکت ذرات نامرئی جسم است .
- حرارت عبارت از انرژی حرکتی مایکولهاست (20،11).

### 1- 3 حالت های ماده

مواد موجود در جهان که از مایکول ها تشکیل شده در حرکت دائمی قرار دارند . فاصله بین مایکولها وابسته به انرژی داخلی وقوه جاذبه مایکولی وحرارت و فشار مؤثر بر آنهاست. همین عوامل سبب میشود که اجسام در طبیعت به حالت های جامد، مایع و گاز (علاوه بران دو حالت دیگر، پلازما وحالت هسته ای ) وجود دارند . هر شرایطیکه ماده دران قرار دارد اگر تغییر نماید ، ممکن است ماده ازیک حالت به حالت دیگر تغییر کند .

➤ حالت جامد :

در اجسام جامد هر مایکول بحول وضع تعادل دارای حرکت اهتزازی بوده ازیک جای به جای دیگر انتقال نمیکند . بناءً الی عمل قوه خارجی قوی ، شکل وحجم ثابت دارند .

➤ حالت مایع :

هرگاه جسم جامدی را حرارت بدهیم ، انرژی داخلی مالیکول، سرعت و دامنه حرکت اهتزازی آنها افزایش یافته و به حالتی میرسد که قادر به حرکت انتقالی میگردند. در اینصورت جسم تغییر شکل نموده به مایع تبدیل میگردد. در حالت مایع حجم ثابت و شکل آن تابع شکل ظرف مییاشد.

➤ حالت گاز:

حالتی ماده که شکل و حجم آن ثابت نباشد گاز نامیده میشوند. در گازات انرژی حرکی مالیکول ها بسیار زیاد است ، به طوریکه اگر عوامل خارجی وجود نداشته باشد ، مالیکول ها میتواند همدیگر را ترک کنند . گازات معمولاً بیرنگ بوده سرعت پخش شان در محیط های مختلف، متفاوت بوده و تابع حرارت و کثافت آنها میباشند .

حالت پلازما

اگر حرارت یک ماده به  $4000^{\circ}\text{C}$  یا  $5000^{\circ}\text{C}$  درجه برسد ، مالیکولهای ماده بصورت اتم های مجزا ظاهر میشوند . اگر درجه حرارت بازهم افزایش یابد تصادم مالیکولها بیکدیگر بیشتر و روابط الکترونی باهسته مرکزی ضعیف میگردد . در نتیجه الکترون ها وهسته در تمام حجم ماده به آزادی وبدون بستگی بیکدیگر حرکت می نماید . این حالت ماده را پلازما مینامند به عبارت ساده پلازما گاز ایونایز شده است .

➤ حالت هسته ای :

در فضا ستاره های شناخته شده اند، که کثافت آنها میلیون ها چند کثافت اجسام زمینی است.

مطالعات مربوط به ساختمان اتمی این مواد با کثافت بسیار زیاد که حالت پنجمی ماده را بیان میکند بنام حالت هسته ای یا حالت نیوترونی مینامند. درین حالت الکترون های همه اتمها در اثر فشار بسیار زیاد در هسته اتمهای خود فرو رفته اند، بطوریکه از پیوند الکترونها، پروتون ها و نیوترون ها بوجود آمده اند که فاصله بین آنها وجود ندارد. کثافت مواد در حالت هسته ای برای اتمهای که کثافت آنها متوسط اند تقریباً  $2.2.9.10^{17} \text{ Kg} / \text{m}^3$  است که این مقدار چندین برابر کثافت سرب (Pb) میباشد. (9 و 11 و 15).

#### 1-4 آثار حرارت

هنگامیکه یک جسم حرارت دریافت میکند، تغییراتی در ماده ظاهر میگردد که وابسته به نوع ماده بوده و متفاوت میباشد. این تغییرات عبارتند از:

➤ تغییر درجه حرارت.

وقتی که یک جسم حرارت میگیرد، درجه حرارت آن افزایش و اگر حرارت می بازد، درجه حرارت آن کاهش مییابد. اما وقتی که جسم تغییر حالت میدهد درجه حرارت آن ثابت می ماند حرارتیکه جسم میگرد سبب افزایش انرژی مالیکول های جسم میشود.

➤ تغییر حالت:

حرارت میتواند جسم جامد را به مایع و مایع را به گاز تغییر حالت دهد. هم چنان با گرفتن حرارت از جسم، گاز به مایع و مایع به جامد تغییر حالت مینماید.

➤ انقباض و انبساط:

در اثر گرفتن حرارت یک جسم تغییر طول، سطح و حجم می نماید و سبب تغییر خصوصیات فیزیکی آن میگردد. مثلاً: حرارت باعث تغییر مقاومت برقی، درجه سختی و کثافت فلزات میگردد که در آینده مورد بحث قرار خواهد گرفت.

➤ تغییر کیمیاوی:

هنگامیکه یک مقدار شکر را در یک بیکر انداخته و آنرا بالای منبع حرارت قرار داده حرارت دهیم در نتیجه بخار آب آزاد شده و کربن در سطح تحتانی بیکر به شکل مجزا قرار میگردد.

➤ تغییر رنگ:

مواد در اثر گرفتن حرارت امواج پخش مینمایند و این امواج ممکن است بالای چشم اثر کرده سبب رویت آن گردد، یعنی رنگ هر ماده جامد مربوط به موجی است که ماده آن را منعکس میسازد.

➤ تبدیل حرارت به انرژی:

انرژی حرارتی را میتوان به انواع دیگر انرژی تبدیل کرد. چنانچه در کوپل ترموالکتریک که در فصل های آینده مورد بحث قرار میگردد، این اثر عملاً دیده میشود.



## 1-5 منابع حرارت

دو نوع منبع حرارت وجود دارد که قابل شناسایی اند .

### الف - منابع طبیعی :

منابع که بدون دخالت انسان هادر طبیعت وجود داشته و تمام اجسام حیه از آن مستفید میگردند ، مانند آفتاب که از انرژی حرارتی آن تمام موجودات روی زمین بقدر نیاز استفاده می نمایند. هر سانتی متر مربع از سطح زمین در هر دقیقه در حدود 2Cal انرژی حرارتی در یافت میکنند .(14،1).

حصه داخلی زمین نیز یک منبع حرارت گفته میشود ، زیرا تپه های که از اثر آتشفشان ها تشکیل ویا چشمه های آب گرم که از زمین خارج میشود ، شواهدی اند که نشان میدهد ، حصه داخلی زمین دارای حرارت زیاد است .

### ب - منابع غیر طبیعی :

منابع که در اثر دخالت انسان ها حرارت تولید می نماید منابع غیر طبیعی اند که عبارتند از:

➤ تعاملات کیمیاوی .

مثلاً: حرارتی که از سوختن تیل، ذغال سنگ ، چوب و غیره تولید میشود .

➤ انرژی میخانیکی .

انرژی که در اثر کار میخانیکی تولید میگردد یک منبع غیر طبیعی حرارت است . مانند انرژی میخانیکی در تجربه ریمفورد و ژول و کاریکه برای ازبین بردن اصطکاک انجام میشود به شکل حرارت ظاهر میگردد .

➤ انرژی هستوی .

یک منبع بزرگ انرژی بوده ،در بمبارد هسته و کوره های هستوی ، تجزیه هسته های عناصر سنگین صورت گرفته ، انرژی و حرارت تولید میگردد گه قابل استفاده اند .

➤ انرژی برقی .

یک منبع بسیار مهم در شرایط معاصر برای تولید حرارت، برق است. چنانچه با عبور جریان از آلات برقی از قبیل اوتو، منقل ، داش، آبگرمی ، چراغ ها وغیره حرارت تولید میشود که بیشتر حرارت را بشر از همین طریق بدست میآور (8و11و4) .

## 1-6 تاریخچه حرارت در طبابت

هزاران سال است که حرارت و سردی به مقاصد مختلف در ساحه طب مستعمل است .

چنانچه گالن<sup>13</sup> طبیب باستانی استفاده از آب و روغن گرم را در تداوی بعضی امراض تجویز میکرد . استفاده از مواد سرد را در جراحات، طبیب قدیمی هیپوکریز نیز توصیه می نمود . در طی سالها به ارزش تداوی

توسط سردی و گرمی و کاربرد آن در طب اختلاف نظر های زیاد وجود داشت .

بدون درک و معلومات علمی به تیوری استفاده از گرمی و سردی، انسانها برای جلوگیری از تورم محل تصادم وجود به اشیا و وارد شدن ضربه و یا قوه به قسمتی از بدن ، از تربند با یخ و آب سرد استفاده میکردند . همچنان مریضان درحالت شاك که حرارت بدن شان سقوط مینمود با گرم نگهداشتن بهبود می بخشیدند . که این خود سابقه تاریخی و قدامت شناخت از حرارت (گرمی و سردی) را گواه است .

هزاران سال قبل دانسته شده بود که حمام گرم تأثیر درمانی دارد. در اوسط سال های 1800 خواص مسکن بودن حرارت تا اندازه ای درك شده بود و دو اثر مهم آن واضح گردیده ، یکی افزایش درمتا بولزم وجود و دیگری کشاده شدن عروق و افزایش جریان خون که برای حجرات آسیب دیده سودمند است . اولین کوشش های موقعیت آمیز ثبت شده در سرد کردن هوا برای تهویه مطبوع در سال 1240 صورت گرفت . جان گوری<sup>14</sup> طبیب فلوریدائی سعی میکرد مریضان مبتلا به ملاریا را با سرد کردن هوای اتاق تسکین دهد . که پس از موفقیت گوری هوای مایع در سال 1908 هلیوم (He) مایع تولید شد . گذشت زمان و پیشرفت های سریع در تمام بخش های علوم و ساحات مختلفه فزیک استفاده از گرمی و سردی را در طب وسعت

بخشید. طبیبان در بخش های مختلفه چون جلدی ، داخله ، جراحی ، ستوماتولوژی، رادیولوژی وغیره از سیر تکاملی این علم بی نیاز نمی باشند که در فصل های بعدی پیشرفت های آن در این زمینه توضیح میشود .

## مسائل

- 1- از نظر بیکن حرارت از لحاظ ماهیت خود چیست ؟
- 2- کالوریک چیست و تا کدام زمان این نظریه قابل قبول بود ؟
- 3- در اثر انتقال کالوریک بیک جسم ، در آن چه تغییر میآید ؟
- 4- نظریه حریکی مالیکولی به اساس کدام فرضیه ها استوار است ؟
- 5- امروز در مورد حرارت کدام نظریه معتبر است ؟
- 6- منشأ قوه جذب و دفع مالیکول ها از کدام نوع قوه ها است ؟
- 7- قوه جذب و یادفع مالیکولی از کدام نوع قوه است چرا ؟
- 8- آیا قوه بین مالیکول ها جاذبه و یا هسته وی اند ؟
- 9- ماهیت حرارت در چه استوار است ؟
- 10- اگر دو مالیکول به فاصله کمتر از  $2 \cdot 10^{-10} m$  قرار گیرند قوه بین شان چه نوع است ؟
- 11- انرژی داخلی چیست و چگونه تغییر میکند ؟
- 12- حرکت براونی چه نوع حرکت را گویند ؟
- 13- نظریه برنولی توسط کی مورد آزمایش قرار گرفت

- 14- حالت ماده به کدام عوامل مربوط است؟
- 15- مشخصات جسم جامد، مایع و گاز چیست؟
- 16- اثر حرارت بر اجسام را چگونه معرفی مینماید؟
- 17- منابع طبیعی و غیر طبیعی حرارت از هم چه فرق دارند و کدام ها اند؟
- 18- پلازما به کدام حالت ماده اطلاق میگردد؟
- 19- به اساس تیوری حرکی مالیکولی حرارت چطور تعریف میگردد؟
- 20- هرگاه دو جسم که دارای انرژی داخلی متفاوت اند و در مجاورت هم قرار گیرند، در آنها چه تغییر رخ میدهد؟

## فصل دوم

### درجه حرارت و مقیاس های اندازه گیری آن

#### 1-2 درجه حرارت

واژه حرارت و درجه حرارت بستگی نزدیکی باهم دارند اما یکی نیستند درجه حرارت کیفیت و یا کمیت نسبی و یک ویژه گی است که به انرژی متوسط مالیکولها مربوط ولی بیان دقیق آن دشوار است و حرارت شکل انرژی است . بیشتر از همه توضیح درجه حرارت به شکل احساس گرمی و سردی در اثر لمس یک جسم بیان می گردد. عملاً مشاهده مینمایم که اگر جسم داغ و جسم سرد در تماس همدیگر قرار گیرند، جسم داغ سرد شده و جسم سرد گرم میشود. اگر این عملیه ادامه یابد مسلم است که اندازه گرمی و سردی هر دو جسم یکسان میشود. دو احساس متفاوت ما معرف دو پدیده واقعی اند که به استناد تجارب یومیه و معلومات فوق ارائه گردید. بناً درجه حرارت را چنین تعریف میکنم

➤ درجه حرارت خاصیتی از جسم است که به انرژی حرکی اتمها و مالیکول های آن وابسته است.

➤ درجه حرارت معیار کمی گرمی و سردی است (1.20.27).

➤ اندازه گرمی و سردی اجسام را درجه حرارت مینامند.

➤ درجه حرارت عبارت از عاملی است که تعادل حرارتی یک دستگاه را با دستگاه دیگر مشخص می سازد.

- درجه حرارت عبارت از سمت جریان حرارت بین دو جسم با هم در تماس اند.
- درجه حرارت عبارت از اندازه نمودن تبادل انرژی حرکی مالیکول ها است (12).
- درجه حرارت یک جسم عددی است که صرفاً مشخص می کند که این جسم از جسم دیگر گرمتر است یا سردتر (12.4.1)

## 2-2-2 ترما متر<sup>15</sup>

درجه حرارت ، کمیتی مقایسه وی و نسبی است که درجه گرمی و سردی جسم را مشخص می کند. با لمس یک جسم وقتی آنرا گرمتر احساس میکنیم که درجه گرمی آن از درجه گرمی بدن بیشتر باشد در صورتیکه درجه گرمی جسم کمتر از درجه حرارت بدن باشد آن را سرد تر احساس می کنیم. درین نوع سنجش درجه حرارت امکان بروز خطا وجود دارد که در سال 1690 جان لاک<sup>16</sup> بی اعتباری این روش را ثابت ساخت.

برای سنجش دقیق کمترین درجه حرارت آله ها ساخته اند که به اساس اندازه گیری یکی از تغییرات فیزیکی می باشد که ترما متر نامیده میشود. (31و12و4).  
ترما متر یا میزان الحرارة آله ایست که برای اندازه نمودن درجه حرارت اجسام بکار میرود.

---

<sup>15</sup> Thermometer

<sup>16</sup> Jan Locke

بسیاری از خواص فیزیکی قابل پیمایش و جود دارند، مانند درک فریولوژیکی ما که به اثر درجه حرارت تغییر می نماید، آنها نیز تغییر میکنند. بنابراین اساس کار هرترما متر بر پایه اندازه گیری یکی از تغییرات فیزیکی است که متناسب با تغییر درجه حرارت تغییر در آن ظاهر می شود. این تغییر فیزیکی می تواند انبساط، انقباض، تغییر فشار در گازات، تغییر مقاومت برقی، تغییر رنگ اجسام و غیره باشد. چون این تغییرات طبق قانون مشخص صورت میگیرد، پس میتوان با استفاده از این خواص ترما متر ساخت و باتعین یک مقیاس، درجه حرارت اجسام را تعیین نموده. قابل تذکر است که وقتی ترما متر در مجاورت یک جسم قرار میگیرد، پس از مدتی ترما متر و جسم در حال تعادل حرارتی میرسند و ترما متر این درجه حرارت را نشان میدهد. اولین ترما متر که توسط گالیله اختراع شد، ترما متر هوایی بود. اما بنابر اینکه انبساط هوا به افزایش هر درجه حرارت دقیق و یکنواخت نیست اید یال نمی باشد. ماده ای که در ترما مترهای معمولی بکار برده میشود سیماب و الکول است که هر یک دارای مشخصات مخصوص بخود اند (2،12،4).

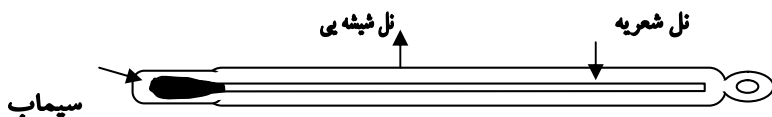
## 3-2 ساختمان ترما متر

ترما متر متشکل از یک نل شیشه ای به جدار ضخیم که در داخل آن نل شعریه (کپلری) با قطر یکنواخت به آن متصل است، می باشد. در قسمت تحتانی، مخزنی برای قراردادن سیماب یا الکهول است. در هنگام ساختن ترما متر سیمابی (یا الکهولی) نل شعریه را از سیماب پر نموده چند درجه بیشتر از حدی که



ترمامتر آماده اندازه گیری میگردد گرم میسازند. در اینصورت سیماب در نل بلند رفته و سرازیر میشود. پس از خروج هوا بطور کامل دهن نل شیشه ای مسدود میگردد. با سرد شدن ترمامتر سیماب در داخل نل سقوط نموده در مخزن جمع شده در نل خلا ایجاد می شود. سپس در نل نقاط مرجع یا نقاط ثابت علامه گذاری میگردد.

هنگام قرار دادن ترمامتر در یخ و بخار آب به فشار 760 mmHg نقاط ذوب یخ و بخار آب دو محل بالا و پائین ستون سیماب در نل خواهد بود که نقاط مرجع و یا ثابت نامیده میشود که به آسانی میتوان فاصله بین این دو نقطه ثابت را به فاصله های مساوی تقسیم نمود. به این ترتیب یک ترمامتر تهیه میشود. شیمای ترمامتر در شکل (1-2) نشان داده شده است.



شکل (1-2) شیمای ترمامتر

## 4-2 مقیاس های درجه حرارت

قابل یاد آوری است که هر نوع انتخاب ماده و خاصیت ترمامتر ، همراه با رابطه مفروض بین خاصیت و درجه حرارت، منجر به یک مقیاس درجه حرارت

خاص می شود که اندازه گیری های آن الزاماً با اندازه گیری های حاصل از هر مقیاس درجه حرارت دیگری که مستقلاً تعریف شده است؛ توافق نخواهد داشت. این شفتگی ظاهری در تعریف درجه حرارت، به تعقیب توافق جامعه علمی جهانی با استفاده از یک ماده خاص ترمومتر و یک خاصیت بخصوص ترمومتر و یک رابط تابعی بخصوص برطرف شده است.

بیشتر دو مقیاس برای اندازه گیری درجه حرارت بکار می رود، یکی فار نهایت<sup>17</sup> و دیگری سلیوس<sup>18</sup> است. درجه سلیوس قبلاً بنام سانتی گراد خوانده می شد ولی اکنون به افتخار سلیوس که این مقیاس را وضع نموده یاد می گردد. مقیاس فار نهایت بیشتر در دستگاه انگلیسی و سلیوس در دستگاه SI بکار می رود. تا سال 1954 هر دو این مقیاس به اساس دو نقطه مرجع، که هر دو به ساده گی در دسترس هستند، یعنی نقطه انجماد و تبخیر آب استوار بود. درجه حرارت نقطه انجماد عبارت از درجه حرارت مخلوط آب و یخ که در فشار یک اتمسفر در تعادل هستند. درجه حرارت بخار، درجه حرارتی است که آب و بخار در فشار یک اتمسفر در تعادل میباشند.

مقیاس فار نهایت توسط فار نهایت اختراع شد به سمبول ( $^{\circ}F$ ) نشان داده می شود. فارنهایت نقط ذوب یخ را 32 نقطه غلیان آب را 212 فرض نموده فاصله بین این دو نقطه را به 180 حصه تقسیم و هر حصه را یک فارنهایت نامید.

---

17 . Fahrenheit

18 . Celsius

سلیوس در مقیاس مربوط نقطه انجماد آب یخ، را صفر و نقطه غلیان آبرا 100 فرض نموده فاصله بین این دو نقطه را به صد حصه تقسیم و هر حصه رایک سلیوس نامید که به سمبول  $^{\circ}C$  نشان داده میشود .

کلوین<sup>19</sup> در مقیاس مربوط  $-273.15^{\circ}C$  را صفر مطلق نامید چون این مقیاس توسط کلوین بمیان آمد به اسم وی مسمی بوده به سمبول K نشان داده می شود.

صفر مطلق: عبارت از سرد ترین نقطه ایست که در این درجه حرارت، حرکت مالیکول های جسم به کلی متوقف (ساکن) میباشد. پائین تراز صفر مطلق وجود ندارد و تاکنون تمام تلاش های عملی برای رسیدن به صفر مطلق به موفقیت نه انجامیده است (22, 15, 11,4)

### درجه رئومور 20

در این مقیاس درجه حرارت مانند سلیوس و فارنهایت نقاط مرجع نقطه ذوب یخ و نقطه جوش آب است، به این تفاوت که، در درجه رئومور نقطه ذوب یخ صفر و نقطه جوش آب 80 درجه میباشد. سمبول مقیاس رئومور به R نشان داده می شود.

### مقیاس رانکین

---

19. Lord Kelvin

20. Reaumur scale

در این نوع مقیاس درجه بندی مانند درجه بندی حرارت مطلقه بوده با این تفاوت که فاصله بین نقاط مرجع بجای اینکه بدرجات سانتی گراد برابر باشد به فاصله درجات فارنهایت برابر است. به این ترتیب چون صفر این دونوع درجه بندی باهم منطبق اند بناً نقطه ذوب یخ به جای 273 برابر به 492 درجه خواهد بود. سمبول این مقیاس به Ra نشان داده میشود.

## 5-2 رابط بین مقیاسات درجه حرارت

الف: رابط بین مقیاس سانتی گراد و فارنهایت

بین درجه سانتی گراد (سلیوس) و فارنهایت یک رابط خطی موجود است. به اساس نقاط ثابت معادله خط مستقیم را در شرایط معین اینطور نوشته میتوانیم.

$$t\text{ }^{\circ}\text{C} = at\text{ }^{\circ}\text{F} + b \quad \dots (1-2)$$

$t\text{ }^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی گراد،  $t\text{ }^{\circ}\text{F}$  درجه فارنهایت،  $a$  ،  $b$  اعداد ثابت اند.

$$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 32\text{ }^{\circ}\text{F} \quad \text{چون}$$

است رابط (1-2) را چنین میتوانیم بنویسیم

$$0 = a \cdot 32 + b \quad \dots (2-2)$$

همچنان

$$100 = a \cdot 212 + b \quad \dots (3-2)$$

از حل معادله (2-2) و (3-2) ثابت های  $a$  و  $b$  مساویست به  $b = -5/9 \cdot 32$  و  $a = 5/9$

با وضع قیمت های  $a$  و  $b$  در معادله (2-2) معادلات ذیل را نوشته میتوانیم.

$$t \text{ } ^\circ\text{C} = 5/9 (t \text{ } ^\circ\text{F} - 32) \quad \dots (4-2)$$

$$t \text{ } ^\circ\text{F} = 9/5 t \text{ } ^\circ\text{C} + 32 \quad \dots (5-2)$$

از معادله (4-2) تبدیل درجه فارنهایت به سانتی گراد و معادله (5-2) برای تبدیل سانتی گراد به فارنهایت استفاده میشود. تغییر درجه حرارت از درجه سلیسوس به فارنهایت را می توان چنین نوشت :

$$\Delta F = 1.8 \Delta C \quad \dots (6-2)$$

ب: رابط بین مقیاس درجه سانتی گراد و کلونین. بین این دو مقیاس نیز یک رابط خطی موجود است که با در نظر داشت نقاط ثابت شان نوشته میتوانیم.

$$tk = at \text{ } ^\circ\text{C} + b \quad \dots (7-2)$$

بعد از دریافت  $a$  ,  $b$  بادر نظر داشت نقاط ثابت معادله (2-7) را چنین نوشته می کنیم.

$$(8-2) \dots tk = t^{\circ}\text{C} + 273$$

ج: - تبدیل درجه فارنهایت به کلوین.

به اساس معادله (2-5) و معادله (2-8) نوشته مینماییم:

$$(9-2) \dots tk = 5/9 (t^{\circ}\text{F} + 459,4)$$

و عکس آن یعنی تبدیل درجه فارنهایت به کلوین.

$$(10-2) \dots t^{\circ}\text{F} = 9/5 tk - 253$$

د: تبدیل مقیاس درجه سانتی گراد به رئومور.

با استفاده از رابطه خطی بین درجه سانتی گراد و رئومور بادر نظر داشت نقاط ثابت نوشته میتوانیم.

$$(11-2) \dots R = 80/100^{\circ}\text{C} = 0,8^{\circ}\text{C}$$

و: رابط بین مقیاس سانتی گراد و رانکین

با در نظر داشت نقاط ثابت و استفاده از رابط خطی بین شان نوشته میتوانیم:

$$(12-2) \dots Ra = 1.8^{\circ}\text{C}$$

راندکین Ra	رئومور R	کلوین K	فارنهایت °F	سانتی گراد °C	نقط مشخص
672	80	373	212	100	غلیان آب
558,6	29,6	310	98,6	37	بدن انسان
492	0	273	32	0	انجماد آب
0	-218.4	0	- 460	- 273	صفر مطلق

جدول

1-2)

(

درجه حرارت نقاط مشخص به مقیاسات در

درجه حرارت (10، 15)

## 2-6 ترامتر الکھولی

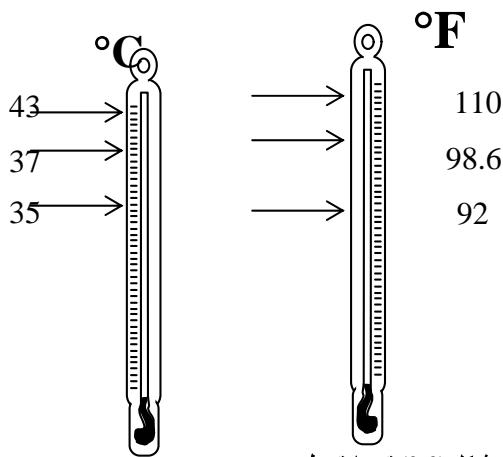
این ترامتر هم مانند ترامتر سیمابی بوده و تنها مخزن آن نسبت به ترامتر سیمابی بزرگتر میباشد. الکھول را در ترامتر رنگه میسازند تا خواندن در جات آن آسان تر شود. چون الکھول دیر تر منجمد میشود یعنی نقاط انجماد آن پائین (  $-130^{\circ}\text{C}$  ) است لذا برای تعیین در جات کم استعمال میگردد<sup>21</sup> (27.11.12)

<sup>21</sup> در ترامتر ها بر علاوه سیماب و الکھول از گلسرین، تولوین وسایر مایعات غیر عضوی میتوان استفاده نمود اما دقیقتر از همه سیماب و الکھول میباشد.

## 7-2 ترمامتر طبی

ترمامتر طبی یک ترمامتر سیمایی بوده برای تعیین درجه حرارت بدن انسان استعمال میشود و معمولاً به مقیاس سانتی گراد و فارنهایت درجه بندی گردیده است. درجات آن بین  $35^{\circ}\text{C}$  تا  $43^{\circ}\text{C}$  و بدرجه فارنهایت بین  $92^{\circ}\text{F}$  تا  $110^{\circ}\text{F}$  میباشد.

نل شیشه ای این ترمامتر طوری ساخته شده که در بین مخزن نل شیشه ای خمیده گی دارد. طبق شکل (2-2).



شکل (2-2) ترمامتر طبی

علت موجودیت خمیده گی در مخزن آن اینست که در هنگام بیرون آوردن ترمامتر از دهن یا محل گذاشته شده ستون سیماب در محل خود باقی مانده فوراً پائین نرود.



در هنگام برگردانیدن سیماب در مخزن مجدداً ترمامتر را باید سخت تکان داد تا سیماب در مخزن برگردد.

ترمامتری طبی نظر به محل استفاده از هم فرق دارند که عبارتند از :

➤ ترمامتری که در زیرزبان گذاشته میشود.

این ترمامتر از یک مخزن بلند و باریک ساخته شده و سیماب با سطح و سیع تماس میگیرد.

حرارت را با سرعت جذب مینماید.

➤ ترمامتری که در ریکتوم<sup>22</sup> گذاشته میشود.

این ترمامتر دارای مخزن کوتاه و جدار سخت بوده نسبت به ترمامتری

که زیر زبان گذاشته میشود دیر تر حرارت را ثبت می کند ( 14, 19).

## 2-8 مقتضیات استفاده از ترمامتر طبی

ترمامتر یک و سیله مهم کلینیکی در طبابت بوده ؛ در کاربرد آن رعایت مقتضیات ذیل قابل اهمیت است.

مدتی که برای گذاشتن ترمامتر در محل معین (زیر زبان ، زیر بغل و ریکتوم) لازم است مربوط به ساختمان و مشخصات ترمامتر بوده و حد اقل زمان قابل اطمینان برای طبیب دو دقیقه تعیین گردیده است. باانهم هر نوع آن را باید با تجربه شخصی امتحان نمود.

---

<sup>22</sup> Rectum

در هنگام استفاده از ترمامتر، باید ترمامتر نظر به محل استفاده انتخاب شود. زیرا ترمامتری که در زیر زبان زیر بغل و یا ریکتوم گذاشته میشوند در جات متفاوت حرارت را نشان میدهند.

درجه حرارت بدن هر شخص باید نسبت به حالت طبیعی و سلامتی وی سنجیده شود. درجه حرارت اشخاص اندکی از هم فرق دارند هم چنان درجه حرارت بدن از صبح تا اوایل شب در جهت صعودی پیش میرود و این مقدار نظر به جنس و حالات مختلفه شخص تغییر میکند، و این تغییرات در اطفال زیادتر و در زنان بیشتر از مردان است. هم چنان قبل از عادت ماهواردر زنان، مقاربت و حالات هیجانی درجه حرارت بدن از حالت طبیعی بالا میرود که باید در هنگام تعیین درجه حرارت بدن به شرایط فوق توجه بعمل آید. حد اواسط درجه حرارت نورمال بدن انسان  $37^{\circ} \text{C}$  یا  $98.6^{\circ} \text{F}$  قبول و تعیین گردیده است (14,17,12).

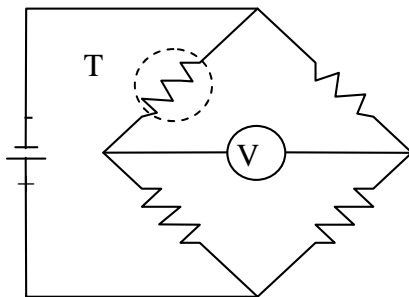
## 2-9 ترمیستور

در طبابت بر علاوه ترمامتر سیمایی از دو وسیله مهم دیگر که در مقابل حرارت حساس اند استفاده میشود.

➤ ترمیستور

➤ ترموکوپل

ترمیستوریک مقاومت برقی خاص است که مقدار آن با تغییر در جه حرارت به سرعت تغییر میکند، ( $5\% / ^\circ\text{C}$ ) . شکل ( 2-3 ) یک مدار پل ویستون را نشان می‌دهد که ترمیستور در یکی از شاخه های آن قرار دارد. در آغاز چهار مقاومت نشان داده شده مساوی بوده و جریان از داخل آن نمیگذرد. تغییر حرارت سبب می شود تا مقاومت ترمیستور تغییر کند. در اثر این تغییر پل از تعادل خارج شده و تغییر نامساوی ولتاژ دو انجام باعث عبور جریان از داخل آن میشود و انحراف حاصله در عقربه ولت متر را میتوان به حسب درجه حرارت درجه بندی نمود.



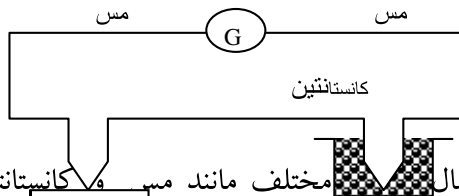
شکل 2-3 شیمای ترمیستور

بنابر حساسیت ترمیستور، استفاده از آن در طبابت بسیار معمول است. تغییر در جه حرارت به اندازه  $0,01^\circ\text{C}$  رابه آسانی میتوان با ترمیستور اندازه گرفت. از جانبی هم ترمیستور حجم کم داشته به درجه حرارت اطرافش تاثیر اندکی میگذارد و در برابر تغییر درجه حرارت به سرعت عکس العمل نشان میدهد . گاهی ترمیستور را در داخل بینی مریض قرار میدهند تا با نشان دادن تغییر درجه

حرارت بین هوای سرد که تنفس میشود و هوای گرم که دو باره مسترد میگردد میزان تنفس را اندازه نمود که این وسیله را نوموگراف<sup>23</sup> مینامند (12، 26).

## 2-10 کوپل ترمو الکتریک

مشاهدات روزانه نشان میدهد که انرژی برقی به سهولت به حرارت تبدیل شده میتواند اما عکس این عملیه، یعنی تولید انرژی برقی توسط حرارت تا حدی مشکل است. با انهم یگانه وسیله ای که میتوان از انرژی حرارتی برق حاصل نمود، عبارت از کوپل ترمو الکتریک<sup>24</sup> است. یک کوپل ترمو الکتریک از دو فلز مختلف تشکیل شده که نقاط اتصال آن به درجه حرارت متفاوت نگهداشته میشود و یک گلو انومتر حساس طبق شکل (2-4) به آن وصل است.



هر گاه نقاط اتصال مختلف مانند مس و کانستانتین به درجه حرارت متفاوت قرار گد، یعنی یک انجام نقاط اتصال در  $0^{\circ}\text{C}$  وانجام دیگر نقاط اتصال بالا شکل (2-4) شیمای کوپل ترمو الکتریک ر دوره یک

<sup>23</sup> Pneumograph

<sup>24</sup> Thermo couple

قوه محرکه برقی ( emf )<sup>25</sup> بسیار خفیف بمشاهده میرسد این حادثه را ترموالکتریک و مجموع دو فلز را کوپل مینامند.

علت تولید قوه محرکه برقی در دوره اختلاف درجه حرارت نقاط اتصال (لحیم) شده میباشد که توسط گلوانومتر اندازه میگردد. از روی آن اختلاف درجه حرارت بین دو نقطه گرم و سرد مشخص میگردد. این نوع ترمومترها را میتوان تا درجه حرارت  $258^{\circ}\text{C}$ - بکار برد.

در کوپل ترموالکتریک مقدار قوه محرکه برقی را پس از اوقات معین بر حسب اختلاف درجه حرارت نقاط اتصال دو فلز مختلف میتوان تعیین نمود. اگر یک محل اتصال در آب جوش محل دیگر در یخ قرار داشته باشد قوه محرکه که تولید شده پس از اوقات معین زمان بر حسب اختلاف درجه حرارت از رابط ذیل تعیین میگردد.

$$E(t) = at^2 + bt + c \quad \dots 13-2$$

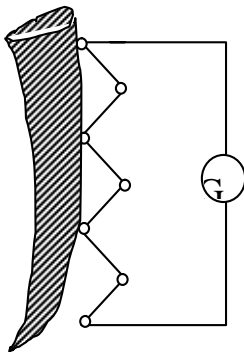
$a, b, c$  ضریب های ثابت درجه حرارت نقاط اتصال اند.

پس از تشخیص مقادیر مذکور میتوان مخنی  $E = f(t)$  را رسم نمود و با استفاده از آن درجات مختلف حرارت را نظر به قوه محرکه محاسبه کرد. قابل تذکر است که کوپل ترموالکتریک به اختلاف درجه حرارت  $100^{\circ}\text{C}$  و ولتاژ تولید شده  $0,004\text{V}$  است. هکذا میتوان این وسیله را آنقدر کوچک ساخت که درجه حرارت هر حجره را جدا؛ جدا اندازه نمود (11,12).

<sup>25</sup> . Electro Motive Force

## 11-2 ترموپیل

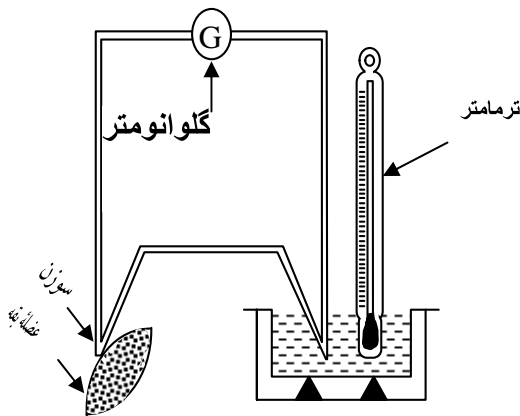
هرگاه چند کوپل ترمو الکتریک بصورت مسلسل باهم وصل گردند، در اینصورت یک ترموپیل حاصل میشود که به مقابل تغییرات جزئی درجه حرارت فوق العاده حساس میباشد. مطابق شکل (2-5). توسط این طریقه میتوان اختلاف درجه حرارت را تا یک میلیونم حصه درجه سانتی گراد تعیین نمود.



شکل (2-5) شیمای ترموپیل

ترموپیل در فیزیولوژی برای مطالعه حرارت انساج حیه استعمال میشود. طور مثال برای تعیین درجه حرارت عضله بقه ای که تازه کشته شده باشد، عضله گرم آن را به تماس نقاط اتصال ترموپیل قرار داده حرارتیکه از عضله به نقاط اتصال ترموپیل منقل میگردد توسط گلووانو متر که در مدار وصل است تعیین می شود. هرگاه عضله به مقابل نقط اتصال کش شود گلووانو متر حرارت بیشتر را نشان میدهد. تولید حرارت توسط عضله بقه تحت شرایط مختلف هنگامیکه

عضله فعال و یا در حال استراحت است تحت مطالعه قرار داده میشود و به اساس آن معلومات بهتری درباره ترکیب بدن موجود حیه حاصل میگردد . هم چنان از این خاصیت استفاده کرده ترمومتر الکتریکی ساخته اند که عبارت از یک سوزن بسیار نازک مرکب از درفلز مختلف الجنس بهم چسپیده و متصل بیک گلوانو متر حساس است . طبق شکل (2-6) . وقتیکه این سوزن به زیر پوست بدن انسان و یا حیوان داخل گردد حرارت بدن سبب انحراف عقربه گلوانومتر میشود. هر قدر حرارت بدن بیشتر باشد انحراف عقربه گلوانو متر زیاد تر خواهد بود . به این ترتیب میتوان درجات مختلف حرارت بدن را تعیین کرد (3.12.1).



شکل (2-6) ترمومتر الکتریکی

## 2-12 نقش درجه حرارت بدن انسان

اندازه گیری حرارت بدن نشان می‌دهد که درجه حرارت سطح بدن بسته به عوامل فیزیکی و تعاملات داخلی و دوران مواد در بدن و پوست بدن که جریان خون نزدیک پوست مهمترین آن می‌باشد. شرایط غیر عادی باعث تغییرات مهم در تغییر درجه حرارت بدن می‌گردد.

این تغییرات درجه حرارت بدن در مطابقت با شرایط محیط ، طیب رادرتشخیص امراض کمک مینماید.

درجه حرارت طبیعی داخل بدن همیشه بطور تقریباً دقیق در محدوده  $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$  به استثنای حالاتیکه انسان دچار یک بیماری تب دار می‌باشد ثابت باقی می‌ماند.

درواقع یک شخص برهنه میتواند در معرض درجات  $13^{\circ}\text{C}$  تا  $60^{\circ}\text{C}$  در هوای خشک قرارگیرد و کماکان درجه حرارت داخل بدن خود را در حدتقریباً ثابت حفظ کند.

بنابراین آشکار است که میکانیزم های کنترل کننده درجه حرارت بدن نشان دهنده یک سیستم کنترولی یا طرح عالی اند. درجه حرارت سطح بدن بر خلاف درجه حرارت داخل بدن توأم با تغییر درجه حرارت تغییر می نماید. هیچگونه رقم واحدی رانمی توان به عنوان درجه حرارت طبیعی بدن در نظر گرفت زیرا اندازه گیری درجه حرارت در تعدادی زیادی افراد طبیعی



در محدوده  $36^{\circ}\text{C}$  تا  $37^{\circ}\text{C}$  قرار دارد. بطور اوسط حرارت نارمل بدن  $37^{\circ}\text{C}$  قبول گردیده است. درجه حرارت در ریکتوم  $38^{\circ}\text{C}$  تا  $39,7^{\circ}\text{C}$  میباشد.

درجه حرارت طبیعی متوسط در هنگام کارهای فیزیکی، تشوشات و غیره تغییر مینماید. وقتی که درجه حرارت بدن بیش از حد معین به اثر فعالیت شدید در بدن تولید میشود، درجه حرارت ریکتوم در حدود  $33,3^{\circ}\text{C}$  تا  $40^{\circ}\text{C}$  میرسد و در هنگام قرار گرفتن در هوای سرد درجه حرارت آن کمتر از  $36,7^{\circ}\text{C}$  می شود. هنگامیکه میزان تولید حرارت در بدن بیشتر از سرعت دفع آن باشد بدیهی است که حرارت در بدن تجمع یافته و درجه حرارت بدن بالا میرود. برعکس با دفع حرارت بیشتر درجه حرارت بدن کاهش می یابد. این معلومات طبیب را در تشخیص تصادفی امراض مساعدت می نماید (17,1).

