

## بخش اول: طرح درس

### پیش‌گفتار

آموزش اثربخش، مستلزم برنامه‌ریزی و طراحی است. طراحی برنامه‌درسی که نمود آن را در طرح درس نیز می‌توان مشاهده کرد، شامل تصمیم‌گیری در مورد عناصر برنامه و ارتباط آن‌ها با یکدیگر است. طرح درس اساس آموزش را تشکیل می‌دهد، زیرا طرح درس، طرح آموزش است و در شکل بخشیدن به یادگیری نقش اساسی دارد، اگر قرار است آموزش مبتنی بر اصول علمی باشد، لازم است از طرحی دقیق که براساس اصول علمی تنظیم شده، برخوردار باشد. اهمیت و ضرورت طرح درس و یا طرح آموزش را مشابه نقشه‌ساختمانی دانسته‌اند. شاید بتوان گفت آموزش به منزله‌یک فرایند تدریس هدفدار از پیش طراحی شده تعریف می‌شود، درست همانطور که یک مهندس ساختمان پیش از ساختن یک بنا به تهیه نقشه آن می‌پردازد، شما (تهیه‌کننده آموزش) نیز باید یک نقشه آموزشی طراحی کنید. این نقشه طی فرایندی تعاملی تجزیه و تحلیل و طراحی می‌شود که در آن محتوا، راهبردهای آموزشی و رسانه‌های مناسب، انتخاب، مرتب و استفاده می‌شود.

### دلایل استفاده از طرح درس در آموزش

تفکر و تصمیم‌گیری در مورد هر یک از عناصر برنامه‌درسی و آموزش و ارتباط آن‌ها با یکدیگر و تنظیم نقشه‌ای سنجیده مبتنی بر اصول و فنون بیان شده مرتبط با عناصر برنامه‌درسی می‌تواند فواید و مزیت‌هایی را به دنبال داشته باشد. عمده‌ترین محاسن تنظیم طرح درس قبل از اقدام به آموزش عبارتند از:

۱- نگارش طرح درس باعث ایجاد و بالا بردن روحیه مثبت در بین معلمان می‌شود. این روحیه مثبت از طریق ایجاد اعتماد به نفس در معلم به دلیل آمادگی قبلی و در نتیجه تأثیر مستقیمی که در روند یادگیری دانش‌آموزان از خود به‌جامی‌گذارد، خود را نشان می‌دهد، به‌ویژه معلمان تازه‌کار که نمی‌توانند تمام مراحل تدریس و جزئیات آن را به‌خاطر بسپارند، با تدوین طرح درس احاطه کامل و تسلط لازم را بر درس پیدا می‌کنند.

۲- تدوین طرح درس فرصت تحقیق در روش‌های تدریس و راهبردهای یاددهی — یادگیری را به‌وسیله ارزشیابی‌های متعدد ایجاد می‌کند.

۳- استفاده از ابزار نرم‌افزاری طرح درس باعث می‌شود معلم نقاط ضعف و قوت خود را دریابد.

- ۴- طرح درس توجه معلم را به انتخاب روش‌ها و فنون مناسب تدریس برای درس‌های مختلف جلب می‌کند.
- ۵- در جریان تهیه طرح درس معلم فرصت خواهد داشت تا مشکلات احتمالی تدریس را پیش‌بینی کند.
- ۶- وجود طرح درس، ارزشیابی تدریس معلم توسط معلمان راهنما، بازرسان ارزشیابی و کارشناسان آموزشی را تسهیل می‌کند.
- ۷- طرح درس به معلم کمک می‌کند که در انتخاب و تنظیم مطالب مورد تدریس به‌گونه‌ای اقدام کند که موجب درک مفاهیم توسط دانش‌آموزان و ایجاد توانایی در آن‌ها شود.
- ۸- داشتن طرح درس موجب می‌شود که معلم به تنظیم اوقات کلاس خود بپردازد و از ایجاد بی‌نظمی جلوگیری کند.
- ۹- طرح درس به معلم کمک می‌کند تا پیش‌بینی‌های لازم را برای تهیه وسایل آموزشی و رسانه‌ها به عمل آورد.
- ۱۰- طرح درس در کار آموزشی معلم ایجاد ذوق، رغبت و نوآوری می‌کند.
- ۱۱- نگارش و تدوین طرح درس معلم را یاری می‌دهد تا نوع و مقدار تکالیف و سایر فعالیت‌های تکمیلی را از پیش تعیین کند.
- ۱۲- طرح درس موجب می‌شود که معلم فعالیت‌های ضروری آموزشی را به ترتیب و یکی پس از دیگری در مراحل و زمان‌های مشخص و به شیوه‌ای منطقی پیش‌برد و نتایج حاصل از آن را برای تدریس در مراحل بعدی آموزش مورد استفاده قرار دهد.

