

## پودمان ۲

# ارزیابی و کنترل حرارت



در فرایند تولید بدنه‌های سرامیکی مانند خشک کردن و پخت نیاز به اعمال حرارت و افزایش دما وجود دارد. حرارت مورد نیاز از منابع سوختی مختلف تأمین شده و به بدنه منتقل می‌شود. پس از تولید حرارت اندازه‌گیری دما و کنترل آن اهمیت دارد تا دمای مطلوب برای انجام فرایند تأمین شود.

## واحد یادگیری ۲

### شایستگی ارزیابی و کنترل حرارت

هدف از این شایستگی، کسب دانش و مهارت به کارگیری، تنظیم و کنترل تجهیزات کوره‌ها و خشک‌کن است. همچنین هنر جو روش‌های تأمین و انتقال حرارت در کوره برای خشک کردن و پخت بدنه‌های سرامیکی را فرا می‌گیرد.

#### استاندارد عملکرد

انتخاب و به کارگیری انواع تجهیزات کنترل خشک‌کن و کوره براساس نوع و دمای کار خشک‌کن و کوره

## منابع تأمین حرارت

آیا تا به حال به این موضوع اندیشیده‌اید که چگونه حرارت درون کوره تأمین می‌شود؟ کوره از جمله مهم‌ترین تجهیزات هر کارگاه یا کارخانه تولید سرامیک است. کوره‌های سرامیک از نظر تولید حرارت به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

الف) کوره‌های الکتریکی  
ب) کوره‌های مشعلی



شکل ۱- کوره

## کوره‌های الکتریکی

چگونه حرارت در وسایل نشان داده شده در شکل ۲ ایجاد می‌شود؟



شکل ۲

کوره‌های الکتریکی به وسیله المنت‌ها حرارت تولید می‌کنند. المنت‌ها رشته‌هایی از سیم نیمه‌هادی با مقاومت الکتریکی هستند که جریان الکتریکی را به حرارت تبدیل می‌کنند. المنت‌ها خاصیت مقاومت حرارتی و تحمل جریان الکتریکی بالایی دارند. برای مثال، اگر جریان الکتریکی زیادی در یک سیم نازک ساده برقرار شود، سیم در عرض چند صدم ثانیه ذوب می‌شود. اما المنت‌ها علاوه بر مقاومت الکتریکی بالا مقاومت حرارتی زیادی نیز دارند؛ بنابراین جریان و دمای بالا را می‌توانند تحمل کنند.



شکل ۴- المنت داغ شده



شکل ۳- کوره الکتریکی

المنت‌ها قبل از حرارت دیدن انعطاف پذیر هستند، اما بعد از حرارت دیدن و گداخته شدن، انعطاف پذیری خود را از دست می‌دهند و شکننده می‌شوند.

نکته



در نمودار ۱ انواع المنت دسته‌بندی شده است:



نمودار ۱

در جدول ۱ کاربردهای هر یک از المنتها از لحاظ میزان تولید حرارت نشان داده شده است:

جدول ۱- انواع المنت از نظر مقدار تولید حرارت

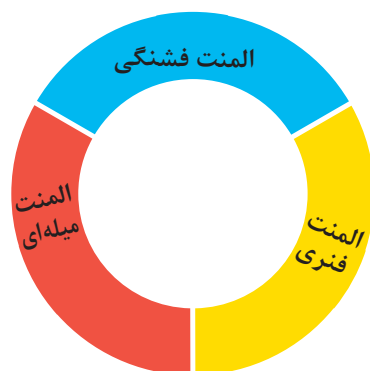
تصویر	برخی از کاربردها	محدوده تولید حرارت	نوع المنت
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• لوازم خانگی</li> </ul>		دما پایین
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• دستگاه‌های شکل‌دهی چِیگر و جولی (سر قالب)</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• خشک کن</li> </ul>	تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• گرمخانه شیشه و کوره‌های تمپر حرارتی شیشه</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• حمام آزمایشگاهی آب گرم (بن ماری)</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کوره‌های الکتریکی</li> </ul>	۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه سلسیوس	



کوره‌های دکور و کوره فیوزینگ شیشه جزء کدام دسته از موارد مشخص شده در جدول ۱ هستند؟

## جنس انواع المنت‌ها

- ۱ المنت‌هایی که تا دمای ۱۰۰۰ درجه سلسیوس به کار می‌روند، معمولاً از جنس آلیاژ نیکل - کروم (آلیاژ نیکروم) هستند.
  - ۲ المنت‌های آلیاژ کنتال (Fe-Cr-Al-Co) برای تولید حرارت تا دماهای ۱۲۰۰ درجه سلسیوس به کار می‌روند.
  - ۳ المنت‌های سیلیکون کارباید و مولیبدن در دماهای بالاتر از ۱۲۰۰ درجه سلسیوس به کار می‌روند.
  - ۴ المنت‌های گرافیتی و تنگستنی برای دماهای بسیار بالا استفاده می‌شوند.
- با پیشرفت صنعت در دنیا استفاده از المنت برای تولید حرارت افزایش چشمگیری پیدا کرده است و در بیشتر صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. پرمصرف‌ترین المنت‌ها براساس شکل ظاهری عبارت‌اند از:



نمودار ۲- انواع المنت‌ها از لحاظ شکل ظاهری

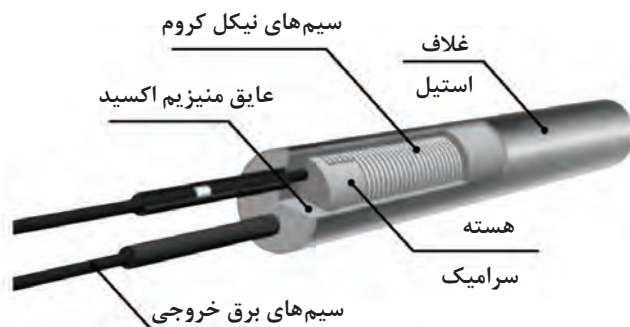
### المنت فشنگی

المنت‌های فشنگی<sup>۱</sup> (کارتریجی) در اغلب وسایل الکتریکی خانگی و در صنایع قالب‌گیری پلاستیک به‌عنوان منبع تولید حرارت به کار می‌روند.