به اساس مطالعات انجام یافته در اوسط سال 1950 معلوم گردیده است که اغلب سرطان های پستان را با درجه حرارت افزایش یافته همان ناحیه پوست می توان تشخیص داد. زیرا درجه همان ناحیه  $1^{\circ}\text{C}$  بیشتر از سایر قسمت های سالم بدن است. با اندازه گیری درجه حرارت بدن و مقایسه آن به حرارت نارمل و شرایط خاص، و وضع فیزیکی و حالت های مشخص، طبیب میتواند در تشخیص مرض با اطمینان تصمیم بگیرد (18,12).

وضع انسان در برابر تغییر درجه حرارت حالت های خاص دارد، چنانچه در حرارت  $18^{\circ}\text{C}$  -  $20^{\circ}\text{C}$  و رطوبت 80-100 فیصد انسان احساس ناراحتی و خستگی می نماید.

در حرارت  $24^{\circ}\text{C}$  با رطوبت 60% کمترین حرکت سبب تعرق گردیده ناراحتی جسمی بوجود می آید. در رطوبت 80% و حرارت  $24^{\circ}\text{C}$  مانند رطوبت 40% و حرارت  $30^{\circ}\text{C}$  در شخص احساس ناراحتی شروع شده افزایش می یابد. حرکات تنفسی سریع و سطحی شده تعرق مشکل می گردد. به این قسم تغییرات درجه حرارت بدن اختلالات عصبی، جلدی و سرانجام باعث اختلالات عمومی در بدن میشود. اگر درجه حرارت بدن  $5^{\circ}\text{C}$  بالاتر از حد نارمل برسد احتمال مرگ خواهد بود. (17.8).

مثال های حل شده

1. درجه حرارت بدن یک شخص سالم  $98.6^{\circ}\text{F}$  است. اگر توسط ترمومتر سانتی گراد اندازه گردد، درجه حرارت بدن مریض مساویست به:

حل:

$$t = 98.6^{\circ}\text{F}$$

$$t = ?^{\circ}\text{C}$$

$$t^{\circ}\text{C} = 5/9 (t^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$= 5/9 (98.6 - 32)$$

$$= 5/9 (66.6) = 37$$

$$98.6^{\circ}\text{F} = 37^{\circ}\text{C}$$

2. درجه حرارت اتاق  $20^{\circ}\text{C}$  است. اگر به ترمومتر فارنهایت اندازه گردد، درجه حرارت اتاق به فارنهایت مساویست به:

حل:

$$t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t = ?^{\circ}\text{F}$$

$$t^{\circ}\text{F} = 9/5 t^{\circ}\text{C} + 32$$

$$= 9/5 \cdot 20 + 32 = 68$$

$$20^{\circ}\text{C} = 68^{\circ}\text{F}$$

3. یک داکتر حرارت بدن مریض را توسط ترمومتر سانتی گراد اندازه نموده گفت مریض 5 خط تب دارد، وقتی به ترمومتر فارنهایت اندازه نماید حرارت بدن مریض چنداست؟

حل:

1 خط = 0,1 درجه حرارت

$$37.5^{\circ}\text{C} = 37 + 0.5 \text{ مریض}$$

$$t^{\circ}\text{F} = 9/5 t^{\circ}\text{C} + 32$$

$$t^{\circ}\text{F} = 9/5 (37.5) + 32$$

$$= 99.5$$

$$37.5^{\circ}\text{C} = 99.5^{\circ}\text{F}$$

$$37\text{ }^{\circ}\text{C} = 98.6\text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$99.5 - 98.6 = 0.9 \text{ بناء}$$

به ترمومتر فارنهایت مریض 9 خط تب دارد.

4. درجه حرارت یک شخص سالم  $37^{\circ}\text{C}$  است. به درجه حرارت کلوین مساویست به

$$\begin{aligned}t\text{K} &= t^{\circ}\text{C} + 273 \\ &= 37 + 273 = 310 \\ 37^{\circ}\text{C} &= 310\text{ K}\end{aligned}$$

5. مثال:  $20^{\circ}\text{F}$  چند درجه کلوین است؟

$$\begin{aligned}t\text{K} &= 5/9(t^{\circ}\text{F}+459.4) \\ &= 5/9(20+459.4)=5/9(479.4) \\ &= 266.3\end{aligned}$$

$$20^{\circ}\text{F}= 266.3\text{ K}$$

## مسائل

1. چرا حس لامسه برای تعیین درجه حرارت قابل اعتماد نیست؟
2. آیا میتوان در ترمومتر به عوض سیماب و الکل از آب استفاده نمود؟
3. اگر یک ترمومتر طبی داشته باشید، میتوانید درجه حرارت آب جوش را تعیین نمائید؟
4. در ترمومتر طبی چرا بین مخزن و نل شعریه خمیده گی موجود است؟
5. چند نوع ترمومتر طبی رامی شناسید، کدام ها اند؟
6. حداقل زمان قابل اطمینان در تعیین درجه حرارت بدن چند است؟
7. علت تولید قوه محرکه برقی در یک کوپل ترمو الکتریک چیست؟
8. کوپل ترمو الکتریک چیست؟
9. ترمومتر سیمابی دارای چه مشخصات اند؟
10. برای تعیین درجه حرارت  $60^{\circ}\text{F}$  - کدام نوع ترمومتر سیمابی و یا الکولی بهتر است؟
- ترمیستور چیست در طبابت از آن چگونه استفاده بعمل می آید؟
11. ترموپیل چیست در مورد ساحه استفاده آن در طب معلومات بد هید؟
12. برای ساختن ترمومتر چراسیماب را در نل شیشه ای میرزند؟
13. چطور گفته میتوانید که بین درجه  $^{\circ}\text{F}$  ,  $^{\circ}\text{C}$  یک رابط خطی موجود است؟
14. درجه حرارت اتاق  $20^{\circ}\text{C}$  است چند درجه فارنهایت میشود؟

15. نقطه غلیان نایتروجن مایع  $196^{\circ}\text{C}$  - است. به درجه فارنهایت چند است؟
16. درجه حرارت بدن یک مریض  $99,2^{\circ}\text{F}$  است. گفته میشود که مریض 6 خط تب دارد، هرگاه به ترمومتر سانتی گرید درجه حرارت مریض اندازه گردد. مریض چند خط تب دارد؟
17. نقطه غلیان اکسیجن مایع  $183^{\circ}\text{C}$  - است. به درجه کالوین چند است؟
18. اگر نقطه غلیان ایتائل الکھول  $351\text{ k}$  باشد. به درجه فارنهایت چند است؟
19. اگر نقطه انجماد ایتائل الکھول  $175^{\circ}\text{F}$  - باشد چند درجه کلوین میشود؟
20. بکدام درجه حرارت، درجه فارنهایت و سانتی گراد مساوی اند؟
21. اگر درجه حرارت سانتی گراد نصف درجه فارنهایت باشد. قیمت عددی درجه سانتی گرید و فارنهایت چند است؟
22. توسط نرسی درجه حرارت بدن مریض، 1 خط بیشتر از  $98,6^{\circ}\text{F}$  تعیین گردیده است. مریض چند خط تب دارد. اگر به ترمومتر سانتی گرید تعیین نماید. درجه حرارت بدن مریض چند میباشد؟
23. دریک کوپل ترمو الکتریک یکی از نقاط اتصال درین یخ و نقطه دیگر اتصال درین آب به درجه حرارت  $t$  گذاشته شده است. اگر  $b = 0,2\text{mv/deg}$  و  $a = 50.10^4$ ، باشد به درجه های حرارت  $100^{\circ}\text{C}$ ، ،

$200^{\circ}\text{C}$  ,  $400^{\circ}\text{C}$  ,  $500^{\circ}\text{C}$  قیمت های قوه محرکه برقی کوپل ترمو الکتریک رادیافت کرده، گراف قوه محرکه برقی  $E$  را تابع درجه حرارت رسم کنید؟

24. در کوپل ترموالکتریک به اختلاف  $100^{\circ}\text{C}$  ولتاژ چند است؟

25. اگر در یک کوپل ترمو الکتریک رابط  $E = f(t)$  موجود باشد. گراف معادله چه شکل رادارد؟

## فصل سوم

### مقدار حرارت و اندازه گیری آن

#### 3-1 تعریف مقدار حرارت

هنگام مطالعه میتابولزم<sup>26</sup> بدن نه تنها درجه حرارت بدن برای طیب مهم است، بلکه دانستن مقدار حرارت که بدن تولید مینماید نیز حایز اهمیت میباشد. میدانیم که مقدار حرارت به مجموع انرژی حرکتی مالیکول های جسم بستگی دارد. مقدار حرارت که یک جسم میگیرد و یا میدهد نمیتوان آن را به ساده گی تعیین نمود. این مقدار حرارت تبادل شده از روی تغییر انرژی که آن بر ماده ظاهر میسازد اندازه گیری میشود. مثلاً اگر در یک بیکر مقدار معین آب انداخته بالای منبع حرارت قرار دهیم و درجه حرارت آن را توسط ترمومتر بعد از هر لحظه<sup>۲۶</sup> زمان اندازه کنیم، دیده میشود که با گذشت زمان درجه حرارت آب بلند رفته آب بجوش می آید. بناً گفته میشود که آب یکمقدار حرارت را از منبع اخذ کرده است که این حادثه سبب بلند رفتن درجه حرارت آب و باعث تغییر حالت آن گردیده پس مقدار حرارت را چنین تعریف میکنیم:

➤ مقدار حرارت عبارت از عاملی است که سبب تغییر درجه حرارت اجسام و یا تغییر حالت آنها میگردد.

➤ مقدار حرارت عبارت از عاملی است که سبب افزایش یا کاهش مقدار انرژی داخلی یک جسم میشود.

#### 3-2 تعیین مقدار حرارت



تعیین و یا اندازه گیری مقدار حرارتیکه یک جسم میگیرد و یا از دست میدهد مثل اندازه گیری درجه حرارت توسط ترمومتر ساده نیست، زیرا وسیله ای بدین منظور وجود ندارد که بکمک آن مقدار حرارتی را که مقدار معینی از ماده میگیرد یا از دست میدهد بتوان مشخص کرد. بطور کلی مقدار حرارت مبادله شده از روی آثاریکه بروی یک ماده ظاهر میسازد اندازه گیری میشود و این کار همیشه آسان نیست. بطور مثال مقدار حرارتی که از سوختن مقدار معینی بنزین تولید میشود، از روی افزایش درجه حرارت که به آب ایجاد میگردد مشخص میشود (11، 15، 21، 24)

هرگاه در دو بیکر یکنوع مایع بریزیم که درجه حرارت شان  $t_1$  باشد در حالیکه مقدار مایع بیکر اول دو چند مایع بیکر دوم باشد. اگر این دو بیکر همزمان بالای عین منبع حرارت قرار داده شود بیکر اول دیرتر نسبت به بیکر دوم به درجه حرارت  $t_2$  میرسد.

اگر کتله مایع را  $m$  و حرارت را به  $Q$  نشان بدهیم نوشته میتوانیم.

$$Q \sim m \dots \dots (1-3)$$

$$Q \sim (t_2 - t_1) \dots \dots (2-3)$$

اگر مایع شامل تجربه تغییر کند مقدار  $Q$  تغییر مینماید. پس با شامل نمودن ضریب ثابت  $C$  روابط (1-3) و (2-3) را نوشته میتوانیم .

$$Q = mc(t_2 - t_1) \dots \dots (3-3)$$

$$Q = mc \Delta t \quad (4-3)$$

در معادله (3 - 4) ثابت C حرارت مخصوصه اجسام نامیده میشود. ثابت C این مفهوم را ارایه میدارد که مقدار حرارت مربوط به مشخصه جسم نیز میباشد. معادله (3 - 4) این نتیجه را بیان میدارد که مقدار حرارتی را که یک جسم میگیرد یا میدهد مستقیماً متناسب به کتله جسم، تغییر درجه حرارت و حرارت مخصوصه جسم است.

### 3-3 حرارت مخصوصه

دو جسم که درجه حرارت شان یکسان است بطور کلی مقدار انرژی داخلی آنها در هرگرام متفاوت میباشد. بناء حرارت مخصوصه یک ماده یکی از مشخصات ثابت همان ماده بوده، معرف حالت، ترکیب و ساختمان آن ماده است. تمام مواد موجود در طبیعت در برابر یک مقدار معین افزایش درجه حرارت، یکمقدار مساوی حرارت را جذب نمی کند. مثلاً یک گرم آب و یک گرم آهن بیک درجه معین حرارت گرم شوند، آهن سریع تر به حرارت معین میرسد بناء حرارت مخصوصه را چنین تعریف میکنیم.

➤ حرارت مخصوصه یک جسم عبارت از مقدار حرارتی است که درجه

حرارت یک گرم آن جسم را یکدرجه سانتی گراد بلند ببرد.

➤ حرارت مخصوصه یک جسم عبارت از اندازه انرژی را گویند که

ذریعه مالیکول های یک گرم آن جسم گرفته میشود تا درجه حرارت

آن یکدرجه تزايد نماید. حرارت مخصوصه اجسام درج جدول (الف)

ضمیمه است.(11. 12. 15. 18)

### 3-4 واحداث مقدار حرارت و حرارت مخصوصه

الف: واحداث مقدار حرارت:

➤ واحد مقدار حرارت در سیستم C.G.S کالوری<sup>27</sup> است. که کالوری

کوچک نیز معرفی شده و به cal نشان داده میشود.

یک کالوری، مقدار حرارتیست که درجه حرارت یک گرم آب را از  $14.5^{\circ}\text{C}$  به  $15^{\circ}\text{C}$  برساند.

➤ در سیستم M.K.S واحد مقدار حرارت کیلو کالوری (Kcal) یا

کالوری بزرگ معرفی شده است که برابر است به

$$1\text{Kcal} = 10^3 \text{ cal}$$

یک کیلو کالوری، مقدار حرارتیست که درجه حرارت 1kg آب را از  $14^{\circ}\text{C}$  به  $15.5^{\circ}\text{C}$  برساند.

➤ ترمی<sup>28</sup>:

ترمی مقدار حرارتیست که یک تن آب میگیرد و یا از دست میدهد تا یک درجه سانتی گراد گرم و یا سرد شود.

➤ بی . تی . یو . (B. T.U)<sup>29</sup>:

مقدار حرارتیست که یک پوند (Lb) آب میگیرد یا از دست میدهد تا درجه حرارت آن از  $59.5^{\circ}\text{F}$  به  $60^{\circ}\text{F}$  برسد. ( 32، 6، 45).

---

<sup>27</sup> Calorie

2- Themy

2 - (B.T.U) British Thermal Unit

در سیستم بین المللی (SI) واحد انرژی ژول است بنام یک کالوری مساوی است به:

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ joul}$$

$$1 \text{ Kcal} = 3.968 \text{ BTU}$$

ب: واحد حرارت مخصوصه:

حرارت مخصوصه به  $\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$  یا  $\text{BTU/Lb}^{\circ}\text{F}$  اندازه میشود. (35، 27)

### 3 - 5 نقش حرارت مخصوصه آب در بدن انسان

حرارت مخصوصه آب  $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$  است، یعنی یک کالوری درجه حرارت یک گرم آب را یک درجه سانتی گراد بلند می برد. درجه حرارت یک گرم آهن را 0.11 تقریباً نه درجه بلند میبرد. این خاصیت آب اهمیت حیاتی دارد. مثلاً اگر یک حیوان یا انسان به اثر دویدن یکمقدار حررت تولید نماید، چون حرارت مخصوصه آب ( که در بدن فیصدی بیشتر دارد) زیاد است، درجه حرارت وجود بسیار بلند نرفته و باعث تب نمیگردد. این خاصیت آب در بحرهای خیلی مهم است. زیرا اگر درجه حرارت ابحار به اثر شعاع آفتاب بلند میرفت حیات غیر ممکن میگردد (30، 17، 12).

### 3 - 6 تعادل حرارتی

یک کمیت سکالری بنام درجه حرارت که خاصیتی است متعلق به تمام سیستم های ترمودینامیکی، که برابری آن برای تعادل شرط لازمی و کافی است مورد

مطالعه قرار گرفت. مفهوم تعادل حرارتی از اندازه گیری درجه حرارتی اجسام توسط ترمومتر پیداست.

هرگاه دو جسم که دارای درجه حرارت مختلف اند و در یک سیستم مجزا<sup>30</sup> در کنار هم قرار گیرند، دیده میشود که تدریجاً حرارت از جسم گرم به جسم سرد منتقل میگردد این عملیه تا زمان ادامه می یابد که تعادل حرارتی بین شان بر قرار گردد. درین عملیه جسم سرد همان مقدار حرارت را میگیرد که جسم گرم همان مقدار حرارت را میدهد تا درجه حرارت شان مساوی و یا در حال تعادل حرارتی قرار گیرند. در تبادل مقدار حرارت بین دو جسم که با محیط مجاور تبادل حرارت نه نمایند اصول ذیل بر قرار است.

- اجسام گرم حرارت میدهند و اجسام سرد حرارت میگیرند.
- مقدار حرارت که اجسام گرم میدهند برابر است به مقدار حرارت که اجسام سرد اخذ می کند.
- - درجه حرارت نهائی که آن را تعامل حرارتی یا درجه حرارت تعادل مینامند برای تمام اجسام مجاور هم یکسان خواهد بود، مشروط بر اینکه مواد باهم تعامل کیمیایی نه نموده و تغییر حالت نه کنند.
- مقدار حرارتی که یک جسم میگیرد تا درجه حرارت آن از  $t_1$  به  $t_2$  برسد برابر است بمقدار حرارتی که همان جسم دو باره میدهد تا از درجه حرارت  $t_2$  به  $t_1$  بر گردد (3, 10).

---

1. **Isolated** سیستم را گویند که جسم تبادل حرارتی به محیط نداشته باشد. مقداری حرارتی را که یک جسم میدهد جسم دیگر کاملاً اخذ نماید.

برای دریافت درجه حرارت تعادل، دو جسمی را که دارای کتله های  $m_1$  و  $m_2$  و حرارت مخصوصه  $C_1$  و  $C_2$  اند و درجه حرارت هر یک  $t_1, t_2$  میباشد در نظر بگیریم. اگر مقدار حرارت جسم اولی  $Q_1$  و از جسم دومی  $Q_2$  باشد در اینصورت نوشته میتوانیم.

$$Q_1 = m_1 c_1 (\theta - t_1)$$

$$Q_2 = m_2 c_2 (t_2 - \theta)$$

$$Q_1 = Q_2 \text{ مطابق اصل سوم}$$

بنابراین درجه حرارت تعادل ( $\theta$ ) را چنین دریافت میکنیم.

$$\theta = \frac{m_1 c_1 t_1}{m_1 c_1 + m_2 c_2} \dots (3-3)$$

بصورت عموم نوشته میتوانیم

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^n m_i c_i t_i}{\sum_{i=1}^n m_i c_i} \dots (4-3)$$

حالات خصوصی:

1- اگر دو جسم هم جنس ( $C_1 = C_2$ ) و هم وزن ( $m_1 = m_2$ ) باشد درجه حرارت تعادل مساویست.

$$\theta = \frac{t_1 + t_2}{2} \dots (5-3)$$

2- اگر دو جسم صرف هم جنس باشند، درجه حرارت تعادل مساویست به

$$\theta = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} \dots (6-3)$$

3- هرگاه دو جسم دارای کتله های مساوی باشند در اینصورت حرارت تعادل مساویست به

$$\theta = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2}{C_1 + C_2} \dots (7-3)$$

مثال 1. 300 گرم آب که درجه حرارت آن  $65^{\circ}\text{C}$  است با 800 گرم آب که درجه حرارت آن  $10^{\circ}\text{C}$  است مخلوط میشود. درجه حرارت نهائی مخلوط با استفاده از فامول (6-3) مساویست به  $m_2=800\text{g}$   $m_1=300\text{g}$ .

$$t_2=10^{\circ}\text{C}$$
$$C_1=C_2=1\text{cal/g.c}$$

$$\theta = ?$$

$$\theta = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$$

$$\theta = \frac{300.65 + 800.10}{300 + 800}$$

$$\theta = 25 \text{ C}$$

مثال 2: 300 گرم آب  $10^{\circ}\text{C}$  با 2kg سیماب  $100^{\circ}\text{C}$  مخلوط گردیده است. در صورتیکه حرارت مخصوصه سیماب  $0,03\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$  باشد. درجه حرارت تعادل مساویست به

حل:

با استفاده از فارمول (3-3) داریم که

$$\begin{aligned}m_1 &= m_{\text{H}_2\text{O}} = 300\text{g} \\m_2 &= m_{\text{Hg}} = 2000\text{g} \\t_1 &= t_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{\circ}\text{C} \\t_2 &= t_{\text{Hg}} = 100^{\circ}\text{C} \\c_1 &= c_{\text{H}_2\text{O}} = 1\text{cal/g}^{\circ}\text{C} \\c_2 &= c_{\text{Hg}} = 0,03\text{cal/g}^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

$\theta = ?$

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c + m_2 c_2} \\ \theta &= \frac{300 \cdot 1 \cdot 10 + 2000 \cdot 100 \cdot 0,03}{300 \cdot 1 + 2000 \cdot 0,03} \\ \theta &= 25^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

مثال 3. مقدار حرارت که 100g آب بدرجه حرارت  $20^{\circ}\text{C}$  اخذ می کند تا درجه حرارت آن به  $80^{\circ}\text{C}$  برسد مساویست به

حل:

$$\begin{aligned}m &= 100\text{g} \\t_1 &= 20^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$



$$t_2=80^0\text{C}$$

$$C=1\text{Cal/g}^0\text{C}$$

$$Q=?$$

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

$$Q=100.1(80-20)$$

$$Q=100.60$$

$$Q=6000\text{Cal}=6\text{kCal}$$

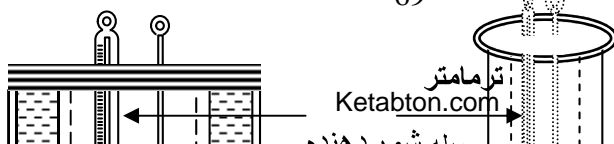
### 3 - 7 کالوری متر 31

کالوری متر وسیله ایست که برای اندازه گیری مقدار حرارت، ثابت ماندن درجه حرارت یک یا چند ماده و نیز تعیین حرارت مخصوصه اجسام بکار میرود. در سال 1892 ژیمس دیور<sup>32</sup> وسیله ای ساخت که بنام خودش یاد می شد. این ظرف از شیشه با فولاد بسیار نازک که زنگ نمی زد و ضایعات حرارت آن کم می باشد تشکیل شده و برای نگهداری مواد نوشیدنی گرم یا سرد بکار میرفت و با ظرفیت بیش از 100L ساخته شده اند.

کالوری متر به انواع مختلف ساخته میشود که داری مشخصات زیر است. قبلاً کالوری متر هارا از ظروف برنجی به حجم  $250\text{cm}^3$  تا  $1000\text{cm}^3$  می ساختند که این ظروف روی کنده چوب یا پنبه، داخل ظرف بزرگتری قرار میگیرد تا از انتقال حرارت در اثر هدایت جلوگیری شود. سطح خارجی ظروف بیرونی و سطح داخلی ظرف داخلی را صیقلی میکنند تا از انتقال حرارت در اثر

<sup>1</sup> Colorimeter

<sup>32</sup> Jams Dewar



تشعشع جلوگیری شود. سرپوش عایقی دارای دو سوراخ میباشد، یک سوراخ برای میله شور دهنده و دومی برای ترما متر است طبق شکل (3-2).

اکنون بعوض کالوری متر برنجی از ظرف های دو جداره استفاده میکنند که سطوح داخلی و خارجی از جدارها صیقلی و فضای بین این دو جدار (ظرف) خالی از هوا (خلا) میباشد. این نوع کالوری مترها دقیق تر اند و تبادل حرارت فقط بین موادی که داخل آنها قرار دارد صورت میگیرد. کالوری مترهای دقیقتر از چندین ظرف فلزی صیقلی که در داخل هم قرار گیرند استفاده میکنند (29، 19، 12)

### 3-8 ارزش حرارتی غذا

یک قسمت زیاد مواد غذایی که خورده میشود اوکسیدایز شده به انرژی حرارتی و انرژی کیمیاوی تبدیل میشود. غذا در وجود مانند مواد سوخت در ماشین سبب تولید احتراق میگردد. بنابراین بیولوژیست ها اکثراً مواد غذایی را به اساس اندازه

حرارت احتراق آن به کیلو کالوری فیصد گرام پیمایش می کنند. بدن انسان تقریباً دارای درجه حرارت  $98.6^{\circ}\text{F}$  ( $37^{\circ}\text{C}$ ) میباشد. توسط عمل احتراق در بدن انسان در حال استراحت بطور متوسط روزانه  $2500\text{Kcal}$  حرارت تولید میشود. و همین مقدار حرارت توسط عمل هدایت<sup>33</sup>، کنوکشن<sup>34</sup>، تشعشع<sup>35</sup> و تبخیر<sup>36</sup> آب از طریق جلد و شش ها خارج میشود. بطور متوسط روزانه  $600\text{cm}^3$  تا  $800\text{cm}^3$  آب از راه جلد تبخیر میگردد و حرارت تلف شده از این طریق بالغ به  $416\text{kcal}$  میباشد. این مقدار معادل  $32\%$  تمام حرارت تولیدی بدن در یک شبانه روز است. در موسم زمستان درجه حرارت محیط نسبتاً پائین میباشد، از ضیاع حرارت توسط پوشیدن لباس های ضخیم و پشمی جلوگیری میشود، در حالیکه در موسم تابستان چون درجه حرارت محیط تقریباً نزدیک بدرجه حرارت بدن است ضیاع حرارتی بسیار کم بوده و حتی با پوشیدن لباس نازک احساس گرمی میشود.

تجربه نشان میدهد، مقدار انرژی که از احتراق مواد غذایی در وجود حاصل میشود معادل به مقدار حرارتیست که از احتراق همان مقدار مواد مذکور در کالوری متر تولید میشود. مقدار کالوری که به صورت متوسط وجود یک شخص بالغ روزانه ضرورت دارد  $3000\text{kcal}$  است. این مقدار انرژی از مواد

- 
- 1- Conduction
  - 2- Convection
  - 3- Radiation
  - 4- evaporation

غذای تهیه می‌گردد. مقدار انرژی غذاهای انتخابی که ما می‌خوریم به حسب kcal/g در جدول (الف) ضمیمه نشان داده شده است.

اطفال نسبت به اشخاص بالغ به نسبت داشتن فعالیت جسمانی زیاد و نموبه کالوری بیشتر ضرورت دارد، یک پسر یازده ساله الی پانزده ساله بهمان اندازه کالوری ضرورت دارد، مثلیکه به کارهای سنگین لازم است و برای اشخاص مسن کالوری کمتر نسبت به اشخاص جوان ضرورت است (12-27، 11).

مثال 1. فرض کنید یک شخص 75kg وزن دارد و یک غذائی معمولی که مقدار 2500kcal را به شکل حرارت آزاد می‌سازد مصرف می‌کند. اگر حرارت مخصوصه بدن  $0.8\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$  فرض شود و حرارت بدن ضایع نه شود. درجه حرارت بدن چقدر بلند می‌رود.

$$Q = 2500\text{Kcal}$$

$$8\text{Cal/g}^{\circ}\text{C}, C=0$$

$$m = 75\text{kg}$$

$$\Delta t = ?$$

$$Q = C.m \Delta t$$

$$\Delta t = Q/C.m$$

$$6^{\circ}\text{C}$$

$$, 8.75 = 41,$$

$$\Delta t = 2500000/0$$

مثال 2. در یک کالوری متر که ظرفیت حرارتی آن معادل حرارت 5000 گرام آب است، هرگاه یک توته نان سفید 50 گرمی در آن سوزانده شود، درجه حرارت آب از  $25^{\circ}\text{C}$  به  $51.6^{\circ}\text{C}$  بالا می‌رود. حرارت احتراق نان سفید به حسب Kcal/g مساویست

حل:

$$C = 1 \text{Cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$m = 5000 \text{g}$$

$$t_1 = 25^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 51,6^{\circ}\text{C}$$

$$Q = ?$$

$$S = ?$$

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

$$Q = 1.5000(51,6 - 25)$$

$$Q = 133 \text{kCal} ,$$

$$S = Q/m$$

حرارت احتراق

$$S = 133 \text{Kcal}/50 \text{g} = 2,66 \text{Kcal/g}$$

### مسائل

1. برای اینکه درجه حرارت 5 گرم شیشه از  $20^{\circ}\text{C}$  به  $85^{\circ}\text{C}$  برسد چه مقدار حرارت بمصرف میرسد. در صورتیکه حرارت مخصوصه شیشه  $0.20 \text{cal/g}^{\circ}\text{C}$  باشد؟

2. برای بلند بردن درجه حرارت  $250 \text{cm}^3$  آب از  $10^{\circ}\text{C}$  به  $30^{\circ}\text{C}$  چه مقدار حرارت داده شود؟ (حرارت مخصوصه آب  $1 \text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ )

3. در یک کالوری متر 860 گرم آب که درجه حرارت آن  $15^{\circ}\text{C}$  است انداخته شده است. در این کالوری متر 200 گرم آب دیگر که درجه حرارت آن  $96^{\circ}\text{C}$  میباشد انداخته میشود. در صورتیکه درجه حرارت

نهائی کالوری متر  $30^{\circ}\text{C}$  باشد قیمت آب معادل کالوری متر چند است؟

4. در کالوری متری که دارای 150 گرم آب بدرجه حرارت  $19^{\circ}\text{C}$  است یک قطعه آهن به کتله 60 گرم بدرجه حرارت  $100^{\circ}\text{C}$  انداخته میشود. اگر قیمت آب کالوری متر 28 گرم و درجه حرارت تعادل  $22^{\circ}\text{C}$  باشد حرارت مخصوصه آهن چند است؟

5. یک پارچه مس به کتله 400 گرم بدرجه حرارت  $2^{\circ}\text{C}$  مقدار 6kcal حرارت جذب می کند، معلوم کنید پارچه مس چقدر گرم شده است.

در صورتیکه حرارت مخصوصه مس  $0.092 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$  می باشد؟  
6. فرض کنید برای حرکت دادن هر 2.2kg وزن در مسافه 30cm در زمین هموار به 0.04cal نیاز است. اگر نرس که وزن آن 54.4kg است در حین انجام وظیفه 6400m قدم بزند چه مقدار انرژی مصرف میکند؟

7. اگر یک توتو نان به شخصی به کتله 50kg و حرارت مخصوصه 0.8 Kcal/gC مقدار 100Kcal حرارت بدهد. اگر حرارت آزاد نشود درجه حرارت بدن اش چند درجه بلند میشود؟

8. طول یک سیم مسی 80cm و مساحت مقطع آن  $0.5\text{cm}^2$  است. درجه حرارت این سیم  $25^{\circ}\text{C}$  بوده و یک انجام آن برای سه دقیقه به آتش گذاشته میشود، طوریکه درجه حرارت آن به  $95^{\circ}\text{C}$  میرسد مقدار حرارتیکه از بین این سیم عبور میکند چند است؟

10. هر گاه فرض شود که پیاده روی در روی سطح زمین در طی مسافتی هر 30cm در برابر هر 2,2Kg وزن بدن به 0.16 cal انرژی غذایی نیاز داشته باشد، شخص که 54.5kg وزن دارد، چقدر فاصله را بپیماید تا 5Kg 0.شربینی (450cal) را از بدن بسوزاند؟

9. فرض کنید که یک شخص به وزن 80kg یک غذائی معمولی عادی 2500kcal که کاملاً به شکل حرارت آزاد می شود مصرف نماید. اگر حرارت مخصوصه بدن  $0.8\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$  فرض شود و حرارت از بدن هم خارج نگردد، درجه حرارت چقدر بالا خواهد رفت؟

10. هر گاه یک ظرف المونیمی 300گرمه دارای 400گرم آب بدرجه حرارت  $20^{\circ}\text{C}$  داشته باشد. برای حرارت ظرف و آب تا درجه حرارت  $100^{\circ}\text{C}$  چه مقدار انرژی حرارتی ضرورت خواهد بود؟

11. هر گاه برای بلند بردن درجه حرارت یک قطعه فلز 400 گرام به  $20^{\circ}\text{C}$  مقدار 720cal انرژی حرارتی نیاز باشد. مطلوب است حرارت مخصوصه فلز و نوع فلز؟

12. یک کتله 100گرم فلزی با حرارت مخصوصه  $0.2\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$  دارای درجه حرارت  $20^{\circ}\text{C}$  میباشد. اگر 100cal انرژی به آن افزود شود، درجه حرارت نهائی آن چقدر میشود؟

## فصل چهارم

### انتقال حرارت

#### 4 - 1 علل انتقال حرارت

هر گاه یک انجام میله فلزی حرارت داده شود، انجام دیگر آن گرم میشود. وقتی یک ظرف پر از مایع حرارت داده شود مایع تمام ظرف گرم میشود. با روشن کردن بخاری هوای اتاق گرم میگردد. انتقال حرارت آفتاب بزمین از طریق فضا صورت میگیرد. بناءً برای انجام عملیه های فوق باید یک گرادیانت<sup>37</sup> حرارتی وجود داشته باشد تا حرارت از ناحیه با درجه حرارت بلند به ناحیه با درجه حرارت پائین انتقال نماید. انتقال حرارت از نقاط که فشار آن بیشتر است به نقاط که فشار آن کمتر است صورت میگردد. میزان انتقال انرژی حرارتی از جسم گرم به جسم سرد مربوط به اختلاف درجه حرارت بین دو جسم است. این انتقال انرژی داخلی ممکن است بطریقه های هدایت، کنوکشن و تشعشع صورت گیرد. (4.12.17)

#### 4 - 2 انتقال حرارت بطریقه هدایت<sup>38</sup>

اگر یک انجام میله مسی بالای منبع حرارت گذاشته شود بعد از یک مدت زمان، انجام دیگر میله نیز گرم میشود. زیرا در اثر حرارت مالیکول های همان انجام میله که بالای منبع حرارت قرار دارد به اهتزاز شروع کرده انرژی حرارتی ازیک مالیکول به مالیکول های مجاور انتقال نموده باعث گرم شدن تمام میله

<sup>37</sup> gradient

<sup>38</sup> conduction



میشود. از همین سبب ظرفیکه در آشپزخانه بالای منبع حرارت قرار داده میشود دارای دستگیر غیر فلزی اند که حرارت را کمتر انتقال میدهد. پس ساده ترین عملیه انتقال حرارت که در آن انرژی حرارتی مستقیماً از داخل ماده عبور میکند هدایت است.

➤ هدایت عبارت است از انتقال حرارت از طریق ماده ساکن بر اثر تماس فیزیکی که در آن تغییرات حرارت موجود باشد.

➤ هدایت را میتوان انتقال انرژی از مالیکول های پر انرژی به مالیکول های کم انرژی در یک ماده در اثر عمل ذات البنی شان تصور نمود.

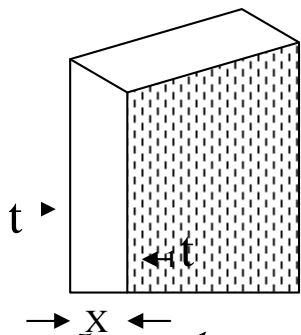
انتقال حرارت بطریقه هدایت در تمام اجسام یکسان نیست. مثلاً نقره، المونیم، آهن، سرب و غیره در یک وقت معین بیک اندازه مساوی حرارت را انتقال داده نمیتواند. عموماً در فلزات حرارت بوسیله هدایت صورت میگردد. هر قدر قابلیت هدایت حرارتی یک جسم بیشتر باشد انتقال حرارت سریع تر صورت میگردد. قابلیت هدایت حرارتی در فلزات بیشتر از مایعات و از مایعات بیشتر از گازات است

(19، 20). از خاصیت هدایت حرارتی در ساختن ترموز، یخچال استفاده بعمل می آید. در عمارات دیوار های منازل را طوری میسازند که بین شان خالی بوده و خالیگاه ها را از موادی که هادی ضعیف حرارت اند پر می سازند. در اینصورت در زمستان دیوار ها حرارت اتاق را حفظ میکند و در تابستان مانع ورود حرارت میشوند. طوریکه ذکر شد هوا هادی بسیار ضعیف حرارت است و هم چنان پارچه های پشمی نیز همین خاصیت را دارد. بوسیله این هادی ها

میتوان چیزهای گرم را به حال گرمی و چیزهای سرد را به حال سردی اش قسماً نگهداشته و از ورود و خروج حرارت از جسم به محیط جلوگیری نمود .  
(19,12)

هنگام زمستان با پوشیدن لباس های عایق و پشمی از ضیاع حرارتی جلوگیری و بدن گرم نگهداشته میشود.

مشاهدات روزانه نشان میدهد که در موسم زمستان از یک اتاق گرم مقدار حرارت به وسیله هدایت از طریق شیشه کلکین ها بطرف خارج اتاق منتقل میشود. حرارتیکه به این طریق انتقال میکند مربوط است به مساحت مقطع شیشه، ضخامت آن، اختلاف درجه حرارت بین سطح داخلی و خارجی آن، وقت عبور جریان از یک سطح به سطح دیگر و ضریب هدایت حرارتی آن جسمی مطابق شکل (1-4)



شکل (1-4) شیمای عمل کانویکشن

مساحت سطح جسم  $A$  و ضخامت آن  $X$ ، درجه حرارت یک سطح آن  $t_1$  و سطح دیگر آن  $t_2$  طوریکه  $t_2 > t_1$  باشد. اگر مدت زمان عبور جریان  $t$  و ضریب هدایت حرارتی  $K$  باشد، در صورتیکه  $t_1$  و  $t_2$  ثابت نگهداشته شود، مقدار

حرارت  $Q$  که از یک سطح به سطح دیگر عبور میکند از رابطه زیر بدست می آید.

$$Q/t = K \cdot A \cdot (t_2 - t_1) / X \quad \dots(1-4)$$

در رابطه (1 - 4)،  $A$  به سانتی متر مربع،  $X$  به سانتی متر،  $t_2 - t_1$  به درجه سانتی گراد و  $t$  زمان به ثانیه اندازه میشود.

نسبت  $t_2 - t_1 / X$  را گرادیانت حرارتی مینامند.

از رابط (1 - 4)، قیمت  $K$  را چنین بدست می آوریم

$$K = Q \cdot X / A \cdot (t_2 - t_1) \cdot t \quad \dots(2-4)$$

با در نظر داشت رابطه (4 - 2) واحد ضریب هدایت حرارتی  $(\text{cal/cm} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{sec})$  میباشد.

اجسامی که ضریب هدایت حرارتی شان بلند تر است هادی بسیار خوب و اجسامی که ضریب هدایت حرارتی شان کم اند هادی ضعیف حرارتی گفته میشوند.

فلزات هادی بسیار خوب حرارت، غیر فلزات بدرجه دوم و گازات به استثنای هایدروجن ضعیف ترین هادی حرارت اند. ضریب هدایت حرارتی هایدروجن بزرگتر از غیر فلزات میباشد. ضریب هدایت حرارتی بعضی اجسام درج جدول (ب) ضمیمه میباشد.

مثال: در یک صنف مساحت هر شیشه کلکین های آن  $450\text{cm}^2$  و ضخامت آن  $5\text{mm}$  است. اگر درجه حرارت خارج صنف  $15^\circ\text{C}$  و از داخل صنف  $25^\circ\text{C}$  باشد. مقدار حرارت را که در مدت  $10\text{min}$  از شیشه خارج میشود در

صورتیکه ضریب هدایت حرارتی شیشه  $0.0024 \text{ cal/cm.C.sec}$  است مساویست به .

$$A=450 \text{ cm}^2$$

$$x=5 \text{ mm}=0.5 \text{ cm}$$

$$t_1=150 \text{ C}$$

$$t_2=250 \text{ C}$$

$$t=10 \text{ min}$$

$$k=0.0024 \text{ cal/cm.C.sec}$$

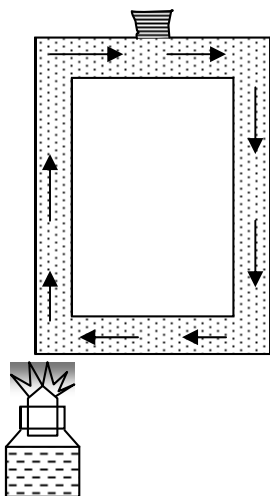
$$Q=?$$

$$Q = \frac{K \cdot A(t_2 - t_1)t}{X}$$

$$Q = \frac{0.0024 \cdot 450(25 - 15)600}{0.5} = 12960 \text{ Cal}$$

#### 4 - 3 انتقال حرارت بطریقه<sup>39</sup> کنوکشن<sup>40</sup>

هرگاه یک ظرف آب را بالای منبع حرارت قرار بدهیم، قسمتی از ظرف که به منبع نزدیک است در اثر جذب حرارت منسبط شده انرژی حرکی مالیکول های آن بیشتر و کثافت آن نسبت به سایر قسمت ها کمتر گردیده و بطرف بالا حرکت میکنند و جای آن را آب سرد میگیرد. حرارت در مایعات و گازات به این طریقه انتقال می نماید. این انتقال حرارت از راه انتقال مالیکول ها را کنوکشن<sup>41</sup> مینامند. طبق شکل (4\_2).