## مراحل مختلف تدوین طرح درس

تنظیم طرح درس در هر یک از انواع درازمدت، کوتاه مدت، طرح درس واحد و روزانه را می‌توان در شکل و قالب خاصی ارائه داد. هیچگاه شکل کاملاً استاندارد و یکنواختی را نمی‌توان برای طرح درس در نظر گرفت. به‌طور کلی در هر طرح درس، سوالات مختلفی مطرح می‌شود که پاسخ مناسب هر یک از آن‌ها مرحله‌ای از مراحل تدریس را دربر می‌گیرد. این سوالات عبارتند از:

- ۱- به چه منظوری می‌خواهم تدریس کنم؟ (القای هدف‌های درسی)
- ۲- به چه کسانی می‌خواهم تدریس کنم؟ (در نظر گرفتن پایه معلومات هنرجویان، اطلاعات یا پیش‌نیازها).

۳- چه موضوعی را می‌خواهم تدریس کنم؟ (موضوع درس)

- ۴- با چه وسایلی می‌خواهم تدریس کنم؟ (وسایل کمک آموزشی)
- ۵- با چه روشی می‌خواهم تدریس کنم؟ (راهبردهای یاددهی - یادگیری)
- ۶- در چه زمانی می‌خواهم تدریس کنم؟ (جدول زمان‌بندی)
- ۷- آیا در کار تدریس خود موفق خواهم بود؟ (ارزشیابی از کلاس و روش تدریس)
- سپس براساس سوالات هفت‌گانه مذکور، مراحل مختلف تدوین طرح درس با هفت مرحله به شرح زیر شناسایی می‌شود:

- ۱- تعیین هدف درس
- ۲- تعیین پیش‌نیازهای درس
- ۳- تلفیق متن درس با پیش‌نیازها
- ۴- تعیین مواد آموزشی و وسایل کمک آموزشی موردنیاز
- ۵- انتخاب تکنیک تدریس از بین راهبردهای یاددهی - یادگیری
- ۶- تنظیم جدول زمانی
- ۷- تعیین شیوه ارزشیابی

### طرح درس سالانه (طرح کلی)<sup>۱</sup>

تفکر، تصمیم‌گیری و تنظیم طرح مناسب قبل از آموزش و تدریس، در وهله اول کل درس را در یک دوره و زمان مورد نظر دربر می‌گیرد. در این خصوص لازم است تصمیم‌گیری به صورت زمان‌بندی یک درس برای یک سال تحصیلی و یک دوره انجام شود و فراتر از زمان‌بندی، دیگر جنبه‌های طراحی برنامه را نیز شامل گردد، از قبیل روش‌ها و فعالیت‌های یادگیری، مواد و وسایل آموزشی، محیط و یا محل آموزش، در نظر گرفتن این موارد می‌توان برنامه را از استحکام و اثربخشی هرچه بیشتری برخوردار سازد. البته تصمیم‌گیری در مورد عناصر مورد اشاره برای طرح درس سالانه در حد کلی است و در طرح درس روزانه همین عناصر با جزئیات بیشتری مشخص می‌گردد.

برای زمان‌بندی درس در طول یک سال، یک نیمسال تحصیلی و یا طی یک دوره آموزشی، معمولاً حجم محتوای کتاب و تعداد صفحات در نظر گرفته می‌شود. در این صورت اقدام زیر لازم است:

- مشخص ساختن تعداد جلسات و یا ساعاتی که در طول سال تحصیلی، نیمسال و یا دوره آموزشی، برای آموزش درس در نظر گرفته شده است و کسر جلسات (ساعات) تعطیل رسمی با استفاده از تقویم و در نظر گرفتن ساعات واقعی.

۱- رجوع شود به جدول شماره ۱ صفحه ۸

- تصمیم‌گیری در مورد اختصاص دادن مقدار زمان به حجم مشخصی از درس و یا تعداد صفحات مشخص کتاب درسی، در این صورت لازم است اهمیت مطالب و میزان پیچیدگی و یا ساده بودن آن نیز مورد نظر قرار گیرد.