شکل ۵- المنت فشنگی

این نوع المنت در ولتاژ و توان‌های متفاوت و در قطر و طول‌های مختلف طراحی و تولید می‌شوند. در شکل ۶ اجزای داخلی المنت فشنگی نشان داده شده است.



شکل ۶- اجزای داخلی یک نمونه المنت فشنگی

### المنت میله‌ای<sup>۱</sup>

المنت میله‌ای یکی از پر مصرف‌ترین المنت‌ها است. اتصالات برق این المنت به صورت مفتول‌های رزوه‌دار با فیش‌های مربوط به آن انجام می‌شود که به نصب آسان المنت کمک می‌کند.



شکل ۷- المنت میله‌ای

در خشک‌کن‌های سرامیکی معمولاً از این نوع المنت استفاده می‌شود.



شکل ۸

### المنت فنری<sup>۲</sup>

طراحی این المنت به شکل فنر باعث شده است که کارایی بسیار بالایی نسبت به دیگر المنت‌ها داشته باشد. کوره‌های الکتریکی که برای پخت بدنه‌های سرامیکی استفاده می‌شوند، معمولاً دارای این نوع المنت‌ها هستند.

۱- Tubular Heaters

۲- Coil Heaters

مهم‌ترین ویژگی این المنت عبارت است از:

۱ حجم کم

۲ توان حرارتی بالا

۳ تولید و انتقال حرارت در کمترین زمان

مهم‌ترین ویژگی المنت فنری، شکل مارپیچی آن است که طول بسیار زیادی از المنت می‌تواند در فضای محدودی قرار گیرد و به همین دلیل تولید حرارت افزایش می‌یابد. در هر جایی که محدودیت فضا وجود دارد و به حرارت بالایی نیاز است، می‌توان از این نوع المنت برای ایجاد حرارت مورد نیاز استفاده کرد.



شکل ۹

### کار عملی ۱: ساخت المنت فنری

مواد و ابزار: یک میله استوانه‌ای شکل، یک متر سیم مسی، وسیله اندازه‌گیری طول، سیم بُر

#### شرح فعالیت

- ۱ به وسیله سیم‌بُر، یک متر از سیم را برش دهید.
- ۲ سیم مسی را دور میله به صورت فنری بپیچانید.
- ۳ میله را از سیم جدا کنید.

چگونه می‌توان طول سیمی را که به شکل فنر درآورده‌اید، بیشتر کاهش دهید؟

فعالیت  
کارگاهی



پرسش



شکل ۱۰

### المنت سیلیکون کاربایدی

المنت سیلیکون کاربایدی از جنس سیلیکون کارباید (SiC) ساخته می‌شوند و به شکل میله‌ای و فنری وجود دارند. این المنت برای تولید حرارت بین محدوده ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه سلسیوس به کار می‌رود و نسبت به المنت‌های دیگر قیمت بالاتری دارد.



بودمان دوم: ارزیابی و کنترل حرارت

المنت سيليكون كاربايدى به بخار آب و بخارهاى گازى حساس هستند؛ بنابراین برای جلوگیری از آسیب دیدن این المنت ابتدا بدنه‌ها در كوره‌هاى الكتریکى با ساير المنت‌ها پخت می‌شود تا بخارها و گازها خارج شوند، سپس پخت نهایی درون كوره‌هاى سيليكون كاربايدى انجام می‌شود.

## موارد مصرف المنت سيليكون كاربايد

از این المنت در زمینه تولید سرامیک‌هاى مهندسى (ساخت مگنت‌ها)، در آزمایشگاه‌ها و پروژه‌هاى تحقیقاتى استفاده می‌شود.

فكر كنيد



آيا برای ساخت بدنه‌هاى با لعاب نمكى استفاده از كوره‌هاى الكتریکى مناسب است؟ چرا؟

نکته



المنت‌هاى كوره الكتریکى، بیشتر با روش تابشى حرارت را انتقال می‌دهند كه با درنظر گرفتن حجم كوره، مقدار حرارت پخش شده درون كوره تغییر می‌كند.



شكل ۱۱- المنت گرم شده درون كوره

## روش نصب المنت‌هاى كوره‌هاى الكتریکى



شكل ۱۲- نصب المنت بر روی پایه

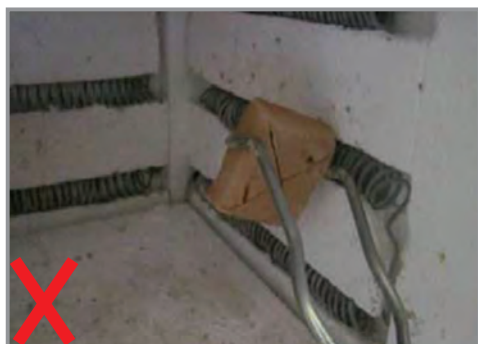
الف) المنت‌ها روی پایه‌هاى استوانه‌اى شكل از جنس دیرگداز به‌عنوان نگهدارنده قرار می‌گیرند.