شکل(4-2) شیمای مراحل کنوکشن

نمایش انتقال حرارت بطریقه کنوکشن بدو طریق صورت میگیرد.  
الف. طبیعی:

<sup>39</sup>-- Convection

<sup>40</sup> - انتقال حرارت بین یک جسم و یک مایع در حال حرکت بادرجه حرارت مختلف را کنوکشن مینامند [ 19 ]

اگر حرکت سیال در اثر درجه حرارت که باعث تنقیص کثافت میشود، صورت گیرد، کنوکشن طبیعی نامیده میشود.

ب. غیر طبیعی یا مصنوعی:

اگر حرکت توسط پمپه یا باد صورت گیرد آن را کنوکشن مصنوعی مینامند. کنوکشن در مواردی صورت میگیرد که مالیکول بتوانند به آسانی جا بجا شده و مانع موجود نباشد. از همین سبب انتقال حرارت در مایعات و گازات بطریقه کنوکشن صورت میگیرد.

مواردی زیادی از انتقال حرارت بطریقه کنوکشن در زنده گی روز مره مشاهده میگردد. از جمله گرم نمودن اتاق در زمستان توسط بخاری. وقتی بخاری بداخل اتاق روشن گردد هوای مجاور آن گرم شده و سبب اهتزاز مالیکول ها گردیده تمام فضای اتاق گرم میشود. باد های کنار ابحار یا ساحل دریا ها در اثر اختلاف درجه حرارت زمین ، ساحل و دریا ایجاد میشود و سمت وزش آن ها درروز و شب تغییر میکند .

#### 4-4 انتقال حرارت به طریقه تشعشع<sup>42</sup>

انتقال حرارت به طریقه تشعشع از دو نوع دیگر انتقال حرارت متفاوت است، چنانچه در انتقال حرارت به طریقه هدایت انرژی داخلی از یک مالیکول به مالیکول دیگر منتقل میگردد، و در کنوکشن مالیکول های متحرک این وظیفه را به عهده دارند، که در هر دو نوع انتقال حرارت به نوع ماده نیاز است که

---

42 . Radition

حرارت را حمل کنند و در غیر آن ناممکن است. ولی منشأ انرژی تشعشعی نور است و به محیط مادی نیاز ندارد و میتواند در خلا بهتر عبور کند.

اگر اشعه آفتاب در نظر گرفته شود، انرژی حرارتی آفتاب توسط عملیه هدایت یا کنوکشن به زمین نرسیده بلکه توسط امواج الکترومقناطیسی منتقل میگردد.

تشعشع حرارتی نوع انرژی است که از ماده ای با درجه حرارت معین صادر میشود. این خاصیت مربوط جامدات نبوده، مایعات و گازات هم در یک درجه حرارت معین از خود انرژی صادر میکنند. صدور انرژی (تشعشع) صرف نظر از شکل ماده به تغییر آرایش الکترون های اتم ها یا مالیکول های آن ماده مربوط میشود. انرژی تشعشعی توسط امواج الکترو مقناطیسی یا فوتون ها انتقال می یابد. امواج الکترو مقناطیسی به اشکال مختلف منتشر میگردد. مانند امواج رادیو، اشعه ماورای بنفش، اشعه X، اشعه گاما و اشعه مادون قرمز که یگانه فرق در ماهیت اصلی این امواج در طول موج شان است.

تشعشع حرارتی که توسط اشعه مادون قرمز انتقال میگردد وقتیکه به پارچه سنگ و یا اجسام دیگر می تابد مالیکول های آن به اهتزاز آمده باعث تولید حرارت میشود. از همین سبب است وقتیکه اشعه

آفتاب به وجود انسان برسد احساس گرمی می نماید. اشعه ما دون قرمز با طول موج کمتر از  $1.5\mu$  از جلد خارج میشود و قسمت جذب شده تولید حرارت می نماید. شیشه معمولی برای اشعه مادون قرمز بطول موج بلند بکلی غیر قابل نفوذ است. از این خاصیت اشعه برای حفاظت گلهای گلخانه از سردی زمستان

استفاده به عمل می آید. اشعه مرئی در روز از شیشه به خوبی عبور کرده، گلها را گرم میکند ولی اشعه غیر مرئی که شب از گلها خارج میشود به وسیله شیشه متوقف میگردد. تجربتاً دریافت شده است که سرعت امواج الکترومقناطیسی برابر به سرعت نور است. چون فاصله بین زمین و آفتاب  $150 \times 10^6 \text{ km}$  است، بنابراین تشعشع آفتاب که سبب تولید حرارت میگردد تقریباً بیشتر از هشت دقیقه به زمین میرسد. موجودیت نور بدون تشعشع حرارتی هم امکان پذیر است. مانند نوریکه از کرم شب تاب (Fire Fly) عقربه و شماره های ساعت شب بین تولید میشود عبارت از نور بدون تشعشع حرارتی اند. (13، 12، 14).

#### 5-4 مشخصات شعاعات حرارتی

میدانیم که تمام شعاع از قبیل اشعه گاما، اشعه X، ماورای بنفش، مادون قرمز از جمله امواج الکترومقناطیسی اند که فرق شان در طول موج شان میباشد. شعاع حرارتی از جنس شعاع نوری بوده و دارای عین مشخصات اند، جز اینکه شعاع حرارتی بالای چشم اثر نمی گذارند. بعضی مشخصات شعاع حرارتی عبارتند از:

- طول موج شان بین  $8.10^{-5} \text{ cm}$  تا  $10^{-2} \text{ cm}$  قرار دارد.

- شعاع حرارتی مانند نور در محیط شفاف متجانس به خط مستقیم منتشر میشود.

- شعاع حرارتی پس از برخورد بریک سطح صیقلی منعکس میگردد و قوانین انعکاس را تابعیت مینامند.

- هنگام عبور از دو محیط شفاف مختلف انکسار میکند.



➤ در اثر برخورد با بعضی اجسام جذب و به شکل انرژی حرارتی ظاهر میگردد. مقدار جذب آن به رنگ جسم و زاویه وارده بستگی دارد . (5)  
(28،

#### 4-6 قوانین جذب تشعشع

شعاع مرئی مادون قرمز و ماورای بنفش از قوانین انعکاس، انکسار، جذب و قانون عکس مربع فاصله پیروی مینماید. هریکی از این قوانین، جذب و تشعشع اند. هنگامیکه شعاع به سطح یک محیط جدید وارد میگردد، ممکن است به وسیله آن جذب شوند. تجارب مختلف نشان میدهد که در یک وقت معین مقدار انرژی تشعشعی منتشر شده از یک محیط مربوط است به جنسیت محیط، درجه حرارت و زاویه برخورد آن ها به سطح. مواد مختلف انواع متفاوت شعاع را جذب کرده و متباقی را اجازه عبور میدهد . مقدار انرژی تشعشعی منتشره در یک ثانیه از واحد سطح را بنام قدرت انتشار<sup>43</sup> مینامند. وقتیکه تشعشع به جسم (محیط) میرسد مقدار از آن جذب شده و بدان منتقل و مقدار باقیمانده منعکس میگردد. نسبت مقدار انرژی جذب شده بر مجموع انرژی وارده بنام قابلیت جذب یاد میشود. اگر  $E_1$  مجموع انرژی وارده،  $E_2$  انرژی جذب شده و  $\epsilon$  قابلیت جذب<sup>44</sup> باشد. رابطه بین شان عبارت است از:

$$\epsilon = E_2/E_1 \quad \dots(3-4)$$

---

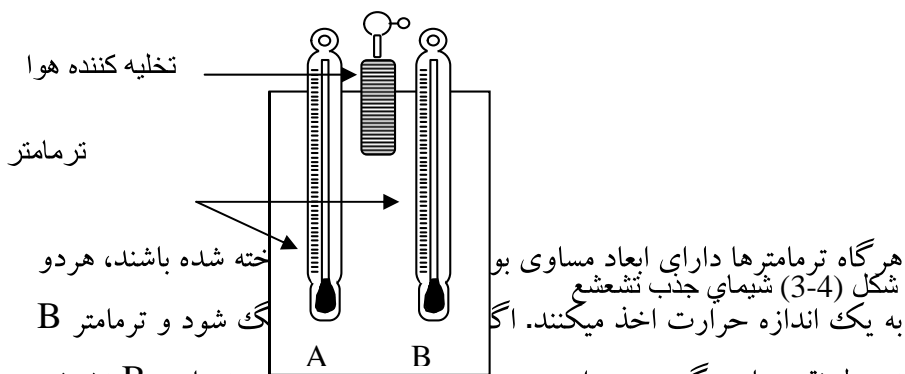
<sup>43</sup> Emissive Power.

<sup>44</sup> Absorbitivity

ع عددیست بدون واحد. (12)

#### 7-4 جسم سیاه و تشعشع

تجربه نشان میدهد که اجسام سیاه تشعشع را بیشتر جذب و کمتر منعکس میسازد. بطور مثال اگر دو ترمومتر A و B در بین یک فلاسک که هوای آن تخلیه شده باشد تا عمل کنوکشن صورت نگیرد قرار شکل (3-4) مدنظر گرفته شود، پس از آن هر دو ترمومتر به مقابل اشعه آفتاب قرار داده شود. چون در بین فلاسک گاز(هوا) موجود نیست مخزن ترمومترها توسط تشعشع حرارت اخذ میکنند.



هرگاه ترمومترها دارای ابعاد مساوی باشند، شکل (3-4) شیمیای جذب تشعشع به یک اندازه حرارت اخذ میکنند. اگر توسط نقره ملامع گردد، در اینصورت ترمومتر A نسبت به ترمومتر B تشعشع بیشتر جذب کرده و در نتیجه حرارت آن به سرعت بلند میشود. ترمومتر سیاه شده A تقریباً 97 فیصد تشعشع وارده را جذب میکند، در حالیکه ترمومتر B تقریباً 10 فیصد را جذب مینماید، هرگاه هر دو ترمومتر همزمان از فلاسک خارج و بداخل یخچال گردد، درجه حرارت ترمومتر A نسبت به ترمومتر B به سرعت

سقوط مینماید. از اینجا نتیجه میشود که اجسام تشعشع کننده خوب انتشار دهنده خوب هم هستند. همیشه مقدار تشعشع برابر به مقدار انتشار است. یا به عبارت دیگر یک جذب کننده ایدئال یک تشعشع کننده ایدئال است. بناءً نسبت مقدار تشعشع جذب به نسبت مقدار تشعشع منتشره در هریک از دو سطح که دارای درجه حرارت ثابت و جنسیت یکسان اند با هم مساوی اند. چون قابلیت جذب در مواد مختلف تغییر میکند، بناءً اجسامی که دارای رنگ سیاه اند جذب آنها نزدیک به واحد است، یعنی تقریباً تمام انرژی تشعشعی را جذب کرده انعکاس نمیدهد. از همین سبب اجسامیکه تمام انرژی تشعشعی را جذب کنند بنام جسم سیاه<sup>45</sup> یاد میشود. (2.12)

جسم سیاه یک سطح ایدئال با خواص ذیر اند:

- یک جسم سیاه بدون توجه به طول موج و جهت، تمام تشعشع وارده را جذب می نماید.
- در یک درجه حرارت و طول موج معین هیچ سطحی نمیتواند بیش از جسم سیاه انرژی صادر نماید.
- هرچند تشعشع از جسم سیاه تابع طول موج و درجه حرارت است ولی مستقل از جهت میباشد یعنی جسم سیاه یک صادرکننده دیفوژ<sup>46</sup> به شمار میرود.

---

<sup>45</sup> Black Body

<sup>46</sup> Diffuss

اگرچه خواص بعضی از سطوح واقعی نزدیک به خواص جسم سیاه است ولی هیچ سطحی دقیقاً خواص جسم سیاه را ندارد. به جسم سیاه تقریباً نزدیک ترین جسم، حفره ای است که سطح داخلی آن در درجه حرارت یکنواخت قرار دارد. اگر تابش از یک روزنه (سوراخ) کوچک وارد حفره شود قبل از خارج شدن انعکاس های زیادی نموده تقریباً تمام تابش توسط حفره جذب شده مانند جسم سیاه میشود..(21)

#### 8-4 قانون ستیفان<sup>47</sup> - بولتزمن<sup>48</sup>

اولین بار پیمایش انتقال حرارت به وسیله تشعشع در بین یک جسم و محوط آن توسط تندال<sup>49</sup> تجربتاً صورت گرفت. به اساس این تجربه ستیفان چنین نتیجه گرفت که مقدار حرارت تشعشعی یک جسم سیاه متناسب به توان چهارم درجه حرارت مطلقه آن است. این تجربه توسط بولتزسن نیز تائید گردید و بنام قانون ستیفان - بولتزمن یاد میگردد و توسط رابطه ذیل بیان میشود.

$$W = \epsilon \sigma T^4 \quad \dots\dots\dots(4-4)$$

$W$  توان تشعشعی است که در سیستم SI واحد آن  $(\text{watt}/\text{m}^2)$  بوده و مقدار انرژی است که در یک ثانیه از سطحی برابر  $1\text{m}^2$  تشعشع میشود.  $T$  درجه حرارت مطلقه جسم،  $\epsilon$  ضریب گسیل یا انتشار بوده به جنس ماده تشعشع

---

<sup>47</sup> Stefan

<sup>48</sup> Boltzmann

<sup>49</sup> Tyndall

بستگی دارد.<sup>50</sup> این ثابت بین صفر و یک تغییر مینماید. برای فلزات کاملاً صیقلی صفر و برای جسم سیاه مطلق یک است.  $\epsilon$  ثابت ستیفان - بولتزمن میباشد که قیمت آن مساوی است به :

$$\text{m}^2 \cdot \text{K}^4 \quad 5.68 \times 10^{-8} \text{ watt}/\text{m}^2$$

هر جسم در محیطی به حرارت  $T$  همان مقدار انرژی را جذب کرده میتواند که منتشر کرده بتواند. یعنی قانون جذب و تشعشع انرژی یکی است. جذب کننده کامل تشعشع کننده کامل نیز هست. (قانون کرشوف).

حرارتی که یک جسم در حرارت  $T_2$  بالاثر تشعشع از دست میدهد وقتی در محیطی به حرارت  $T_1$  یکنواخت قرار گیرد از رابطه ذیل بدست می آید.

$$Q/t = \epsilon \cdot \sigma \cdot A(T_2^4 - T_1^4) \quad \dots(5-4)$$

در معادله (5-4)،  $A$  مساحت سطح است (14، 18، 30)

#### 9-4 کاربرد انتقال حرارت در بدن انسان

حرارت بدن انسان نتیجه توازن میان انرژی حرارتی تولید شده و انرژی حرارتی تلف شده است. انرژی حرارتی تولید شده در بدن از احتراق مواد غذایی (میتابولیزم) در انساج است. بدن انرژی مورد نیاز را که در اثر اکسیدیشن غذا بدست می آید نمی تواند کاملاً مورد استفاده قرار دهد. بناءً انتقال آن به محیط مجاور ذریعه عملیه هدایت ، کنویکشن ، تشعشع ، تبخیر صورت میگیرد. بیشتر

50

. برای یک تشعشع ایدئال  $\epsilon=1$  است. این تشعشع ایدئال جذب کننده ایدئال نیز است که صدفیصد انرژی وارده را جذب میکند.

انتقال حرارت از طریق پوست بدن صورت میگیرد. شرایط اجرای این عملیه به تفاوت حرارت بدن و محیط مربوط است. معمولاً حرارت سطح بدن  $4^{\circ}\text{C}$  تا  $5^{\circ}\text{C}$  کمتر از حرارت داخل بدن است. مقدار حرارتی که از طریق پوست بدن به خارج انتقال میگردد به تفاوت درجه حرارت پوست بدن و محیط خارج بستگی دارد.

پوست بدن انسان، انساج تحت پوست به بویژه چربی موجود در انساج تحت پوست یک عایق حرارتی برای بدن هستند. چربی از این لحاظ اهمیت ویژه دارد که حرارت را نسبت به سایر انساج  $1/3$  چند سهل هدایت مینماید. در صورت عدم جریان خون از اعضای داخلی به پوست، خواص عایق بدن یک مرد تقریباً  $3/4$  خواص عایقی یک دست لباس معمولی است و در خانمها این خاصیت عایقت بیشتر میباشد.

### تشعشع

اگر هوای که نزدیک به پوست است گرم شود، حرارت از این طریق تلف میگردد. تمام اجسام بجز آنهای که در حرارت صفر مطلق ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) قرار دارند، مقدار حرارت خود را از طریق تشعشع گسیل مینماید. بدن انسان از طریق تشعشع از راه پوست مقدار حرارت را از دست میدهد. تحت شرایط عادی 60 فیصد اتلاف حرارت کل بدن از طریق تشعشع صورت میگیرد.

انتقال حرارت به وسیله تشعشع به معنی انتقال حرارت به شکل اشعه حرارتی مادون قرمز، یکی از امواج الکترو مقناطیسی است. طول موج بیشتر امواج

حرارتی مادون قرمز که از بدن تشعشع میشود 5 تا  $20 \mu$  یعنی برابر طول موج نور مرئی است.<sup>51</sup>

تمام اجسام در جهان که در حرارت صفر مطلق نباشند اشعه حرارتی از خود تشعشع می کنند. بناءً بدن انسان اشعه حرارتی را در تمام جهات تشعشع مینماید. اشعه حرارتی از دیوار و سایر اشیای اتاق بسوی بدن انسان تشعشع میشود، در صورتیکه درجه حرارت بدن از درجه حرارت محیط اطراف بیشتر باشد، مقدار حرارتی که بدن تشعشع میکند بیشتر از مقداری است که بدن از طریق تشعشع دریافت میکند.

#### کنوکشن

گرفتن حرارت از بدن توسط جریان هوا معمولاً بوسیله کنوکشن صورت میگیرد. در عمل بایستی حرارت نخست به هوا هدایت و سپس بوسیله جریان هوا از بدن دور شود. چون هوای که در مجاورت پوست بدن قرار دارد پس از گرم شدن به طرف بالا تمایل به صعود دارد. لذا همیشه مقدار کمی کنوکشن در اطراف بدن بوجود می آید.

بنابراین شخص برهنه که در اتاق مطبوع بدون حرکت زیاد هوا نشسته باشد کماکان در حدود 12 فیصد از حرارت خود را بوسیله کنوکشن هوا بدور از بدن انتقال میدهد. هنگامیکه بدن در معرض وزش باد قرار میگیرد قشری از هوا که بلافاصله در مجاورت پوست قرار دارد بسیار سریع تر از حال عادی تعویض

---

<sup>51</sup>- اکثریت مردم در کشور ما با استفاده از خاصیت میکروب کشی شعاع آفتاب ، ظروف شیشه ولباس های شان را در معرض تشعشع آفتاب قرار میدهند .

میشود و انتقال حرارت توسط کنوکشن نیز به همین نسبت افزایش می یابد. هرگاه بدن انسان در آب قرار داشته باشد چون حرارت مخصوصه آب چندین برابر حرارت مخصوصه هوا است، لذا هر واحد آبی که در مجاورت پوست قرار میگیرد میتواند مقدار بسیار زیادی حرارت را در مقایسه با هوا جذب نماید. علاوه بر آن قابلیت هدایت حرارت در آب زیادتر از هوا است.

#### هدایت

معمولاً یک مقدار کمی حرارت بوسیله هدایت مستقیم از سطح بدن به سایر اشیا انتقال می یابد. میدانیم که حرارت در حقیقت انرژی حرکی مالیکول ها است و مالیکول های که پوست بدن را تشکیل میدهد به طور مداوم در حال حرکت اهتزازی هستند. به این ترتیب حرکت اهتزازی مالیکول های پوست میتواند موجب افزایش سرعت مالیکول های هوای شود که مستقیماً با پوست بدن در تماس اند. به مجردیکه درجه حرارت هوای که در مجاورت پوست قرار دارد با درجه حرارت پوست برابر شود تبادل حرارت از بدن به هوا انجام نشده هدایت حرارت از بدن به هوا متوقف میگردد.

#### تبخیر

هنگامیکه آب از سطح بدن تبخیر میشود  $0.58\text{kcal}$  حرارت از هر گرم آبی که تبخیر میشود از بدن دفع میگردد. آب بطور غیر محسوس از پوست و شش ها به اندازه  $600\text{ml}$  در روز تبخیر میشود. این تبخیر موجب دفع مداوم حرارت به  $12$  تا  $16\text{kcal}$  در ساعت میگردد. متأسفانه این تبخیر نامحسوس آب بطور مستقیم از طریق پوست و شش ها نمیتواند به منظور تنظیم درجه حرارت بدن ،



کنترول شود. هنگامیکه درجه حرارت محیط بیشتر از درجه حرارت پوست باشد، بدن مقدار حرارت را به وسیله تشعشع و هدایت از محیط کسب می کند. در تحت این شرایط میکانیزمی که بدن توسط آن میتواند حرارت را دفع کند سبب میشود که درجه حرارت بدن افزایش یابد. این موضوع در افرادی که مادرزاد فاقد غده عرق اند دیده میشود. این افراد میتوانند درجه حرارت سرد را بخوبی و به طور طبیعی تحمل کنند.

بر علاوه انتقال حرارت بدن از طریق هدایت و کنوکشن از راه پوست، در اثر تبخیر، عرق، گرم شدن هوا تنفسی توسط خون موجود در شش ها، ادرار، مواد غایبه نیز حرارت تلف میگردد 20% کل حرارت بدن از طریق تبخیر و عرق صورت میگیرد.

درجه تعاملات بدن در حالت استراحت، یک منبع اساسی مناسب برای تولید حرارت بدن میباشد. این مقدار انرژی داخلی است که باید برای حفظ وظایف بدن مانند تنفس، ضربان قلب در هنگام استراحت تولید شود. برای یک مرد میان سال تغییرات حرارت از بدن که مربوط تعاملات اساسی است در حدود  $4\text{kcal/h}$  در هر متر مربع از سطح میباشد. بنابر این برای شخصی به مساحت سطح در حدود  $2\text{m}^2$  اندازه تغییر انرژی در حدود  $90\text{watt}$  است.

اگر وسیله کافی برای انتقال انرژی اضافی به صورت حرارت از بدن وجود نمی داشت، حرارت بدن به سرعت بالا میرفت. میکانیزم های انتقال حرارت بدن باید به حد کافی قابل انعطاف باشد تا بتواند درجات نهایی فعالیت فوق را تنظیم کند. (2، 17، 34)

مثال 1: حرارت پوست بدن یک شخص در حالت استراحت در حدود  $34^{\circ}\text{C}$  است. هرگاه شخص در اتاقی به حرارت یکنواخت  $23^{\circ}\text{C}$  برهنه باشد. در صورتی که مساحت کل پوست او  $2\text{m}^2$  باشد اندازه تغییر حرارت مساویست به :

حل: از معادله (6-4) داریم که

$$Q/t = \epsilon \cdot \sigma \cdot A(T_2^4 - T_1^4)$$

$$\epsilon = 0.97$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

$$A = 2\text{m}^2$$

$$T_1 = 23^{\circ}\text{C} = 296\text{K}$$

$$T_2 = 34^{\circ}\text{C} = 307\text{K}$$

$$67.10^{-8} \cdot 2(307)^4 - (296)^4, Q/t = 0.97 \times 5$$

$$Q/t = 133\text{Watt}$$

مثال 2: با حفظ شرایط مثال 1، اگر بصورت نمونه تغییر حرارت بطریقه هدایت بررسی گردد. به فرض اینکه گردش هوا زیاد نیست و حرارت هوا در فاصله 5cm پوست همان حرارت  $23^{\circ}\text{C}$  محیط است.

$$)00057(\text{cal/sec})/(\text{cm} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{cm}, \text{K}=0$$

حل:

$$X = 5\text{cm}$$

$$A = 2\text{m}^2 = 2 \cdot 10^4 \text{cm}^2$$

$$T_2 - T_1 = 11^{\circ}\text{C}$$

$$Q/t = A \cdot K(T_2 - T_1)/d$$

$$Q/t = 2 \cdot 10^5 \cdot 7 \cdot 10^{-5} \cdot 11/5$$

$$= 10.5\text{watts}$$

مثال 3: در یک صنف مساحت هر شیشه کلکین ها  $450\text{cm}^2$  و ضخامت آن  $5\text{mm}$  است. اگر درجه حرارت خارج صنف  $15^\circ\text{C}$  و از داخل صنف  $25^\circ\text{C}$  باشد مقدار حرارت را که در  $10\text{min}$  از یک شیشه انتقال می شود مساویست به:

$$.0024\text{cal/cm. }^\circ\text{C.sec, K=0}$$

حل:

$$A=450\text{cm}^2$$

$$X=5\text{mm}=0.5\text{cm}$$

$$T_1=15^\circ\text{C}$$

$$T_2=25^\circ\text{C}$$

$$t=10\text{min}=600\text{sec}$$

$$Q=K.A.t (t_2-t_1)/X$$

$$5, \quad Q=0.0024.450.600(25-15)/0$$

$$Q=12960\text{cal}$$

$$Q=12.960\text{kcal}$$

مثال 4: یکطرف یک ظرف مکعب آهنی به سطح مقطع  $2\text{cm}^2$  با بخار آب و طرف دیگر با مقدار یخ در تماس است. مقدار یخ که پس از  $10\text{min}$  ذوب میشود مساویست به

ضریب هدایت حرارتی

$$K=0.2\text{cal/cm. }^\circ\text{C sec}$$

حرارت ذوب

$$F=80\text{cal/ g}$$

مقطع سطح

$$A=2\text{ cm}^2$$

ضخامت یا فاصله بین دو سطح

$$X=L= =2\text{cm} \sqrt{a}$$

تغییرات حرارت

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 100 - 0 = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

زمان انتقال حرارت

$$t = 10 \text{ min}$$

مقدار حرارت

$$Q = K \times A \times t \times (t_2 - t_1) / x$$

$$A = 2 \text{ cm}^2$$

مقدار یخ

$$m = Q / F = 2400 / 80 = 300 \text{ g}$$

### مسائل

1- یک میله آهنی به ضریب هدایت حرارتی  $0.2 \text{ cal/cm} \cdot \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{sec}$  و مساحت مقطع  $200 \text{ cm}^2$  موجود است معلوم کنید در مدت  $5 \text{ min}$  چه مقدار حرارت بین دو نقطه آن که به فاصله  $10 \text{ cm}$  از یکدیگر قرار دارند و اختلاف درجه حرارت شان  $50^\circ\text{C}$  است منتقل میشود؟

2- طول یک سیم مسی  $80 \text{ cm}$  و مساحت مقطع آن  $0.5 \text{ cm}^2$  است. درجه حرارت این سیم  $25^\circ\text{C}$  بوده و یک انجام آن برای  $3 \text{ min}$  بالای آتش گرفته میشود طوری که حرارت آن به  $90^\circ\text{C}$  میرسد. مقدار حرارتی که از بین این دو سیم عبور میکند چند کالوری است؟

3- یک لوحه فلزی به مساحت  $100 \text{ cm}^2$  و ضخامت  $20 \text{ mm}$  مفروض است. اگر ضریب هدایت حرارتی لوحه  $2 \cdot 10^{-4} \text{ Cal/Cm}$  و اختلاف درجه حرارت بین هر دو سطح لوحه  $100^\circ\text{C}$  باشد. مقدار حرارتی که در یک شبانه روز از لوحه عبور می کند تعیین کنید؟

4- مساحت پوست یک شخص  $2\text{m}^2$ ، قدرت تشعشع آن 97% و حرارت آن  $28^\circ\text{C}$  است. این شخص در محیطی با حرارت یکنواخت  $22^\circ\text{C}$  در حال استراحت، مطلوب است؟

➤ اندازه انتقال حرارت تشعشع

➤ هرگاه حرارت پوست در اثر فعالیت زیاد به  $36^\circ\text{C}$  افزایش یابد اندازه انتقال حرارتی تشعشع را محاسبه کنید؟

5- حرارت تبخیر در حرارت بدن در حدود  $580\text{cal/g}$  است، به جای این که در  $100^\circ\text{C}$ ،  $540\text{cal/g}$  مورد نیاز باشد، بدن یک انسان معمولی در هر روز حدود  $2000\text{cal}$  حرارت می‌دهد. اگر تمام این حرارت در اثر تبخیر یا تعرق آزاد شود، در هر روز چه مقدار آب تبخیر می‌گردد.

6- شخصی با مساحت پوست  $2\text{m}^2$  در اتاقی بحرارت  $22^\circ\text{C}$  برهنه است. فرض نمائید که حرارت نزدیک پوست در یک فاصله  $50\text{cm}$  از پوست به  $22^\circ\text{C}$  کاهش یابد طوری که  $5\text{cm}$  هوا را بتوان بصورت دیواری در نظر گرفت که حرارت از آن نفوذ کند. مطلوب است.

➤ هرگاه حرارت پوست  $28^\circ\text{C}$  باشد. اندازه انتقال حرارت به  $\text{watt}$  چند است.

➤ هرگاه حرارت پوست  $36^\circ\text{C}$  باشد. اندازه تغییر حرارت به  $\text{watt}$  چند است.

7- انرژی که از بدن یک شخص در حال دویدن آزاد میشود باید به اندازه  $200\text{watt}$  بیشتر از انرژی باشد که توسط هدایت کنوکشن و تشعشع آزاد

میشود. شخص چه مقدار عرق باید در هر ساعت از پوست تبخیر نماید تا این که اندازه سردی سازی حفظ شود؟

8- اندازه انتقال حرارت را برای شیشه های دروازه ای که مساحت  $2\text{m}^2$  و ضخامت  $2\text{mm}$  دارد به کالوری فی ثانیه محاسبه کنید. حرارت سطح خارجی شیشه  $0^\circ\text{C}$  و حرارت سطح داخلی آن  $10^\circ\text{C}$  است؟

## فصل پنجم

### انبساط حرارتی اجسام

#### 1-5 انبساط اجسام

هنگامیکه یک جسم گرم میشود، مالیکول ها با شدت بیشتری به حرکت و ارتعاش آمده و از یک دیگر فاصله میگیرند و در نتیجه جسم منبسط میگردد. تنها آب از این حالت مستثنی است که بین صفر و 4 درجه سانتی گراد متراکم میگردد.

میزان انبساط حاصل از افزایش مقدار معین درجه حرارت بسته به مواد مختلف متفاوت بوده و با ضریب انبساط مشخص میشود. اثرات معمولی تغییر درجه حرارت باعث تغییر ابعاد و تغییر حالت مواد میگردد(12،14).

#### 2-5 انبساط جامدات

تجارب روزانه نشان میدهد که اغلب اجسام جامد در اثر گرفتن حرارت منبسط میشوند و حجم آنها افزایش می یابد. بر عکس اگر درجه حرارت اجسام کم گردد حجم جسم تنقیص می یابد. حادثه انقباض و انبساط توسط نظریه مالیکولی تشریح میگردد. چنانچه قبلاً ذکر شد، در اثر ازدیاد درجه حرارت دامنه اهتزاز اتمها و مالیکول های آن افزایش یافته به مالیکول ها مجاور فشار وارد کرده همین حالت سبب میشود که مالیکول ها جای بیشتری را اشغال نماید. که در نتیجه حجم جسم افزایش می یابد و یا افزایش در هر یک از ابعاد جسم در اثر حرارت صورت میگیرد.

بصورت عموم انبساط در اجسام جامد به سه شکل صورت می‌گیرد که عبارت از انبساط خطی، انبساط سطحی و انبساط حجمی می‌باشد. (15، 19)

### 3-5 انبساط خطی

تجربه نشان می‌دهد که اگر میله فلزی را حرارت بدهیم طول آن افزایش می‌یابد و میزان افزایش طول میله بدو عامل، افزایش درجه حرارت و طول اولیه میله بستگی دارد.

اندازه انبساط واحد طول جسم، وقتی که درجه حرارت آن یکدرجه سانتی‌گراد افزایش یابد، قیمت ضریب انبساط خطی آن جسم جامد نامیده می‌شود. که به  $\alpha$  نشان می‌دهیم. در جدول (ج) قیمت ضریب انبساط خطی متوسط بعضی اجسام ثبت شده است.

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t} \dots\dots (1-5)$$

ضریب انبساط متوسط یک جسم جامد از رابطه زیر بدست می‌آید

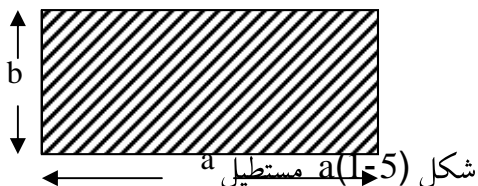
$$\lambda = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{l - l_0}{t_2 - t_1} = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t} \dots\dots\dots (2-5)$$

### (4-5) انبساط سطحی

هر گاه یک صفحه فلزی مستطیل شکل را در نظر گرفته حرارت بدهیم، صفحه در امتداد ابعاد (اضلاع) منبسط گردیده در نتیجه سطح آن افزایش می‌یابد.



اگر سطح فلز را قبل از حرارت دادن (به درجه حرارت  $t_0$ )،  $A_0$  و به درجه حرارت  $t$ ،  $A$  بنامیم، با استفاده از ضریب انبساط سطحی جسم،  $(\beta)$  با تطبیق قوانین انبساط خطی بالای ابعاد مستطیل طبق شکل (1-5) نوشته می‌توانیم



$$2\alpha = \beta$$

$$A = A_0 (1 + \beta \Delta t) \quad \dots \quad (3-5)$$

### (5-5) انبساط حجمی

هرگاه یک جسم سه بعدی را هر شکلی که دارد حرارت دهیم، بطور یکنواخت منبسط می‌شود. فرضاً اگر جسم فلزی به شکل مکعب باشد و طول ابعاد آن به  $t_0$  درجه سانتی گراد  $L_0$  و به درجه حرارت  $t$ ،  $L$  باشد با در نظر داشت قانون انبساط خطی ابعاد مکعب طبق شکل (1-5) داریم که.

$$L^3 = L_0^3 (1 + \alpha \Delta t)^3$$

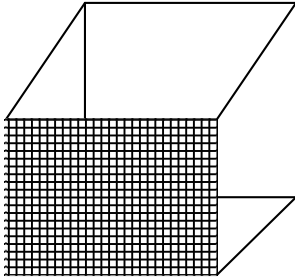
بعد از انکشاف معادله فوق با در نظر داشت اینکه  $\alpha$  کوچک است و  $\alpha^2$  نهایتاً کوچک می‌باشد. پس

$$L^3 = L_0^3 (1 + 3\alpha \Delta t)$$

چون  $V = L^3$  و  $V_0 = L_0^3$  است.

$$V = V_0(1 + 3\alpha\Delta t) \dots (4-5)$$

$$V = V_0(1 + \gamma\Delta t). \quad \text{اگر } \alpha = \frac{\gamma}{3} \text{ باشد}$$



شکل مکعب (1-5)

## 6-5 تاثیر حرارت در کثافت اجسام

مطابق قوانین انبساط که به اساس تجربه تأیید گردیده، هرگاه جسمی جامدی را حرارت بدهیم، حجم آن افزایش می یابد. در نتیجه کثافت جسم کاهش می نماید. چون کتله ( $m$ ) جسم ثابت است، در حرارت  $t_0$  حجم جسم  $V_0$ ، کثافت آن مساویست به

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \dots (5-5)$$

در حرارت  $t$  حجم جسم  $V$  بوده کثافت  $\rho$  مساویست به

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{چون}$$

$$V = V_0(1 + \gamma\Delta t)$$

پس

$$\rho = \frac{m}{V_0(1 + \gamma\Delta t)} \dots (6-5)$$

از تقسیم رابطه (5-5) و (6-5) داریم که :

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{V_0}{V_{/0}(1 + \gamma\Delta t)}$$

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{1}{1 + \gamma\Delta t} .$$

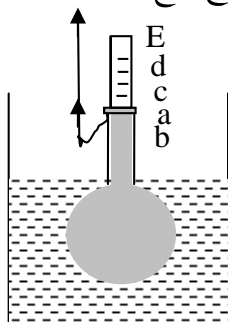
$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta t) \dots (7-5)$$

رابطه (7-5)، رابطه کثافت با تغییر درجه حرارت را نشان می‌دهد .  
(12، 13).

### انبساط مایعات

بسیاری از مایعات در اثر گرم شدن منبسط میشوند ، ولی چون انبساط مایع با انبساط ظرف آن همراه است ، به آسانی نمی توان تغییر حجم مایع را در اثر حرارت اندازه گرفت و لازم است که تغییر حجم ظرف را در اندازه گیری ها نیز در نظر بگیریم . برای این منظور در یک بالون شیشه ای که نل شیشه از سوراخ کار کی که بدهن بالون گذاشته میشود میگذرد ، مقدار مایع ( مثلاً نفت ) میریزیم و سطح آنرا در نل شیشه ای نشانی می نمایم طبق شکل (5-2) اگر

بالون را داخل ظرف آب طبق شکل قرار داده حرارت بدهیم، ملاحظه می شود که ابتدا سطح مایع به سرعت به پائین آمده پس از مدتی شروع به بالا رفتن می کند طبق شکل (5-2)، بطوریکه از سطح اولیه خود هم بالا می رود علت پایین رفتن سطح مایع در اول تجربه آن است که ظرف زود تر از مایع داخل آن گرم می شود و در نتیجه حجم آن افزایش و سطح مایع در



شکل (5-2) انبساط مایعات

آن پائین می آید، ولی بعد از آنکه مایع داخل ظرف گرم شد شروع به انبساط مینماید. چون ضریب انبساط مایع از ضریب انبساط ظرف بیشتر است سطح مایع بالا تر از سطح اولیه می رود.

## 5-7 علت انبساط غیر طبیعی آب

علت انبساط غیر طبیعی آب مربوط به وضع مالیکولی آب در حالت جامد و مایع است. توضیح این پدیده به ساختمان مالیکولی آب و اتمهای سازنده آن مربوط است.

هر مالیکول آب از دو اتم هایدروجن و یک اتم اکسیجن ( $H_2O$ ) ترکیب شده است. هر اتم اکسیجن دارای 8 الکترون است. از این تعداد 2 الکترون در مدار K و 6 الکترون در مدار L قرار دارند.

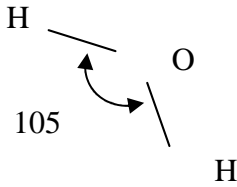
هر اتم هایدروجن دارای یک الکترون است که در مدار K قرار دارد. زمانی یک اتم اکسیجن با دو اتم هایدروجن ترکیب میشوند،

مالیکول قطبی آب را ایجاد میکنند

که در شکل دیده می‌توانید .

زاویه بین رابطه اکسیجن و

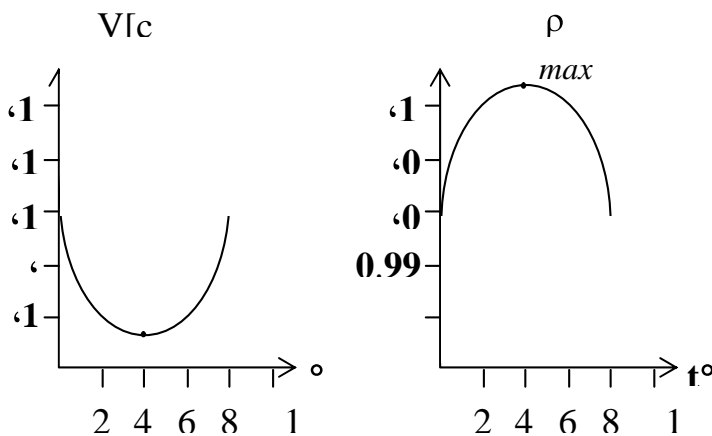
هایدروجن  $105^{\circ}$  است .