علاوه بر مطالب فوق، در تخصیص زمان لازم برای آموزش درس، لازم است دیگر نکات زیر را نیز در نظر گرفت:

- توجه به روش مورد استفاده در تدریس: کاربرد برخی از روش‌های فعال از قبیل روش حل مسأله، اکتشافی و بحث گروهی، به‌ویژه گردش علمی، در مقایسه با روش سخنرانی وقت بیشتری می‌طلبد.

- آموزش اثربخشی که جنبه‌های مختلف یادگیری را مورد توجه قرار می‌دهد و به رشد واقعی نظر دارد، به‌جای محور قرار دادن کتاب و صفحات کتاب اساس تصمیم‌گیری را بر هدف‌های آموزشی قرار می‌دهد. در این صورت لازم است تخصیص زمان برحسب هریک از هدف‌ها و مدت زمان لازم برای دستیابی به هر هدف انجام شود.

به‌طور کلی یک طرح درس سالانه با در نظر گرفتن مراحل و نکات زیر تهیه می‌شود:

**مرحله ۱- نوشتن هدف کلی از تدریس آن ماده درسی:** این هدف را با توجه به محتوای کلی درس و با رعایت نکاتی که در مباحث تدوین هدف‌ها و همچنین الگوی طراحی آموزشی مطرح شده است می‌نویسیم.

**مرحله ۲- تهیه تقویم طرح کلی:** این تقویم برای یک سال تحصیلی با محاسبه تعداد هفته‌ها، روزها و ساعاتی که در طول سال تحصیلی برای تدریس در برنامه هفتگی وجود دارد تهیه می‌شود.

**مرحله ۳- تقسیم محتوای درسی:** برای تقسیم محتوای درسی قدم اول تعیین سه دوره سه ماهه با احتساب فرصت لازم برای دوره کردن دروس و جبران عقب ماندن از برنامه به دلیل تعطیلات غیرقابل پیش‌بینی است و قدم دوم تقسیم محتوای فصل‌ها و مباحث و دیگر فعالیت‌ها به واحدهای کوچکتر درسی یا محتوای متناسب با تک‌تک جلسات می‌باشد.

**مرحله ۴- هماهنگی هدف و سایر فعالیت‌های طرح کلی:** در آخرین مرحله از تنظیم طرح کلی، باید موضوعی را که برای تدریس در هر جلسه درس در نظر گرفته شده است تعیین و هدف کلی از تدوین آن موضوع را مشخص کرد و با سایر فعالیت‌های لازم و قابل پیش‌بینی در آن جلسه هماهنگ کنیم.

**مزایای تنظیم طرح درس سالانه (طرح کلی)**

یک مزیت این نوع طرح درس این است که معلم می‌تواند به‌صورت کامل‌تری تصمیمات مربوط به هر جلسه را با جلسات دیگر هماهنگ سازد. مثلاً اگر او به اهمیت روش‌های فعال، از جمله بحث گروهی و گردش علمی معتقد است، طرح دوره آموزشی یا سالانه خود را طوری در نظر می‌گیرد که علیرغم وجود محدودیت‌های زمانی و محدودیت شرایط و امکانات، لاقلاً چند جلسه در طی یکسال یا یک دوره از روش‌های فعال استفاده کند. همچنین اگر تنوع در مواد، وسایل و رسانه‌های مختلف را ضروری می‌داند لاقلاً چند جلسه از تدریس خود را با رسانه‌های متنوع، به‌ویژه رسانه‌های دیداری و شنیداری همراه سازد. تنظیم طرح درس سالیانه، به صورتی که حتی‌الامکان تمامی عناصر اصلی برنامه درسی را برداشته باشد باعث می‌شود که همه آن‌چه ضروری است، در چهارچوب امکانات، مورد توجه قرار گیرد و چنین تصمیم‌گیری قبل از آغاز دوره گرفته می‌شود نه در طول آن.

از مزیت‌های دیگر این نوع طرح درس می‌توان به دو مورد زیر اشاره کرد:

- پیش‌بینی شرایط و امکانات لازم، جهت اجرای روش‌های فعال، از قبیل بحث گروهی و گردش علمی همچنین تمهیدات لازم و هماهنگی با مسئولین ذیربط قبل از آغاز سال تحصیلی و دوره آموزشی.

- درخواست مواد و وسایل آموزشی از جمله رسانه‌های دیداری، شنیداری، طی جدول زمان بندی شده در آغاز سال تحصیلی که در این صورت، امکان هماهنگی در تهیه مواد و وسایل و همچنین امکان هماهنگی به منظور استفاده سایر همکاران مرکز از وسایل نیز افزایش می‌یابد.