ب) در طول دیواره و کف کوره شیار ایجاد می شود و المنت درون آنها نصب می شوند.



شکل ۱۳- نصب المنت درون شیار

## نکات ایمنی هنگام کار با کوره های الکتریکی



شکل ۱۴

۱ هنگام برداشتن یا جابه جایی نمونه ها درون کوره نباید انبر یا دست به المنت برخورد کند، زیرا باعث آسیب رسیدن به المنت می شود. همچنین برخورد انبر با المنت باعث ایجاد جرقه، آتش سوزی یا برق گرفتگی می شود.

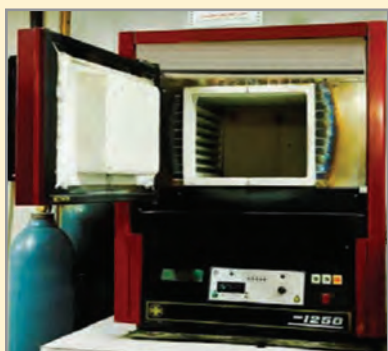


شکل ۱۵

۲ هیچ گاه در کوره روشن را باز نکنید، زیرا علاوه بر سوختگی صورت و بدن باعث وارد آمدن شوک حرارتی به بدنه های در حال پخت، آجر دیرگداز کوره، المنت و سوختن آنها می شود.

۳ هیچ گاه بدنه های سرامیکی را در تماس با المنت قرار ندهید زیرا باعث آسیب رسیدن به بدنه و المنت می شود.

۴ بدنه های سرامیکی لعاب خورده نباید هیچ گونه تماسی با المنت داشته باشند، زیرا در نقطه تماس، مقاومت المنت افزایش می یابد و باعث ذوب نقطه ای و قطع شدن المنت می شود.



شکل ۱۶

**کار عملی ۲:** بررسی المنت کوره‌های الکتریکی کارگاه  
**شرح فعالیت:**  
به‌المنت کوره‌های کارگاه خود دقت کنید و مشخص کنید که  
المنت کوره به چه شکلی و از چه نوعی هستند؟

فعالیت  
کارگاهی



قبل از بررسی المنت کوره اطمینان حاصل کنید که کوره متصل به برق نیست و کاملاً سرد است.

نکات ایمنی  
و بهداشتی



دربارهٔ محدودهٔ دمایی و کاربرد المنت سوپر کنتال تحقیق کرده و گزارشی به کلاس ارائه کنید.

تحقیق



## کوره‌های مشعلی

کوره‌های مشعلی دارای اجزای بسیار زیادی هستند. نوع سوخت و مشعل از مهم‌ترین اجزای به‌کار رفته در این کوره‌ها است.

## انواع سوخت

سوخت ماده‌ای است که با مقدار کافی اکسیژن ترکیب می‌شود و حرارت زیاد تولید می‌کند. انواع سوخت‌ها از لحاظ حالت ماده در نمودار ۳ نشان داده شده است.

سوخت گازی

سوخت مایع

سوخت جامد

نمودار ۳

## سوخت گازی

سوخت گازی از مهم‌ترین و معمول‌ترین سوخت‌های مصرفی در کشور ما است که به دلیل قیمت مناسب، در دسترس بودن و آلاینده‌گی کمتر، بیشتر استفاده می‌شوند.

### موارد مصرف سوخت گازی:

- ۱ مصارف صنعتی
- ۲ مصارف خانگی
- ۳ مصارف دامداری و کشاورزی

گاز طبیعی و گاز مایع از اصلی‌ترین سوخت‌های گازی هستند.

گاز طبیعی به طور طبیعی در مخازن زیرزمینی یافت می‌شود که به صورت محلول در نفت خام یا روی بستر نفت خام وجود دارد. گاز طبیعی فشرده یا (CNG)<sup>۱</sup> که در خودروها نیز استفاده می‌شود، از متراکم کردن گاز طبیعی تولید می‌شود.

گاز مایع از پالایش نفت خام به دست می‌آید. هنگام استفاده از این سوخت باید احتیاط کرد، زیرا در هنگام سوختن حرارت زیادی تولید می‌شود و احتمال نشت گاز زیاد است.



شکل ۱۷- کوره گازی

## سوخت مایع

علاوه بر سوخت گازی، سوخت مایع نیز در صنعت استفاده می‌شوند. این سوخت‌ها برای افزایش بازدهی، به اسپری شدن بر روی مشعل نیاز دارند؛ بنابراین کاربرد آنها نسبت به نوع گازی محدودتر است. مهم‌ترین سوخت‌های مایع در صنعت شامل موارد زیر است:

- نفت سفید
- گازوئیل
- نفت کوره

۱- Compact Natural Gas



شکل ۱۸- کوره آجرپزی

نفت کوره (مازوت) در مراحل تصفیه نفت خام پس از اتر، بنزین و نفت سفید به دست می‌آید و به دلیل رنگ سیاهش، به آن نفت سیاه نیز گفته می‌شود. این ماده ارزان‌ترین ماده سوختنی است که در آجرپزی‌ها کاربرد دارد. آلودگی زیست‌محیطی نفت کوره زیاد است که باعث محدود شدن کاربرد آن شده است.

### سوخت جامد



شکل ۱۹- زغال سنگ

سوخت جامد انواع زیادی دارد که در بین آنها، زغال سنگ و کک کاربرد بیشتری در تولید حرارت کوره دارند.