در مالیکول آب علاوه بر آنکه  $\text{O}$  و  $\text{H}$  برهم قوه وارد میکنند ، قوه برقی هم در اثر وجودهایدروجن موجود است که سبب میشود هر مالیکول آب با چهار مالیکول مجاور خود رابطه برقرار سازد و یک شبکه بلوری را ترتیب دهد . در یخ مالیکول های آب کاملاً با همدیگر متصل اند و ساختمان قفس مانند گسترده ای را درحجم یخ میسازند . وقتی یخ را حرارت دهیم ، درحرارت ذوب ، یخ به شبکه های کوچکتري شکسته میشود . اگر بتوان در لحظه کوتاه از این تبدیل عکس برداری کرد ، درعکس به نظر میرسد که کوهی یخ شکسته می شود و هر قسمت میتواند بر قسمت دیگر بلغزد . وقتی حرارت را به تدریج افزایش دهیم ، حرارتیکه آب میگرد ، سبب شکسته شدن تر کیب بلوری و افزایش حرکت حرارتی میگردد . حرکت حرارتی بیشتر سبب افزایش حجم ماده می شود ، در صورتی که مالیکولهای شبکه بلوری در فاصله مشخص از هم قرار داشتند ، در حالت مایع به هم نزدیکتر اند و حجم کمتری را اشغال مینماید . باید توجه داشت که در حرارت صفر درجه همه مالیکول های یخ از شبکه بلوری خارج نمی شوند و در اثر افزایش حرارت ، به تدریج شبکه بلوری شکسته میشود و مالیکولها بهم نزدیکتر میشوند و همزمان حرکت مالیکول ها سبب افزایش حجم مایع میشود .

دو عامل کاهش و افزایش حجم سبب میشوند تا به درجه حرارت  $4^{\circ}C$ ، حجم آب به کمترین مقدار خود برسند و از آن پس با ازدیاد حرکت مالیکولی، پدیده عادی افزایش حجم آب مشاهده میشود. در هنگام سرد کردن آب تا حرارت  $4^{\circ}C$  حجم آب کاهش میابد ولی در فاصله  $4^{\circ}C$  تا  $0^{\circ}C$  به سبب تشکیل رابطه های هایدروجنی بین مالیکول ها و تشکیل شبکه بلوری، فاصله بین مالیکول ها زیاده تر و در نتیجه حجم افزایش می یابد.

بدین شرح مختصراً میتوانیم بیان نماییم که اگر آب از  $4^{\circ}C$  تا  $100^{\circ}C$  حرارت داده شود حجم آن تزايد و کثافت آن کم میشود. هم چنین اگر آب از  $4^{\circ}C$  تا  $0^{\circ}C$  سرد گردد حجم آن تزايد و کثافت آن کم میگردد. و تیکه حرارت از صفر پائین تر می رود حجم آن نیز بزرگتر شده می رود. در گراف شکل (3-5) دیده میشود.



شکل (3-5) گراف کثافت آب به تابع درجه حرارت.

از همین سبب است که در زمستان در شدت سرما ظروف شیشه ای پر از آب یخ بسته سبب شکستن و ترکیدن نل‌های آب وریدیت‌های موتر میگردد. بنابراین آب در  $4^{\circ}C$  کوچکترین حجم و بزرگترین کثافت را داراست. هم‌چنان در زمستان سطح آب حوض‌ها یا جهیل‌ها به اثر سرما یخ می‌بندد. بنا بر آن آبیکه نزدیک به طبقه یخ قرار دارد تدریجاً سرد شده کثافت آن زیاد گردیده به طرف پایین میرود. هرگاه طبقه بالای بسیار سرد شود حجم آن بزرگ شده منحنی یک عایق باقی میماند، زیرا یخ و آب هادی ضعیف اند. بناءً طبقات پائین به شکل آب و درجه حرارت آن به استثنای مناطق فوق العاده سرد همیشه  $4^{\circ}C$  ثابت باقی می‌ماند. از همین سبب است که حیوانات آبی در زمستان در بین آب حیات بسر می‌برند (16، 12، 14)

## 8-5 انبساط گازات

گازات نیز در اثر حرارت منبسط میشوند، مگر اینکه با افزایش فشار از انبساط آنها جلوگیری شود. در حالی که ضریب انبساط جامدات و مایعات مختلف با هم متفاوت اند، ولی در فشار ثابت ضریب انبساط تمام گازات یکسان است. در فشار متعارفی (760mmHg) و حرارت در حدود  $0^{\circ}C$  تا  $100^{\circ}C$  تمام گازات در برابر افزایش یکدرجه حرارت  $1/273$  یا  $0,0366$  برابر حجمی که در  $0^{\circ}C$  داشته است منقبض می‌شود. ضریب انبساط  $\beta$  برای هر یک درجه سانتی‌گراد، برابر  $\Delta V/V$  است.

اگر بجای اینکه فشار ثابت بماند حجم را ثابت نگهداریم ، تغییر فشار را با تغییر حرارت میتوان تعیین نمود . در اینحالت ضریب فشار گاز را به  $b$  نشان میدهند . این ضریب برابر تغییر نسبی فشار در برابر تغییر یک درجه حرارت در حجم ثابت است و از رابطه زیر بدست می آید .

$$P = P_0(1 + b\Delta t) \quad \dots (8-5)$$

برای هر گاز بخصوص مقدار  $b$  تقریباً با  $\beta$  مساوی است .

در بحث های آینده سه پارامتر حرارت ، فشار و حجم و روابط بین شان توضیح خواهد شد . اکنون همین قدر کافایت بگوییم که نمی توان همزمان هر سه پارامتر را تغییر داد. همچنین حرارت کتله معینی از یک گاز با وجود ثابت بودن حجم و فشار غیر ممکن است ، مگر اینکه حجم یا فشار تغییر کند ، این مطلب را میتوان در عبارت زیر خلاصه نمود .

➤ اگر فشار ثابت باشد ، حجم گاز متناسب با تغییر حرارت مطلق ، افزایش می یابد.

$$V = V_0(1 + \beta t)$$

اگر حجم گاز ثابت بماند ، فشار کتله معین از گاز متناسب با تغییر درجه حرارت مطلق افزایش میآید.

$$P = P_0(1 + bt)$$

طرز کار زودپزها نمایشی از کاربرد این قانون است (12 و 24).



## 9-5 مقتضیات استفاده و کاربرد انبساط اجسام

انبساط اجسام جامد در برابر مقدار یکسان حرارت مساوی نیست. انبساط حرارتی اجسام میتواند سبب عکس العمل های مخرب شود. چنانچه اگر یک ظرف شیشه ای را بالای منبع حرارت گذاشته حرارت دهیم خواهد کفید، زیرا قسمت تحتانی ظرف از قسمت بالای آن بیشتر منبسط شده وقوه بزرگتر تولید کرده می شکند. از همین سبب در لابرتوار ها از شیشه پایریکس (Pyrex) استفاده می شود زیرا نسبت به شیشه معمولی احتمال کفیدن آن کم است.

اگر اجسام جامد بیشتر از یکنوع ماده ساخته شود، میزان های مختلف انبساط حرارتی شان ممکن است عکس العمل های تولید نماید. چنانچه در مورد بهتر ملمع کردن نقره وسیماب که دکتوران دندان برای پر کردن دندان استفاده میکنند، تحقیق قابل ملاحظه ای انجام شده است، که باید ضریب انبساط حرارتی ماده پرکننده تقریباً برابر به ضریب انبساط حرارتی دندان باشد. در غیر اینصورت هر گاه دندان در معرض حرارت کم ویا زیاد قرار گیرد و یا در هنگام خوردن غذای گرم به اثر انبساط وانقباض عکس العمل های دردناک تولید می کند.

در زندگی روزمره مثال های زیادی از انبساط جامدات موجود است که به آن روبرو هستیم، نمونه ای از آنها ترموستات که میله ای مرکب از امتزاج آهن وبرنج میباشد، ساخته شده است. اگر ضریب انبساط خطی آهن وبرنج یکسان باشد موقع گرم شدن بیک اندازه منبسط میشوند. چون ضریب انبساط خطی دو فلز متفاوت است، انبساط نا مساوی خواهد بود. وهنگامی که این میله گرم

شود خم خواهد شد. این نوع ترموستات را میتوان برای قطع ووصل مداری که برای تنظیم دستگاه خاموش کننده کوره ها مورد استفاده قرار میگیرد بکار برد. برخی ترموستات ها که در اجاق های برقی بکار میروند از یک میله تاب خورده مرکب از آهن و برنج تشکیل شده اند، هنگامیکه حرارت اجاق افزایش یابد شکل میله تغییر می کند. زیرا انبساط برنج از آهن بیشتر است.

ترامتر ها که یک وسیله کلینیکی است به اساس قانون انبساط مایعات ساخته شده اند. با آنکه بسیاری از مایعات در برابر افزایش یک درجه انبساط نا مساوی دارند، چنانچه انبساط الکحول در درجات بلند نسبت به درجات پایین برای افزایش یکدرجه حرارت، بیشتر است، از همین سبب از الکحول در ساختن ترامتر دقیق استفاده نمیشود. در ترامتر طبی سیماب نسبت اینکه بین درجات 4،34 تا 3،43 درجه سانتی گراد در برابر افزایش یکدرجه حرارت انبساط تقریباً مساوی است، ترجیح داده میشود.

هنگامیکه برای تسکین انبساط روده (نفخ) به ناحیه شکم حرارت داده میشود، حرارت گاز های موجود در روده افزایش می یابد و در نتیجه حجم این گاز ها زیاد میشود. این افزایش حجم سبب کشیده گی عضله صاف روده ها میشود. خاصیت الاستیکی و افزایش حرکات دوری روده ها سبب حرکت گاز ها و خروج آنها میشود. چنانچه در هنگام پرواز در ارتفاعات بلند فشار اتموسفیر کم می شود، حرارت بدن ثابت است، حجم گازات روده زیاد شده انبساط می نماید.

انبساط نامساوی جامدات کاربرد زیادی در طب پرستاری دارد. یکی از این کاربرد ها جوشاندن سرنجهای شیشه ای همراه با سوزن متصل با آنها است. فلز در اثر جوشاندن بیشتر از شیشه منبسط میشود. ولی هر گاه سرنج را با سرعت سرد سازیم، سوزن سریع تر منقبض میشود. در نتیجه ممکن است سرنج شیشه ای بدنه سرنج بشکند. اگر در ضمن جوشاندن، پیستون سرنج در داخل استوانه آن باقی بماند ممکن است شیشه پیستون بیشتر از شیشه استوانه سرنج منبسط شود و در نتیجه سبب شکستن شیشه استوانه سرنج گردد. رعایت انبساط اجسام در موارد ذیل نیز قابل تاکید است.

➤ ریل های راه آهن را با فاصله معین نصب میکنند تا انبساط آن در تابستان موجب کج شدن ریل نشود.

➤ در نل های آب گرم یا بخار آب گرم محل اتصال نل را خمیده میسازند تا انقباض و انبساط نل ها به آنها اثر نکند و سبب شکستن نل ها نشود.

➤ سیم های تیلگراف را بین دو پایه کاملاً کشیده نصب نمی کنند تا آنکه انقباض سیم های تیلگراف در زمستان سبب قطع آن نشود.

➤ یک یا دو طرف پل های فلزی را روی پایه ها اتکا داده آنها را آزاد میگذارند تا در اثر تغییر درجه حرارت محیط انبساط و انقباض آنها پل خراب نشود.

➤ با استفاده از ضریب انبساط خطی کلیدهای اتومات ساخته میشود)

(27,26,14)

### مسائل

1- یک سیم تیلیفون که از مس ساخته شده به  $0^{\circ}\text{C}$  حرارت ، طول آن یک کیلومتر است. اختلاف درجه حرارت در سرد ترین روزهای زمستان و گرم ترین روزهای تابستان  $60^{\circ}\text{C}$  است اگر ضریب انبساط مس  $\alpha = 16 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  ، اختلاف طول سیم تیلیفون در روزهای مذکور چندانست ؟

2- در  $0^{\circ}\text{C}$  حجم گلوله برنجی  $90\text{cm}^3$  است. اگر ضریب انبساط گلوله برنجی  $19.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  باشد حجم گلوله مذکور در  $100^{\circ}\text{C}$  چند است؟

3- یک صفحه مستطیل شکل از قلعی بدرجه حرارت  $0^{\circ}\text{C}$  دارای ابعاد  $5\text{cm}$  و  $2\text{cm}$  است. اگر صفحه تا  $100^{\circ}\text{C}$  حرارت داده شود مساحت صفحه چند سانتی مترمربع می باشد؟

ضریب انبساط طولی قلعی  $28.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  است.

4- یک ظرف شیشه ای به ظرفیت  $360\text{cm}^3$  در  $10^{\circ}\text{C}$  کاملاً از الکهول پر است اگر درجه حرارت آن به  $50^{\circ}\text{C}$  برسد الکهول منبسط شده میریزد. در صورتیکه ضریب انبساط حجمی الکهول  $0.0012/^{\circ}\text{C}$  و از شیشه  $0.000027/^{\circ}\text{C}$  باشد چقدر الکهول ریخته است؟

5- کثافت یک میله آهنی در  $25^{\circ}\text{C}$ ،  $7.9\text{g}/\text{cm}^3$  است کثافت آن به  $110^{\circ}\text{C}$  چند است؟

6- حجم یک مقدار مایع به  $25^{\circ}\text{C}$  برابر به  $45\text{cm}^3$  است. وقتیکه تا  $60^{\circ}\text{C}$  حرارت داده میشود حجم آن به  $45.55\text{cm}^3$  میرسد. ضریب انبساط حرارتی مایع چند است؟

7- طول یک سیم مسی  $70\text{cm}$  و درجه حرارت اولی آن  $25^{\circ}\text{C}$  است. اگر ضریب انبساط طولی مس  $14.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  و تزايد طول  $0.0588\text{cm}$  باشد. درجه حرارت دومی آن چند است؟

8- قطر یک حلقه برنجی  $30\text{mm}$  و قطر یک گلوله آهنی در عین حرارت  $30.02\text{mm}$  می باشد معلوم کنید حداقل تغییر درجه حرارت را برای هردو گلوله

که از حلقه بگذرد ضریب انبساط طولی برنج  $19.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  و آهن  $1.10^{-5}$  است؟

9- طول یک میله مسی بدرجه حرارت  $50^{\circ}\text{C}$  برابر است به  $2.00166\text{m}$  و به حرارت  $2000^{\circ}\text{C}$  برابر به  $2,000664^{\circ}\text{C}$  است طول این میله به درجه حرارت  $0^{\circ}\text{C}$  و ضریب انبساط خطی مس مطلوب است؟

10- دو تیغه مسی و آهنی را که به درجه حرارت  $20^{\circ}\text{C}$  هم طول اند و طول هریک از آنها  $10\text{cm}$  بوده به یک دیگر لحیم گردیده است در سرد ترین روزهای زمستان در حرارت  $20^{\circ}\text{C}$ - و در گرم ترین روزهای تابستان  $40^{\circ}\text{C}$  میباید اختلاف طول شان چند است؟

## فصل ششم

### قوانین گازات و کاربرد آن در وجود انسان

#### 1.6 ماهیت گازات

ماهیت گازات توسط تیوری حرکی مالیکولی که در فصل اول توضیح گردیده است بیان میشود. تیوری حرکی مالیکولی گازات اولاً توسط دانیل برنرلی طرح شد. وی معتقد بود که مالیکول های یک گاز در ظرف همیشه در حال حرکت هستند، سرعت و جهت حرکت این مالیکول ها به نسبت تصادم بر یکدیگر جدا از ظرف در تغییر است، که این مفکوره توسط براون سکاتلندی مورد آزمایش قرار گرفت.

گازات از دو دیدگاه مورد مطالعه قرار میگیرد.

➤ میکروسکوپی<sup>52</sup> کمیاتی که به خواص کل سیستم مربوط بوده با عملیات تجربی قابل اندازه گیری اند مانند فشار، حجم،... شامل توضیح وضعیت عمومی مالیکول ها میباشد.

➤ مایکروسکوپی<sup>53</sup>: خواص این کمیات را نمیتوان با قوه ادراک مستقیماً احساس کنیم بلکه با روش های احصائیوی و قوانین ریاضی قابل بیان است، که شامل توضیح خصوصیات جداگانه هر مالیکول میباشد.

اندازه گازات خیلی کوچک بوده طوریکه هر مالیکول گرام از یک ماده شامل  $6.02 \times 10^{23}$  عدد مالیکول میباشد. حرکت مالیکول ها انتقالی و عمل متقابل بین

---

<sup>52</sup> Macroscopic

<sup>53</sup> Microscopic

اتمهای شان ضعیف است. دو مالیکول در جوار هم بر هم قوه وارد می کند که این قوه به فاصله بین شان مربوط بوده ممکن است جاذبه یا دافعه باشد. فاصله بین دو مالیکول در حدود  $10^{-8}$  cm است، هر گاه به اثر قوه خارجی دو مالیکول باهم نزدیک شوند، قوه بین شان به شکل دافعه ظاهر میگردد، هر قدر این فاصله کوچکتر گردد مقدار قوه بزرگتر خواهد بود (4, 21)

## 6-2 گازات ایدیال

دو نوع گاز مطرح بحث بوده که از نظر مایکروسکوپی و میکروسکوپی قابل توصیف اند، که عبارت از گازات ایدیال و گازات حقیقی میباشند.

گازات ایدیال از نظر میکروسکوپی دارای خواص ذیل اند:

- در بین مالیکول های این گاز قوه جذب مالیکول نهایت ضعیف است.
- مالیکول های این گاز آنقدر خورد اند که حجم شان نسبت به حجم گاز غیر قابل مقایسه اند.
- بین دو تصادم حرکت مالیکول ها مستقیم الخط اند.
- مالیکول های گاز مستقل از هم اند.
- زمان تصادمات نسبت به زمان حرکت خیلی کوچک میباشد.
- تصادم بین مالیکول ها و سطوح ظرف ارتجاعی (الستیکی) اند.
- تمام گازات دارای خواص میکروسکوپی یکسان اند.

## 6-3 پارامترهای حالت گازات



حالت یک گاز توسط سه پارامتر حجم، فشار و حرارت آن مشخص می‌گردد. این سه کمیت پارامترهای مشخصه گازات یاد میشود. تغییر یکی از این پارامترها باعث تغییر حالت یک گاز می‌گردد. در شرایط معین حجم، فشار و حرارت گاز تعیین شده میتواند و با تغییر شرایط، گاز تغییر حالت مینماید. پارامتر حجم به  $V$  حرارت به  $T$  و فشار به  $P$  نشان داده میشود.

## 6-4 قوانین اساسی گازات ایدئال

در شرایط معین از لحاظ کمی بین سه پارامتر حالت گاز روابط ذیل موجود است

### 1- قانون بایل 54 - ماریوت 55

در حرارت ثابت ( $T=const$ ) تغییرات حجم با تغییر فشار رابطه معکوس دارد. یعنی افزایش حجم باعث کاهش فشار میگردد. این حقیقت تجربی را توسط رابطه طور زیر نشان داده میتوانیم.

$$1-6PV=const \dots$$

این پروسه را ایزوترم مینامند. در پروسه ایزوترم حاصل ضرب حجم و فشار ثابت است.

رابطه (1-6) که به اساس تجربه بدست آمده برای اولین بار توسط بایل در انگلستان و ماریوت در فرانسه بطور جداگانه تحقیق شد.

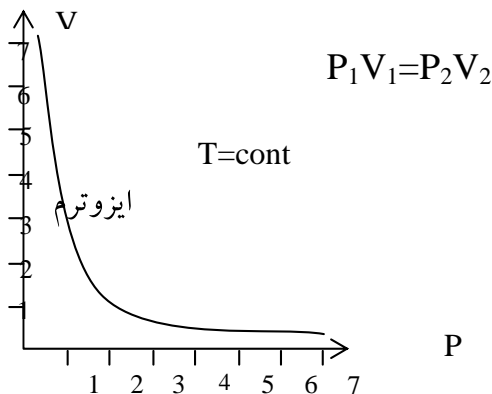
به اساس رابط (1-6) در شکل (1-6) گراف آن را ترسیم کرده میتوانیم.

---

<sup>54</sup> Robert Boyel

<sup>55</sup> Marioth

معادله (1-6) را در دو حالت گاز زیر نوشته می‌توانیم:



شکل (1-6) گراف پروسه ایزوترم

## 2- قانون گی لوساک

در یک گاز ایدئال در فشار ثابت ( $P = \text{const}$ ) تغییرات حجم مستقیماً متناسب به تغییرات درجه حرارت مطلقه گاز است. این پروسه ایزوبار نامیده میشود که توسط معادله زیر نشان داده میشود.

$$\frac{V}{T} = \text{CONST} \dots \dots \dots (2-6)$$

معادله (2-6) را در دو حالت یک گاز چنین مینویسیم.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots \dots \dots \text{CONST}$$

## 3- قانون شارل

در حجم ثابت تغییرات فشار یک گاز ایدئال مستقیماً متناسب به تغییرات حرارت مطلق است که توسط رابطه زیر نشان داده میشود.

$$\frac{P}{T} = \text{CONST} \quad \dots(3-6)$$

این پروسه به نام پروسه ایزوکور نامیده میشود. در دو حالت یک گاز ایدئال رابط با لا را چنین می نویسیم.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \dots = \text{CONST}$$

### 6-5 قانون عمومی گازات

از مجموع روابط بایل - ماریوت - گی لوساک و شارل برای یک مول گاز معادله قانون عمومی گازات را چنین نوشته میتوانیم.

$$\frac{PV}{T} = \text{CONST} \quad \dots(4-6)$$

با نشان دادن ثابت به R رابطه (4-6) مساویست به

$$\frac{PV}{T} = R \quad \dots(5-6)$$

برای n مول گاز معادله (5-6) را چنین نوشته میتوانیم:

$$\frac{PV}{T} = nR \quad \dots(6-6)$$

معادل (6-6) قانون عمومی گازات برای n مول گاز ایدئال است.

در شرایط متعارفی ،  $T=273k, 4L, V_0=22, P_0=1atm$  ، برای یک مول

گاز از معادله (6-6) قیمت ثابت گازات R مساویست به

$$R = \frac{1atm \cdot 22,4l}{273k} = 0,082 \frac{atm \cdot l}{mol \cdot k}$$

قیمت R در سیستم MKS مساویست به  $R=8.31\text{J/mol}\cdot\text{K}$

معادله (6-6) میتوانیم به شکل زیر بنویسیم:

$$PV=nRT$$

$$n= m/\mu$$

M کتله گاز و  $\mu$  کتله مولی گاز است. هم چنان با در نظر داشت عدد  
اواگدرو<sup>56</sup>

$$n= N/N_A$$

N تعداد مالیکول های گاز و  $N_A$  عدد اواگدرو میباشد که قیمت آن  
مساویست به

$$.02\cdot 10^{23}, N_A=6$$

گازات ایدیال در شرایط معین از قوانین فوق پیروی میکند. اما حقیقت عینی  
نداشته ولی مفهوم ساده مفید داشته اما قرین به حقیقت است 23، 16، (19).

## 6-6 تطبیق قانون گازات در وجود انسان

### 1- قانون بایل - ماریوت

درجه حرارت نارمل بدن انسان در حدود  $37^{\circ}\text{C}$  ( $98.6^{\circ}\text{F}$ ) میباشد. اگر فرض  
شود که این درجه حرارت در تمام مراحل تنفسی ثابت است، قانون بایل -  
ماریوت در تمام مراحل تنفسی تشریح و تطبیق شده میتواند. چنانچه در حالت  
شهیق<sup>57</sup>، در اثر پائین آمدن حجاب حاجز از اثر انقباض جدار سینه، حجم قفسه

---

<sup>56</sup> Avogadro

قانون اوگدرو بیان میدارد که حجم های مساوی تمام گازات در تحت عین درجه حرارت و فشار عین تعداد مالیکول ها را  
داراست

Enspiration، Expiration

سینه زیاد شده، فشار در شش ها کاهش می یابد. در نتیجه هوای خارج که فشار آن از فشار هوای شش ها بیشتر است وارد شش ها میگردد. در مرحله ذفیر<sup>58</sup> .. چون حجاب حاجز منبسط میشود و به بالا بر میگردد، حجم قفسه کاهش یافته و این کاهش حجم توأم و با افزایش فشار داخل شش هاست. در این مرحله چون فشار هوای داخل شش ها از فشار هوای خارج بیشتر است، هوا از شش ها خارج میشود (17).

در تمام این مراحل قانون بایل - ماریوت صادق است. یعنی این رابطه صدق می کند.

$$PV=cont$$

وقتی که یک پرازیت به شکل ویروس ایدز<sup>59</sup> داخل میکانیزم خون گردد فعالیت نارمل بدن برهم خورده در نتیجه کریوات سرخ خون<sup>60</sup> و کریوات سفید<sup>61</sup> زیاد تلف گردیده عضو تولید کننده آن نمیتواند موازنه را حفظ نماید. پس در اینحالت غیر نارمل حجم خون تنقیص و فشار همزمان زیاد گردیده وظایف قلب را دشوار میسازد. این تزئید فشار باعث نفس تنگی<sup>62</sup> و غیره امراض میشود.

## 2- قانون گی لوساک

<sup>59</sup> AIDS

<sup>60</sup> Erythrocyte

<sup>61</sup> Leucyte

<sup>62</sup> Burdies Asthma

فشار خون یک شخص در شرایط معین و حالت طبیعی شان در یک انتروال معین ثابت است (120/80mmHg) تغییر درجه حرارت محیط خواه ناخواه بالای درجه حرارت بدن انسان تاثیر دارد، بناءً ازدیاد درجه حرارت بدن باعث افزایش حجم خون میگردد.

در حالت شاک<sup>63</sup> که حرارت وجود پایین می آید لزوجیت خون افزایش یافته، حجم خون کم میگردد. در این حالت دقیق است که مریض گرم نگهداشته شود تا لزوجیت خون پایین و حجم خون افزایش یابد. با کسب حرارت حجم خون افزایش و به سهولت جریان مینماید. در مریضی که آب وجود کم میشود<sup>64</sup> مانند مریضی دیفتری این تغییر و تحول عملاً به ملاحظه میرسد، یعنی با کاهش درجه حرارت حجم تنقیص یافته و در مجموع این پروسه قانون گیلوساک را در یک انتروال معین فشار ثابت و تحت میکانیزم های مختلف در بدن حفظ میگردد.  
یعنی

$$V/T=Cont$$

قانون گیلوساک یک قانونمندی طبیعی محسوب شده میتواند. زیرا بین درجه حرارت و حجم ارتباط مستقیم وجود دارد.

### 3- قانون شارل

در تشریح این قانون در وجود انسان نقش واکسین<sup>65</sup> هاومیخانیکیت آن مهم و ارزنده است. واکسین ها که یک نوع پارازیت نیمه فعال اند که غرض آماده

---

<sup>63</sup> Shock

<sup>64</sup> Dehydration

<sup>65</sup> Vaccine

سازی بدن در مقابل حملات غیر مترقبه میکروب ها در بدن ذرق میگردد. وقتیکه واکسین داخل خون میشود مجادله را علیه کریوات سفید که حیثیت محافظ یا گارد را دارد شروع میکند. در اینجا اعصاب قلب را مجبور میسازد تا تعجیل پمپ خون را افزایش دهد، یعنی با مجادله میکروب آماده شود. در نتیجه فشار بالا رفته و با ازدیاد فشار حرارت بدن نیز بلند میشود. چنانچه عملاً مشاهده میکنیم که اطفال بعد از تطبیق واکسین تب شدید را میگذرانند. در تمام این مراحل میکانیزم فعالیت بدن طور است که

$$p/v=Cont$$

تحقق داشته نسبت فشار بر حجم ثابت باقی می ماند.

## (6-7) عملیه تنفس

در اثر عملیه تنفس فعالیت های عمده فزیولوژیکی در بدن صورت میگیرد. عملیه تنفس و دستگاه های که عملیه تنفس را کمک می کنند تا اندازه به قانون بایل - ماریوت و گیلوساک بستگی داشته و سایر قوانین گازات هم عملیه تنفس مصنوعی را تشریح و اساس میدهند. تنفس طبیعی بیشتر به اساس اختلاف فشار اتمسفر هوای شش ها صورت میگیرد. بالا شدن یا تورم شش ها در اثر اختلاف فشار بین حجاب حاجز و شش ها میباشد. معمولاً فشار در حجاب حاجز کمتر از فشار اتمسفر است (751-754mmHg). اگر هوا یا سایر گازها در اثر عمل جراحی وارد حجاب حاجز گردد حالتی بنام پینوموتارکس<sup>66</sup> (جمع شدن

---

<sup>66</sup> Pneumothorax

هوا در صدر) تولید میکند. پنیوموتارکس سبب چسپیدن حجاب حاجز به پرده های شش ها و روی هم خوابیدن جدار حجاب حاجز میشود. در این حالت فشار هوای داخل حجاب حاجز از فشار هوای شش ها بیشتر است.

هنگامیکه تنفس عادی متوقف میشود برای برقراری دوباره آن از تنفس مصنوعی استفاده به عمل می آید که بر طبق قانون گازات و با در نظرداشت پارامترهای مشخصه آن این عمل با کم کردن و زیاد کردن متناوب فشار قفسه سینه انجام میشود. طوریکه هوا طور منظم وارد شش ها و از آن خارج میگردد. یکی از طریقه های که مریض به اثر تنفس مصنوعی ناراحت نمیشود تنفس مصنوعی است که با استفاده از اثر قوه جاذبه صورت میگیرد. طوریکه مریض روی یک رافعه قرار داده شده و رافعه متناوباً بالا و پایین حرکت داده میشود. دستگاه های که بصورت میخانیکی فشار قفسه سینه را افزایش و کاهش میدهد بنام ریسپیراتور<sup>67</sup> نامیده میشود.

وسایل تنظیم کننده فشار اکسیجن در بالون ها تا اندازه ای به اساس قانون بایل - ماریوت کار مینماید. این دستگاه ها عهده دار وظایف زیر اند:

➤ تقلیل فشار اکسیجن از فشار تقریبی بالون 150at به 1at .

➤ کنترل میزان جریان گاز اکسیجن

در عدم رعایت شرایط فوق هرگاه گاز اکسیجن در بالون که بافشار 150 اتمسفر است بدون کنترل و تنظیم وارد شش ها گردد، شخص هلاک میگردد(2، 13، 17).

---

<sup>67</sup> Respirator



## 6-8 گازات حقیقی 68

گازاتی که در طبیعت پیدا میشود از گازات ایدئال فرق دارند. مثلاً مالیکول های گازات دارای حجم معین میباشد و قوه جاذبه بین مالیکول های گازات موجود است. گازات حقیقی تحت فشار بسیار کم قانون بایل - ماریوت را تعقیب مینماید. اگر فشار زیاد شود از قانون مذکور پیروی نمیکند زیرا گاز بمایع تبدیل میگردد. واقعیت مهمتر این است که گازات حقیقی معلومات درباره طبیعت قوه های بین مالیکولی و ساختار مالیکول های ماده را میدهد.

چون در اثر فشار مالیکول های گازات باهم نزدیک میشوند، لذا کمی حجم گاز به نسبت تناقص حجم فضای بین مالیکول ها میباشد. اگر حجم مالیکول ها  $b$  و حجم گاز  $v$  باشد، حجم فضای بین مالیکول ها  $(v-b)$  میباشد. لذا در معادله گازات حقیقی به عوض  $v$ ،  $(v-b)$  نوشته میشود.

گازات از اتمها ساخته شده اند که دارای الکترون ها و پروتون ها میباشند. الکترون های مالیکول ها در حال حرکت اند، گاهی به یکطرف و گاهی به طرف دیگر مالیکول تعداد الکترون ها بیشتر میگردد. در نتیجه بعضی قسمت های مالیکول مثبت و بعضی قسمت های دیگر مالیکول منفی چارچ میشوند. قسمت مثبت یک مالیکول قسمت منفی مالیکول دیگر را جذب میکند (طبق قانون کولمب). این قوه جاذبه بین مالیکول ها را قوه و اندروالس<sup>69</sup> مینامند. این قوه

---

68 Real Gas

<sup>69</sup> J.D.Vander Waals

جاذبه مانند فشار خارجی مالیکول ها را با هم نزدیک میسازند که معکوساً متناسب به مربع حجم یعنی  $(a/v^2)$  می باشد. در اینجا  $a$  ثابت بوده قیمت آن برای هر گاز مختلف است. لذا در معادله عمومی گازات (6-6) اگر به عوض  $p, p+a/v^2$  و به عوض  $v$  ،  $v-b$  بنویسیم معادله عمومی گازات حقیقی بدست می آید.

$$(P+a/v^2) (v-b) = nRT \dots (7-6)$$

معادله (7-6) معادله عمومی گازات حقیقی است. قیمت های ثابت  $b, a$  برای گازات مختلف درج جدول (ز) ضمیمه ها می باشد (6 و 10). معادله واندر والس یک معادله تجربی است. زیرا مقادیر  $a$  و  $b$  توسط تجربه تعیین میگردد. باید دانست که این تصحیحات در معادله گازات ایدئال از ساده ترین نوع اند و در حالت های خاص عاری از کمبودی نیست. هیچ فارمول ساده و واحدی در دست نیست که در تحت هرگونه شرایط در مورد همه گازات عملی و بکار برده شود. (6، 11)

## 9.6 قانون دالتن

دالتن با مطالعات و اندازه گیری های حجم و فشار مخلوط گازات به این نتیجه رسید که، در حرارت ثابت و یکسان فشار مخلوط چند گاز حقیقی مساویست به حاصل جمع فشار قسمی هر یک از گازات مخلوط. فشار قسمی هر گاز، یعنی فشاریکه یک گاز به تنهایی به همه جدار ظرفیکه اشغال مینماید وارد میسازد.

قانون دالتن بر طبق تعریف فوق مساویست به

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad \dots (8-6)$$

$$p = \sum_{i=1}^n p_n$$

## 6-10 کاربرد قانون دالتن در عملیه تنفس

بر علاوه قانون بایل - ماریوت، گیلوساک و چارلس برای درک اصول فیزیکی عملیه تنفس دانستن قوانین دالتن و هنری<sup>70</sup> ضروری است. هوای که تنفس میکنیم مخلوطی از گازات است. این گازات بر علاوه مقدار کمی از گازات بی اثر مشتمل است به 20.96% کسیجن 79% نایتروج 0.04% کاربن دای اکساید. تبادل گازات فوق به اساس قانون دالتن در بدن تشریح و بیان میگردد. هریک از گازات شامل هوای که تنفس میکنیم به اندازه فشار قسمی شان در خون حل میشوند.

فشار قسمی هریک از گازات طور ذیل تعیین میگردد.

$$\text{فشار قسمی اکسیجن } PO_2 = \frac{20,96}{100} \times 760 = 159,3 \text{ mmHg}$$

$$\text{فشار قسمی نایتروج } PN_2 = \frac{79}{100} \times 760 = 600,4 \text{ mmHg}$$

$$PCO_2 = \frac{0,04}{100} \times 760 = 0,3 \text{ mmHg}$$

مجموع فشار قسمی طبق قانون دالتن نوشته میتوانیم .

---

1- قانون هنری (Henry) بیان میدارد که در حرارت ثابت مقدار گازی که در هر مایع معین حل میشود، به فشار قسمی آن متناسب است .

$$\text{فشار مجموعی} \quad p = PO_2 + PN_2 + PCO_2$$

$$P = 150,3 + 600,4 + 0,3 = 760\text{mmHg}$$

$$P = 1\text{atm}$$

هرگاه فیصدی گازات هواییکه تنفس میکنیم افزایش یا کاهش یابد فشار قسمی آن نیز تغییر نموده سبب برهم خوردن فعالیت های نارمل بدن شده و تغییر فشار نسبی گازات در خون سبب مرگ میگردد. یکی از عوامل مرض غوطه دران هم همین است. (7،9)

## 6-11 قانون گراهام و انتشار گازات

انتشار<sup>71</sup> عبارت از تمایل مواد است که بصورت متشابه خود را در فضائیکه در اختیار دارد تقسیم نماید. اگر دو مرتبان که یکی از  $O_2$  و دیگر از  $H_2$  پر است دهن بدهن بگذاریم، بعداز یک مدت کوتاه هردو گاز بصورت متجانس در بین هردو مرتبان تقسیم میشوند. تمام گازات انتشار مینماید اما سرعت شان از هم فرق دارد. نظر به قانون گراهام سرعت نسبی انتشار گازات معکوساً متناسب است به جذر مربع نسبت کثافت گازات مذکور. اگر کثافت گازها  $d_1$  و  $d_2$  و سرعت انتشار شان  $V_1$  و  $V_2$  باشد نوشته میتوانیم:

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \dots (9-6)$$

چون کثافت گازات مستقیماً متناسب به وزن مالیکولی شان است. لذا معادله (6)-  
(9) را به شکل ذیل نوشته کرده میتوانیم:

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} \dots (10-6)$$

در معادله (10-6)  $M_1$  و  $M_2$  وزن مالیکولی گازها اند.

مثلاً کثافت اکسیجن 16 برابر کثافت هایدروجن است. لذا سرعت انتشار هایدروجن چهار برابر اکسیجن است.

## 6-12 اثرات خروج گازات محلل از مایعات خون

از جمله گازات شامل اتمسفیر، نایتروجن مسؤول اکثر عوارض در بدن میباشد. ضریب انحلالیت نایتروجن در نسج چربی پنج تا شش برابر آب است. در بدن شخص نارمل که 70kg وزن دارد تقریباً به مقدار  $10^3 \text{ cm}^3$  نایتروجن به حالت محلول در مایعات و نسج بدن، به خصوص نسج چربی و مغز وجود دارد. بعد از نایتروجن، اکسیجن و کاربن دای اکساید در تولید عوارض بدن موثر اند. در حال عادی این گازها در مایعات بدن تابع قوانین کلی حل شدن گازات در مایعات میباشد. بطور اجمالی متناسب به فشار گاز بر سطح مایعات است. هر قدر فشار کمتر گردد مقدار گاز هم کاهش می یابد. گازات منحل در مایعات بصورت حباب های کوچک در مایعات و نسج های چربی و مغز داخل شده و باعث بروز عوارض خواهند شد که بنام ایروامبولیسم<sup>72</sup> یاد میشود. این عوارض

<sup>72</sup> Aeroembolism

بیشتر در اندام پیلوت ها هنگام پرواز در ارتفاعات بیشتر از 7000m احساس میشود. در این حالت بدن پیلوت کمرختی و مور مور پیدا کرده و در یکی از اندام های بدن اش سوزش و خارش روی پوست بیشتر در مجاورت مفاصل حس میگردد.

➤ اثر عصبی:

با لرزه شدید و سر درد آغاز شده ممکن است باعث فلج یک عضو و یا قسمتی از آن گردد. بدنبال آن عرق فراوان، استفراغ، پائین آمدن نبض و فشار میگردد.

➤ چشم:

ساحه دید چشم تغییر خورده، آنچه که برایش قابل دید بود، غیر قابل دید میشود.

➤ گوش:

در حالت عادی فشار هر دو طرف پرده گوش یکسان است. اگر گوش به علت عفونت ملتهب گردد، این فشار تغییر کرده، فشار داخل گوش افزایش و پرده گوش تحت فشار بطرف خارج قرار میگردد.

➤ دندان:

در دندان ها که پوسیده باشد حباب های هوا با گازهای ناشی از تخمرات در آن وجود داشته انقباض می نماید و انقباض گازها سبب بیدار شدن عفونت های خفته در دندان میگردد.

➤ معده:

انبساط گازها در معده باعث تورم شکم گردیده، فشار حاصل روی حجاب حاجز، اعضای موجود در قفسه سینه را تحت فشار قرار داده باعث مشکلات تنفس میشود.

➤ کم شدن نسبی اکسیجن هوا

همانطوریکه قبلاً تذکر گردید فیصدی اکسیجن در هوا تقریباً %20.96 میباشد. گرچه این فیصدی در ارتفاعات بلند هم صادق است. اما تقلیل فشار اکسیجن همزمان با کم شدن فشار هوا سبب پائین آمدن مقدار اکسیجن مورد استفاده بدن میگردد. عوارض ناشی از آن از قبیل بلند رفتن سرعت تنفس، تسریع ضربان قلب و بلند رفتن فشار خون میباشد. مقدار کریوات سرخ خون، هموگلوبین و صفحات دمویه افزایش می یابد. در صورت کمبود اکسیجن در خون ضربان قلب و هضم غذا بطی و ترشح ادرار افزایش می یابد.