## طرح درس روزانه<sup>۱</sup>

طرح درس روزانه شامل مجموعه فعالیت‌ها و برنامه‌هایی است که معلم از پیش برای رسیدن به یک یا چند هدف آموزشی ویژه برای یک درس یا یک جلسه درس سازمان می‌دهد. طرح درس روزانه موجب می‌شود که معلم فعالیت‌های ضروری آموزشی را به ترتیب و یکی پس از دیگری در مراحل و زمان‌های مشخص و به شیوه‌های منطقی پیش ببرد و نتایج حاصل از آن را برای تدریس در مراحل بعدی آموزش مورد استفاده قرار دهد. در واقع این عمل، اعمال ارزیابی دائمی فعالیت‌های آموزشی را دربرخواهد داشت که نتیجه آن بهبود مستمر کیفیت آموزشی است.

## روش تهیه طرح درس روزانه

به‌طور کلی برای تهیه یک طرح درس روزانه مراحل و نکات زیر را به ترتیب دنبال می‌کنیم.

هریک از مراحل و قدم‌های تهیه طرح درس باید متناسب، هماهنگ، همراه و در ارتباط با دیگر مراحل و فعالیت‌ها تهیه و تنظیم شود.

**۱- تعیین موضوع درس:** ابتدا باید موضوع درس به روشنی در بالای صفحه کاربرد طرح درس نوشته شود.

**۲- مشخص کردن هدف کلی درس:** این هدف را می‌توان با توجه به موضوع و محتوای درس مورد نظر تعیین کرد.

**مثال:** مواد معدنی چیست؟ با مطالعه محتوای آن می‌توان هدف کلی زیر را نوشت:

**هدف کلی:** آشنا شدن هنرجویان با مواد معدنی و چگونگی تشکیل آن‌ها.

**۳- نوشتن رئوس مطالب و مفاهیم به عنوان راهنمای تهیه هدف‌های جزئی**

**۴- تهیه هدف‌های جزئی تر درس برای رسیدن به هدف‌های کلی:** منظور مهارت‌ها و توانایی‌هایی است که انتظار داریم دانش‌آموزان در جریان آموزش به آن‌ها برسند.

**۵- بررسی رفتار ورودی و دانسته‌های قبلی دانش‌آموزان**

**۶- تهیه آزمون مناسب برای ارزشیابی تشخیصی و اجرای آن به منظور تعیین توانایی‌های واقعی هنرجویان در ارتباط با آنچه آموخته‌اند، باید بیاموزند و تعیین نقطه شروع آموزش براساس رفتار ورودی و توانایی‌های بعدی آنان.**

**۷- تعیین درصدی یا عملکردی نتایج ارزشیابی تشخیصی:** با استخراج نتایج ارزشیابی تشخیصی با توجه به مطالبی که هنرجویان بعداً باید بیاموزند می‌توان تصمیم‌گیری کرد و اقدام لازم در تهیه هدف‌های رفتاری مناسب را به عمل آورد.

**۸- تهیه هدف‌های رفتاری:** این اهداف را با توجه به ضوابط و شرایط اساسی و متناسب با سطوح مختلف حیطه‌های یادگیری نوشته آن‌ها را از ساده به مشکل و برای رسیدن به هدف‌های کلی تر و کلان آموزشی تنظیم می‌کنیم.

**۹- تعیین مراحل تدریس و انتخاب و تنظیم محتوای درس:** در این مورد مراحل مختلف تدریس و قدم به قدم همراه با مطالب و محتوای هر یک از قدم‌ها می‌نویسیم. این قسمت دربرگیرنده مراحل کلی زیر است:

**قدم اول:** آمادگی و ایجاد انگیزه و بررسی تکالیف گذشته هنرجویان

**قدم دوم:** معرفی دقیق موضوع درس و بیان هدف‌های آموزشی

**قدم سوم:** ارائه مطالب با توجه به روش‌ها و فعالیت‌های پیش‌بینی شده

**قدم چهارم:** خلاصه کردن درس، نتیجه‌گیری و کاربرد آن

**قدم پنجم:** ارزشیابی بعد از تدریس

**قدم ششم:** تعیین تکالیف و فعالیتهای فردی یا جمعی هنرجویان و اختتام درس

**۱۰- تعیین روشهای تدریس:** برای رسیدن به هریک از هدفهای رفتاری و آموزشی تعیین شده در ارائه مطالب باید روشها و فنون خاص آن را پیش بینی کرده و به کار بست، لذا با استفاده از آنچه تاکنون در مورد روشها و راهبردهای یاددهی – یادگیری آگاهی پیدا کرده‌اید، متناسب با هدفهای هر قسمت و نوع مطلب و بحث، روشی را که راه وصول به هدفها را تدریس برای شما آسان می‌کند انتخاب کنید.