**الف) زغال سنگ:** زغال سنگ مهم‌ترین سوخت جامد صنعتی است که برای کاربردهایی مانند تولید انرژی الکتریکی، شکل‌دهی فلزات و ساخت مواد شیمیایی مصرف می‌شود. این سوخت از پسماند مواد گیاهی طی سالیان دراز تشکیل می‌شود.

**ب) کک:** برای تهیه سوخت کک زغال سنگ در کوره‌های مخصوص تحت حرارت به کک تبدیل می‌شوند؛ ترکیب شیمیایی کک شامل ۹۴-۸۵ درصد کربن و بقیه آن شامل مواد فرّار، خاکستر و گوگرد است.



شکل ۲۰- کک

## مشعل

آیا تاکنون پی برده‌اید که چگونه شعله اجاق گاز روشن می‌شود؟

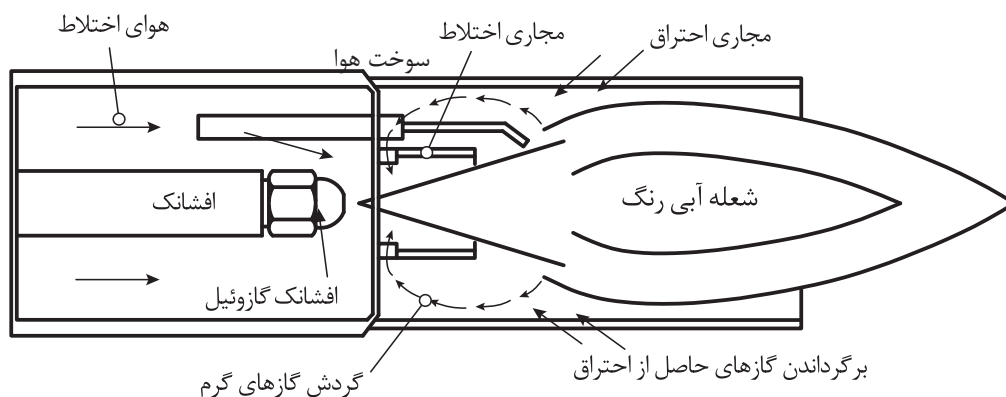


شکل ۲۱



الف) مشعل کارخانه سیمان

یکی از اجزای مهم کوره مشعل<sup>۱</sup> است. مشعل در کوره به منظور اختلاط کامل سوخت و هوا و ایجاد حداکثر حرارت به کار می‌رود. طرز کار مشعل به این روش است که با پاشش سوخت مانند گازوئیل و ترکیب شدن آن با اکسیژن موجود در هوا و ایجاد جرقه، عمل احتراق انجام می‌شود و حرارت مورد نیاز به صورت شعله به داخل کوره هدایت می‌شود. در شکل ۲۲ این فرایند را می‌توانید مشاهده کنید.



ب) اجزای مشعل و احتراق در آن

شکل ۲۲



در شکل ۲۳ نمونه‌ای از مشعل و سرمشعل کوره که در صنایع سرامیک کاربرد دارد، نشان داده شده است.



ب) مشعل



الف) سر مشعل

شکل ۲۳

### انواع مشعل از نظر تأمین هوای احتراق

مشعل‌ها از نظر تأمین هوای مورد نیاز برای احتراق به دو دسته تقسیم می‌شوند:

گازهای حاصل از احتراق، چگالی کمتری نسبت به هوای محیط بیرون از کوره دارند؛ بنابراین مکش طبیعی هوا از محیط اطراف به درون محفظه احتراق انجام می‌شود.

طبیعی (اتمسفریک)

مشعل اکثر کوره‌های بزرگ صنعتی با سامانه دمنده هوای اجباری کار می‌کنند و هوای داخل کوره توسط فن تأمین می‌شود.

اجباری (دمنده‌دار)

### انواع مشعل از نظر سوخت مصرفی

مشعل‌ها را می‌توان براساس نوع سوخت مصرفی به سه دسته کلی تقسیم بندی کرد:

۱ مشعل گازسوز

۲ مشعل مایع سوز

۳ مشعل دوگانه سوز

در صنایع به منظور افزایش بازده ساختمان مشعل دوگانه‌سوز طراحی می‌کنند. در مشعل‌های دوگانه‌سوز می‌توان در مواردی از سوخت گازی یا سوخت مایع استفاده کرد. مشعل‌های دوگانه‌سوز مانند خودروهای دوگانه‌سوز هستند که قابلیت کار با هر دو نوع سوخت گاز و مایع را دارند.

نکته



## اتمسفر کوره

به تصاویر زیر نگاه کنید:  
دلیل تغییر رنگ شعله‌ها چیست؟



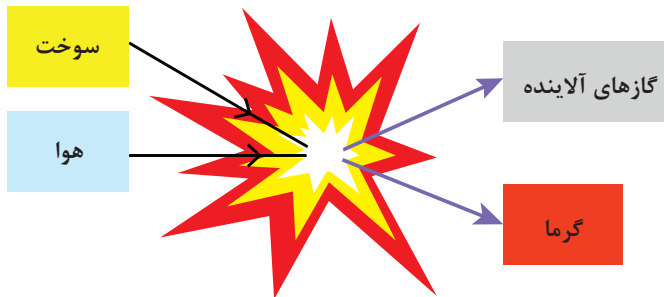
ج

ب

الف

شکل ۲۴

احتراق واکنشی است که بین سوخت و اکسیژن صورت می‌گیرد و حرارت زیادی را تولید می‌کند. اتمسفر کوره تعیین‌کننده میزان اکسیژنی است که به شعله برای انجام واکنش احتراق می‌رسد.