(8,13,14,15, 19)

مثال 1: 15 لیتر گاز ایدیال را از حرارت  $27^{\circ}\text{C}$  به  $273^{\circ}\text{C}$  میرسانیم اگر فشار گاز در تمام پروسه ثابت بماند، حجم گاز چند می باشد؟

حل:  $V_1=15\text{L}$

$$T_1=27^{\circ}\text{C}=300\text{K}$$

$$T_2=273^{\circ}\text{C}=546\text{K}$$

$$P=\text{Cont}$$

$$V_2=?$$

$$V_1/V_2=T_1/T_2$$

$$V_2=V_1 \times T_2/T_1=15 \times 546/300$$

$$V_2=27.3L$$

مثال 2: مرکبی به کتله 0.896 گرم متشکل از اکسیجن و نایتروجن است . در حرارت  $28^{\circ}C$  و فشار 730 mmHg دارای حجم  $524cm^3$  میباشد . کتله مولی گاز چند است ؟

$$m=0.896g$$

$$V=524cm^3 = 0.524m^3$$

$$P=730mmHg=0.96atm$$

$$T=28^{\circ}C=301K$$

$$\mu=?$$

$$PV=nRT$$

$$n=PV/RT = 0.896 \times 0.524 / (0.96 \times 301)$$

$$n= 0.0204mol$$

$$\mu=m/n$$

$$896/0.0204=\mu$$

$$43921=44g/mol$$

مثال 3: ذخیره ای از گاز به حجم 5L دارای فشار 9at میباشد . اگر این ذخیره را با ذخیره به حجم 10L و فشار داخلی 6at وصل کنیم در درجه حرارت ثابت فشار مجموعی هر دو ذخیره چند است ؟

حل:

$$P_A=9atm$$

$$P_B=6atm$$

$$V_A=5L$$

$$V_B=10L$$



$$P=?$$

$$P_A \times V_A = P_A' \times V_A'$$

$$P_A' = P_A \times V_A / (V_A + V_B)$$

$$P_A' = 9 \times 5 / 5 + 10 = 3 \text{ atm}$$

$$P_B \times V_B = P_B' \times V_B'$$

$$P_B' = P_B \times V_B / (V_A + V_B)$$

$$P_B' = 6 \times 10 / 5 + 10 = 4 \text{ atm}$$

$$P = P_A' + P_B'$$

$$P = 3 + 4 = 7 \text{ atm}$$

### مسائل

1. اگر طول یک اتاق 12m، عرض آن 5m، ارتفاع آن 10m باشد. در فشار 600mmHg و درجه حرارت  $27^\circ\text{C}$  مطلوب است وزن اتمی  $\text{CO}_2, \text{N}_2, \text{O}_2$  داخل اتاق در صورتیکه اکسیژن % 20، نایتروژن % 79.8 و کاربن دای اکساید داخل اتاق % 0.2 باشد؟
2. تحت فشار 752mmHg و حرارت  $23^\circ\text{C}$  یک مقدار گاز ایدیاال 280ml حجم دارد. در کدام درجه حرارت این گاز تحت فشار 1atm یک لیتر حجم خواهد داشت؟
3. 3.62g از یک نوع گاز ایدیاال تحت فشار 2atm، و  $10^\circ\text{C}$ ، 22.4L حجم دارد. به کدام فشار 0.436g از این گاز در حرارت  $25^\circ\text{C}$ ، 300ml حجم خواهد داشت؟

4. کثافت گاز کاربن مونو اکساید (CO) را به گرام فی لیتر محاسبه کنید در حالیکه فشار بالای آن 740mmHg و حرارت آن  $15^{\circ}\text{C}$  است؟
5. یک گاز ایدیال در حرارت  $120^{\circ}\text{C}$  و فشار 873mmHg دارای حجم 0.746L است. مطلوب است.
- الف. مقدار گاز به مول فی لیتر
- ب. تعداد مالیکول های گاز
6. تحت شرایط گازات ایدیال وزن 1.4L اکسیجن به حرارت  $0^{\circ}\text{C}$  و فشار 10mmHg مطلوب است؟
7. یک مخلوط گازات مشتمل است بر 0.15g هایدروجن ، 0.34g نایتروجن و 0.79g امونیا ( $\text{NH}_4$ ). فشاریکه آنها جمعاً تولید می کنند 1atm است. اگر درجه حرارت  $27^{\circ}\text{C}$  باشد مطلوب است.
- الف. فیصدی مول هر گاز
- ب. فشار قسمی هر یک از گازات
- ج. حجم عمومی آنها
8. سرعت مالیکول های گاز اکسیجن در  $25^{\circ}\text{C}$  مطلوب است؟
9. یک مول ایتر (ether) به  $300^{\circ}\text{C}$  حرارت 741ml حجم دارد. فشار بالای آن در این حال چند است؟ (به اساس تجربه لابرآتوری فشار  $P=48.4\text{atm}$  است. چرا جواب شما از این عدد فرق دارد؟
10. 0.942g نایتروجن برای اکساید تحت فشار 753mmHg و  $0^{\circ}\text{C}$  ، 241ml حجم دارد. وزن مالیکولی آن چند است.

11. مقدار R (ثابت گازات) در سیستم SI چند است؟
12. مطلوب است کتله هوای اتاقی به ابعاد  $4\text{m}$ ،  $5\text{m}$ ،  $10\text{m}$  در حرارت  $5^\circ\text{C}$ . اگر حرارت اتاق به  $25^\circ\text{C}$  برسد چه مقدار از کتله هوای اتاق خارج میشود. در صورتیکه فشار هوای اتاق ثابت بماند. کثافت هوا در حرارت  $0^\circ\text{C}$ ،  $1.39\text{g/L}$  است؟
13.  $10\text{L}$  گاز را از حرارت  $27^\circ\text{C}$  به  $273^\circ\text{C}$  میرسانیم. اگر فشار گاز ثابت بماند حجمش چقدر خواهد شد؟
14. حجم  $2.2\text{g}$  گاز  $\text{CO}_2$  را تحت فشار  $1520\text{mmHg}$  و حرارت  $227^\circ\text{C}$  حساب کنید.

$$592 (\text{L}^2\text{atm/mol}^2), a= 3$$

$$b= 0.04267(\text{L/mol})$$

$$b= 0.03183 (\text{L/mol})$$

## فصل هفتم

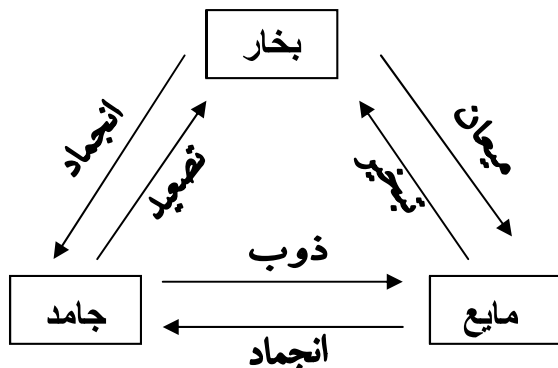
### تأثیرات حرارت و حوادث حرارتی

#### 7-1 تغییر حالت

حرارت ممکن است سبب تغییر وضع یک جسم جامد به مایع و مایع به گاز گردد. این تغییر وضع به دلیل افزایش حرکات مالیکول و تزئید فاصله بین مالیکول ها میباشد. مقدار قابل ملاحظه حرارت که برای ایجاد یک تغییر حالت فیزیکی احتیاج میباشد، تغییر درجه حرارت نمیدهد.

برای توضیح حالت اجسام مبنی بر آنچه در بالا ذکر شد تعریفات ذیل اساس میباشد.

هنگامیکه ماده داخل یک جسم در تمام نقاط دارای یک ترکیب کیمیاوی و یک خواص فیزیکی اند، جسم متجانس نامیده میشود، و یا گفته میشود که از یک فاز تشکیل شده است. یک جسم خالص میتواند در فاز جامد، مایع و گاز باشد. هر فاز در حدود معین درجه حرارت و فشار اند. مثلاً: آب در فشار یک اتمسفر بین صفر و  $100^{\circ}\text{C}$  بصورت یک فاز مایع است. وقتی که یک جسم خالص از یک حالت فیزیکی به حالت دیگر می آید گفته میشود که جسم تغییر حالت یا تغییر فاز نموده است. تغییر حالت اجسام شامل مراحل مختلف اند که طور جداگانه مطالعه میگردد شیمای آن در شکل (7 - 1) نشان داده شده است(4).



شکل (7-1) تغییر حالت اجسام در اثر تغییر درجه حرارت

## 7-2 ذوبان و انجماد

ذوب: عبارت از تبدیل جسم جامد به مایع در اثر افزایش درجه حرارت می‌باشد که دو نوع اند.

- ذوب ساده: که مستقیماً از حالت جامد به مایع تبدیل می‌شود. مانند یخ.
- ذوب تدریجی: که در این حالت جسم اولاً نرم شده بعد به تدریج شروع به ذوب شدن مینماید. مانند موم و روغن.

قوانین ذوب

هرگاه در ظرفیکه یک مقدار یخ است یک ترمومتر گذاشته شود و بعداً گرم گردد دیده میشود که اگر فشار  $760\text{mmHg}$  باشد همینکه درجه حرارت به صفر میرسد، یخ شروع به ذوب شدن مینماید.

اگر گرم کردن ادامه یابد در تمام مدت ذوب درجه حرارت ثابت میماند تا اینکه تمام یخ ذوب گردد. پس معلوم میشود، حرارتی که جسم در هنگام ذوب اخذ

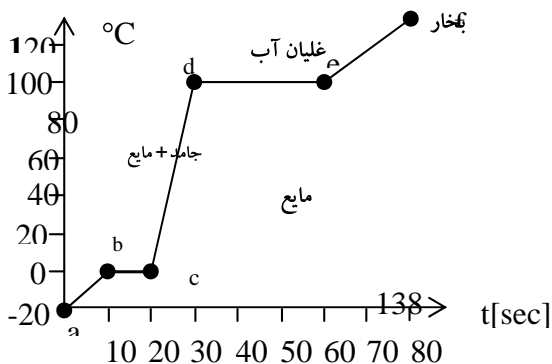
نموده صرف تبدیل جسم از حالت جامد به مایع شده است. برعلاوه آب همیشه در زیر یخ قرار میگیرد، یعنی ذوب با تغییر حجم همراه است. بناءً قوانین ذیل نتیجه میشود.

1- هر جسم در تحت فشار معین بدرجه حرارت ثابت و معینی ذوب میشود، این درجه حرارت ثابت را نقطه ذوب مینامند مثلاً یخ تحت فشار عادی همینکه درجه حرارت آن به  $0^{\circ}C$  میرسد شروع به ذوب شدن می نماید.

2- در طول مدت ذوب درجه حرارت جسم ثابت باقیمانده تغییر نمی کند.

3- جسم جامد در اثنای ذوب شدن حرارت میگیرد. یعنی وقتیکه جسم جامد به نقطه ذوب میرسد، برای تغییر حالت یک مقدار حرارت میگیرد، بدون اینکه درجه حرارت اش تغییر کند. مثلاً یک گرم یخ  $0^{\circ}C$  ، 80 کالوری حرارت میگرد تا به آب صفر درجه ئی تبدیل شود.

4- تمام اجسام در موقع ذوب تغییر حجم میدهند و کثافت اش تغییر می کند. در گراف (7 - 1) مرحله حرارت یخ را در مرحله های مختلف نشان میدهد. فرضاً یخ بدرجه حرارت  $20^{\circ}C$ - قرار دارد با ازدیاد درجه حرارت به مراحل خط ab گراف یخ شکل جامد داشته و به  $0^{\circ}C$  ذوبان شروع میشود. خط bc حالت ذوب را نشان میدهد.



شکل (1-7) گراف مراحل تغییر حالت یخ به بخار نظر به زمان پس از صفر تا  $100^{\circ}C$  به شکل مایع است که خط cd حالت مایع را نشان میدهد. خط ed حالت غلیان و بالاخره خط ef تماماً آب به بخار تبدیل میگردد.

### 7-3 تبخیر<sup>73</sup>

تبخیر و حالت های مختلفه آن:

هرگاه در یک ظرف مقداری آب، الکهول و یا ایترا انداخته حرارت بدهیم دیده میشود که، مایع تدریجاً کم شده و پس از مدتی ناپدید میشود. در این عمل مایع به شکل جدید تبدیل شده در هوا منتشر گردیده. همین صورت جدید جسم را گاز مینامند، عمل تبدیل مایع به گاز را تبخیر میگویند. قبلاً ذکر شد که مالیکوهای هر جسم چه جامد و چه مایع حرکت حرارتی دارند. بعضی از این مالیکول ها ضمن حرکت از سطح جسم جدا میشوند (تبخیر سطحی) و آزادانه به هر طرف حرکت میکنند که همین عمل تبخیر است. واضح است هر قدر درجه حرارت جسم بالاتر و سطح آن بزرگتر باشد، جسم زودتر تبخیر میشود. از طرف دیگر بعضی مالیکول های که فرار کرده اند در اثر برخوردها با مالیکول های دیگر گاز و بخار اطراف دوباره وارد جسم میشوند. پس همیشه عده ای از

---

<sup>73</sup> Vaporization

مالیکول‌ها فرار میکنند و عده‌ای برمیگردند. هر قدر که جسم تبخیر میشود تعداد مالیکول‌های بخار در نزدیکی‌های سطح جسم زیاد گردیده و در نتیجه تعداد عده‌ای آنهاییکه برمیگردند نیز افزایش یافته به حالتی میرسد که تعداد هر دو با هم مساوی میشوند. از این بعد تبخیر ظاهراً متوقف میگردد (نه بخار میشود نه جسم جامد یا مایع کمتر). این نوع بخار، بخار مشبوع نامیده میشود.

بنابراین تبخیر در حالات ذیل مورد مطالعه قرار داده میشود. (15.11.1)

#### ➤ تبخیر در خلا

هر مایع در خلا تبخیر میشود و تبخیر در خلا آنی است. چون تبخیر در خلا به سرعت انجام میشود، موقعی که فضا از بخار مشبوع شد (مایع و گاز در مجاورت یکدیگر بحال تعادل می‌آیند)، ظاهراً تبخیر پایان می‌یابد و فشار بخار مشبوع را فشار اعظمی بخار در همان درجه حرارت گویند.

#### ➤ تبخیر در مجاورت یک گاز

تبخیر یک مایع در مجاورت یک گاز به تدریج صورت می‌گیرد و در یک درجه حرارت معین فشار اعظمی بخار اشباع شده یک مایع در یک گاز مساوی به فشار اعظمی بخار اشباع شده همان مایع در خلا است.

#### ➤ تبخیر سطحی

اگر یک ظرف آب در اتاق گذاشته شود مشاهده میشود که بتدریج آب تبخیر شده سطح آن در ظرف پایین می‌آید. میدانیم که آب دریا و بحرهای مرتباً بخار میشوند، این نوع تبخیر را که در اثر خارج شدن مالیکول‌ها از



سطح آزاد مایع صورت می‌گردد تبخیر سطحی مینامند. تبخیر سطحی وابسته به عوامل زیر اند:

➤ وسعت سطح آزاد مایع

هر قدر سطح آزاد مایع بزرگتر باشد، تبخیر سریع تر صورت می‌گردد. چنانچه اگر مقدار معین آب در بشقاب مقابل شعاع آفتاب گذاشته شود، آب بشقاب زودتر بخار می‌گردد نسبت به اینکه در داخل گیلان با سطح آزاد کمتر باشد.

➤ افزایش درجه حرارت

سرعت تبخیر سطحی در اثر تزئید درجه حرارت زیادتر می‌گردد. چنانچه اگر دو پارچه مرطوب هم جنس یکی به مقابل آفتاب و دیگری در سایه گذاشته شود. پارچه ایکه در مقابل شعاع آفتاب قرار دارد سریع تر خشک میشود.

➤ اثر رطوبت

هر قدر در فضای خارج بخار مایع کمتر باشد (رطوبت کم باشد) تبخیر مایع سریعتر انجام می‌گردد. اگر فشار بخار آب در هوا اعظمی باشد (هوای اشباع شده از رطوبت) دیگر آب تبخیر نمیشود، به همین دلیل است که عرق بدن در هوای مرطوب خشک نمیشود.

➤ اثر جریان هوا

جریان هوا، مالیکول های بخار را از سطح مایع دور می کند و باعث میشود که مالیکول های بعدی آزادانه از مایع خارج شوند. چنانچه پارچه تر در مقابل باد زود خشک میشود.

➤ اثر فشار هوا: هر قدر فشار هوا کمتر باشد مالیکول های مایع آسان تر میتواند از مایع خارج شوند.

➤ اثر جنس

سرعت تبخیر سطحی در مایعات مختلف، مختلف اند. چنانچه ایترا سریع تر از الکهول و الکهول سریعتر از آب بخار میشوند.

#### 7- 4 اثرات تبخیر بر بدن انسان

باید دانست که تبخیر ایجاد سردی می نماید. علت این سردی آن است که جسم هنگام تبخیر مقدار حرارت از اجسام مجاور خود میگیرد (حرارت تبخیر)، چنانچه پس از غسل کردن در جریان هوا و از تبخیر عرق بدن در تابستان احساس سردی میشود. هم چنین در اثر آب پاشی هوا معتدل میشود. دلیل آن است که تبخیر آب حرارت را از فضای اطراف خود جذب می کند و درجه حرارت پایین می آید. تبخیر آب یکی از عوامل بزرگ کنترل حرارت بدن انسان ها و حیوانات میباشد.

هرگاه یک کیلو کالوری حرارت ذریعه یک لیتر آب جذب شود، درجه حرارت آن یک درجه سانتی گراد بالا میرود. اگر دو گرم این آب بخار شود، درجه حرارت باقیمانده 998 گرم را به حرارت اولی اش پائین می آورد. هر

گاه یک گرم آب بخار شود 574 کالوری حرارت را جذب میکند. انسان ها به این طریق حرارت وجود خود را کنترل مینمایند.

وقتیکه یک شخص مریض تب داشته و عرق کند، چون عرق از جلد انسان بخار میشود و حرارت را با خود میگیرد، لذا حرارت بدن انسان پایین می آید و در نتیجه تب مریض کم میشود.

انسان ها میتوانند بصورت مصنوعی حرارت بدن یک شخص تب دار را کم نمایند، مثلاً اگر دستمال را مرطوب ساخته و بالای جلد مریض هموار شود، چون از سطح دستمال آب بخار میشود، حرارت بدن را جذب نموده تب مریض پایین میشود. هم چنان اگر یک طفل استفراغ کند و یا اسهال داشته باشد، چون در اثر اسهال و استفراغ طفل آب ضایع می کند، تبخیر آب از جلد طفل کم شده در نتیجه درجه حرارت بدن طفل بالا میرود اگر به طفل آب از طریق زرق تحت جلدی داده شود تب طفل از بین میرود.

## 7-5 غلیان یا جوش

در بین ظرفی کمی آب ریخته آن را حرارت میدهیم. با گذاشتن یک ترمومتر در ظرف مشاهده میشود که درجه حرارت بتدریج بالا میرود و ضمناً مقداری از آب به بخار تبدیل میگردد. وقتیکه ترمومتر  $100^{\circ}\text{C}$  را نشان بدهد در این موقع حباب هائیکه قبلاً به جدار داخلی ظرف چسبیده بود با فشار بطرف بالا می آیند و به سطح مایع رسیده بالاخره وارد هوا میشوند. در این مرحله گفته میشود که

آب شروع به غلیان کرده است. بنابر این غلیان عبارت از تبخیر سریع یک مایع است که توسط حرارت صورت میگیرد.

## 1- قوانین غلیان

قوانین غلیان عبارتند از،

➤ هر مایع در تحت فشار معین همیشه به یک درجه حرارت معین و ثابت شروع به غلیان میکند که آن را نقطه غلیان می نامند. اگر مایع خالص نباشد در اینصورت درجه حرارت غلیان آن تغییر کرده و مربوط به غلظت مخلوط است.

➤ در تحت فشار ثابت در طول مدت جوشیدن درجه حرارت ثابت مانده تغییر نمیکند. شدت و کاهش گرم کردن تنها در سرعت تبخیر موثر است.

➤ یک مایع به درجه حرارتی بجوش می آید که فشار اعظمی بخارش در همان درجه حرارت با فشاریکه از خارج به مایع وارد میشود مساوی باشد. مثلاً فشار اعظمی بخار آب در  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $760\text{mmHg}$  است. بنابر این آب در فشار  $760\text{mmHg}$  به  $100^{\circ}\text{C}$  شروع به غلیان می کند.

➤ کم شدن فشار، نقطه غلیان را پایین می آورد. مثلاً: در بین یک فلاسک شیشه ای یک مقدار آب انداخته آن را به جوش آرید. بعداً دهن آن را مسدود کرده و در ظرفی آن را سرچپه قرار دهید، اگر آب سرد بالای فلاسک بریزید، آب بداخل فلاسک دوباره به غلیان شروع میکند، زیرا در اثر سرد ساختن فلاسک بخار آب بداخل بالون متراکم شده و در

نتیجه فشار داخل فلاسک کم میشود، چون فشار کم شده نقطه غلیان پایین آمده بنابراین به درجه حرارت کمتر از  $100^{\circ}\text{C}$  که در فلاسک برقرار است آب توانسته غلیان نماید.

➤ ازدیاد فشار، نقطه غلیان را بالا میبرد. مثلاً: آب تحت فشار  $660\text{mmHg}$  در  $96^{\circ}\text{C}$  و تحت فشار  $760\text{mmHg}$  به  $100^{\circ}\text{C}$  شروع به غلیان می نماید.

➤ در صنعت از این خاصیت برای ساختن دیگ های بخار استفاده می کنند.

➤ تقریباً هر  $27\text{mmHg}$  تنزیل فشار هوا، نقطه غلیان آب را یکدرجه پایین می آورد.

## 2- عوامل تأخیر درجه حرارت غلیان

عواملیکه سبب تأخیر درجه حرارت غلیان میشوند عبارتند از،

➤ عمق مایع: برای اینکه یک حباب بخار بتواند از قعر ظرف به سطح مایع برسد باید فشار از مجموع فشار اتمسفر و فشار مایع که بروی آن قرار دارد زیادتر باشد. بنابراین عمق مایع سبب ازدیاد نقطه غلیان میشود. مثلاً آب به ضخامت  $37\text{cm}$  به  $103^{\circ}\text{C}$  می جوشد.

➤ حباب های گاز بداخل مایع

اگر آب را بجوشانیم و بگذاریم سرد شود و تکرار آن را بخواهیم بجوشانیم دیرتر بجوش می آید زیرا در اثر حرارت حباب های گاز به سطح مایع انتقال کرده یک مقدار حرارت را از دست میدهد.

➤ اثر مواد محلول در آب:

فشار بخار آب در اثر افزایش نمک پایین آمده نقطه جوش بالا می‌رود. مثلاً آب دریا در  $103^{\circ}\text{C}$  و آبیکه مقدار نمک بیشتر داشته می‌باشد در  $108^{\circ}\text{C}$  بجوش می‌آید.

اما بخارات آبی که از هر نوع آب خارج می‌شود درجه حرارت اش  $100^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. بنابراین در تعیین درجه حرارت نباید ترماتر را در مایع فرو برد، بلکه باید در بخاریکه از آن حاصل می‌شود قرار داد.

## 7 - 6 نقطه میعان<sup>74</sup>

قبلاً ذکر شد که برای تبخیر مایع باید آن را حرارت داده یا فشاری را که آن مایع متحمل می‌شود کم کرد. از اینجا میتوان گفت که برای عملیه معکوس یعنی میعان یک گاز باید آن گاز را سرد کرد و یا آن را متراکم نمود. لذا میعان عبارت از تبدیل بخاربه مایع است. باید دانست که مایع کردن تمام گازات مانند بخار آب آسان و در هر درجه حرارت امکان پذیر نیست. برای هر گاز درجه حرارت معینی وجود دارد که در درجه های پایین تر از آن در اثر ازدیاد فشار میتوان گاز را به مایع تبدیل کرد. این درجه حرارت را درجه حرارت بحرانی گازمینامند. میعان گاز به سه طریق ذیل صورت میگیرد.

➤ میعان به وسیله نقصان درجه حرارت

---

<sup>74</sup> Condensation

این طریقه را میتوان در عمل تقطیر مایعات مشاهده نمود. تقطیر عبارت از تبخیر یک مایع و متراکم ساختن بخار حاصله آن است.

➤ میعان توسط افزایش فشار:

هرگاه درجه حرارت گازی پایین تر از نقطه بحرانی آن باشد میتوان گاز را در اثر فشار به مایع تبدیل کرد.

➤ میعان به وسیله تنقیص درجه حرارت و افزایش فشار:

در این حالت هر دو طریقه فوق به کار میرود، یعنی ابتدا گاز سرد ساخته میشود تا درجه حرارت آن حد اکثر درجه حرارت بحرانی<sup>75</sup> باشد، بعد با ازدیاد فشار گاز را مایع مینمایند. (25.13.11.8)

## 7-7 تسریع فعالیت کیمیاوی

مطابق نظریه وانت هوف<sup>76</sup>، هر تعامل کیمیاوی که با حرارت تسریع گردد به وسیله افزایش درجه حرارت تسریع میگردد.

حرارت باعث تضعیف رابطه الکترونی و پارچه شدن اتم میشود. این حالت زمینه اتحاد آن را با اتمهای دیگر مساعد میگردد. همچنان در تعاملات کیمیاوی حرارت تولید میگردد و باختن حرارت هم در یک تعامل کیمیاوی که باعث تغییر تعاملات کیمیاوی میگردد صورت میگردد.

---

<sup>75</sup> - درجه حرارت بحرانی درجه حرارتیست که بالاتر از آن درجه نمیتوان گاز را مایع تبدیل نمود.

<sup>76</sup> Van't Hoff

## 7-8 ایجاد تفاوت پوتنسیل

هرگاه دو فلز باهم وصل شوند و محل اتصال شان حرارت داده شود، تفاوت پوتنسیل بین دو انجام سیم بوجود می آید. که این حادثه در فصل 2 مفصل توضیح گردیده است.

## 7-9 تولید امواج الکترومقناطیسی

هنگامیکه یک جسم گرم میشود افزایش اهتزاز مالیکول ها باعث انتقال الکترون ها از یک مدار به مدار دیگر میگردد، و با بازگشت الکترون بمدار اصلی انرژی آزاد شده و امواج الکترومقناطیسی تولید میگردد.

## 7-10 کاهش لزوجیت مایعات

بدلیل موجودیت اصطکاک بین قشرهای مختلف مایعات، هنگام حرکت این قشر ها نسبت به یکدیگر، لزوجیت های مختلفی را دارا میباشد. بناءً حرارت این اثر را کم کرده باعث میشود تا مایع لزوجیت کمتری داشته باشد. یعنی افزایش درجه حرارت باعث تنقیص لزوجیت مایعات میگردد.

## 7-11 نشر ترمویونیک

تحریک مالیکول ها ناشی از افزایش حرارت باعث برانگیختگی و آشفستگی الکترون ها شده و بعضی از آنها ممکن است از سطح جسم جدا گردند و یک ابر متحرک و پیوسته در اطراف جسم تشکیل نماید این پدیده را نشر



ترمویونیک مینامند. بطور کلی انتشار الکترون ها از بعضی مواد به سهولت بیشتری انجام میگیرد. همچنان سطوح منحنی نسبت به یک سطح مستوی سهل تر این عمل را انجام میدهند، زیرا دارای اتمهای سطحی بیشتری میباشند. این انتشار در خلا بسیار آسان تر است. زیرا هیچ فشاری که مانع حرکت الکترون ها شود وجود ندارد. ازین پدیده در واله‌های ترمویونیک که الکترون ها از یک فلز داغ منتشر میگردد استفاده میشود.

## 7-12 اثرات حرارتی شعاع

امواج الکترومقناطیسی که با طول موجهای  $40000000\text{A}^\circ$  تا  $7700\text{A}^\circ$  میباشند از هر جسم داغ منتشر میگردند. هر قدر حرارت بیشتر گردد طول موج شعاعات منتشر کوتاه تر است. تابش اینگونه شعاع در بدن اثرات مختلف دارد، به خصوص شعاع مادون قرمز که پس از جذب تولید حرارت مینماید. منابع مختلف تولید شعاع از قبیل آفتاب، گاز، ذغال، منابع برقی، انواع جنراتورها و غیره میباشند. هنگامیکه اشعه مادون قرمز در قسمتی از بدن جذب میشود، در آن ناحیه حرارت تولید میگردد که نظر به طول موج در قسمت های مختلف تحت جلد نفوذ مینماید. اگر طول موج بزرگ باشد بوسیله قسمت های سطحی بدن (پیدرم) جذب میگردد.

منابع که شعاع مرئی و ماورای بنفش تولید مینماید در هنگام جذب باعث فعل و انفعالات کیمیاوی در بدن میگردد اثرات تحریک کننده دارد. تابش هرگونه

منابع تولید شعاع منجر به تولید حرارت در انساج سطحی گردیده به انساج عمیق انتقال مینماید. خطرات که از اثر تابش بر بدن انسان وارد میگردد عبارتند از:

➤ کانگرین: خطری است ناشی از بکار بردن امواج مادون قرمز در مورد نواحی که ضایعات خون رسانی شریانی اند مشابه خطرانی حاصل از دیاترمی موج کوتاه میباشند.

➤ سردرد: به تعقیب تابش شعاع مادون قرمز اگر تعرق صورت نگرفته باشد و یا در صورت انجام درمان در هوای گرم، سردردی وجود دارد. بمنظور بالا بردن تعرق به مریضان مقدار زیادی مایعات نوشانده و در هنگامی که هوا خیلی گرم باشد بهتر است که تداوی توسط اشعه مادون قرمز را متوقف نمود. تابش ناحیه پشت سر نیز ممکن است منجر به سردردی گردد و باید این قسمت بوسیله سایه بان محافظت گردد.

➤ ضعف و سستی: ادامه تابش همراه با سقوط فشار خون میباشد که ممکن است به یک سستی ناشی از کم خونی مغز منجر گردد. این حالت بخصوص هنگامی که مریض پس از یک مدت طولانی از وضعیت خمیده ناگهان ایستاده شود بوجود می آید.

➤ آسیب به چشمان: تابش اشعه مادون قرمز ممکن است زمینه را برای ایجاد آب مروارید مساعد کند. (1, 5, 13)

## 13-7 اثرات فزیولوژیکی حرارت

همانطوریکه در بخش تاثیرات حرارتی شعاع تذکر داده شد در قسمتی از بدن که شعاع می تابد جذب انساج گردیده حرارت تولید مینماید. تابش از هرگونه منابعی که باشد منجر به تولید حرارت در انساج سطحی بدن گردیده و از طریق های مختلف به انساج عمیق انتقال می یابد که باعث اثرات ذیل میشود.

### ➤ افزایش میتابولزم

هر تغییر کیمیاوی که حرارت باعث تسریع آن گردد با بالا رفتن درجه حرارت تسریع میگردد. افزایش میتابولزم احتیاج بیشتر به آکسیجن و مواد غذایی و بالا رفتن میزان دفع مواد اضافی شامل میتابولست ها میباشد.

### انبساط عروق

انبساطی که در عروق شعریه و شریان های انساج سطحی وجود دارد ناشی از اثر مستقیم حرارت، تاثیر عمل میتابولست ها و حتی در صورت ملایم بودن حرارت، مربوط به تحریک نهایات اعصاب حسی سطحی میباشد که سبب انبساط عروق ریفلکسی میگردد.

با توجه به تشدید جریان خون به طرف انساج های سطحی، افزایش در انتقال اکسیجن و مواد غذایی ایجاد شده و مواد اضافی نیز سریع تر انتقال میگردد. آنچه قابل تصور است انبساط مشابهی در رگهای نواحی عمیق تر که همواره با افزایش جریان خون در اینگونه انساج میباشد. ولی این احتمال وجود دارد که انبساط عروق سطحی با انقباض عروق قسمت های عمیق تر و با کاهش میزان حجم خون در این انساج همراه باشد. انبساط عروق سطحی باعث ایجاد سرخی پوست گردیده که بر عکس سرخی پوست حاصل از تابش اشعه ماورأی بنفش به

محض گرم شدن هر ناحیه اشکار شده و خیلی زود پس از قطع تابش شروع به محو شدن می کند و ممکن است لکه لکه باشد.

#### ➤ پیگماتاسیون

این مساله در اثر تکرار تابش امواج مادون قرمز بوجود می آید که به صورت دانه - دانه ظاهر گشته و ممکن است در ساق پای افرادی که از روی عادت نزدیک آتش می نشیند مشاهده شود. این پیگماتاسیون با نوع حاصل از امواج ماورای بنفش تفاوت می کند و ناشی از خرابی کریوات سرخ خون میباشد.

#### ➤ اثر روی اعصاب

به نظر میرسد که حرارت نارمل سبب اضطراب نشده و یک اثر تسکینی روی نهایت اعصاب حسی دارد، و در صورت شدید دارای اثر تحریکی میباشد. این اثر تحریکی بیشتر مربوط به منبع حرارت (تابش) است.

#### ➤ - اثر بالای انساج عضلاتی

افزایش درجه حرارت به استراحت عضله کمک کرده و فعالیت آن را افزایش میدهد. رشته های عضلاتی با سرعت بیشتر انقباض و انبساط پیدا کرده و استراحت انتاگونست (عضلاتی که مخالف یکدیگر کار می کنند) امکان فعالیت آزادانه تری را به عضلات اولیه میدهد.

#### ➤ - خراب شدن انساج

این اثر ممکن است به دلیل حرارت زیاد اتفاق افتد.

#### ➤ - افزایش عمومی درجه حرارت

این عمل ممکن است در صورت ادامه دادن و طولانی شدن تداوی تا حد یک درجه سانتی گراد رخ دهد. خون موجود در عروق سطحی گرم شده سپس از سایر انساج بدن عبور کرده در نتیجه منجر به یک افزایش عمومی درجه حرارت میگردد. در اثر این عمل ممکن است یک انبساط عمومی عروق سطحی ناشی از تآثر خون گرم شده روی مراکز تنظیم درجه حرارت بدن بوجود آید.

#### ➤ کاهش فشار خون

هرگاه یک انبساط عروقی عمومی وجود داشته باشد، مقاومت محیطی کاهش یافته منجر به پایین آمدن فشار خون میگردد. حرارت سبب کاهش لزوجیت خون شده که این امر منجر به کاهش فشار خون میگردد.

#### ➤ افزایش فعالیت غده مترشحه عرق

در نتیجه اثر حرارت بر روی نهایات اعصاب حتی، تحریکی انعکاسی بالای غده مترشحه عرق در ناحیه تابش بوجود می آید. طوریکه خون گرم شده در تمام بدن به گردش آمده بالای مرکز تنظیم حرارت بدن اثر کرده و در نتیجه یک افزایش فعالیت غده مترشحه عرق در تمام بدن مشاهده میگردد. این تعریق عمومی همراه با افزایش طرح مواد اضافی است.

### 7-14 حرارت زده گئی<sup>77</sup>

حداکثر حرارت که بدن میتواند تحمل کند تقریباً بستگی کامل به خشک بودن پوست یا مرطوب بودن هوا دارد. هرگاه هوا کاملاً خشک باشد و جریان کافی

---

<sup>77</sup> - Heat Stroke

هوا برای تبخیر سریع عرق از سطح بدن وجود داشته باشد، انسان میتواند درجه حرارت  $55^{\circ}\text{C}$  ( $130^{\circ}\text{F}$ ) را برای چند ساعت بدون بروز اثرات نامطلوب تحمل کند. از طرف دیگر هرگاه هوا 100 فیصد از بخار آب اشباع باشد و تبخیر نتواند انجام شود و یا هرگاه بدن در آب باشد در صورتیکه درجه حرارت محیط در حدود  $35^{\circ}\text{C}$  بالاتر باشد، حرارت شروع به بالا رفتن مینماید. اگر شخص کار عضلاتی سنگین انجام دهد این درجه حرارت بحرانی به  $32^{\circ}\text{C}$  تا  $30^{\circ}\text{C}$  سقوط می نماید. هنگامیکه درجه حرارت بدن یکدرجه از حرارت بحرانی بالا رفته وارد محدوده  $41.1^{\circ}\text{C}$  تا  $42.2^{\circ}\text{C}$  میشود شخص در معرض حرارت زده گی قرار میگیرد.

شخص به گرما هم عادت کرده میتواند مثالهای زیادی چون عادت دادن سربازان برای انجام وظیفه در مناطق استوایی، عادت دادن کارگران برای انجام وظیفه در معادن طلا در آفریقای جنوبی که در حدود 35km عمیق است و درجه حرارت محیط نزدیک به درجه حرارت بدن شخص میشود و میزان رطوبت هم 100% است.

قرار گرفتن شخص در حرارت برای چندین ساعت و غیره مهمترین تغییرات فزیولوژیک را که در جریان عادت کردن بوجود می آید عبارتند از افزایش حد اکثر درجه سرعت تعریق که در جریان عادت کردن بوجود می آید عبارتند از افزایش حد اکثر درجه سرعت تعریق و گاهی تابش از دو برابر افزایش پلازما و کاهش دفع نمک در عرق و ادرار...

7- 15 سرما زده گی

شخصیکه برای 20 تا 30 ثانیه در آب یخ قرار گیرد معمولاً به علت توقف قلب میمیرد. مگر اینکه عاجل تداوی شود. در اینحالت درجه حرارت داخلی بدن در حدود  $25^{\circ}\text{C}$  میرسد. هنگامیکه درجه حرارت بدن به کمتر از  $29.50^{\circ}\text{C}$  میرسد، توانایی هایپوتلموس برای تنظیم درجه حرارت بدن کاملاً از بین میرود. وقتی درجه حرارت بدن از حدود  $34.50^{\circ}\text{C}$  کمتر شد توانایی هایپوتلموس برای تنظیم درجه حرارت شدیداً مختل میشود. میکانیزم های کنترل حرارت سیستم عصبی تضعیف گردیده و از بروز لرزیدن جلوگیری می کند. هنگامیکه بدن انسان در معرض درجه حرارت های پایین قرار میگیرد قسمت های از سطح بدن ممکن است عملاً یخ بزند. این عملیه را سرمازده گی میگویند. سرمازده گی بیشتر در نرمه گوش، انگشتان دست و پا بوجود می آید. آسیب های سرمازده گی ممکن است در گردش خونی و انساج موضعی بوجود آید. اغلباً بعداز آب شدن یخ ها کانگرین بوجود می آید و نواحی یخ زده از بین میرود (5، 14 و 17)

### مسایل

1- ظرفی به طول 300Cm، عرض 150Cm و ارتفاع 3Cm پر از آب  $0^{\circ}\text{C}$  است. اگر این ظرف در اثر سرد شدن به یخ  $10^{\circ}\text{C}$ - تبدیل شود، در اثر این

تغییر حالت و درجه حرارت، چقدر حرارت از دست میدهد؟ هر سانتی متر مکعب آب، یک گرم کتله دارد و حرارت مخفی ذوب یخ  $800\text{Cal/g}$  و مخصوصه آن  $0.5\text{Cal/g}^{\circ}\text{C}$  است.

2- یک قطعه آهن به کتله  $200\text{g}$  و درجه حرارت  $80^{\circ}\text{C}$  را در ظرفی که دارای  $1000\text{g}$  آب  $0^{\circ}\text{C}$  است قرار میدهیم. حداقل کتله یخ  $0^{\circ}\text{C}$  را بیابید که اگر در ظرف آب قرار دهیم درجه حرارت  $0^{\circ}\text{C}$  تغییر نکند؟ ظرفیت حرارت مخصوصه آهن  $0.112\text{Cal/g}^{\circ}\text{C}$  است.

3- یک گرم بخار آب  $100^{\circ}\text{C}$  را در کالوری متریکه حاوی  $100\text{g}$  یخ  $0^{\circ}\text{C}$  است وارد میکنیم. چه مقدار از یخ ذوب میگردد؟

4- منقل برقی به مدت 20 دقیقه، مقدار معینی از یک مایع را از درجه حرارت  $0^{\circ}\text{C}$  به  $100^{\circ}\text{C}$  میرساند. اگر این منقل به همان اندازه حرارت دهی، تمام مایع را از درجه حرارت  $100^{\circ}\text{C}$  تبخیر کند، حرارت تبخیر چند است؟ ظرفیت حرارت مخصوصه مایع  $0.5\text{Cal/g}^{\circ}\text{C}$  است.

5- چه مقدار حرارت لازم است تا یک کیلو گرم یخ  $20^{\circ}\text{C}$ - را به بخار آب  $100^{\circ}\text{C}$  برساند؟

ظرفیت حرارت مخصوصه یخ  $0.5\text{Cal/g}^{\circ}\text{C}$ ، حرارت مخفی ذوب یخ  $80\text{Cal/g}$  و حرارت مخفی تبخیر آب  $540\text{Cal/g}$  است.