**۱۱- انتخاب مواد آموزشی مناسب**

**۱۲- مشخص کردن فعالیتهای دانش‌آموزان:** پیش‌بینی فعالیتهای و تلاشهای یادگیرنده در موقعیت تدریس و در مقابل فعالیتهای معلم، برای درک و یادگیری بیشتر است و هرچه بیشتر بر این فعالیتهای تأکید شود، نتایج بهتری خواهیم یافت.

**۱۳- تعیین فرصتهای لازم برای تدریس**

**۱۴- تعیین نظام و نحوه ارزشیابی:** برای کسب آگاهی از نتایج فعالیتهای آموزشی خود براساس هدفهای تعیین شده ابتدا نحوه و نوع ارزشیابی را مشخص کنید و سپس به تنظیم سوالات و دیگر فعالیتهای مربوط به ارزشیابی بپردازید.

جدول شماره ۱

طرح کلی و سالانه درس ..... در سه ماهه اول

سال تحصیلی ۱۳	کلاس: :	درس: :	طرح کلی درس (طرح سالانه)				
			فصلها	روز و تاریخ برنامه	هفتهها	ماهها	
فعالیت‌های دیگر و مواد لازم	هدف‌های کلی درس	موضوعات و عنوان‌های دروس			۱- جلسه اول	اول	
					۲- جلسه دوم		
					۱- جلسه اول	دوم	
					۲- جلسه دوم		
					۱- جلسه اول	سوم	
					۲- جلسه دوم		
					۱- جلسه اول	چهارم	
					۲- جلسه دوم		



جدول شماره ۲  
طرح درس روزانه

کلاس: _____ موضوع درس: _____ مدت جلسه: _____ تاریخ: _____ هدف کلی درس: _____ تهیه کننده: _____					
رئوس مطالب و مفاهیم درس	هدف‌های جزئی	رفتار ورودی دانش آموزان	ارزشیابی تشخیصی	نتیجه	هدف‌های رفتاری
مراحل تدریس و انتخاب یا تنظیم محتوا	روش‌های تدریس	مواد آموزشی لازم	فعالیت‌های دانش آموزان	فرصت لازم	نحوه ارزشیابی

## حوزه شناختی<sup>۱</sup>

یکی از طبقه‌بندی‌های معروف هدف‌های آموزشی دربرگیرنده سه حوزه یا حیطه به نام‌های شناختی<sup>۲</sup>، عاطفی<sup>۳</sup>، روانی - حرکتی<sup>۴</sup> است. بلوم<sup>۵</sup>، انگلهارت<sup>۶</sup>، فرست<sup>۷</sup>، هیل<sup>۸</sup>، وکراتول (۱۹۵۶)، ترجمه سیف و علی‌آبادی، (۱۳۶۸) این طبقه‌بندی حوزه‌های سه‌گانه را به‌وجود آورده و برای حوزه شناختی یک طبقه‌بندی تهیه کرده‌اند. در زیر هم طبقه‌بندی حوزه شناختی و هم طبقه‌بندی‌های دو حوزه دیگر را توضیح می‌دهیم.

### طبقه‌بندی حوزه شناختی

طبقه‌بندی حوزه شناختی به جریان‌هایی که با شناخت و اندیشه انسان سروکار دارند مربوط است. این حوزه از شش طبقه اصلی به شرح زیر درست شده است.

۱- دانش<sup>۹</sup> یادآوری امور جزئی و کلی، روش‌ها و فرایندها، الگوها، ساخت‌ها، یا موقعیت‌ها، این طبقه شامل حفظ و نگهداری موضوع‌های قبلاً آموخته شده است.

هدف نمونه: یادگیرنده بتواند انواع آزمون‌های عینی مورد استفاده معلم را در سنجش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان و دانشجویان از حفظ نام ببرد.

۲- فهمیدن<sup>۱۰</sup> درک مطلب آموخته شده، فهمیدن یک مرحله بالاتر از دانش است، زیرا در طبقه دانش فقط از یادگیرنده خواسته می‌شود تا مطالبی را که خوانده یا شنیده است، بدون تغییر زیاد، به یاد آورد. اما در طبقه فهمیدن، علاوه بر حفظ مطالب، باید آن‌ها را بفهمد.