شکل ۲۵- واکنش احتراق

در کوره‌های سوخت‌سوز می‌توان اتمسفر و مشعل کوره را تحت کنترل قرار داد. اتمسفر کوره به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱ اکسیدی

۲ احیایی

در پخت با اتمسفر اکسیدی اکسیژن بیشتری به مشعل می‌رسد و حرارت بیشتری ایجاد می‌شود. رنگ شعله در این اتمسفر در دماهای پایین غالباً به رنگ آبی است و در دماهای بالا رنگ شعله قرمز روشن مشاهده می‌شود. برای ایجاد اتمسفر احیایی اکسیژن کمتری برای احتراق به مشعل تغذیه می‌شود و احتراق ناقص انجام می‌شود؛ بنابراین در شعله هنگام سوختن مقداری دود (کربن نسوخته) نیز به وجود می‌آید. شعله مشعل در این اتمسفر غالباً به رنگ زرد و نارنجی قابل مشاهده است.

در اتمسفر احیایی مقداری کربن روی بدنه در حال پخت ایجاد می‌شود که باعث تغییر رنگ در بعضی از بدنه‌ها می‌شود.



اتمسفر بیش از حد احیایی به دلایل زیر مطلوب نیست:

(الف) توده‌های عظیمی از دود سیاه ایجاد می‌شود که باعث آلودگی زیست‌محیطی می‌شود.

(ب) اتمسفر احیایی باعث اتلاف سوخت می‌شود.

(ج) اتمسفر احیایی باعث جلوگیری از افزایش درجه حرارت می‌شود. دمای شعله اکسیدی بیشتر از احیایی است.



چرا رنگ قسمت مرکزی شعله در اتمسفر احیایی آبی است اما اطراف آن زرد مشاهده می‌شود؟

شکل ۲۶- رنگ شعله در اتمسفر احیایی

### کار عملی ۳: تنظیم اتمسفر کوره

**شرح فعالیت:** شرایط و اتمسفر کوره را با تغییر ورودی سوخت و اکسیژن به حالت اکسیدی یا احیایی تغییر دهید.

- در هنگام باز کردن شیر ورودی سوخت مراقب باشید و فاصله ایمنی با کوره را رعایت کنید.
- از دستکش و روپوش نسوز استفاده کنید.

گفت‌وگو



فعالیت کارگاهی



نکات ایمنی و بهداشتی

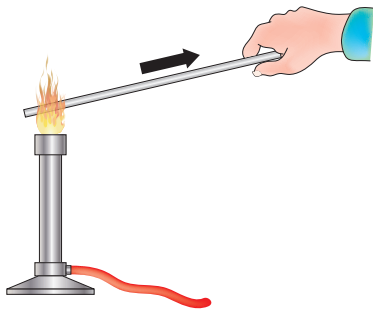


## انتقال حرارت

انتقال حرارت با اختلاف دما ایجاد می‌شود. هر چه اختلاف دما بین دو نقطه زیادتر باشد سرعت انتقال حرارت بیشتر می‌شود. حرارت به سه روش انتقال می‌یابد:



نمودار ۴- انواع روش‌های انتقال حرارت



شکل ۲۷

### ۱ هدایت

وقتی میله فلزی را به شعله نزدیک می‌کنید، پس از مدت کوتاهی انگشتان شما گرما را احساس می‌کند. حرارت چگونه به دستانتان شما انتقال یافته است؟

انتقال حرارت در اجسام جامد به روش هدایت انجام می‌شود. هنگامی که دمای بخشی از جسم از بخش دیگر آن بیشتر باشد حرارت از بخش گرم‌تر به سمت بخش سردتر جریان می‌یابد.

میزان حرارت منتقل شده با روش هدایت با رابطه زیر به دست می‌آید:

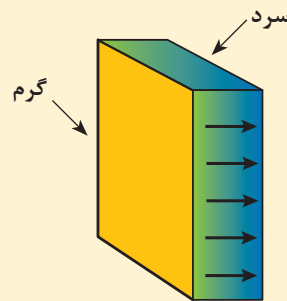
$$q = \frac{KA\Delta T}{L} = \frac{KA(T_{\text{گرم}} - T_{\text{سرد}})}{L}$$

$L$  = طول جسم

$A$  = سطح مقطع جسم

$K$  = ضریب هدایت حرارتی

$\Delta T$  = اختلاف دمای دو نقطه سرد و گرم



در رابطه بالا  $K$  ضریب ثابتی است که به آن ضریب هدایت حرارتی نیز گفته می‌شود و واحد آن  $\frac{W}{mK}$  (وات بر مترکلین) است. مقدار ضریب هدایت حرارتی به جنس ماده بستگی دارد. در جدول زیر ضریب هدایت حرارتی برای مواد مختلف بیان شده است.