6- 30 گرم آبیکه درجه حرارت آن  $40^{\circ}\text{C}$  است با 30 گرم یخ  $0^{\circ}\text{C}$  مخلوط شده است معلوم کنید که پس از ایجاد تعادل چه مقدار یخ باقی می ماند؟



- 7- یک لیتر آب  $30^{\circ}\text{C}$  با یک مقدار یخ  $0^{\circ}\text{C}$  مخلوط شده است. اگر حرارت ذوب یخ  $80\text{Cal}$  و درجه حرارت تعادل  $80^{\circ}\text{C}$  باشد. مقدار یخ چند است؟
- 8- چند گرم آب  $36^{\circ}\text{C}$  با  $34$  گرم یخ  $0^{\circ}\text{C}$  مخلوط گردد تا تمام یخ ذوب شود؟ (حرارت ذوب یخ  $80\text{Cal}$  است).
- 9-  $500$  گرم آب که درجه حرارت آن  $40^{\circ}\text{C}$  است با  $125$  گرم یخ  $0^{\circ}\text{C}$  مخلوط میشود. درجه حرارت تعادل  $16^{\circ}\text{C}$  میباشد. حرارت ذوبان یخ چند است؟
- 10- چه مقدار حرارت لازم است تا  $500$  گرم آب  $0^{\circ}\text{C}$  به بخار آب  $100^{\circ}\text{C}$  تبدیل گردد و هم برای تبدیل کردن  $500$  گرم یخ  $0^{\circ}\text{C}$  به بخار آب  $100^{\circ}\text{C}$  چه مقدار حرارت لازم است؟
- (حرارت تبخیر آب  $540\text{Cal}$  و حرارت ذوبان یخ  $80\text{Cal}$  است).
- 11- با استفاده از یک آبگرمی برقی در مدت  $15$  دقیقه مقدار معین آب از  $0^{\circ}\text{C}$  به جوش میرسد. اگر با همین منبع مدت یک ساعت و بیست دقیقه دیگر برای تبخیر آن لازم باشد، حرارت مخفی تبخیر آب چند است؟

## فصل هشتم قوانین ترمودینامیک

### 1-8 تعریف ترمودینامیک

ترمودینامیک شاخه ای از علم فزیک است که مطالعه تأثیر متقابل حرارت و کار را در یک سیستم با محیط ماحولش می‌باشد (9). یا به عبارت دیگر علم است که از روابط میان حوادث حرارتی و حوادث میخانیکی بحث می‌کند. همچنان گفته می‌توانیم که ترمودینامیک از برقراری روابط کمی و مقداری حرارت و اشکال انرژی، بخصوص انرژی میخانیکی بحث می‌نماید. (11-12-23)

اگر یک دستگاه یا سیستم کار انجام دهد، انرژی آن کم می‌شود و انرژی محیط افزایش می‌یابد. در چنین حالتی انرژی از دستگاه به محیط ماحول منتقل می‌شود.

تغییرات انرژی مساوی است به مقدار حرارتی که به دستگاه، داده می‌شود. اینگونه تغییرات به اساس قوانین ترمودینامیک توضیح می‌گردد(4).

### (2-8) اصطلاحات ترمودینامیکی

در توضیح پدیده‌های ترمودینامیکی اصطلاحات ذیل شامل است.

1- سیستم

سیستم به یک مقدار مشخص ماده اطلاق میشود که توسط یک سطح حدی محدود شده باشد. یا به عبارت دیگر جسم ویا مجموعه اجسامی با کتله معین و محدود در یک محیط یا فضا بنام سیستم یاد میگردد (16.9). همچنان اجسامی که بصورت حقیقی وذهنی از محیط ماحول جدا و مشخص باشد سیستم نامیده میشود (17).

در بسیاری از مسایل ترمودینامیکی بیان سیستم و محیط، مقدار ماده و انرژی از سطح حدی داخل سیستم میشود ویا از آن خارج میگردد، بناءً در ترمودینامیک این اصطلاحات شامل است:

#### ➤ عملیه ایزوترمل (Isothermal process)

عملیه ایست که در آن مدت درجه حرارت ثابت باشد. مانند تغییر حالت یک جسم از حالت مایع به جامد ویا از حالت مایع به بخار.

#### ➤ عملیه ادیا باتیک ( Adiabatic process )

عملیه ایست که در آن سیستم با محیط خارج هیچگونه تبادل حرارتی ندارد، مانند انبساط و تراکم گاز در داخل استوانه ای که پستون و جدار آن از عایق پوشیده باشد.

#### ➤ عملیه ایزوبار ( Isobar process )

عملیه است که در آن مدت فشار ثابت باقی میماند. مثلاً یک مقدار گاز که در تحت فشار ثابت درجه حرارت و حجم آن افزایش یابد.

#### ➤ عملیه ایزوکور ( Isometric process )

عملیه ایست که در آن مدت حجم ثابت باشد . مثلاً در بین استوانه اگر گاز حرارت داده شود در صورتیکه حجم آن ثابت بماند ، فشار افزایش می یابد. ➤ عملیه پولی تراپیک ( polytropic process )  
عملیه است که در آن مدت تمام خواص گاز تغییر کند. (9.13.34)

### 3-8 تحول یا انتقال

زمانیکه متغیر های ترمودینامیکی یک سیستم تغییر کند گفته میشود، که سیستم در حال تحول یا انتقال است. عملیه تحول سه نوع است.

#### 1- تحول رجعی (Reversible)

تمام حوادث میخانیکی، برقی و مقناطیسی که در آن ها بصورت ایدیاال اختلاف درجه حرارت ظاهر نگردد ، حوادث رجعی نامیده می شود. بدین معنی که اینگونه حرارت خود بخودی بدون تاثیر کدام قوه خارجی مسیر اولی خود را معکوساً پیموده وبه حالت اولی خود برگشته می تواند (13-9)

سیستم های زیر در توضیح پدیده های ترمودینامیکی بکار برده میشود.

الف : سیستم بسته

سیستم های که به محیط خارج هیچگونه تبادل ماده و انرژی نداشته باشد سیستم بسته نامیده میشود.

ب: سیستم ترمودینامیکی مجزا (عایق)

در صورتیکه بین سیستم و محیط هیچگونه تبادل ماده و انرژی امکان پذیر نباشد و کاملاً از محیط ماحول جدا باشد بنام سیستم ترمودینامیکی مجزا (عایق) یاد میگردد.

در سیستم های مجزا هیچگونه کار انجام نمی شود.

ج- سیستم باز

سیستم های که با محیط خارج (ماحول) تبادل ماده و انرژی داشته باشد بنام سیستم باز یاد میشود (13،23).

2- حالت سیستم

حالت سیستم عبارت از وضع و چگونگی سیستم است که تا اندازه ای به طبیعت آن بستگی داشته و در یک لحظه معین خواص آن سیستم مشخص شده میتواند. مثلاً حالت یک مقدار گاز در استوانه را میتوان با تعیین فشار، حجم، درجه حرارت و وزن مخصوصه و کتله آن مشخص کرد ولی برای تشخیص حالت بعضی سیستم های دیگر ممکن لازم شود که مقادیر کمیت های دیگر فیزیکی مانند مقاومت برقی، چارچ برقی، غلظت، ضریب انکسار، لزوجیت، ضریب دی الکتریک و غیره را مشخص و معلوم نمایم. کمیاتی که مقدار آن وسیله تشخیص حالت یک سیستم میشود بنام متغیرهای ترمودینامیکی سیستم یاد میشود. (13و16)

3- تعادل ترمودینامیکی

اگر حالت ترمودینامیکی یک سیستم نظر به زمان تغییر نه نماید در اینصورت گفته میشود که سیستم در حالت تعادل ترمودینامیکی قرار دارد. در یک

سیستم در حالت تعادل ترمودینامیکی مقادیر کمیات در تمام نقاط آن یک چیز می‌باشد. اگر سیستم متجانس نباشد، مثلاً سیستمی شامل بخار و مایع آن، این سیستم زمانی در حال تعادل می‌آید که فشار و درجه حرارت تمام سیستم یکسان بوده کثافت مایع در تمام نقاط مایع و کثافت بخار در تمام قسمت بخار یکسان باشد.

#### 4- فاز (phase)

اگر یک سیستم متجانس در حال توازن باشد درینصورت گفته میشود که کمیات فیزیکی سیستم در تمام نقاط یکسان است. چنین سیستم متجانس شامل یک فاز است. فاز مجموع از یک قسمت متجانس یک سیستم است که دارای خواص یکسان بوده و در یک سطح جدایی قرار میگیرد. بطور مثال آب مایع دارای یک فاز است. همچنان سیستم بسته ای آب مایع و بخار آن که در حال تعادل باشد و حالت آن نظر به زمان تغییر نه نماید، چون سیستم متجانس نیست زیرا بخار آب نسبت آب مایع دارای کثافت یکسان نمی باشد بناً سیستم شامل دو فاز می‌باشد.

#### 5- عملیه (process)

تعادل یک سیستم ترمودینامیکی را زمانی میتوان تغییر داد که از خارج به آن سیستم کدام انرژی وارد شود. مثلاً قوه خارجی سبب تغییر حجم و فشار گردد و یا از سطح حدی به سیستم انرژی افزودیا کاهش داده شود. چنین حادثه و عملی که بتواند باعث تغییر حالت سیستم شود پروسس یا عملیه نامیده می شود. به عبارت دیگر عملیه یا پروسس عبارت از تغییراتی است که در

سیستم مد نظر گرفته میشود. و یا طریقه ای که توسط آن در مسیر تغییر حالت توضیح میگردد بنام عملیه یاد میشود. مانند دادن و گرفتن حرارت ، دادن و گرفتن کار، فشردن و یا منسبط ساختن گاز.

6- عملیه های که در ترمودینامیک مستعمل اند قرار ذیل است

### 1- تحول رجعی (Reversible)

➤ تحولی را مینامند که در آن سیستم عملیه ای را که انجام داده است ، دوباره عکس آنرا انجام دهد . یعنی عکس مسیری که در مرتبه اول طی کرده است دوباره طی نماید . تحول رجعی یک تحول ایدیال است.

و یا به عبارت دیگر، اگر بالای یک سیستم یک عملیه اجرا شود که بعد از یک عده تغییر و تحول حالت بدون اینکه در محیط مجاور خود اثری باقی بگذارد دوباره بحالت اولی بر گردد، اینگونه عملیه را رجعی مینامند.

➤ در تحول رجعی تمام حوادث خود به خودی تنها در یک جهت اجرا میگردد.

➤ در تمام عملیه های غیر رجعی یک کارناپدید گردیده . به عوض آن درجه حرارت بلند میرود.

➤ در یک سیستم بسته عملیه های رجعی به تغییر حالت سیستم های ساکن می انجامد. (19,26,32)

### 2- تحول غیر رجعی (irreversible)

اگر سیستم بعد از اینکه کدام عملیه بالای آن اجرا شد دوباره حالت اولی خود را اختیار نه نماید اینگونه تحول را غیر رجعی می نامند.

### 3- تحول بسته :

هرگاه ماده تحت تاثیراتی مانند تغییر فشار، تغییر حجم و تغییر درجه حرارت مراحل را طی کند و بلاخره به مرحله مشابه به مرحله آغاز برسد گفته میشود که پروسه بسته را پیموده است. اینگونه تحول را تحول بسته می نامند. (15 و 33).

### 4-8 انرژی ، حرارت و کار

در ترمودینامیک ارتباط متقابل و عمده بین مفاهیم انرژی ، حرارت و کار موجود است.

#### ➤ انرژی

انرژی عبارت از ظرفیت یا استعداد کار کردن میباشد. از جمله اشکال انرژی ، آنچه برای توضیح مشخصات پروسه ها دارای بیشترین اهمیت است، انرژی داخلی سیستم می باشد. هر سیستم بدون در نظر داشت موقعیت آن، دارای مقدار معین انرژی است. انرژی داخلی سیستم از انرژی حرکی مالیکول ها، اتمها حرکت هسته و الکترون در آنها و مالیکول ها واز انرژی که از عمل متقابل بین مالیکول ها بوجود می آید معین میگردد.



انرژی داخلی سیستم مربوط به طبیعت مواد تشکیل دهنده سیستم، کتله مواد تشکیل دهنده و شرایط خارجی میباشد. تعیین مطلق انرژی داخلی سیستم امکان نداشته با استفاده از تجارب میتوان تغییر انرژی داخلی یک سیستم را از یک حالت به حالت دیگر تعیین نمود. اگر انرژی داخلی سیستم در حالت (1) را  $U_1$  و در حالت (2) را  $U_2$  بنامیم. این تغییر انرژی داخلی سیستم در جریان انتقال سیستم از حالت (1) به (2) را میتوان چنین نوشت.

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad (1-8)$$

$\Delta U$  جهت توضیح تفاوت انرژی در سیستم بکار میرود که در نتیجه تفاضل اندازه انرژی حالت اولی سیستم و حالت نهائی حاصل میشود. تغییرات انرژی داخلی سیستم در هر پروسه ارتباط به مسیر پروسه نداشته بلکه بستگی به حالت اولی و نهائی دارد. سپس انرژی داخلی سیستم تابع حالت سیستم میباشد.

با تفاوت انرژی داخلی، حرارت و کار تابع حالت سیستم نمی باشد زیرا حرارت و کار اشکال انتقال انرژی اند. بناءً حرارت و کار تنها به مسیر جریان سیستم ارتباط دارد نه به حالت سیستم.

➤ حرارت

حرارت عبارت از شکل تغییری (انتقالی) انرژی بوده که بصورت مستقیم در اثر تماس مالیکول های یک جسم با هم دیگر انتقال میآید. این تبادل انرژی از یک جسم به جسم دیگر متفاوت است.

اگر یک جسم با محیط، ماحول تبادل انرژی نماید در صورتیکه سیستم انرژی بگیرد با علامه (-) و اگر انرژی بدهد (+) نشان داده میشود. مثلاً اگر سیستم انرژی را به شکل حرارت بگیرد (-Q) و اگر بدهد در اینصورت (+Q) است.

➤ کار

کار شکل تغییر یافته انرژی از یک سیستم به سیستم دیگر میباشد. بطور مثال گاز منبسط شده در سلندر حادی پستون باعث انقباض فنر شده بدین اساس یک قسمت انرژی را به آن انتقال میدهد.

کار به اشکال مختلف انجام می گیرد، مانند کار میخانیکی، کار برقی، کار مغناطیسی و غیره. در میخانیک دیدیم که اگر به یک سیستم یک یا چند قوه خارجی وارد شود و نقطه اثر قوه های فوق تغییر محل دهد گفته میشود که به سیستم کار میخانیکی انجام داده شده است. اگر تغییر مکان را  $dx$  و قوه عامل را  $F$  بنامیم مقدار کار  $W$  مساویست به:

$$W = F \cdot dx \quad \dots \quad (2-8)$$

اگر زاویه بین قوه موثر و جهت تغییر مکان را  $\phi$  بنامیم داریم که

$$W = F \cdot \cos\phi \cdot dx \quad (3-8)$$

در بسیاری مسایل ترمودینامیک، کار به تغییر حجم بستگی دارد که این رابطه را میتوان طور ذیل دریافت. استوانه ای را در نظر میگیریم که در آن مقداری گاز موجود بود و این استوانه عادی یک پستون متحرک میباشد. اگر فشار گاز را  $p$  و مساحت سطح پستون را  $S$  بنامیم، طبق شکل (a) گاز قوه ای مساوی به

$$F = P.S$$

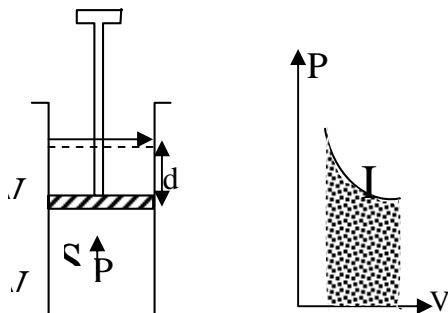
بالای پستون وارد مینماید. هر گاه پستون به اندازه  $dx$  تغییر مکان کند کار حاصل شده مساویست به

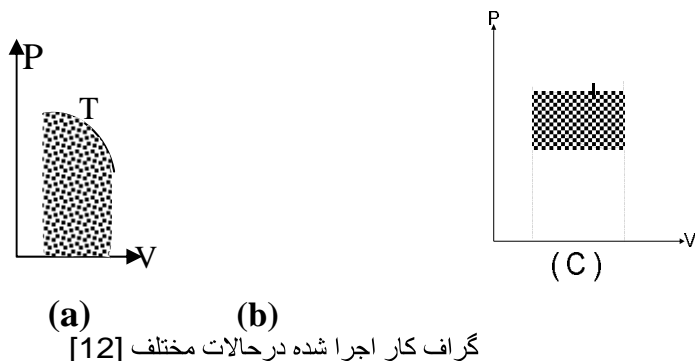
$$dw = F.dx$$
$$dw = p.s.dx \quad \dots (4-8)$$

با توجه به اینکه  $sdx = dv$  است. رابط (3-8) را میتوانیم بنویسیم

$$dw = p.dv$$
$$W = \int_{v_2}^{v_1} p.dv \quad (5-8)$$

رابطه (5-8) بیان میدارد که حجم گاز از  $v_1$  به  $v_2$  رسیده است. با در نظر داشت تغییرات فشار و حجم طبق شکل (1-8) مقدار کار را میتوان توسط گرافهای شکل (a,b,c) نشان داد.





در شکل a (1-8) گاز منبسط میگردد در اینصورت  $w > 0$  است و مقدار آن مساوی به مساحت سطح زیر گراف I است .

در صورتیکه گاز متراکم گردد کار منفی  $w < 0$  مییاشد و مقدار آن مساویست به مساحت سطح زیر گراف II . طبق گراف شکل (b)

در گراف شکل c (1 - 8) گرافهای I و II یکجا نشان داده شده اند، طوریکه گاز پس از یک سلسله تعاملات دوباره بحالت اولیه بر میگردد. این نوع تعامل که توسط شکل بسته نشان داده شده بنام دوره یا (cycle) یاد میگردد. مساحتیکه در بین این سطح بسته محصور است مساوی به اختلاف مساحت سطح گراف I و II است که مقدار کار با قیمانده مییاشد. در یک دوره بسته مقدار کار به جهت تحول مربوط است. اگر جهت تحول یا تغییر مکان هم جهت حرکت عقرب ساعت باشد کار مثبت و عکس آن منفی است. بناءً گفته می توانیم که کار مربوط مسیر طی شده مییاشد (12, 19, 25) (

## 8-5 قانون اول ترمودینامیک

اصل بقای انرژی، قانون اصل طبیعت است. به اساس این قانون انرژی از هیچ به وجود نمی آید و بدون هیچ فنا نمی شود. مامیدانیم که طبق قانون بقای انرژی، در یک سیستم بسته مجموع انرژی حرکتی و انرژی پوتنسیل ثابت است یعنی

$$dE_k + dE_p = 0 \dots (8-8)$$

شکل تفاضلی قانون فوق چنین افاده میگردد. اگر در یک سیستم انرژی حرکتی به اندازه  $dE_k$  تغییر بخورد باید به  $E_p$  آن تغییر مساوی به انرژی حرکتی اما با اشاره مخالف رو نما گردد. اگر این تغییر انرژی را  $dE_p$  بنامیم نوشته میتوانیم.

$$E_k + E_p = \text{CONT} \dots (9-8)$$

اگر در سیستم مذکور تاثیرات حرارت موجود باشد در اینصورت رابطه فوق صادق نیست. مشابه به قانون بقای انرژی، قانون بقای حرارت نیز موجود است که به اساس آن در اثر تبادل حرارت بین اجسام، حرارت ناپدید نمیگردد. این قانون بیان مینماید که مقدار حرارت مجموع در یک سیستم بسته در اثر تبادل حرارت بدون تغییر باقی میماند.

قانون اول ترمودینامیک از قانون بقای انرژی منشأ یافته و یک شکل توحید شده قانون بقای انرژی میخانیکی و قانون بقای حرارت است.

هر سیستم بسته ترمودینامیکی دارای مقدار ثابت انرژی است که به نام انرژی داخلی سیستم یاد میشود.

اگر انرژی داخلی سیستم را به  $U$  نشان بدهیم این انرژی زمانی تغییر میکند که به سیستم از خارج انرژی اضافه و یا از سیستم انرژی گرفته شود. انرژی داخلی

یک سیستم مجموع تمام انرژی های است که در سیستم به شکل انرژی میخانیکی، برقی، کیمیاوی و غیره موجود باشد. اگر به سیستم حرارت بدهیم انرژی حرکی آن افزایش می یابد و یک افزایش در انرژی داخلی رخ میدهد. اگر سیستم سرد ساخته شود، در حقیقت از آن یک مقدار حرارت اخذ میکنیم. در نتیجه از انرژی داخلی آن کاسته میشود. تبادل انرژی یک سیستم بسته با محیط بدو جز تقسیم میگردد، که یک جزء آن حرارت و جزء دیگر آن کار است. تجارب عملی نشان میدهد که در اثر انجام کار انواع حرارت تولید میشود. اگر به یک سیستم انرژی بصورت کار داده شود، دوباره بصورت کار اخذ میشود. بنابراین انرژی نه محو میشود و نه ایجاد، بلکه از یک شکل به شکل دیگر تبدیل میگردد. مجموع الجبری انرژی که در سیستم به کار برده میشود باعث تغییر انرژی داخلی آن سیستم میگردد. پس تغییرات انرژی داخلی یک سیستم مساوی به مجموع انرژی، مقدار حرارت داده شده و کار گرفته شده میباشد.

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W \dots (10-8)$$

به صورت تفاضلی معادله (8-9) چنین نوشته میشود:

$$dU = dQ + dw \dots (11-8)$$

رابطه (8-11) قانون اول ترمودینامیک را بیان مینماید.

از این قانون نتایج مهم ذیل بدست می آید.

➤ از یک سیستم هیچگاه نمیتوان بیشتر از مقداری انرژی که به آن

افزوده شده است کار بدست آورد.

همه انواع انرژی یک چیز است و برای تبدیل کردن آن بیکدیگر روابط مشخص ریاضی باید موجود باشد (10,12,23,27,25)

## 6-8 نتایج قانون اول ترمودینامیک

تحقیقات دانشمندان در مورد ترمودینامیک به نتایج ذیل انجامید.

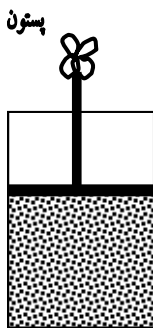
➤ یکی از کارهای پر تلاش مخترعان در طی چند قرن آن بود که ماشینی اختراع کنند که بدون دریافت انرژی بتواند کار انجام دهد. اما این قانون این امکان را از بین برد و مشخص شد که غیر ممکن است موتوری ساخته شود که دائمی باشد و بدون دریافت انرژی پیوست کار کند (10).

➤ مقدار کل انرژی داخلی هر سیستم به وضعیت ابتدائی و انتهایی جسم مربوط است به نوع تبدلات بستگی ندارد. (4,10,11,14)

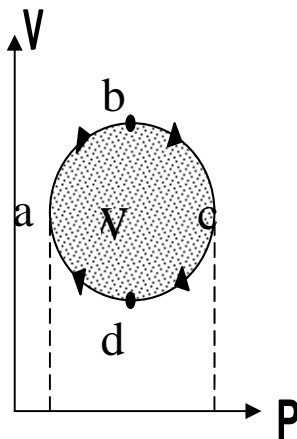
## 8 - 7 شکل کارنو

هرگاه سیستمی را در نظر بگیریم. مثلاً یک گاز حقیقی (میتواند دیگر مواد هم باشد) که در داخل استوانه ای با پستون در حال تعادل است. با استفاده از این امکانات خود برای ایجاد تغییر در محیط این سیستم میتوانیم طور دلخواه عملیه های متنوعی را انجام دهیم، میتوانیم گاز را منبسط یا متراکم سازیم طبق شکل (8 - 2) و یا میتوانیم انرژی به آن اضافه و کم نمایم، هکذا میتوانیم این عملیه و عملیه های دیگر را بطور رجعی و غیر رجعی طوری انجام دهیم که سیستم به حالت تعادل اولیه اش باز گردد. چنین مجموعه ای از عملیه ها را

سکل (Cycle) می نامند. اگر عملیه رجعی باشد، سکل رجعی نامیده میشود. یک سکل وقتی رجعی گفته میشود که تمام عملیه های آن رجعی باشد. یکی از مهمترین سکل های رجعی برای بار اول توسط سدی کارنو<sup>78</sup> در سال 1824 معرفی شد، که به نام سکل کارنو یاد میگردد [4، 1] هم چنان سکل رجعی توسط شکل (8، 3) نشان داده شده.



شکل (2-8) سیستمی از گاز داخل پستون



(3-8) گراف p به تابع v دریک سکل رجعی [3]



در گراف شکل (8-3) در طول منحنی abc سیستم متراکم شده و اینحالت از اثر انبساط مییابد. در طول منحنی مسیر cda سیستم متراکم و سطح تحتانی منحنی که نشان دهنده ای کاری است سیستم که تراکم را انجام میدهد مییابد.

## 8-8 انتروپی<sup>79</sup>

انتروپی که برای اولین بار توسط سدی کارنو مطرح شد خاصیتی است که به حالت سیستم بستگی دارد. انتروپی از کلمه یونانی (EN) بمعنی داخلی (Tropy) به معنی گرداندن و تبدیل کردن گرفته شده است (8).

انتروپی میزان نظم و بی منظمی تبدیل های حرارتی را گویند (19، 32). لذا هر سیستم تمایل دارد از حالتی با نظم بیشتر به حالت نظم کمتر تغییر نماید. لذا انتروپی را میتوان مقیاس بی منظمی حرکت مالیکول ها دانست (19).

انتروپی تغییری از بی منظمی داخلی سیستم است. مقداری انرژی غیر قابل استفاده در یک سیستم ترمودینامیکی بنام انتروپی یاد میشود. وقتی که یک سیستم سرد گردد انتروپی آن تقلیل می یابد و همزمان به آن به سیستم نظم حاکم میشود. کمیتی که اندازه گیری آن ظرفیت انجام کار مفید را میسر میسازد بنام تغییر انتروپی یاد میشود. یعنی اگر انتروپی را به S نشان دهیم نوشته میتوانیم.

$$ds = \frac{dQ}{T}$$

واحد انتروپی  $J/K$  و یا  $Cal/K$  مییابد.

<sup>79</sup> - Entropy

انتقال سیستم از نظم کمتر به حالتی با نظم بیشتر ارتباط به کاهش انتروپی دارد و عکس آن در صورت انتقال یک سیستم از حالت با نظم بیشتر به حال به نظم کمتر انتروپی زیاد می‌گردد (31,16,9,3)

## 8-9 انتلیپی<sup>80</sup>

انتلیپی عبارت از مجموعه انرژی داخلی و خارجی سیستم است. یا به عبارت دیگر مجموع انرژی داخلی جمع حاصل ضرب فشار و حجم ای که توسط محیط مجاور در سیستم تولید میشود. انتلیپی از جمله توابع ترمودینامیکی بوده وابسته به حالت سیستم و مشخص کننده سیستم است. اکثریت تعاملات کمیابی در فشار ثابت (اتمفسیر) انجام میشود. در همچو شرایط در سیستم تغییر حجم رخ میدهد. اگر تغییرات حجم جسم از حالت 1 به حالت 2 باشد.

$$\Delta V = V_2 - V_1 \quad \text{طوری که}$$

اگر افزایش که در تعامل رخ میدهد  $\Delta V$  و فشار به  $P$  ارایه گردد، در این صورت کار انجام شده مساویست به

$$W = P\Delta V$$

با گذاشتن قیمت  $W$  در رابطه (8-10) داریم که

---

<sup>80</sup> Enthalpy

$$Q_8 = \Delta u + p\Delta v \dots (12-8)$$

Q<sub>8</sub> انرژی حرارتی پروسه در فشار ثابت است. از این پروسه بر می آید که حرارت جهت تغییر انرژی داخلی سیستم و کار انبساطی به مصرف میرسد. چون تغییرات انرژی داخلی مساویست به

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

پس معادله (12-8) را چنین می نویسم.

$$Q_p = U_2 - U_1 + P(V_2 - V_1)$$

$$Q_p = U_2 - U_1 + PV_2 - PV_1$$

$$Q_p = (U_1 + PV_1) - (U_2 + PV_2)$$

هرگاه

$$H=U+PV \dots\dots(13-8)$$

باشد. H انتالپی یاد میشود واحد آن J است (25.8.2).

## 8-10 ثمره علمی و صنعتی ماشین ها

در ماشین های حرارتی مواد مختلف قابل سوخت می سوزد و در یک مدت معین مقدار حرارت برابر به Q به مصرف میرسد. ماشین نمیتواند تمام این حرارت را بکار تبدیل نماید و فقط، قسمتی کوچکی از آن به کار W بصورت ثمره میخانیکی کار تبدیل میشود.

بدین معنی که ثمره کار یک ماشین حرارتی عبارت از نسبت کار اجرا شده از ماشین ( $W$ ) به مقدار انرژی که از سوختن کامل مواد سوخت ( $Q$ ) حاصل شده است می باشد.

اگر ثمره ماشین را به  $\eta$  نشان بدهیم پس نوشته می توانیم که

$$\eta = \frac{W}{Q} \dots (8 - 14)$$

ثمره ماشین ها بسیار کوچک است. طور مثال در ماشین بخار قسمت عمده حرارت از مواد سوخت بطریق مختلف از بین می رود و فقط حرارت برابر به  $Q_1$  صرف تبخیر آن میشود. از این مقدار حرارت بخار آب، کاری برابر به  $W$  انجام میدهد و باقی آن حرارت  $Q_2$  به محیط ماحول ضایع می گردد. بر حسب تعریف ثمره علمی، حرارت حاصله عبارت از خارج قسمت کار اجرا شده توسط پستون ماشین بخار، به مقدار حرارتی که صرف تبخیر آب بدرجه حرارت دیگ گردیده است. یعنی

$$\eta = \frac{W_1}{Q_1}$$

$$W_1 = Q_1 - Q_2$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \dots (8 - 15)$$

ثمره اعظمی علمی: کارنو پس از مطالعه بالای ماشین های حرارتی به این نتیجه رسید که ثمره اعظمی علمی یک ماشین حرارتی بستگی به عامل تبدیل ندارد و

فقط بدرجه حرارت مطلق منبع گرم و سرد بستگی دارد. مقدار آن از رابطه ذیل بدست می آید.

$$\eta \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\eta \leq 1 - \frac{T_2}{T_1} \dots (16-8)$$

از روابط (15-8) و (16-8) در صورت ، پروسه غیر رجعی میتوان نوشت.

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$Q_2 = Q_1 \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1}$$

هیچ ماشینی وجود ندارد که ثمره آن ( $\eta$ ) بزرگتر از ثمره کارنو باشد. بصورت عموم برای یک پروسه کیفی بسته همراه با ماده کار کیفی و منابع حرارتی کوچک فارمول ذیل صدق می کند.

$$\sum \frac{Q}{T} = 0 \dots (17-8)$$

برای تمام پروسه های بسته نوشته میتوانیم:

$$\int \frac{Q}{T} - 0 \dots (18-8)$$

$$\int d\frac{Q}{T} \leq 0 \dots (19-8)$$

$$\int d\frac{Q}{T} \leq 0 \dots (20-8)$$

رابطه (8-20) بنام نامساوی کلاسیوس<sup>81</sup> یاد میشود (4,10,23)

## 8-11 قانون دوم ترمودینامیک

قانون اول ترمودینامیک مفکوره ای بقای انرژی را بیان میکند و قابل استفاده برای محاسبات کمی تغییرات حالت یک سیستم ناشی از فعل و انفعالات میان سیستم و محیط اطرافش دارد، اما در مورد مسیر پیشرفت یک عملیه توضیحی نمیدهد. یعنی مشاهدات فزیک ذیل توضیح نمیشود.

➤ یک گیلان چای داغ تا درجه حرارت اتاق سرد میشود، هیچگاه خود به خود حالت اولی (داغ) برنمیگردد.

➤ هیچگاه مالیکول های عطر منتشر شده دوباره به داخل بوتل سرکشاده عطر جمع نمیشود.

➤ مخلوط آب و نمک که تشکیل یک محلول میدهند، بدون اعمال قوه خارجی امکان جدا شدن آنها نیست.

این مشاهدات که بطور غیر مستقیم از عملیه های طبیعی سرچشمه میگیرند توسط قانون دوم ترمودینامیک فارمول بندی میگردد (9,11,14)

---

<sup>81</sup> Clausius

نمی‌توان ماشینی ساخت که با یک منبع حرارتی کار کند، بلکه باید ماشینی از منبع حرارت اخذ کند و قسمتی از حرارت را به منبع سرد بدهد تا تفاوت دو مقدار حرارت بصورت کار ظاهر شود.

کلاسیوس در مورد چنین ارائه نمود:

برای هر سیستم فعال انتقال حرارت از سیستمی به حرارت پایین به سیستمی به حرارت بالا بدون اعمال قوه خارجی غیر ممکن است.

کلوین و پلانک قانون دوم ترمودینامیک را به این عبارت بیان نمودند:

هر تبدیلی که نتیجه نهایی آن این باشد که حرارت از یک منبع با حرارت مساوی اش بگیرد و بکار تبدیل کند غیر ممکن است.

قانون دوم ترمودینامیک تعمیمی مبنی بر تجربه است و مؤید آن است که ساختن اسبابی امکان ندارد که بدون اخذ انرژی کار کند (20,16,11)

یا به عبارت دیگر قانون دوم ترمودینامیک امکان جریان یافتن انرژی حرارتی را از جسم سرد به جسم گرم رد می‌کند. بنابراین جهت انتقال حرارت را تعیین می‌کند که این جهت (مسیر) فقط، با صرف کار میتواند معکوس شود.

ماشین های حرارتی اولیه ثمره بسیار کمی داشتند، تنها یک قسمت کمی از حرارت گرفته شده از منبعی بدرجه حرارت بالاتر میتوانست بکار تبدیل شود. حتی پس از تکامل و طراحی فنی ماشین ها بازهم قسمتی قابل ملاحظه ای از حرارت توسط تیوب بدرجه حرارت پایین تر خارج می شد و به انرژی میخانیکی تبدیل نمی شد.

یکی از موارد تطبیق قانون دوم ترمودینامیک که برجستگی دارد عبارت از این است که ذخایر هوا و آب ابحار بمقصد تولید انرژی مورد استفاده قرار گرفته نمیتواند، زیرا تاحال ماشینی ساخته نشده که حرارت آب بحر را جذب نموده با استفاده از آن فعالیت نماید.

آرزوی اختراع چنین ماشینی که بتواند حرارت را از یک منبع دائمی مانند اوقیانوس حرارت بگیرد و آن را بطور کامل بکار تبدیل کند هیچگاهی عملی نشده است. اگر می شد دیگر احتیاجی نبود که با سوزاندن مواد سوخت یک منبع حرارتی با درجه حرارت بالاتر از محیط خارج تدارک ببینیم. (2,35,28)

## 8- 12 کاربرد قوانین ترمودینامیک

گفته میشود که زنده گی یک جزیره انتی انتروپیک است در یک جهان انتروپیک. در واقع عمل های انابولسم در موجودات حیه از جمله انسان، انرژی را از منبع ای میگیرند و آن را ذخیره می کنند. با وجود اینکه در این عملیه ها انرژی نیز افزایش می یابد. ولی اینگونه عمل انتی انتروپیک به عبارت دیگر عمل کتابولسم، انرژی حرارتی و افزایش انرژی تولید میکند.

تولید مالیکول های سازمان یافته <sup>82</sup> DNA و <sup>83</sup> RNA نمونه ای از انرژی منفی اند. بطور خلاصه قانون دوم بیان می کند که بی نظمی جهان همواره روبه افزایش است. اگر در برخی از قسمت های

---

<sup>82</sup> DNA (Deoxy Nucleic Acid )

<sup>83</sup> RAN (Ribo Nucleic acid )



جهان بی نظمی روبه افزایش باشد، ممکن است در قسمتی دیگری از آن این بی نظمی کاهش داشته باشد. مقدار مواد غذایی که انسان میگیرد تماماً به انرژی تبدیل نشده و یکمقدار آن صرف ضرورت بدن و انجام کار و متباقی از بدن ضایع میشود. (4، 17)

مثال: ماشین ایدآل حرارتی که به اساس سکل کارنو کارو فعالیت میکند در هر دور به اندازه 600cal حرارت از منبع گرم کننده اخذ میکند درجه حرارت منبع گرم کننده 400k بوده و حرارت سرد کننده 300k است. کاری یک دور ماشین و حرارت را که در یک دور به سرد کننده میدهد مساویست به: مقدار حرارت از منبع گرم کننده اخذ می کند

$$Q_1 = 600 \text{ cal}$$

مقدار حرارت به جسم سرد کننده داده میشود  $Q_2$

$$T_1 = 400 \text{ k} \text{ درجه حرارت منبع گرم کننده}$$

$$T_2 = 300 \text{ k} \text{ درجه حرارت سرد کننده}$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \text{ ضریب مؤثر ماشین}$$

$$\eta = \frac{400 - 300}{400} = 0,25$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta Q_1 = Q_1 - Q_2$$

$$A = Q_1 - Q_2 = \eta Q_1 \text{ کاریک دور ماشین}$$

$$A = 0,25 \cdot 600 \cdot 4,18 = 627 \text{ Joul}$$

$$Q_2 = Q_1 - A$$

$$Q_2 = 600 - 627 = 1881 \text{ Joul}$$

## مسائل

- 1- یک سیستم چه وقت در حال تعادل ترمودینامیکی قرار میگیرد؟
- 2- کدام یک از پدیده های ذیل رجعی اند.  
الف - مخلوط کردن چند نوشابه.  
ب - شکستن یک بطری خالی.  
ج - ذوب شدن یخ در بین یک گیلان چای.  
د - سوختن چوب.  
و - نوشتن این کتاب.
- 3- آیا در یک پروسه غیر رجعی کار انجام میشود؟
- 4- آیا یک پروسه رجعی را معرفی کرده میتوانید که در آن حرارت به یک سیستم افزوده شود؟
- 5- افزایش حرارت توسط یک چراغ بنزین میتواند یک پروسه رجعی باشد؟
- 6- نشان دهید که اگر جسمی به کتله  $m$  و حرارت مخصوصه  $C$  از درجه حرارت  $T_1$  به حرارت  $T_2$  گرم شود تغییر انتروپی آن  $S_2 - S_1 = mc \ln T_2 / T_1$
- 7- آیا انتروپی یک جسم در وقت سرد شدن کاهش می یابد؟ اگر کاهش می یابد انتروپی جهان چگونه است؟
- 8- در یک عملیه ادیاباتیک کار اجرا نشده مساوی به چیست؟

- 9 - قانون دوم ترمودینامیک چه بیان مینماید؟
- 10- یک انجام میله برنجی به منبع حرارت  $127^{\circ}C$  و انجام دیگر آن به  $270^{\circ}C$  به تماس است.
- الف: تغییرات انتروپی حاصل از عملیه هدایت  $1200\text{cal}$  و حرارت توسط این میله را حساب کنید؟
- ب: آیا انتروپی میله در این عملیه تغییر می نماید؟
- 11- ماشین بخاری از منبع که درجه آن  $600\text{K}$  است. مقدار  $150\text{J}$  حرارت میگیرد و پس از انجام کار باقی حرارت را به منبع سرد میدهد که درجه حرارت آن  $400\text{K}$  میباشد. چه مقدار کار انجام گردیده؟
- 12- دریک توربین بخار درجه حرارت منبع گرم  $450^{\circ}C$  و منبع سرد بدرجه حرارت  $50^{\circ}C$  است. ثمره عملی اعظمی این توربین چند است؟
- 13- معین کنید که ثمره اعظمی ماشین بخاری را که درجه حرارت منبع گرم آن  $327^{\circ}C$  و درجه حرارت منبع سرد آن  $47^{\circ}C$  باشد.
- 14-  $1.8$  کیلوگرام آب  $100^{\circ}C$  را در فشار ثابت یک اتمسفر به بخار آب  $100^{\circ}C$  تبدیل میکنیم افزایش انرژی داخلی چقدر است؟ در صورتیکه حرارت تبخیر آب  $2260\text{kg.kg}$  و کثافت آب  $1000\text{kg/m}^3$  و کثافت بخار  $0,8\text{kg/m}^3$  است؟

## فصل نهم

### استفاده از حرارت در تشخیص و تداوی

#### 9-1 آخذہ های تشخیصی حرارت و سردی

انسان ها میتوانند در جات مختلف حرارت اعم از گرمی و سردی را در حالت های خاص یعنی سردی یخ زنده تا سردی خنگ و گرمی داغ تا گرمی سوزنده درک نمایند. درجات مختلف حرارت لا اقل بوسیله سه نوع آخذہ های حسی مختلف از همدیگر تشخیص داده میشوند که عبارتند از:

➤ آخذہ های گرمی،

➤ آخذہ سردی

➤ آخذہ های درد.

که فقط بوسیله درجات فوق العاده شدید حرارت و یا سردی تحریک میگردد و بر علاوه مسؤول احساس این تغییرات حرارت در بدن نیز میباشد. آخذہ های حرارت (گرمی و سردی) بلا فاصله در زیر پوست در نقاط مشخص اما مجزا قرار گرفته اند که هر کدام دارای یک قطر تحریکی در حدود یک ملی متر هستند، در قسمت های اعظم نواحی بدن تعداد آخذہ های سردی سه تا ده برابر آخذہ های گرمی اند و تعداد آن ها متغیر بوده از 15 تا 25 نقطه و سردی در هر سانتی متر مربع و درلبها 3 تا 5 نقطه در هر سانتی متر مربع و در بعضی نواحی وسیع بدن تغییر می میکند.