جدول ۲- ضریب هدایت حرارتی مواد مختلف

ماده	ضریب هدایت حرارتی $\frac{W}{mK}$	ماده	ضریب هدایت حرارتی $\frac{W}{mK}$
سرب	۳۵	آهن	۸۲
شیشه	۱	نقره	۴۱۸
پنبه نسوز	۰/۰۹	هوا	۰/۰۲۴
آب	۰/۰۴	آجر	~ ۰/۶
یخ	۲/۲	چوب	~ ۰/۰۸
چوب پنبه	۰/۰۳	مس	۴۰۰
آلومینیوم	۲۳۸		

بیشتر بدانید

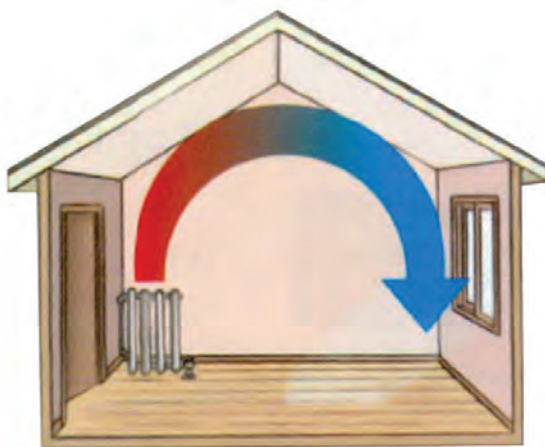


هدایت گرمایی در همه جامدات برابر نیست؛ فلزات بیشتر و نافلزات کمتر گرما را به این روش منتقل می‌کنند. به دلیل اینکه تعداد الکترون‌های آزاد در فلزات بسیار زیاد است، از هدایت گرمایی خوبی برخوردار هستند. هنگامی که به نقطه‌ای از فلز گرما داده می‌شود، الکترون‌های آزاد انرژی جنبشی بیشتری به دست می‌آورند و سریع‌تر حرکت می‌کنند و انرژی گرمایی به سرعت از قسمت‌های گرم به قسمت‌های سرد منتقل می‌شود.

## ۲ همرفت (کنوکسیون)

یک شופاژ روشن را در نظر بگیرید:

هوای سرد که چگالی بیشتری دارد و سنگین‌تر است، در پایین قرار دارد. در مجاورت شופاژ هوا گرم می‌گردد چگالی آن کم می‌شود و سبک شده به طرف بالا می‌رود. دوباره هوای سرد دیگری به جای آن می‌نشیند و جابه‌جایی هوا مرتب ادامه می‌یابد تا تمام هوا گرم شود.



شکل ۲۸

همرفت انتقال حرارت به وسیله حرکت مولکول‌ها در محیط از یک نقطه به نقطه دیگر است. مولکول‌هایی که گرم شده‌اند از یک نقطه به نقطه دیگر حرکت می‌کنند و حرارت را با خود جابه‌جا می‌کنند.



### کار عملی ۴: تعیین جریان همرفتی

مواد و ابزار: بشر بزرگ، کاغذ، فیچی، چراغ الکلی یا اجاق گاز، آب  
شرح فعالیت:

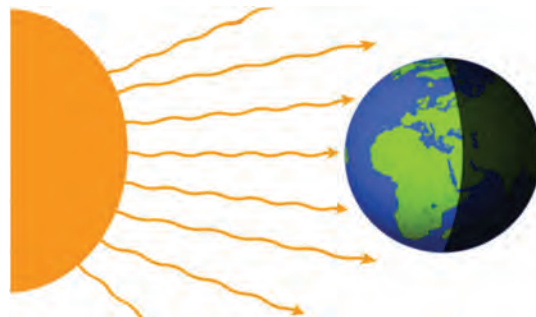
- ۱ بشر بزرگی را پر از آب کنید.
- ۲ کاغذهایی را به صورت نوارهای بسیار نازک ببرید.
- ۳ نوارهای کاغذی را درون آب بریزید تا خیس بخورند و در آب ته نشین شوند.
- ۴ بشر را روی شعله گاز یا چراغ الکلی قرار دهید و آن را روشن کنید تا به خوبی گرم شود.
- ۵ نحوه حرکت نوارهای کاغذ را تعیین کنید. (ذرات کاغذ مسیر جریان همرفتی را نشان می دهد).



شکل ۲۹

### ۳ تابش

انرژی گرمایی خورشید چگونه به سطح زمین منتقل می شود؟



شکل ۳۰

هر جسم داغ، حتی بدن انسان، از خود اشعه‌هایی ساطع می کند که این اشعه‌ها توسط اجسام سردتر جذب می شوند.

برای جذب اشعه‌های تابشی، اجسام با رنگ تیره مناسب تر هستند یا با رنگ روشن؟



در انتقال حرارت به روش تابش، به محیط مادی نیازی نیست؛ یعنی می‌تواند در خلأ نیز انجام گیرد. در این روش حرارت به صورت نور یا امواج الکترومغناطیسی از منبع داغ به اطراف منتقل می‌شود.



شکل ۳۱

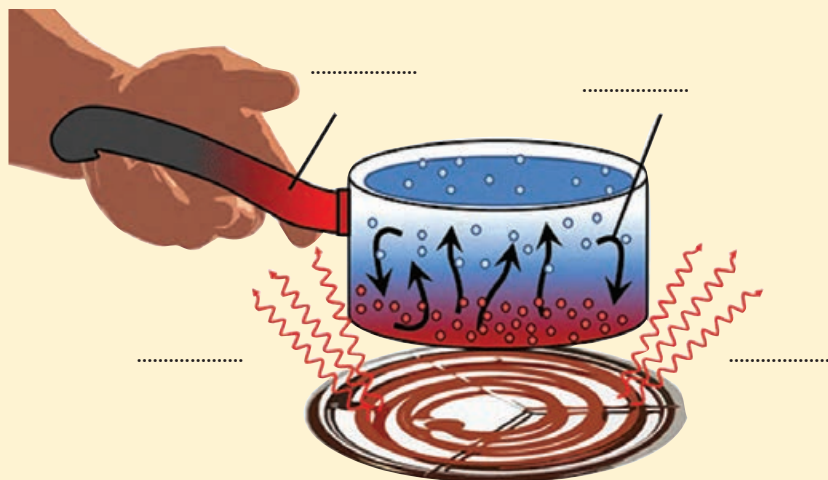
در بین روش‌های انتقال حرارت کدام روش سریع‌تر است؟ چرا؟

فکر کنید



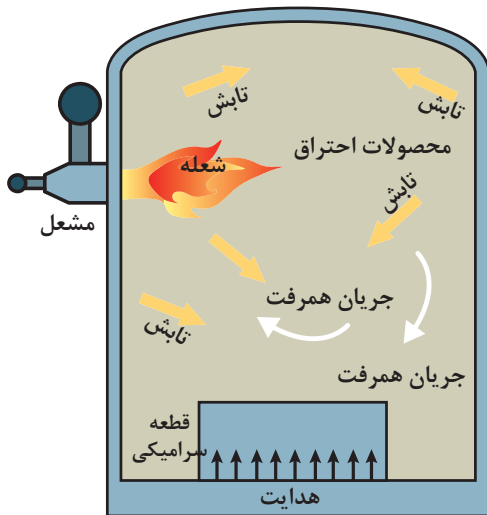
در شکل ۳۲ روش‌های انتقال گرما را مشخص کنید.

فعالیت کلاسی



شکل ۳۲

## انتقال حرارت درون کوره



شکل ۳۳

درون کوره‌ها هر سه روش انتقال حرارت شامل هدایت، همرفت و تابش وجود دارد:

**کف کوره، چیدمان و بدنه داخل کوره:** انتقال حرارت با روش هدایت انجام می‌شود.

**هوای داخل کوره:** همرفت گازهای داغ وجود دارد.

**مشعل، المنت و دیرگدازهای گرم شده:** انتقال حرارت به روش تابش وجود دارد.

- در دماهای پایین‌تر از ۵۰۰ درجه سلسیوس، همرفت روش اصلی انتقال حرارت درون کوره است.
- در دماهای بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سلسیوس، انتقال حرارت با هر دو روش تابش و همرفت انجام می‌شود.

- هنگامی که دما بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس است، تابش اصلی‌ترین روش در انتقال حرارت درون کوره است.

## اندازه‌گیری دما



شکل ۳۴

- چگونه می‌توان هوای درون اتاق را اندازه‌گیری کرد؟
- نمایشگرهای نشان‌دهنده دمای درون فرهای گازی چگونه کار می‌کنند؟

تعیین و کنترل دمای کوره مهم‌ترین موضوع در کار با کوره‌ها است. روش‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری دمای کوره وجود دارد که عبارت‌اند از:



شکل ۳۵- اندازه‌گیری دمای کوره

### ۱ ترموکوپل

شکل ۳۵ دمای کوره را بر روی صفحه نمایشگر نشان می‌دهد. ترموکوپل متداول‌ترین وسیله برای اندازه‌گیری و کنترل دما است.

ترموکوپل یکی از مهم‌ترین اجزای کوره و خشک‌کن است که داخل دیواره یا سقف آنها نصب می‌شود. در کوره‌های بزرگ عموماً از چندین ترموکوپل در نقاط مختلف کوره استفاده می‌شود. در شکل ۳۶ ترموکوپل نصب شده در سقف نشان داده شده است.



شکل ۳۶

در جدول ۳ محل قرارگیری ترموکوپل درون خشک‌کن و کوره نشان داده شده است.

جدول ۳

محل نصب	ترموکوپل	وسیله
		خشک‌کن
		کوره

همان طور که در شکل ۳۷ نشان داده شده ترموکوپل معمولاً از به هم پیوستن دو فلز غیر هم جنس به یکدیگر ایجاد می شود که براساس جنس سیمها محدوده دمای قابل اندازه گیری ترموکوپل تغییر می کند.



شکل ۳۷

متداول ترین ترموکوپل ها براساس جنس سیمهای به کار رفته در جدول زیر بیان شده است

جدول ۴

نوع	محدوده دمای قابل اندازه گیری (درجه سلسیوس)
مس - کنستانتان (CC)	۰-۳۵۰
آهن - کنستانتان (IC)	۰-۸۰۰
کرومل - آلومل (CR)	۰-۱۲۰۰
پلاتین - رودیوم (PR)	۰-۱۶۰۰

نکته



ترموکوپل به عنوان قطع کننده جریان گاز نیز کاربرد دارد. از ترموکوپل برای ایمن سازی تجهیزات گازسوز در مواردی که شعله گاز به دلایلی مانند جریان باد، خاموش می شود، همچنین برای قطع کردن گاز و جلوگیری از انتشار آن نیز به کار می رود.

### نکات مهم در مورد ترموکوپل

- اطراف ترموکوپل نباید از بدنه ها و قطعات پر شده باشد تا جریان حرارت به خوبی با ترموکوپل در تماس باشد.
- ترموکوپل نباید در معرض ضربه قرار گیرد.
- محل قرارگیری ترموکوپل اهمیت دارد و باید در محلی قرار گیرد که دما در آن قسمت به صورت یکنواخت جریان داشته باشد.