تحریک آخذہ های حرارتی احساس های مختلف را تولید میکند.

مرکز تنظیم درجه حرارت بدن که در هیپوتلموس است، توسط آخذه های مربوط هنگامیکه درجه حرارت بالا و یا پائین می آید، یا از حد طبیعی گرم و یا سرد میگردد تعیین می نماید (13، 14)

## 9-2 تشخیص افزایش درجه حرارت

در سال های اخیر تجاربی انجام شده اند که در آن ها نواحی کوچکی از مغز بوسیله دستگاهی موسوم به ترمود<sup>84</sup> گرم یا سرد می شوند. ترمود دستگاهی است که بوسیله جریان برقی یا بوسیله عبور دادن آب گرم از داخل آن گرم و یا بوسیله عبور دادن آب سرد از داخل آن سرد می شود. ناحیه اصلی در مغز که در آن گرم کردن ترمود بروی کنترل درجه حرارت بدن تاثیر میکند، هسته های جلوی بصری، هیپوتلموس و قدامی هیپوتلموس است.

با استفاده از ترمود معلوم شده است که ناحیه هیپوتلموس قدامی، جلو بصری محتوی تعداد زیاد نیورون های حساس به حرارت و یک سوم نیورون های حساس به سرما است. نیورون های حساس به حرارت فریکونسی صدور پوتنشیل عمل خود را با بالا رفتن درجه حرارت بدن به میزان 2 تا 10 برابر افزایش میدهند، نیورون ها حساس بر سرما بر عکس فریکونسی صدور پوتنشیل های عمل خود را هنگامی افزایش میدهند که درجه حرارت بدن سقوط کند. میکانیزم های عمل کننده نیورون ها برای زیاد یا کم کردن درجه حرارت بدن عبارتند از:

---

<sup>84</sup> thermode

1. میکانیزم های کاهش دهنده حرارت بدن هنگامیکه بدن بسیار گرم است.

➤ کشادی رگها

تقریباً در تمام نواحی بدن رگهای خونی پوست شدیداً کشاده میشوند. این حالت ناشی از مهار مراکز سمپاتیکی هیپوتلموس خلفی است، که موجب تنگی عروق میشود. کشادی کامل رگهای خونی میتواند سرعت انتقال حرارت به پوست را تا 8 برابر افزایش دهد.

➤ تعرق

. تعرق شدیداً تحریک میشود.

تولید حرارت بوسیله میکانیزم لرزیدن صورت میگیرد.

2. میکانیزم های افزایش دهنده درجه حرارت.

هنگامیکه بدن سرد میشود سیستم کنترل حرارت عکس العمل کاملاً مخالفی را بوجود می آورد که عبارتند از.

➤ تنگی رگهای پوست در سر تا سر بدن

➤ راست شدن موها که تحریک سیمپاتیکی موجب انقباض عضلات راست کننده موها میشود.

➤ افزایش دادن تولید حرارت. تولید حرارت بوسیله سیمپاتیکی ، ترشح

تیروکسین (14 ، 22)

### 9-3 استفاده از حرارت در تشخیص

یکی از فعالیت های دفاعی بدن در مقابل مریضی بلند رفتن درجه حرارت آن است، که دو حالت بالا رفتن و پائین آمدن درجه حرارت نشانه مریضی می باشد. درجه حرارت بروی اندازه گیری مقدار گازات خون (اکسیجن و کاربن دای اکساید) شخص اثر می گذارد، که باید به درجه حرارت نورمال بدن تصحیح شود. درجه حرارت پوست از درجه حرارت معمولی اتاق بیشتر است. درجه حرارت بلند بدن شخص از حد نورمال نشانه موجودیت محراق عفونی جدی در بدن میباشد. اگر درجه حرارت بدن خیلی زیاد از حد نارمل بالا برود، ممکن است برای شخص خطر ناک باشد. درجه حرارت پائین نیز میتواند نشانه مریضی باشد.

درجه حرارت پوست از درجه حرارت داخل بدن کمتر و از درجه حرارت عادی اتاق بیشتر است. بنابراین میتوان مقدار تابش اشعه مادون قرمز از انسان را اندازه گیری کرد. چون این تابش به توان چهار درجه حرارت به کلون است. مقدار تابش مادون قرمز یک شاخص حساس برای درجه حرارت سطحی بدن است. ترتیب جدول یا نقشه درجه حرارت بدن در لحظات معین زمانی، نشان دهنده چگونگی جریان خون در بدن است. زیرا یکی از روش عمده و اساسی انتقال حرارت در بدن جریان خون است. درجه حرارت پائین پوست، حاکی از نارسائی جریان خون در یک ناحیه معین از بدن است که میتواند ناشی از انعقاد، ضربه و نظایر آن باشد. درجه حرارت زیاد پوست در یک ناحیه معین ممکن است نشانه وجود یک غده سرطانی باشد. این غده در مقایسه با سایر انساج خیلی سریع رشد می کند و ازینرو به خون بیشتر نیاز دارد. اندازه گیری درجه حرارت

سطح بدن نشان میدهد که درجه حرارت یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می کند که به عوامل فیزیکی محیط بیرونی و فعالیت های داخلی و عملیه گردش خون نزدیک به پوست که عامل تعیین کننده است بستگی دارد. مبنی بر تغییر چنین عملیه های داخلی که ممکن است نشانه های غیر عادی بدن باشد طبیب را در تشخیص امراض مختلفه موفق میسازد. محققین برای اندازه گیری دقیق درجه حرارت سطح بدن و ارتباط آن به شرایط آسب شناسی در تلاش اند . (1، 5، 19).

#### 9-4 کار برد حرارت در تداوی

تحقیقات و پژوهش های عملی عملاً نشان داده است که از منابع حرارتی مختلف برای تداوی مریضان استفاده بعمل می آید. این ارزش درمانی و استفاده عمومی و موضعی از حرارت سابقه طولانی دارد. مثلاً حرارت دادن ماهیچه درد ناک بمقدار زیاد درد را تسکین می بخشد. طرز العمل تسکین درد بوسیله افزایش درجه حرارت ظاهراً دو گانه است، استراحت ماهیچه ها و افزایش جریان خون. وقتی درجه حرارت قسمتی از بدن بالا میرود، بدن با افزایش جریان خون در ناحیه برای سرد کردن آن عکس العمل نشان میدهد. در این عملیه بدن از طریق کنو کشن مصنوعی حرارت را از آن ناحیه دور میسازند. دلیل دقیق موثریت استراحت و افزایش جریان خون کاملاً درک نشده است، اما اثر آن واقعاً چشم گیر است.



روش های زیادی برای معالجه بیماران با حرارت وجود دارد. ساده ترین آن ها کار برد کنوکشن با استفاده از مشکوله های داغ، دوشکهای گرم کننده و نظایر آن است. انتقال حرارت بوسیله تابش نیز روش دیگری است در تداوی. مثلاً چراغهای حرارتی قسمتی عمده انرژی خود را بصورت تابش مادون قرمز گسیل میدارد که با جذب توسط انساج سطحی حرارت تولید میگردد. با استفاده از این روش اطفال نو تولد را گاهی تحت گرم کننده های مادون قرمز میگذارند تا حرارتی را که از مادر میگرفتند بدین صورت تامین کنند، که ظرف چند ساعت پس از تولد فعالیت و کنترل درجه حرارت بدن بکار می افتد و دیگر به حرارت اضافی نیاز نمی داشته باشد. (20.16.1)

درد های ناشی از التهابات حاد و یا زخم های تازه با حرارت معمولی خیلی موثر تسکین می یابد. درمان های خیلی شدید ممکن است باعث افزایش ترشحات مایعات بداخل انساج شده و در نتیجه باعث شدت درد گردد. هنگامیکه درد به دلیل جراحات انساج شدید از نوع مزمن باشد، درمان حد اقل 30 دقیقه ادامه داشته باشد.

بیشترین سهولت استراحت عضلات هنگام گرم بودن انساج است. هم چنین تسکین درد سبب این آسانی انسابط میگردد. در نتیجه تابش اشعه مادون قرمز با کمک رسیدن به این حالت استراحت و رفع سپاسم عضلات دارای ارزش میباشد. به دلیل این اثرات تسکین دهنده درد که همراه با استراحت عضلات است. تابش مادون قرمز اغلب بر سایر اشکال فیزو تراپی مقدم تر قرار داده

میشود. به تعقیب تشعشع غالباً حرکات با سهولت بیشتری نسبت به قبل انجام یافته و تسکین درد امکان انجام فعالیت را افزایش میدهد.

افزایش جریان خون بیشتر که در انساج سطحی مشاهده میگردد ممکن است در تداوی زخم ها و عفونت های سطحی مورد استفاده قرار گیرد. جریان خود خون برای الیتام زخم ها بسیار مهم است و در صورت وجود عفونت، بالا رفتن تعداد کریوات سفید خون و ترشحات مایعات کمکی برای از بین بردن بکتر یا مییاشد. فیزوتراپی عملیه ایست که بطریقه های مختلف روی مواضع مختلف بدن انجام یافته و در تداوی مریضان کار برد وسیع دارد.

## 9-5 دیاترمی ماورای صوت 85

دیاترمی ماوراً صوت یک شکل معالجه با حرارت است استفاده از این روش با استفاده از هدایت و تابش کاملاً متفاوت است.

ماورای صوت عبارت از صوتی است که طول موج آن بالاتر از ساحه شنوائی انسان است. با ماورای صوت میتوان انرژی را بداخل بدن منتقل و آن را بصورت انرژی حرارتی ذخیره کرد. اگر شدت ماورای صوت به اندازه کافی زیاد باشد میتواند درجه حرارت یک محل معین را به مقدار قابل توجهی افزایش دهد. چون صوت یکنوع اهتزاز هماهنگ شده ماده است، در واقع حرارت حمل نمی کند، بلکه انرژی موجود در آن هنگام به انرژی حرارتی تبدیل میشود.

کار برد های حرارت در تداوی متغییر است، زیرا هر روش همراه تداوی اش مزیت ها و معایب خاص خود را دارد. طور مثال میکرو موج باعث آب مروارید چشم، ماورائی صوت بیشتر از میکرو موج نفوذ می کند، اما باعث سوختن انساج در نزدیکی استخوان ها میشود و زمان استفاده بیشتر ماورائی بنفش از یک چراغ حرارتی تورم ایجاد میکند.

اشعه مادون قرمز در نواحی که اختلاف در سرعت خون شریانی و موارد خطر خونریزی موجود است نباید بکار برد. هم چنان در مواردی که جلد دچار اختلالات حسی شده یا از مرحم تازه استفاده شده توصیه نمی گردد (1، 17، 14). قابل تذکر است که گرم کردن با امواج رادیوی را دیاترمی و گرم کردن با امواج ماواری صوت رادیاتر می ماورائی صوت مینامند.

## 9-6 کار برد سرما در طبابت

خارج کردن حرارت از بدن نیز ارزش طبی دارد. روش دور کردن حرارت از بدن غالباً بوسیله هدایت و کنوکشن صورت میگیرد. از درجه حرارت پائین برای بی حسی موضوعی استفاده بعمل می آید. اطفال که دندان میکشند جهت تسکین درد علاقه فراوانی به چوشیدن کتله های کوچک یخ دارند گاهی با گذاشتن بسته یخ روی محل های پندیده گی، از شدت پندیده گی (ورم) میکاهند. اگر درجه حرارت کل بدن پائین آید میزان کار و فعالیت سقوط می کند و قسمت عمده کار کرد های بدن بطی میشود. این روش ممکن است برای

انواع خاص از جراحی سود مند باشد ( جراحی با استفاده از سرما را جراحی سرد می نامند). میزان خون ریزی در منطقه نابود شده کم است.

- حجم انساج نابود شده را میتوان با درجه حرارت پروب جراحی با سرما کنترل کرد.

- مریض درد کمتر احساس میکند زیرا درجه حرارت پائین باعث بی حسی میگردد (13)

اما غالباً از سرما برای یخ زدن نواحی کوچکی از بدن استفاده میشود. برای معالجه مریضی پارکینسون (فلج لرزشی) قسمت های کوچک از مغز را یخ زده می کنند اما امروز استفاده از دواها ترجیح داده میشود.

شبکیه جدا شده را میتوان با یخ بستن اش دو باره به محل اصلی اش وصل کرد. معمولاً یخ زدن انساج را می کشد یابه آن صدمه میرساند و گاهی همه ارزش درمانی دارد.

همانطوریکه حفاظت و نگهداری مواد غذایی در یخچال و فریزرها صورت میگردد. خون، مغز استخوان، سپرم وغیره از جمله چیزهای اند که با حالت یخ بستن نگهداری میگردد. این مواد را میتوان با ذوب کردن دو باره زنده کرد این روش امکان یخ زده نگهداشتن موجود زنده را نوید میدهد.

گرچه موفقیت اش در عمل تا کنون گزارش نشده است، زیرا میزان زنده نگهداشتن انساج مختلف به سرعت یخ بستن و گرم کردن مجدد آن ها بستگی دارد. هیچ یک عملیه ای که برای تمام انواع انساج یکسان مناسب باشد وجود ندارد، روش های مختلف یخ زده نگهداشتن انساج و اندام های پیچیده تر در

حال تکوین است. مثلاً نگهداری قرنیه یخ زده چشم موفقیت آمیز گزارش شده است<sup>86</sup> ( 1, 13, 23, 26 )

## 9-7 ترموگرافی طبی<sup>87</sup>

ترموگرافی عبارت از اندازه گیری حرارت منتشر از ورأی پوست و از نقاط مختلف بدن انسان است. تحقیق شده است که توسط این تکتیک در تشخیص تعداد زیادی از ضایعات عروقی و تو مورال آینده درخشان دارد. تابش شعاع مادون قرمز توسط ارگانیزم بدن از یک نقطه به نقطه دیگر بطور محسوس تغییر میکند و اگر این سگنال اشعه مادون قرمز ثبت شود میتوان یک نقشه حرارتی بدن را ترسیم و مسیر تکاملی آن را تعقیب نمود. این نقشه یا منحنی حرارتی ترموگرام نام دارد.

هر جسمی که دارای درجه حرارت بیشتر از O K (صفر مطلق) باشد از خود انرژی تابشی منتشر می سازد. این انتشار به نوسانات چار چهای برقی که خود در اثر تحریکات حرارتی ایجاد می شوند بستگی دارد. طیف این انتشار الکترومقناطیسی و انرژی کلی بستگی به درجه حرارت مطلق و قابلیت انتشار سطح دارد (قانون ستیفان - بولتزمن). در ناحیه های با طول موج های 4 تا 20 میکرون قابلیت نشر پوست انسان اندازه گیری شده و تقریباً یک فیصد قابلیت نشر جسم سیاه بدست آمده است، که این مقدار بستگی به پیگمانتاسیون پوست

---

<sup>86</sup> - برای نخستین بار در اوایل دهه 60 میلادی داکتر ایرونیک کوپر در نیویارک جراحی با سرما را انجام داد.

<sup>87</sup> - Medical thermography

ندارد. بنابراین از لحاظ اصول ممکن است در این هنگام درجه حرارت پوست را با اندازه گیری انرژی منتشره اشعه مادون قرمز معلوم نمود.

دستگاه های اندازه گیری برای اینکه بتواند به آسانی تغییرات درجه حرارت کمتر از  $1^{\circ}C$  را تعیین نماید باید حساس باشد پیشرفت های اخیر در الکترونیک و وسایل دقیق این دتکسون را با سرعت و دقت زیاد بوجود آورده است.

درجه حرارت پوست بدن انسان از  $23^{\circ}C$  تا  $25^{\circ}C$  تغییر میکند که قابلیت هدایت حرارتی انساج مجاور تحت پوست و دوران محلی خون نقش اساسی را در آن دارد. مواد خارج که روی پوست محلی خون نقش اساسی را در آن دارد. مواد خارجی که روی پوست قرار دارند سرد تر به نظر می آیند قابلیت نشر کمتر از پوست دارند. موی و پشم چون فاقد خون اند و با محیط در تعادل حرارت میباشند بسیار سرد حس میشوند (5، 8 و 27).

از ترموگرافی در معالجه امراض گردش خون، ارتریوسکلروز، ترومبوزهای وریدی، امراض مفصل و استخوان و تشخیص سرطان های پستان استفاده می شود (5، 22)

## 8-9 استفاده از سرما در جراحی

جراحی با سرما نخستین بار توسط داکتر ایرونیك کوپر انجام یافت. موصوف با استفاده از دستگاهی عملیه جراحی را با استفاده از سرما انجام داد که دستگاه مربوط در فصل دهم معرفی می گردد.

با استفاه از این روش 95 فیصد جراحی با سرما موفقیت آمیز بود.

به تعقیب نخستین فعالیت های کوپر دوا های ساخته شد که برای درمان مریضان مبتلا به پارکینسون تجویز میشود. بناءً در شرایط فعلی جراحی با سرما فقط بمریضانی عملی میگردد که با دوا قابل علاج نباشد. اما روشهای پیشرفته دیگر استفاده از سرما در سایر انواع جراحی در انکشاف و پیشرفت است. یکی از کاربرد های جراحی با سرما معالجه تومور ها و زگیل ها است. روش معالجه به همان اصول اولیه بوده که مطرح شد. روش های جراحی با سرما در انواع جراحی چشم نیز بکار میرود که دو مورد آن قابل تذکر است.

- ترمیم شبکیه جدا شده

- جراحی آب مروارید ( برداشتن عدسیه کدر شده).

گاهی در اثر یک تصادم، شبکیه از دیوار کره چشم جدا میشود که لکه تاریکی را در بینایی ایجاد می نماید، زیرا شعاع نوری در شبکیه درست جمع نمی شوند. اگر میله سردی را در خارج کره چشم نزدیک محل جدا شده شبکیه قرار دهیم عکس العمل رخ میدهد که شبکیه را به دیوار کره چشم جوش میدهد و این کدام آسیبی به چشم نمیرساند.

در جراحی آب مروارید ترموکوپل سرد با سطح پیشروی عدسیه تماس پیدا میکند، به آن چسپیده و برداشتن عدسیه را آسان میکند.

در عملیات جراحی با سرما به موثریت های روش ارج گذاشته شده و با دقت در انتخاب روش کارگیری از آن مجاز دانسته میشود. (20.22.26)

## 9-9 هیپوترمی

هرگاه فعالیت های تنظیم کننده حرارت بدن، حرارت تولید شده و به مصرف رسیده را کنترل نکند درجه حرارت بدن پایین می آید. میتوان درجه حرارت بدن شخص را با تجویز مسکن برای پائین آوردن تحریک پذیری کنترل کننده درجه حرارت هیپوتالاموس و سپس سرد کردن با یخ و پتوهای سرد کننده پائین آورد. انگاه میتوان درجه حرارت بدن را برای چندین روز حتی یک هفته یا بیشتر با پاشیدن آب سردی الکول روی بدن پائین تر از  $32^{\circ}\text{C}$  حفظ کرد، این نوع سرد کردن مصنوعی در جریان اعمال جراحی قلبی مورد استفاده قرار میگیرد. تا بدین وسیله بتوان قلب را بطور مصنوعی هربار برای چند دقیقه متوقف کرد. این عملیه به اختلالات فزیولوژیکی بدن نمی انجامد. این عمل جریان ضربان قلب را آهسته و میتابولیزم را کاهش میدهد. (20.15.1)

در جراحی قبل از قطع دست و یا پا برای تولید بی حسی موضعی از هیپوترمی استفاده بعمل می آید. در جراحی قلب باز، نیز میتوان از این روش استفاده کرد. هیپوترمی از لحاظی مؤثر است که در پائین آمدن درجه حرارت بدن، ضرورت بدن به اکسیجن کم و در نتیجه میزان نبض قلب کند و بازدهی کاهش می یابد. کار قلب در مریضان که درجه حرارت بدن شان  $15^{\circ}\text{C}$  -  $10^{\circ}\text{C}$  پائین آمده بود موفقیت آمیز گزارش شده است (20).

## 10-9 مقتضیات استفاده از سرما

در بسیاری از لابراتوارها و شفاخانه ها که توسط مایعات در تولید سردی استفاده میکنند محفظه های استوانه ای وجود دارد که گازهای مورد نیاز با فشار



زیاد در آن‌ها ذخیره می‌شود. شکستن سرپوش استوانه ممکن است خطرناک باشد. بنابراین، محفظه‌ها باید با احتیاط جابجا و در محل مناسب نصب گردد. هنگام نشست گاز از رگلاتوری استفاده کرد که فشار گاز را کاهش دهد. رگلاتور مخصوص اکسیژن را نباید برای گاز دیگری بکار گرفت زیرا خطر انفجار وجود دارد.

هنگام استفاده از مایعات تولید کننده سردی یا گازهای سرد باید احتیاط کرد، زیرا هرگونه تماس این مواد با چشم یا پوست باعث سرما سوختگی می‌شود. باید در جاهای که از نایتروجن یا کاربن دای اکساید استفاده می‌شود، سیستم تهویه مناسبی وجود داشته باشد تا به علت رقیق شدن هوا از کاهش اکسیژن جلوگیری شود.

هنگام استفاده از اکسیژن باید احتیاط کرد، زیرا اکسیژن به سرعت سوختن را تشدید می‌کند. بسیاری از موادی که در هوا نمی‌سوزند در مجاورت اکسیژن خالص خواهند سوخت. بنابراین در جای که اکسیژن ذخیره شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد باید از سگرت کشیدن و افروختن جلوگیری بعمل آید. دور کردن مواد عضوی، وسایل، مواد قابل اشتعال از محفظه‌های ذخیره سازی اکسیژن و تهویه مناسب در این نواحی، از زمره اقدامات سودمند است.

اگر اکسیژن مایع روی لباس بریزد، باید آن را از بدن دور و مدت 30 دقیقه در هوای آزاد قرار داد. زیرا لباس در اینحالت قابل اشتعال بوده و هنگامی که به اکسیژن مایع آغشته باشد به آسانی مشتعل می‌گردد (28.17.13)

## مسائل

1. انسان ها درجات مختلف حرارت را توسط چه درك میکنند؟
2. میکانیزم های کنترل افزایش و کاهش درجه حرارت چیست؟
3. ترمود چیست و از آن چه استفاده بعمل می آید؟
4. یکی از فعالیت های دفاعی بدن در مقابل مریضی چیست؟
5. میکانیزم کاهش درجه حرارت با کدام عکس العمل های بدن کنترل میگردد؟
6. دو اثر مهم و اولیه درمانی گرم کردن بدن کدام است؟
7. از حرارت در تداوی چگونه استفاده بعمل می آید؟
8. مؤثریت جراحی با سرما چیست؟
9. در کدام شرایط از سرما استفاده بعمل می آید؟
- 10- برای چه مدت میتوان مواد را در سرما نگهداشت؟
- 11- در کدام موارد استفاده از سرما در طب مفید گزارش شده است؟
- 12- دیاترمی چیست؟
- 13- دیاترمی ماورائی صوت از دیاترمی مادون قرمز چه فرق دارد؟
- 14- در کدام موارد مصئونیت از خطر استفاده از سرما رعایت شود.
- 15- هیپوترمی چیست؟
- 16- مناسب ترین سرعت سرد کردن برای محافظت کریوات سرخ خون چقدر است؟
- 17- در کدام حالت استفاده از سرما نگران کننده است؟
- 18- بهترین سهولت استراحت عضلات چگونه ممکن است؟

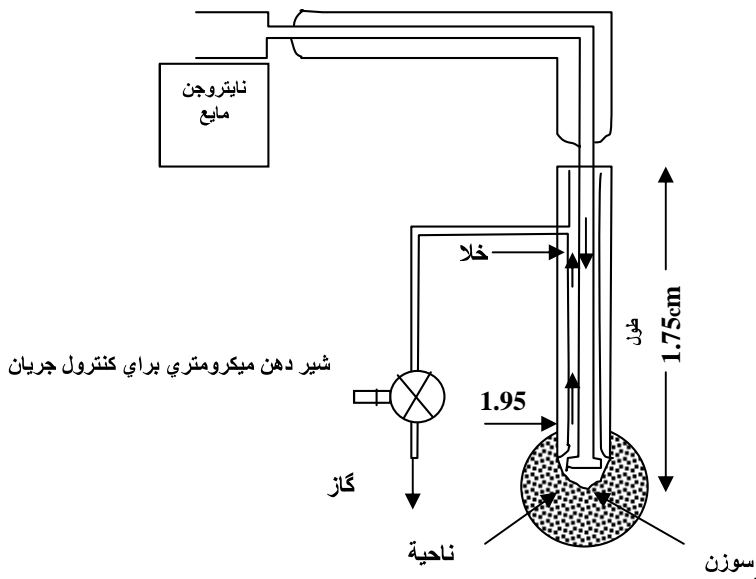
## فصل دهم

### وسایل ترموگرافی

وسایل ترموگرافی انواع زیاد دارد که از جمله آن ترمیستور با مناسبت موضوع استفاده آن در فصل دوم معرفی گردیده است. در اینجا اصول برخی از وسایل ترموگرافی معرفی می گردد.

#### 1-10 دستگاه کوپر

داکتراپرونیك کوپر دستگاهی را در جراحی باسرما بکار برد که بنام دستگاه کوپر یاد می شود. شیمای این دستگاه در شکل (1-10) نشان داده شده است.



شکل (1-10) دستگاه جراحی باسرما ی کوپر

پوشش خلا ، مانند عایق در جدار (دیوار) های ترموکوپل درجه ای حرارت متغیر (کانول) عمل میکند . برای تداوی مریضان پارکینسون سوزن نقره ای ترموکوپل را تا  $10^0C$  - سرد میکنند و به داخل نواحی مناسب تلموس فرو می برند تا باعث انجماد مؤقت این نواحی شود . نواحی منجمد پس از برداشتن ترموکوپل در کمتر از 30 ثانیه بهبود می یابد .

بیماران باید درحین عمل به هوش باشند تا جراح توقف لرزش را ببیند ، یعنی ترموکوپل باید در ناحیه مناسبی از تلموس قرار گیرد . این ناحیه پس از چند دقیقه انجماد در درجه حرارت  $85^0C$  - ناپود میشود پس از انجماد ، انجام ترموکوپل را گرم میکنند سپس آن را خارج میسازند . انساج تلف شده پس از ذوب ، یک کیست تشکیل میدهد که فعالیت عادی بدن را مختل نمی کند . تداوی تقریباً همیشه به این روش جواب میدهد . دوره نقاهت پس از عمل در مقایسه بایک عمل مهم مغز بسیار کوتاه است . جراحی باسرما بیشتر از 90% موفقیت آمیز بوده است .

## 10-2- سکانر حرارتی

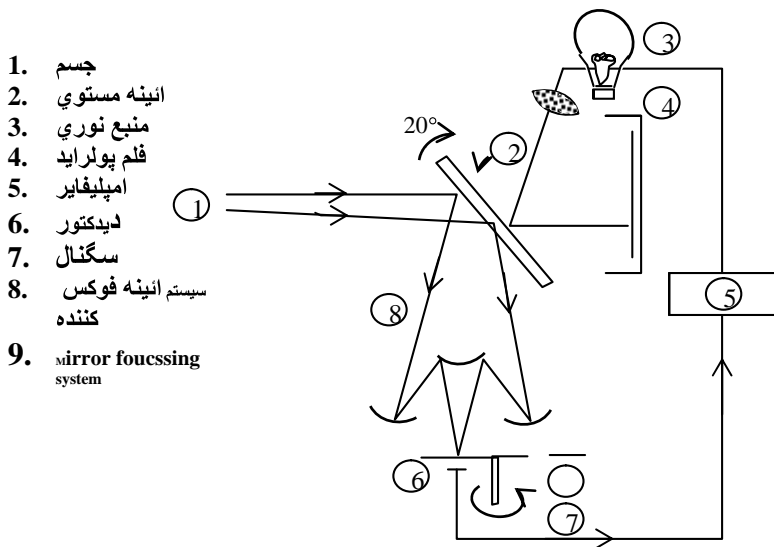
سکانر حرارتی به انواع مختلف در بازار موجود است . در اینجا سکانر بارنس معرفی میشود .

سکانر بارنس دتکتوریک ترمیستور نکل و کوبالت و اکساید مکنیزیم است که به صورت یک صفحه نازک بروی پایه یاقوت نصب شده است. حساسیت آن برای هر درجه سانتی گراد 4% می باشد. در هر گونه سیستم این آله یک معیاری مقایسه وی برای دتکتور ضروری است تا تغییرات غیر مطلوب در سیستم را جبران نماید. بدین منظور برای قطع کردن سگنال اخذ شده از بدن، قرار دادن یک جسم سیاه با درجه حرارت ثابت بین سگنال وارد شونده و دتکتور، درین سکانر عملی شده است.

در دستگاه بارنس با استفاده از یک دیسک سوراخ دار که با سرعت ثابت می چرخد، این عمل را انجام میدهند. سگنال اشعه مادون قرمز از سیستم اپتیکی عبور کرده، کشف و تقویت شده و برای روشن کردن یک تیوب تخلیه شده از گاز که شدت درخشش آن با مقدار تابش مورد اندازه گیری متناسب می باشد بکار میرود. شدت این نور بروی فلم ثبت میشود.

سکانینگ با استفاده از یک آئینه که بدور دو محور می چرخد عملی میگردد. این دستگاه دارای دید لحظه ای  $1/8$  اینچ در فاصله 10 فوتی می باشد. آئینه یک حرکت جاروئی افقی برابر 20 درجه انجام میدهد. پس از هر سکان افقی آئینه در نقطه آغاز برگشته و در این زمان از رسیدن نور به فلم جلوگیری می کند. سپس آئینه را بدور محور افقی به اندازه فاصله ای برابر به عرض یک خط سکان تغییر مکان میدهند. ارتفاع کلی معادل حرکت 10 درجه ای آئینه که در حدود 300 خط سکانینگ را می پوشاند بکار میرود. در شکل (10-12) نشان داده شده است.

این زاویه ساحه به ابعاد  $28 \times 40$  اینچ را در فاصله 10 فوتی دربر میگیرند. یک سکان ممکن است نظر به قدرت تشخیص درجه حرارت تا چندین دقیقه طول بکشد. سکان کامل با وادار ساختن سگنال نورمدوله به تعقیب همان طرح مورد سکانی که سیگنال کشف شده میسازد بروی فلم انجام میگردد. این عمل با انعکاس نور از عقب آینه سکان کننده انجام میگردد. در سیستم های نمایشی دیگر ممکن است از اسیلو سکوپ اشعه کتودی و فلم پولراید استفاده کنند (14,2).



### 3-10 دت شیمای (10-12) سکانر بارنس [5]

دتکتورهای حساس به نور از قبیل انتیمونی و راندیوم اند، که این دتکتورها در صورت سرد شدن و کاهش جریان نامطلوب، بسیار حساس میباشند.

وسائل دیگر سکن حرارتی نیز وجود دارد که یک دتکتور دارای خاصیت فوتوکتود واکتویته از انتمیونی ور اندایوم ، بکار میرود . عیب این دستگاه این است که نیاز به سرد کردن با نایتروجن مایع داشته و دارای یک طیف کاری استفاده ای است که از  $5.41\mu$  تجاوز نمی کند. که این در مورد پوست بدن انسان که انتشار آن در حدود حد اکثر  $9/51\mu$  می باشد ، نقصی به حساب می آید. اما بر عکس نسبت به دلیل سرعت پاسخ دتکتور زمان جاروب کردن کوتاه است (30 دقیقه برای تمام قفسه سینه ) (5,17) .

#### 4-10 ایوپروگراف

این دستگاه بدلیل کم بودن حساسیت هنوز در طب استفاده نشده است . ساختمان این دستگاه بر مبنای اصل متفاوتی قرار دارد . بدین ترتیب که یک غشاء نازک نایترو سلولوز ، حجراتی را که در آن خلا ی دقیقی ایجاد شده است بدو قسمت تقسیم می کند که بروی یکی از سطوح این غشاء تصویر I.R شی مورد آزمایش را تشکیل میدهند. بروی سطح دیگر قشر نازک از روغن که در اثر تراکم بخار روغن بدست آمده وجود دارد. ضخامت این قشر وابسته به درجه حرارت غشا میباشد. تداخل های نوری که ممکن است مستقیماً عکس برداری شوند تصویری از توضیح حرارتی بدست می دهند. و مفیدیت این چنین دستگاه ها در اجتناب از جاروب کردن، که زمان آزمایش را به میزان قابل ملاحظه کاهش میدهد ، می باشد (4).

## مسائل

1. چند وسیله ترموگرافی را می شناسید؟
2. دتکتور چیست؟
3. دو دسته عمده دتکتور های جدید را نام بگردید؟
4. سکانر چیست؟
5. سکانر حرارتی را معرفی کنید؟
6. اجزای مهم بارس سکانر را معرفی نمائید؟
7. از بارس سکانر در کدام عرصه های تشخیص استفاده می شود.
8. دستگاه کوپر را معرفی کنید؟
9. از دستگاه کوپر در کدام مورد استفاده بعمل می آید؟
10. ترمیستور چیست؟
11. چرا از ایوپروگراف در طب استفاده نمی شود. این وسیله چه خصوصیات دارد؟



# اصطلاحات

## اصطلاحات

### انترپی (Entropy)

- معیاری است برای اندازه گیری میزان بی نظمی .
- کمیت فیزیکی است که توانائی انجام کار دستگاه را مشخص میکند .

### اتمسفر (Atmosphere)

- فضای گازی اطراف یک سیاره را گویند
- واحد عملی فشار است . برابر به فشار هوا در کنار بحر، در درجه حرارت  $0C^0$

### امواج الکترومقناطیسی (Electromagnetic)

- امواج هستند که از ساحه برقی و مقناطیسی عمود برهم تشکیل شده و در فضای با سرعت نور حرکت میکند .

### بلور (Crystal)

- جسم جامدی است که از خودیک الگوی هندسی مشخص ظاهر سازد .

بی تی یو (British Thermal Unit).

معیاری حرارتی است که یک پوند (453 گرم) آب را از درجه حرارت  $63F^0$  به  $64F^0$  برساند .

تشعشع (Radiation).

انتقال حرارت از طریق پخش امواج است که در خلا هم صورت میگیرد .

تبخیر (Evaporation)

عملی است که مایع در اثر فرار مالیکول ها از سطح آن به بخار تبدیل میشود .

تحول یا پروسه ادیا باتیک (Adiabatic)

پروسه ایست که در آن حرارت نه به سیستم داخل ونه از آن خارج میشود.

تصعید (Sublimation)

عملیه ایست که در آن ماده بدون انکه از حالت مایع بگذرد مستقیماً از حالت جامد به گاز تبدیل میشود .

تیوری حرکی ماده (Molecular-Kinetic theory).

تیوریست که خواص ماده (به خصوص گاز) را برحسب حرکت مالیکول آنها بررسی میکند .

تبادل حرارتی (Thermal equium)

حالتی که در آن حرارت تبادل شده دستگاہ مساوی صفر باشد.

جامد (Solid)

حالتی از ماده است که در آن مالیکولها نمیتوانند آزادانه حرکت نمایند و فقط میتوانند در اطراف یک نقطه ثابت حرکت اهتزازی داشته باشند .

حجم گاز. (Volume of a gas)

فضای است که مالیکول ها گاز در ضمن حرکت خود اشغال میکنند.

حرکت براونی (Brownian motion)

حرکت ذرات میکروسکوپی نامنظم که در داخل یک مایع معلق باشند. علت این حرکت برخورد مالیکول های مایع با هر ذره است .

صفر مطلق (Absolute zero)

درجه حرارتی است که در آن فشار و انرژی حرکی متوسط مالیکولی گاز صفر میشود. از لحاظ عملی درجه حرارت هیچ ماده را نمیتوان به صفر مطلق رساند .

ظرفیت حرارتی (Heat capacity)

مقدار حرارتی که لازم است تا درجه حرارت مقدار معینی ماده را یک درجه افزایش دهد .

کالوری ( Calorie )

مقدار حرارتی است که درجه حرارت یک گرم آب را از  $14.5C^0$  به  $15.5C^0$  برساند.

گاز (Gas)

حالتی از ماده است که در آن انرژی حرکی ذرات بمراتب از انرژی پوتنسیل آن ها بیشتر است . و در نتیجه ذره هامیتوانند تمام فضای ظرفی را که در آن قرار دارند

اشغال نمایند و ماده نه حجم ثابت و نه شکل ثابت مشخص دارد .

گاز ایديال (Ideal gas)

گازی اند که بین مالیکول های آن قوه جاذبه وجود نداشته باشد .

حرارت (Heat)

نوعی از انرژی است که به انرژی حرکتی و پوتنسیل ذرات جسم بستگی دارد و در اثر اختلاف درجه حرارت بین دو جسم مبادله میشود .

حادثه ایست که در اثر انجام یک کار میخانیکی و یا تعامل کیمیاوی بوجود میاید و نوع از انرژی میباشد.

➤ حرارت تبخیر (Heat Of evaporation)

مقدار حرارتی است که باید به واحد کتله یک مایع داده شود تا مایع در نقطه غلیان خود به حالت گاز تبدیل شود .

➤ حرارت مولی تبخیر (Molar heat of vaporation).

مقدار حرارتی است که باید بیک مالیکول گرام از یک مایع داده شود تا در نقطه غلیان خود به گاز تبدیل شود .

مایع (Liquid)

حالتی از ماده است که در آن مالیکول‌ها می‌توانند حرکت انتقالی داشته باشند ماده در این حالت حجم ثابت داشته ولی شکل ثابت بخود نمی‌گیرد و همواره به شکل ظرف می‌آید .

نقطه انجماد. (Freezing point)

درجه حرارتی است که در آن مایع در فشار متعارفی به جامد تبدیل میشود .

نقطه غلیان (Boiling point)

نقطه غلیان متعارفی هر مایع درجه حرارتی است که در آن فشار

بخار مایع  $760\text{mmHg}$  باشد نقطه ذوب (Melting point)

درجه حرارتی است که در آن، جامد و مایع یک ماده باهم در حال تعادل اند .

نقطه سه گانه (Triple point)

درجه حرارتی است که آب و یخ، آب و مایع و بخار آب، هر

سه بحال تعادل وجود دارند. این حالت تنها در یک فشار

مشخص بدست می‌آید و یگانه است .

نیروی بین المالیکولی (Intermolecular force):

قوه ایست که مالیکول ها بر هم وارد میکنند تا در پهلوی هم قرار گیرند .

نیروی هستوی ( Nuclear force )

قوه ایست بسیار قوی که تنها در فواصل بسیار کوتاه در حدود قطر اتم موثر است و ذرات داخل هسته را نزدیک بیک دیگر نگه میدارد .

هدایت ( Conduction )

انتقال حرارت از طریق یک مالیکول به مالیکول دیگر است که بیشتر در جامدات صورت میگیرد .

کنویکشن ( Convection )

انتقال حرارت در داخل یک مایع یا گاز از طریق تحویل ذرات مایع است .

ارتجاعیت ( Elasticity )

خاصیت موادی اند که هر گاه تحت تاثیر قوه ای تغییر شکل دهنده ره — شونند دوباره به شکل اولی خود بر گردند .



## دیا ترمی (diathermy)

-- گرم کردن با امواج رادیوی را دیا ترمی گویند.

-- استفاده از خاصیت حرارتی جریان پرفریکونسی را برای تداوی گویند .

## درجه حرارت (Heat grad)

معیار کمی حرارت و سردی است .

## ترمامیتر (Thermometer)

وسیله ایست که برای اندازه نمودن درجه حرارت اجسام بکار میرود .

## کوپل ترموالکتریک (Couple thermo electric)

وسیله ایست که توسط آن میتوان از اثر حرارت برق حاصل نمود .

## ترموپیل (Thermo couple)

وسيله ايست كه از اتصال چند كوپل ترموالكترىك بصورت سلسله بدست ميآيد كه در مقابل تغييرات جزئى حرارت حساس ميآيد .

مقدار حرارت (Quantity of heat)

عبارت از عاملى است كه باعث تغيير درجه حرارت اجسام ويا تغيير حالت آنها ميگردد.

حرارت مخصوصه (Thermal capacity):

➤ مقدار حرارتيست كه درجه حرارت يك گرام آن

جسم را  $1C^0$  بلند ميبرد

➤ عبارت از اندازه انرژى حركى راگويند كه توسط

1g آن جسم گرفته ميشود .

ترمى (Thermy)

مقدار حرارتي است كه يك تن آب ميگيرد ويا از دست ميدهد

تا يكدرجه ( $1C^0$ ) گرم يا سرد شود .

هدايت (Conduction)

انتقال حرارت از طریق ماده ساکن بر اثر تماس فیزیکی که در تغییرات حرارت موجود باشد .

کنویکشن (Convection)

انتقال حرارت از راه انتقال مالیکول راکنوکشن مینامند که به دو طریق انجام میشود طبیعی و غیر طبیعی .

جسم سیاه (Black body)

اجسامی که تمام انرژی تشعشعی را جذب کند بنام جسم سیاه یاد میشود.

ضریب انبساط خطی : (coefficients of linear

Expansion )

اندازه انبساط واحد طول جسم که درجه حرارت آن یکدرجه سانتی گراد افزایش یابد ، ضریب انبساط خطی جسم نامیده میشود .

مکروسکوپی Macroscopic

کمیات که به خواص کل سیستم مربوط بوده با عملیات تجربی قابل اندازه گیری گیری باشد . مانند فشار، حجم و غیره

مایکروسکوپی Microscopic

کمیاتی اند که خواص آن رانمیتوانیم با قوه ادراک مستقیماً احساس کنیم بلکه باروش های احصائیوی وقوانین ریاضی بیان میگردد.

پروسه ایزو ترم (Isotherm)

پروسه ایست که در آن درجه حرارت ثابت میباشد .

پروسه ایزو کور (Isochors)

پروسه ایست که در آن حجم ثابت میا شد .

پروسه ایزو بار (Isobar)

پروسه ایست که در آن فشار ثابت میا شد.

ریسپراتور (Respirators)

وسایلی اند که توسط آن تنفس مصنوعی داده میشود .

دی هایدریشن (Dehydration)

کم شدن اب وجود را دی هایریشن مینامند .

ترمودینامیک (Thermodynamic)

علمیست که از حوادث حرارتی و حوادث میخانیکی بحث مینماید .

سیستم (system)

بیک مقدار مشخص ماده اطلاق می‌گردد که توسط یک سطح  
حدی محدود شده باشد. یا اجسامیکه بصورت حقیقی. ذهنی  
از محیط ماحول جدا و مشخص شده باشد.

ادیاباتیک (Adiabatic)

عملیه ایست که در آن سیستم با محیط خارج هیچگونه تبادل  
حرارتی ندارند.

تحول رجعی (Reversible)

تحوالی را گویند که در آن سیستم عملیه ای را انجام داده دو  
باره عکس آن را انجام بدهد. یعنی بحالت اولی برگشت پذیر  
باشد.

تحول غیر رجعی (Irreversible)

تمام حوادث میخانیکی ، برقی که در آن ها بصورت ایدیال اختلاف درجه حرارت ظاهر نگردد، پروسه رجعی نامیده میشود. یا پروسه که بحالت اولیه برگشت پذیر نباشد .

پروسه (process)

عملیه یا حادثه ایکه بتواند باعث تغییر حالت سیستم شود عملیه نامیده میشود .

یا بعبارت دیگر تغییراتی که در سیستم مد نظر گرفته میشود پروسه نامیده میشود.

انتلیپی (enthalpy)

انتلیپی عبارت از مجموعه انرژی داخلی و خارجی سیستم میباشد .

ترمود (thermode)

دستگاهی اند که بوسیله جریان برق ویا بوسیله عبور دادن آب گرم از داخل آن و یا بوسیله آن، و یا با عبور دادن اب سرد از داخل آن ،سرد شود .

فیزیوتراپی (Physiotherapy)

عملیه ایست که بطریقه های مختلف روی موضع های مختلف بدن انجام میابد و در تداوی مریضان از آن استفاده میگردد.

ترموگرافی طبی (Medical thermographs)

عبارت از اندازه گیری حرارت منتشره از روی پوست و نقاط مختلف بدن است که برای معالجه امراض از آن استفاده میگردد.

# معرفی

## دانشمندان علم حرارت

### معرفی دانشمندان علم حرارت

رودلف دیـزل

رودلف دیزل (1858 - 1913) درپاریس ازوالدین المانی بدنیا آمدودر سال 1870 به خاطرری جنگ آلمان با فرانسه به لندن نقل مکان نمود. اودر آلمان به تحصیل پرداخت ودر



انجا در سال 1893 موتور اختراعی خودش را بنام خود ثبت نمود. در ابتدا نظر او این بود که گوگرد ذغال را به جای سوخت مایع به داخل هوای متراکم در درجه حرارت بلند تزریق کند تا مشتعل گردد. اولین کوشش او در تزریق سوخت منجر به انفجار موتور شد. به طوریکه وی به مشکل توانست از مرگ نجات یابد. بالاخره پس از 4 سال کار دشوار و پرمصرف اولین موتور اش ساخته شد. دیزل بعد از این موفقیت ناپدید شد و از قرار معلوم ضمن عبور از کانال مانس به اثر طوفان در دریا غرق شد.

## لرد کلوین

لرد کلوین (1824-1907). کلوین به خاطر وی کمک به احداث اولین کابل مخابراتی زیر دریایی اوقیانوس اطلس به لقب لرد مفتخر شد. استاد فزیک در دانشگاه گلاسگو، ریاضیدان بزرگ، مخترع و طراح، دوست دار ورزش و موسیقی بود. او در پیشرفت ترمودینامیک سهمی ارزنده داشت. مقیاس ترمودینامیکی درجه حرارت رامستقل از خواص ماده ابداع کرد. هم چنین وی کمک نمود تا قانون اول ترمودینامیک بر پایه محکمی استوار شود و در بیان قانون دوم ترمودینامیک هم سهم مهم داشت. درجه حرارت مطلق بنام این دانشمند یاد میشود.

## ماگس پلانک

ماگس پلانک (1858-1947) ارنست لود ویک پلانک استاد المانی بود که در مونیخ تحصیل کرد و در دانشگاه مونیخ، گیل و برلین تدریس میکرد. یکی از کارهای بزرگ وی تعریف جسم سیاه و تعیین طول موج تابش آن بود. او بنیان گذار نظریه کوانتومی و طرح ثابت پلانک است. که تأثیر آن در علم فزیک و سایر علوم و سایر رشته ها فراتر تصور شده است. پلانک بر علاوه علم فزیک در فلسفه، مذهب و موضوعات اجتماعی و سیاسی علاقمند بود.

## رودلف، جولیس

رودلف، جولیس امانوئل کلاوسیوس (1822-1888) از آلمان، استاد فزیک و نابغه ریاضی بود. در زمینه‌های تشخیص نور، برق و الکترولیز کار کرده و با پایه‌گذاری نظریه حرکتی گازها شهرت یافت. کلاوسیوس، کار کار نورا به دقت بازسازی و تبیین کرد. بدین ترتیب اصل معروف قانون دوم ترمودینامیک را نتیجه گرفت. وی رساله جامع در مورد موتور بخار نوشت و در نتیجه از مفهوم انترپپی که در آن وقت تازگی داشت تاکید کرد.

نیکالامونارد سادی کارنو:

نیکلامونارد سادی کارنو (1796-1832). علی‌الرغم تاثیر ژرف و ماندگارش بر علم ترمودینامیک، یک دانشمند فرانسوی آرام و افتاده بود. وی در سال‌های پر آشوب قدرت ناپلیون در فرانسه میزیست. یکی از شعارهای وی این بود.

"انچه میدانی بگو و آنچه نمیدانی ابدأ صحبت نکن."

پس از انتشار کتاب *Reflection on the motive power of fire* که چهل سال پس از مرگش انتشار یافت معلوم شد که کارنو قبل از دیگران به اصل قانون تحفظ انرژی دست یافته بود. این هم موضوع قابل تعمق است که بدانیم پنج تن مردی که ابتدا قانون تحفظ انرژی را دریافتند همه جوان بودند و علایق مسلک اصلی آنها در زمینه فزیک نبود. بابر طبیب (28) ساله، هلمهولتز فزیولوژیست (22) ساله، کولدینک انجینر (27) ساله، ژول مدیر صنعتی (25) ساله و کارنو (24) ساله و مسن‌ترین آن ریمفورد (45) ساله بود.

## ویلیام جان ام رانکین

ویلیام جان ام رانکین (1820-1876)، انجینر ساختمانی و استاد دانشگاه کلاسیکو بود. وی نه تنها در انجینری ساختمان بلکه در زمینه‌های متعدد مانند کشتی‌سازی، کارهای آبی، آواز

خوانی و آهنگ سازی نیز صاحب نظر و اهل فن بشمار میرفت. وی یکی از پیش کسوتان علم تر مودینادامیک و نخستین شخصی بود که به تدوین نگارش این علم همت گذاشت.

### جیمز وات

دانشمند، مخترع و معمار خود آموخته بود. او علاوه بر موتور معروفش با اولین تحقیق علمی که روی خواص بخار آب انجام داد، اعتبار پیدا کرد. پیش از آنکه موتورش از لحاظ مالی بموفقیت انجامد به مشکلات قابل توجهی دست و گریبان بود، طوریکه مجبور به گرفتن وام از موسسات خیریه گردید. در سال 1769 امتیاز اختراعی را تحت عنوان روش ابداعی تازه برای کاهش مصرف بخار و سوخت در موتورهای آتشی بدست آورد. در سال 1775 با سازنده ای بنام مانیوبولتون شریک و این شراکت بمدت بیست سال ادامه داشت. بر خلاف دیگر مخترعین دست آورد های او در زمان حیانش شناخته شد جیمزوات در سال 1806 از دانشگاه گلاسکو درجه دکتورا ی حقوق را گرفت. و در سال 1814 بعنوان یک عضوی خارجی در اکادمی علوم فرانسه پذیرفته شد. و در همان سال اعطای لقب بارون به او پیشنهاد شد که مورد پذیرش وی قرار نگرفت.

### کارل گوستاپاتریک

کارول گوستا پاتریک دولاول (1845 - 1913). گوستا پاتریک انجینر، فارغ التحصیل از دانشگاه ایپسالا در سوئد بود. عایدات اصلی او به عنوان یک مخترع، از دستگاه تجزیه مواد خام بدست می آمد که انرا صرف اختراعات متعدد دیگر مینمود. تور بینی که او اختراع کرد قرار بود در یک دستگاه تجزیه مواد بکار رود. گوستا پاتریک در کارهای اجتماعی نیز فعال بود و به عنوان عضو هر دو مجلس قانون گذاری پذیرفته شد. او به دفعات به خاطر سهمی که در پیشرفت تکنولوژی داشت مورد تقدیر قرار گرفت.

سر چارلز الجمان پارسوتر

سرچارلز الجمان پارسوتر (1854-1931) از زمره قشر اشراف انگلستان بود. وی میخواست به نیاز کشتی‌ها به قوه محرکه بخار پاسخ دهد. او به تدوین اصول عکس‌العمل معروف شد. رونالد هنری:

در سال 1870 از پولی تخنیک RENSSELER فارغ‌التحصیل و در سال 1876 به حیث استاد فزیک در دانشگاه جدید جان‌هایگنیز احراز مقام و تجربه را در همان جا انجام داد. در سال 1879 برای تعیین معادل میخانیکی حرارت مشکلی را انجام داد که تا امروز به عنوان الگوی از یک ماشین دقیق از آن یاد میشود. نتیجه که او بدست آورد با مقداری که امروز قبول است فقط به اندازه 1.200 تفاوت دارد. اوآگدرو:

اوآگدرو (1776-1856) در شهر تورین ایتالیا متولد و از سال 1825 تا 1850 مصروف تحقیقات در فزیک عالی بود. کارهای علمی و پربهای را انجام داد. از جمله مطالعاتی که منجر به بیان قانون گریدید که به افتخارش بنام اوآگدرو یاد میشود.

## اما کانت

اما کانت (1841-1915) فزیک دان فرانسوی با تجارب متعدد نشان داد که قانون بایل ماریوت تقریبی است.

## واندر والس

واندر والس (1837-1923) فزیکدان معروف هالیندی متولد شهر لیدن است. مطالعات زیادی در ترمودینامیک نموده سمت استادی را در پوهنتون امستردام داشته و در سال 1910 بدریافت جایزه نوبل مفتخر گردید.

## دیموکریتوس

دیموکریتوس (370-460) دانشمند یونانی است که بار اول جسم جامد را مرکب از ذرات در حال نوسان دانست. چنین می‌گفت که جهان از ذرات (اتم‌ها) بیشماری تشکیل گردیده

است . همچنان میگفت که جهان در حرکت دائمی قرار دارد. در جهت اخلاقیات و خود داری از هوس های نفسانی توصیه می نمود .

بیکن

بیکن (1561-1626) فیلسوف انگلیسی است که اهمیت مشاهده و نتیجه گیری از تجارب مکرر در علوم طبیعی توصیه نمود .

ژیمز بلاک

ژیمز بلاک (1728-1799) فزیکدان انگلیسی است که اولین بار حرارت ذوب و حرارت تبخیر را اندازه گیری نمود .

ریمفورد کانت

ریمفورد کانت (1753-1819) فزیک دان انگلیسی است که اولین بار متوجه تبدیل کار به حرارت گردید .

ژول ژیمس

ژول ژیمس (1818-1889) فزیکدان انگلیسی است که در شهر سانفورد مانچستر متولد گردیده است . تحقیقات اولیه او در باره ماشین های الکترو مقناطیسی بوده است . مطالعات او در باره حرارت و کار که منجر به بیان قانون اول ترمودینامیک شده است نام او در دفتر علوم جاویدان ساخت .

فارس نهایت ، گبریل دانیل

فارس نهایت (1686-1736) فزیکدان المانی است که در شهر وانزیک متولد گردیده است . در ایام جوانی مسافرت های بسیار نموده و به ساختن اسباب های لازم برای مطالعات هواشناسی علاقه خاص داشت و ترمومتر سیمابی را مروج نموده مقیاس درجه حرارت بنام اش مسمی است .

## ویلیم وین

ویلیم وین فزیکدان المانی (1864-1928). ویلیم وین در یک خانواده ثروتمند تولد یافته مدتی شاگرد هلمهولتز به آموزش فزیک پرداخت. و در اواخر قرن نوزدهم موضوع تشعشع و مقدار آن را توجیه نمود و بکمک اصول ترمودینامیک به وضع قانونی در سال 1892 در باره تشعشع نور بوسیله اجسام سیاه داغ پرداخت. "طول موج مربوط به حد اکثر شدت جذب در طیف با درجه حرارت مطلقه جسم داغ که نور از آن صادر میگردد نسبت معکوس دارد.

## سیلوس اندرس

سیلوس اندرس سن (1701-1744) منجم سوئدنی است که در اوپسالا متولد شده و تحصیلات خود را در ریاضیات و نجوم به پایان رسانده و در سال 1740 رصد خانه آن شهر را ساخته و به حیث ریس آن تعیین شد. در نجوم معروف است و مخترع مقیاس درجه بندی ترما متر سیمایی میباشد، که واحد مقیاس بنام وی یاد میشود.

## ستیفان ژیمز

ستیفان ژیمز (1835-1893) فزیکدان المانی است که نخستین بار نظر داد که قدرت انتشار هر جسم سیاه با درجه چهارم درجه حرارت مطلقه آن متناسب است.

## بولتزمن بویس

بولتزمن بویس (1627-1906) فزیکدان المانی است که قانون توزیع سرعت رادر نظریه حرکی گازات توسعه داد.

## رابرت بایل

رابرت بایل (1627-1691) در سین مور در ایرلیندمتولد شده و در سال 1643 در انگلستان مستقر گردید. وی تمام وقت خود را صرف کارهای علمی و تحقیقی در رشته فزیک و کیمیا نموده است، مخصوصاً روابط فشار و حجم را طور تجربی در حرارت ثابت دریافت.

### ماریوت

ماریوت (1620-1684) فزیکدان فرانسوی است که جدا از بایل قانون گازات را در حرارت ثابت بیان کرد که بنام قانون بایل ماریوت یاد میشود.

### جان دالتن

جان دالتن (1766-1844) فزیکدان و کیمیدان فرانسوی است که قانون مهم مخلوط گازات بنام وی معروف است.

### ژوسیف گی لو-ساک

ژوسیف گی لوساک (1778-1850) دانشمند فرانسوی بوده که در شهرلیونارد لونوبلامتولد گردیده است. پس از فراغت از پوهنتون پاریس مطالعات خود را در باره انبساط گازات ادامه داده و در سال 1816 بحیث استاد کیمیا در پوهنتون پاریس مصروف شد.

### الکساندر شارل

الکساندر شال (1726-1822) فزیکدان فرانسوی است که تأثیر حرارت را در فشار و حجم بدست آورد. قانون انبساط گازات ایدیال در حجم ثابت بنام وی یاد میشود.

### لاوازیه

انتوان لوران لاوازیه (1743-1794) کیمیدان فرانسوی در خانواده مرفه در پاریس متولد ونخست در رشته حقوق تحصیل نمود. از آغاز جوانی به علوم علاقمندی داشت و از استادان

برجسته نجوم، گیاه شناس، کیمیا دان اموخت ونجوم از لاکای فرا گرفت. در سن 25 سالگی عضو اکادمی علوم گردید. می گفت "سعادت حقیقی مختص بیک طبقه نیست، رفاه و اسایش نباید محدود به تعدادقلیلی از مردم باشد، بلکه باید همه مردم اسوده وسعادت مند گردند".

در سال 1771 با دختری 14 ساله ازدواج کرد. این دختر زبان های مختلف را اموخت و آثار علمی را برای شوهرش ترجمه نمود.

لاوازیه در باره احتراق مطالعات ارزنده نمودو در سال 1772 با همکاری عده ای الماس را سوزانیدو ثابت کرد که الماس جز کاربن خالص چیزی نیست. وهم دریافت که الماس در خلا نمی سوزد. این عالم اثار زیادی از خود بجا گذاشته است.

#### ارشیا

ارشیا به سبب کشف تولید حرارت در عضلات در سال 1922 مستحق جایزه نوبل گردید .

#### اوتو میر هوف

اوتو میر هوف رابط بین اکسیجن با تولید اسید لاکتیت در عضلات مستحق جایزه نوبل در سال 1923 گردید .

#### ویلیام فرانسیس گیاک

ویلیام فرانسیس گیاک در ترمودینامیک تحقیقات زیادی انجام داده بخصوص در بخش تر مودینامیک در سال 1948 در تاثیرات حرارت بسیار کم مستحق جایزه نوبل گردید .

#### کنت . ج ویلیون



کنت .ج ویلیومن عالم و دانشمندی امریکایی ،برای تجزیه و تحلیل تغییرات در ماده تحت فشار و حرارت در سال 1982 جایزه نوبل را مستحق گردید.

جدول (الف) جسم	واحد ضمیقه حرارت Col/g °C BTU/LB°F	مخصوصه مواد	مواد [1، 10، 1] واحد Col/g °C BTU/LB°F
آب (در)	1	سیماب	0.03
یخ	0.51	خون	0.8
بخار آب	0.48 15°C	گرافیک	0.16
المونیم	0.217	شیشه	0.16
برنج	0.09	امونیا	0.523
مس	0.092	رابر	0.48
طلا	0.031	نایتروجن	0.248
آهن	0.11	هوا	0.242
سرب	0.030	جست	0.095
نقره	0.056	تنگستن	0.032

## جدول (ب) انرژی غذا های انتخابی برحسب Kcal/g

واحد kcal/g	مواد غذایی	واحد kcal/g	مواد غذایی
1.7	ماهی	0.64	سیب خام
3.94	شکر	3.54	لوبیای سفید
0.23	رومی	2.66	نان سفید
0.27	شلغم	0.37	دوغ
1.84	کباب گوشت گوساله	3.93	پنیر
1.04	کباب مرغ	1.62	تخم مرغ پخته
7.94	مسکه	0.2	کاهو
5.7	شکلات	0.27	گوشت لحم
9.3	روغن خوک	0.72	شیر
1.12	پلو	0.97	کچالو جوش داده
1.6	کچالو بریان شده	0.63	شوربا

جدول (ج) ضریب هدایت حرارتی اجسام به

واحد k(Cal. ) Mm/cm2 °C.sec	سمبول	مواد
1.01	Ag	نقره
0.92	Cu	مس
0.5	Al	المونیم
0.163	Fe	آهن
0.083	Pb	سرب
0.005		یخ
0.0025		شیشه معمولی
0.002		کانکریت
0.0014		آب
0.0004		پنبه ناسوز
0.0004	H	هایدروجن
0.00034	He	هلیوم
0.00026		برف
0.00015		فایبر کلاس
0.00011		کارک
0.0001		نمد
0.000057		هوای
0.7		طلای
0.26		برنج
0.0025		خشت پخته
0.00051		ایتایل الکھول
0.0004		چوب

جدول (د) خضریب انبساط حجمی مایعات به حرارت  $18^{\circ}\text{C}$ 

واحد $\gamma [1/C^{\circ}]$	جسم
$10.10^{-4}$	ایتایل الکھول
$5.10^{-4}$	گلسیرین
$1.8.10^{-4}$	سیماب
$14.3.10^{-4}$	اسیتون
$8.5.10^{-4}$	انیلین
$10.6.10^{-4}$	بنزین
$11.9.10^{-4}$	کاربن سلفاید
$12.8.10^{-4}$	کلوروفارم
$16.3.10^{-4}$	ایتر معمولی
$0.53.10^{-4}$	آب
$10.8.10^{-4}$	تولوئین
$2.1.10^{-4}$	آب
$16.6.10^{-4}$	ایتر
$10.7.10^{-4}$	اسید استیک
$10.2.10^{-4}$	فریک اسید
$11.9.10^{-4}$	میتایل الکھول
$12.4.10^{-4}$	نایتریک اسید
$9.2.10^{-4}$	نفت خام
$9,8.10^{-4}$	الکھول پروپیلینک
$1.5.10^{-4}$	آب
$3,02.10^{-4}$	آب

جدول (ه) انبساط خطی (طول)،  
اجسام در  $20^{\circ}\text{C}$  [11,10]

جسم	$\alpha \cdot 10^{-6} [1/\alpha]$	جسم	$\alpha \cdot 10^{-6} [1/\alpha]$
المونیم	24.9	چدن	10.2
بیسموت	13.4	براده آهن	11.9
برنج	18.9	سرب	28.3
سنگ تعمیرات	5.5	مگنیزیم	35.1
برنز	17.5	نیکل	13.4
کاربن سلفاید	7.9	پلاتین	8.9
کنستانتان	17	الیاژ پلاتین - اریدیم	8.7
مس	16.7	چینی	3
الماس	0.91	کوارتز	0.5
دورالمومین	22.6	فولاد 3 (درجه 20)	11.9
ابونیت	70	قلعی	21.4
نقره آلمانی	18.4	تنگستن	4.3
شیشه معمولی	8.5	پلاستیک	70
شیشه Pyrex	3	چوپ (عمود بر الیاف)	50.6
طلا	14.5	جست	30
گرانیت	8.3	سیمان ویتون	12

یخ - ۰	50.7	فولاد بکه زنگ نزند	11
ایریدیم	6.58	چوب (در امتداد الیاف)	3.6

171

20°C

جدول (و) کثافت اجسام د

گاز		مایع		جامد	
	جسم	$\sigma [Ka/m^3]$	جسم	$\sigma [Ka/m^3]$	جسم
1.2	نایتروجن	$0,7.10^3$	اسیتون	$3,0.10^3$	الماس
0.1	هایدروجن	$1,0.10^3$	آب	$2,7.10^3$	المونیم
1.3	هوا	$1,26.10^3$	گلسیرین	$7,8.10^3$	آهن
1.4	آکسیجن	$0,90.10^3$	روغن	$19,3.10^3$	طلا
2	کاربن دای اکساید	$0,80.10^3$	تیل خاک	9.103	یخ
		$13,6.10^3$	سیماب	$8,9.10^3$	مس
		- 1,055 $1,066.10^3$	خون	$8,9.10^3$	نکل
				$7,4.10^3$	قلعی
				$11,3.10^3$	سرب
				$10,5.10^3$	نقره آلمانی
				$7,8.10^3$	فولاد

				$2,5.10^3$	شیشه
				$7,0.10^3$	جست
				$7,8.10^3$	چدن

172

172

236



جدول (ز) ثابت های a و b گازات حقیقی [5,6]

b [L/mol]	a [L <sup>2</sup> .at/mol <sup>2</sup> ]	سمبول	نام گاز
0.02661	0.2444	H	هایدروجن
0.0237	0.03412	He	هلیوم
0.03913	1.39	N	نایتروجن
0.3183	1.36	O	آکسیجن
0.3985	1.485	CO	کاربن مونواکساید
0.02789	1.34	NO	نایتروجن مونواکساید
0.04267	3.592	CO <sub>2</sub>	کاربن دای اکساید
0.030469	5.464	H <sub>2</sub> O	آب

## مآخذ

- 1- او.رون. پل. پلیتر. 1372. فزیک و کار برد آن در علوم تندرستی. مترجمین پاشانی. جلال الدین ، سپهری .هوشنگ: تهران ص ص 71—94
- 2- تکاور .عباس. 1389. فزیک پزشکی، چاپ پنجم :تهران ص ص 201،197،188،183،429،20.
- 3- پرا وستیشن.ج.م و تنتالر ، آ.ران درودو. ای .گ . 1379. فزیک ترمو دینا میک تعادل های خازن سیال . مترجمین وفائی .شفتی ،محسن ، چاپ دوم ،جلد دوم :تهران ص ص 110-113 .
- 4- رابرتزرنیک.دیود .هالیدی . 1382. فزیک حرارت و امواج. مترجمین گلستانی . نعمت اله ، بهار. محمود : تهران ص ص 131،149،155-281،157،257
- 5- رهبری .غلام حسین ، خدا دوست .علی اکبر،فتانی. بهرام، دیگران . 1377. فزیک پزشکی ؛ تهران . ص ص 155، 156 – 173 .
- 6- صمدی .علی افضل . 1365. اصول شیمی نو . چاپ ششم ؛.تهران ص ص 224-276 .
- 7- غضنفر . سید الفشاه . 1376 . بیـــو فزیک ، انستیتوت طب کابل . ص ص 19 – 32 .
- 8- قضائی . صمد . 1357، بیماری های ناشی از عوامل فیزیکی . تهران ص ص 1- 41 .

- 9- قیومی . عبدالصمد ، گازی لیف . گازی .ز. 1364. کیمیای فیزیکی .:کابل  
ص ص 3-12 .
- 10 - محمد الوکیل . محمد . 1380. فزیک نیرو گاهای حرارتی . مترجم  
سرایچی . کاظم : تهران . ص ص 4 و 5 .
- 11 - معتمدی . اسفندیار . 1368. فزیک گرما و آثار حرارت . تهران . ص  
ص . 11-28، 22، 41-53، 113، 69، 103 .
- 12 - نجمی . خواجه قطب الدین . 1364. فزیک حرارت و ترمو دینامیک .  
انستیتوت طب کابل ص ص . 38، 18، 12، 11، 44-104، 54-120 .
- 13 - کامرون . جان ، اسکوفرونیک . جیمز . 1389، فزیک پزشکی ، جلد دوم  
چاپ سوم . مترجم آریائی . جمیل : تهران . ص ص 72، 82، 127 .
- 14 - کارل . آر. نیو ، براند سی. نیو . 1372 . فزیک در خدمت علم بهداشت .  
مترجم تکا لو. علی اصغر: تهران. ص ص 250-267 .

15-Bill.W.Tillery, Mc Graw Hill. 2002,Physical Seince,  
New York, pp90-102.

16- Chatwal G.R .2005. Biophysics . 1- Edition, Delhi  
pp, 30,36,37,38, 41 .

17- Guyton.Arthur.C and Hall, 2000.Texbook of  
Medical Physiology ,10-editon pp325,827,826,832

18-Hall Prentice.Nedhan T.Massachussetts.Upper Sadle River ,New Jersey, etal . 2001. Physical Sciences .California Edition, pp 438 ,446.

19- Hausmann . E, Edger . p, Slack , 1989 Physics .New York PP 231,248,263,298,316 .

Physics in nursing , 20 -Hassel.Howard,Flitter 1998 edition -6 . New York, pp 122-138 .

21 -Frank P. Incroper,David D.Witt,1996 Introduction Volume -2,edition -3 ,U.S.A , pp 768-toHeat Transfer 802 .

22 - Frank P Incroper,David D.Witt,1996 volume -1, edition-3 .Introduction to heat transfer ,U.S.A, pp1-33,55-61,427-451, 500-532 .

23 -kikoin A and Kikoin I .1978 .Molecular Physics. Moscow. Pp 97-187 .

24 - Kakas ,Sidiq.V.A, Sheindlin V.V .1998,Heat conduction, New York pp 1-12

25 – Kirilin .V.V,Sycher Sheindlin .1976 .Engineering Thermodynamic. New York. Pp 32,41,74,79 .

- 26 - Moore .Thomas. A, 1989. Physics Unit T , Some processes and A Irreversible. six Ideas that shaped, U.S.A ,PP 16,17,18.
- 27 -Nelkon .M , 1993 Principles of Physics ,8-edition . London .pp, 168-170 ,202,206 .
- 28 -Robert Resnic, David .Halliday Kenneth S.Krane Physics, 5-edition .volume-1. 2002 New York. Pp 518,520, 523 , 544.
- 29 - Richard .I.F .weinde,Rabert Sells . 1971,Elementary of Physics . volume -1, New York.pp 476-489,493-501,506-529
- 30 - Savaelyer.I.V,1980 .Physics A Genral course .volume -1,Moscow .pp345,361 .
- 31 – Van Wylen . Borgnakke.Sontag 2002. Fundamental of Thermodynamics .5- edition U.S.A , pp 779-782.
- 32 -Van Wylen. Gordan, Sontag Rechard .Borgnak .Claus. .4-. 1998 , Fundamental of classical Thermodynamic U.S.A ,pp 34,35 . 4 edition

33 –Yoversky.B, and Deliaf . 1975 ,Hand Book of Physics .Moscow. pp 74-79.

Dinsky 1975 , Fundamental of .34-Yovorsky .B,Mand A.A  
Physics . Moscow ,pp260-302 .

35 - Yavorsky B.M,Seleznev Y.A , 1978 Physics A  
Moscow pp160,156,176 ..Refresher course

اینجانب میر محمد ظاهر (حیدری) فرزند میر غلام حیدر در یک خانواده با ضمیر روشن در سال 1331 در شهر تالقان ولایت تخار چشم به جهان کشودم. و در سال 1337 شامل مکتب و در سال 1349 از لیسه تالقان



وقت از صنف 12 فارغ و بعد از یک مدت خدمت در سال 1354 شامل فاکولته ساینس پوهنتون کابل و در سال 1357 از رشته فزیک فارغ التحصل گردیدم. بعد از فراغت از پوهنچی بحیث سوپر وایزر ساینس در تعلیم و تربیه تخار مقرر گردیدم بعد از یک مدت به خدمت عسکری بعد از ترخیص در تربیه معلم ولایت تخار به حیث استاد مقرر گردیدم. بعد از چند مدت بحیث معاون تدریسی خدمت نمودم. و در سال 1364 شامل پروگرام ماستری اکادمی تربیه معلم وبعد از اخذ دیپلوم ماستری بحیث استاد و بعداً مدیر عمومی خدمت نمودم. در سال 1368 بحیث استاد نامزد پوهنیاار دانشکده طب بلخ تبدیل و بعداً بحیث معاون و تا سال 1370 درین سمت قرار داشتیم. در سال 1373 مجدداً بحیث معاون و یک مدت بحیث سر پرست درین پوهنچی و بعد از یک مدت انفعال ازین پست در سال 1378 مجدداً بحیث معاون مقرر و تا سال 1381 درین پست قرار داشتیم. بمنظور انجام کارهای علمی و تحقیقی ازین پست استعفاء نمودم و حدود 23 سال می شود که در فاکولته طب پوهنتون بلخ مصروف تدریس هستم که در فوق گزارش یافت.

بر علاوه وظایف استادی در کمیته و سایر فعالیت های اکادمیک شمولیت داشتم که مختصر گزارش می گردد. اولین رئیس کمیته امتحانات پوهنتون بلخ با طرح اولین طرز العمل کاری، عضو شورای علمی پوهنتون بلخ، عضو شورای علمی پوهنچی، رئیس کمیته بررسی اسناد فارغان، مسول کمیته انسجام ترفیعات علمی فاکولته طب و عضو کمیته تضمین کیفیت و اعتبار دهی پوهنتون بلخ می باشم. رتبه دولتی ام خارج رتبه و رتبه علمی ام پوهاند بوده تعداد اثار علمی ام در حدود 22 اثر علمی تالیفی، تحقیقی و رساله علمی به نشر شده و 2 اثر تحت کار دارم که انشاء اله آماده چاپ میگردد.

با احترام

پوهاند میر محمد ظاهر حیدری

استاد فزیک طبی پوهنچی طب

پوهنتون بلخ 1391

## **Abstract:**

## **Literature Review:**

Medical Physics at university level and teaching it in Faculties of Medical is the key in students' success to apply the knowledge gained through these lessons in their day-to-day affairs. And it is in the category of basic subjects being taught for medical students. In the past it was taught under the title of physics, but today due to rapid expansion of knowledge and technology and the correlation of physics with other subjects Medical Physics is taught as an independent subject in Faculties of Medical. An important section of Medical Physics is heat which is taught 2 credit hours in a week (1 hour of lecture and 2 hours of its practical) in the curriculum of Faculty of Medical.

## **Aim:**

Introducing the rules of Medical Physics specially the heat section and its vast use in explaining activities performed by human's body constitutes the major aim of this book.

## **Material and Method:**

The sources which are used in this book are from journals, internet, etc. In addition this book is a guide for those students who are after gaining adequate information on Medical Physics and its application. It will lead them to autodidact learning on different aspects of physics. In this book relation of subjects and pedagogical goals are systematically regarded.

## **Usefulness:**

Teaching Medical Physics especially the Heat Section is in the curriculum of Faculties of Medical and students are eager to know how the thermal events effect human's body and what would be the moderate heat in performing different activities.

## **Conclusion:**

Activities are performed in a normal heat. Heat has an impact on all incidents and happenings especially environmental heat has a direct impact on human's activities. Since change in heat, the normal heat in the body, the needed percentage of heat in the body, etc are all explained under the title of Medical Physics; therefore, this subject is recommended for medical students so that it leads the students in proper application of them.



## **Publishing of textbooks and providing support For the medical colleges in Afghanistan**

**Honorable lecturers and dear students,**

The lack of quality text books in the universities of Afghanistan is a serious issue, which is repeatedly challenging the students and teachers alike. To tackle this issue we have initiated the process of providing textbooks to the students of medicine. In the past two years we have successfully published and delivered copies of 60 different books to the medical colleges across the country.

The Afghan National Higher Education Strategy (2010-1014) states:

*“Funds will be made ensured to encourage the writing and publication of text books in Dari and Pashto, especially in priority areas, to improve the quality of teaching and learning and give students access to state-of-the-art information. In the meantime, translation of English language textbooks and journals into Dari and Pashto is a major challenge for curriculum reform. Without this, it would not be possible for university students and faculty to acquire updated and accurate knowledge”*

The medical colleges' students and lecturers in Afghanistan are facing multiple challenges. The out-dated method of lecture and no accessibility to update and new teaching materials are main problems. The students have easy access to low quality and cheap study materials (copied notes & papers), hence the Afghan students are deprived of modern knowledge and developments in their respective subjects. It is vital to compose and print the books that have been written by lecturers. Taking the critical situation of this war torn country into consideration, we need desperately capable and professional medical experts. Those, who can contribute in improving standard of medical education and public health throughout Afghanistan, thus enough attention, should be given to the medical colleges.

For this reason, we have published 60 different medical textbooks from Nangarhar, Khost, Kandahar, Herat, Balkh & Kabul medical colleges.

Currently we are working on to publish 60 more different medical textbooks, a sample of which is in your hand. It is to mention that all these books have been distributed among the medical colleges of the country free of cost.

As requested by the Ministry of Higher Education, the Afghan universities, lecturers & students they want to extend this project to non-medical subjects like (Science, Engineering, Agriculture, Economics & Literature) and it is reminded that we will publish textbooks for different colleges of the country which are in need.

As stated that publishing medical textbooks is part of our program, we would like to focus on some other activities as following:

### **1. Publishing Medical Textbooks**

This book in your hand is a sample of printed textbook. We would like to continue this project and to end the method of manual notes and papers and publish each year 100 different textbooks for Afghan Higher Education Institutions.

### **2. Interactive and Multimedia Teaching**

In the beginning of 2010, we were able to allocate multimedia projectors in the medical colleges of Balkh, Herat, Nangarhar, Khost & Kandahar. To improve learning environment the classrooms, conference rooms & laboratories should also be equipped with multimedia projectors.

### **3. Situational Analysis and Needs Assessment**

A comprehensive need assessment and situation analysis is needed of the colleges to find out and evaluate the problems and future challenges. This would facilitate making a better academic environment and it would be a useful guide for administration and other developing projects.

### **4. College Libraries**

New updated and standard textbooks in English language, journals and related materials for all important subjects based on international standards should be made available in the libraries of the colleges.

## 5. Laboratories

Each medical college should have well-equipped, well managed and fully functional laboratories for different fields.

## 6. Teaching Hospitals (University Hospitals)

Each medical college should have its own teaching hospital (University Hospital) or opportunities should be provided for medical students in other hospitals for practical sessions.

## 7. Strategic Plan

It would be very nice if each medical college has its own strategic plan according to the strategic plan of their related universities.

**I would like to ask all the lecturers to write new textbooks, translate or revise their lecture notes or written books and share them with us for publication. We assure them quality composition, printing and free of cost distribution to the medical colleges. I would like the students to encourage and assist their lecturers in this regard. We welcome any recommendations and suggestions for improvement.**

We are very thankful to the German Federal Foreign Office; German Academic Exchange Service (DAAD) for providing funds for 90 different medical textbooks and the printing process for 50 of them are ongoing. I am also thankful to Dr. Salmaj Tural from J. Gutenberg University Mainz/Germany, Dieter Hampel member of Afghanic/Germany and Afghanic organization for their support in administrative & technical affairs.

I am especially grateful to GIZ (German Society for International Cooperation) and CIM (Centre for International Migration & Development) for providing working opportunities during the past two years in Afghanistan.

In Afghanistan, I would like cordially to thank His Excellency the Minister of Higher Education, Prof. Dr. Obaidullah Obaid, Academic Deputy Minister Prof. Mohammad Osman Babury and Deputy Minister for Administrative & Financial Affairs Associate Prof. Dr. Gul Hassan Walizai, the universities' chancellors and deans of the medical colleges for their cooperation and support for this project. I am also thankful to all those lecturers that encouraged us and gave all these books to be published.

At the end I appreciate the efforts of my colleagues Dr. M. Yousuf Mubarak, Abdul Munir Rahmanzai, Ahmad Fahim Habibi, Subhanullah and Hematullah in publishing books.

Dr Yahya Wardak  
CIM-Expert at the Ministry of Higher Education, November, 2012  
Karte 4, Kabul, Afghanistan  
Office: 0756014640  
Email: [textbooks@afghanic.org](mailto:textbooks@afghanic.org)  
[wardak@afghanic.org](mailto:wardak@afghanic.org)

## **Message from the Ministry of Higher Education**

In the history, book has played a very important role in gaining knowledge and Science and it is the fundamental unit of educational curriculum which can also play an effective role in improving the quality of Higher Education. Therefore, keeping in mind the needs of the society and based on educational standards and new learning materials, new textbooks should be published for the students.

I appreciate the efforts of the lecturers of Higher Education institutions and I am very thankful to them who have worked for many years, and have written or translated textbooks. I also warmly welcome more lecturers to prepare textbooks in their respective fields. So, that they should be published and distributed among the students to take full advantage of them.

The Ministry of Higher Education has the responsibility to make available new and updated learning materials in order to better educate our students.

At the end, I am very grateful to the German Federal Foreign Office, the German Academic Exchange Service (DAAD) and all those institutions and its people who have provided opportunities for publishing medical textbooks. I am hopeful that this project should be continued and publish textbooks in other subjects too.

Sincerely,  
Prof. Dr. Obaidullah Obaid  
Minister of Higher Education  
Kabul 2012

Book Name	Medical Physics (Heat)
Author	Prof. Mir M. Zaher Haidary
Publisher	Balkh Medical Faculty
Website	<a href="http://www.ba.edu.af">www.ba.edu.af</a>
No of Copies	1000
Published	2012
Download	<a href="http://www.ecampus-afghanistan.org">www.ecampus-afghanistan.org</a>
Printed at	Afghanistan Times printing press

This Publication was financed by the German Academic Exchange Service (**DAAD**) with funds from the German Federal Foreign Office.

Administrative and Technical support by Afghanic organization.

The contents and textual structure of this book have been developed by concerning author and relevant faculty and being responsible for it. Funding and supporting agencies are not holding any responsibilities.

If you want to publish your text books please contact us:

Dr. Yahya Wardak, MoHE, Kabul, Afghanistan

Office 0756014640

Email [wardak@afghanic.org](mailto:wardak@afghanic.org)

ISBN 978- 123456789

All rights are reserved with the author

Printed in Afghanistan 2012

250



Balkh Medical Faculty

AFGHANIC

Prof. Mir M. Zaher Haidary

# MEDICAL PHYSICS (Heat)

DAAD Deutscher Akademischer Austausch Dienst  
German Academic Exchange Service



2012

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.



**Get more e-books from [www.ketabton.com](http://www.ketabton.com)  
Ketabton.com: The Digital Library**