شکل ۳۸

شکل ۳۸ محل موردنظر برای نصب ترموکوپل درون کوره را نشان می‌دهد. چرا اطراف آن با پنبه‌نسوز پوشانده شده است؟

### ۲ آذرسنج نوری<sup>۱</sup>

آذرسنج نوری دمای اجسام بسیار داغ را با استفاده از نور مرئی که جسم از خود ساطع می‌کند، تشخیص می‌دهد.



شکل ۳۹

در آذرسنج نوری نور مرئی ایجاد شده از کوره از درون یک سامانه نوری که درون آن یک لامپ گداخته شده قرار دارد گذرانده می‌شود. در اثر برخورد نور به این رشته‌های لامپ جریانی عبور می‌کند که تعیین‌کننده میزان دما است.

### ۳ مخروط زگر

برای تعیین دمای کوره از مخروط‌های دیرگداز استاندارد (مخروط زگر) استفاده می‌شود که دارای ابعاد استاندارد با ترکیب شیمیایی مشخص و نقطه خمیری شدن معین هستند. هر یک از مخروط‌های زگر شماره مخصوصی دارند که در کوره‌ها حرارت می‌بینند تا به حالت خمیری درآید. سپس با توجه به جدول شماره ۵ و حالت خمیری مخروط زگر دمای کوره مشخص می‌شود. در جدول شماره ۵ تعدادی از مخروط‌های زگر بیان شده است.

جدول ۵ - دمای معادل مخروط‌های استاندارد زگر (درجه سلسیوس) بر اساس سرعت گرمایش ۱۷۰ درجه سلسیوس بر ساعت

شماره مخروط زگر	دمای معادل	شماره مخروط زگر	دمای معادل
۱۵	۱۴۳۵	۰۱	۱۱۴۵
۱۴	۱۴۰۰	۰۲	۱۱۲۵
۱۳	۱۳۵۰	۰۳	۱۱۱۵
۱۲	۱۳۳۵	۰۴	۱۰۶۰
۱۱	۱۳۲۵	۰۵	۱۰۴۰
۱۰	۱۳۰۵	۰۶	۱۰۱۵
۹	۱۲۸۵	۰۷	۹۹۰
۸	۱۲۶۰	۰۸	۹۵۰
۷	۱۲۵۰	۰۹	۹۳۰
۶	۱۲۳۰	۰۱۰	۹۰۵
۵	۱۲۰۵	۰۱۱	۸۹۵
۴	۱۱۹۰	۰۱۲	۸۷۵
۳	۱۱۷۰	۰۱۳	۸۶۰
۲	۱۱۶۵	۰۱۴	۸۳۰
۱	۱۱۶۰	۰۱۵	۸۰۵
		۰۱۶	۷۹۵
		۰۱۷	۷۷۰
		۰۱۸	۷۲۰
		۰۱۹	۶۶۰
		۰۲۰	۶۵۰
		۰۲۱	۶۱۵
		۰۲۲	۶۰۵

برای تهیه مخروط‌های زگر آنها را مشابه نمونه استاندارد می‌سازند.

**کار عملی ۵:** بررسی ترموکوپل کوره‌های کارگاه  
**شرح فعالیت:** به کوره‌های کارگاه دقت کنید و مشخص کنید که دمای کوره با چه روشی اندازه‌گیری می‌شود؟

قبل از بررسی ترموکوپل کوره اطمینان حاصل کنید که کوره خاموش و کاملاً سرد باشد.

نکته



فعالیت  
کارگاهی



نکته



## ارزیابی نهایی شایستگی کسب مهارت ارزیابی و کنترل حرارت

<p><b>شرح کار:</b></p> <p>۱- به کارگیری تجهیزات تأمین و کنترل حرارت کوره                  ۲- روشن کردن انواع مشعل کوره                  ۳- تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات و ابعاد قطعه                  ۴- تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره                  ۵- شناخت انواع المنت ها و توانایی نصب آنها</p>																																							
<p><b>استاندارد عملکرد:</b></p> <p>انتخاب و به کارگیری انواع تجهیزات کنترل خشک کن و کوره براساس نوع و دمای کار خشک کن و کوره  <b>شاخص ها:</b>                  کار کردن با انواع کوره، روشن کردن و تنظیم انواع مشعل، فشار و چرخه هوایی</p>																																							
<p><b>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</b></p> <p><b>مکان:</b> کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> کوره، دستکش نسوز، تجهیزات اطفای حریق، سیستم کنترل دما (ترموکوپل و پیرومتر)، لباس کار مناسب، عینک محافظ اشعه مادون قرمز</p>																																							
<p><b>معیار شایستگی:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>روشن کردن انواع مشعل کوره</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>نصب انواع المنت</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۴</td> <td>تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات و ابعاد قطعه و پیچیدگی</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۵</td> <td>تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">میانگین نمرات</td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره	۱		۲	روشن کردن انواع مشعل کوره	۲		۳	نصب انواع المنت	۲		۴	تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات و ابعاد قطعه و پیچیدگی	۲		۵	تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	۲		شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۲		دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب				میانگین نمرات			*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																																				
۱	به کارگیری تجهیزات کنترلی مشعل کوره	۱																																					
۲	روشن کردن انواع مشعل کوره	۲																																					
۳	نصب انواع المنت	۲																																					
۴	تنظیم مشعل کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات و ابعاد قطعه و پیچیدگی	۲																																					
۵	تنظیم فشار و چرخه هوایی در کوره با توجه به نوع کوره، نوع قطعات، ابعاد قطعه و پیچیدگی	۲																																					
شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		۲																																					
دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب																																							
میانگین نمرات			*																																				
<p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.</p>																																							