هدف نمونه: یادگیرنده بتواند با ذکر مثال مفهوم همبستگی مثبت و منفی بین دو متغیر را توضیح دهد.

۳- کار بستن<sup>۱۱</sup> استفاده از مطالب انتزاعی (اندیشه‌های کلی، قواعد اجرایی، روش‌های کلی) در موقعیت‌های ویژه و عینی، اصطلاح معمول آموزشی برای این طبقه حل مسئله است.

هدف نمونه: یادگیرنده بتواند با استفاده از اصول علم تغذیه که در آموزشگاه یاد گرفته است

۱- سنجش فرایند و فرآورده یادگیری، دکتر علی‌اکبر سیف، نشر دوران ۱۳۸۷

۲ - cognitive

۳ - affective

۴ - psychomotor

۵ - bloom

۶ - englehart

۷ - furst

۸ - hill

۹ - knowledge

۱۰ - comorehension

۱۱ - aplication

یک رژیم غذایی مناسب برای خودش تهیه نماید.

۴- تحلیل<sup>۱</sup> شکستن یک موضوع به اجزای تشکیل دهنده آن. این طبقه شامل یافتن عناصر و ارتباط میان عناصر یک کل پیچیده، مانند یک نظریه علمی، یک مقاله تحقیقی، یک داستان یا یک فیلم است.

هدف نمونه: یادگیرنده بتواند علت‌های رفتار قابل پیش‌بینی شخصیت مهم یک داستان یا یک فیلم را توضیح دهد.

۵- ترکیب<sup>۲</sup> پهلوی هم گذاشتن عناصر و اجزا برای ایجاد یک اثر یا یک فرآورده تازه. ترکیب همان خلاقیت یا آفرینندگی است.

هدف نمونه: یادگیرنده بتواند برای یک موقعیت جدید آموزشی یک طرح درس ابتکاری بنویسد.

۶- ارزشیابی<sup>۳</sup> داوری یا قضاوت درباره ارزش یا اعتبار موضوع‌های مختلف، اصطلاح دیگر مورد استفاده برای این طبقه تفکر انتقادی<sup>۴</sup> است. منظور از تفکر انتقادی این است که دانش‌آموز یا دانشجو یاد بگیرد که گفته‌ها، شنیده‌ها، و دیده‌ها را صرفاً با توجه به اعتبار ظاهری آن‌ها نپذیرد، بلکه پس از تفکر دقیق و تیزبینانه و واری درستی و نادرستی آن‌ها تصمیم بگیرد که آن‌ها را بپذیرد یا رد کند.

هدف نمونه: یادگیرنده بتواند پس از شنیدن بیانات یک شخص یا خواندن یک مقاله دلایل غیرمنطقی و سفسطه‌آمیز و نتیجه‌گیری نامربوط آن را مشخص کند.

ویژگی مهم طبقه‌های حوزه شناختی این است که به صورت سلسله‌مراتبی درست شده و هدف‌های آن بنابه اصل پیچیدگی سازمان یافته‌اند. یعنی هدف‌های طبقه دانش در پایین‌ترین سطح واقع‌اند، بعد از آن هدف‌های طبقه فهمیدن، و بالاتر از همه هدف‌های طبقه ارزشیابی قرار دارند.

---

۱ - analysis

۲ - synthesis

۳ - evaluation

۴ - critical thinling

## مقدمه

کتاب راهنمای معلم از جمله مؤلفه‌های مهم در بسته آموزشی است که در پیشبرد و ارتقای اهداف برنامه درسی نقش به‌سزایی ایفا می‌کند؛ از این‌رو، در نظام‌های آموزشی به عنوان راهنما عملی معلمان در کلاس درس دارای اهمیت ویژه‌ای است.

کتاب راهنمای معلم (روش تدریس) درس اصول متالورژی ریخته‌گری براساس برنامه درسی دوره متوسطه شاخه فنی و حرفه‌ای و به منظور آشنا ساختن هنرآموزان با رویکرد و اهداف، محتوا و شیوه‌های آموزشی طراحی و تدوین شده است.

در شروع هر فصل سعی شده است ابتدا هدف‌ها و مفاهیم کلی و اساسی آن فصل آورده شود. همچنین پس از آن، انتظارات آموزشی در حیطه‌های یادگیری مختلف شامل سطح‌های بازشناسی و یادآوری، درک و فهم، کاربرد معلومات، تجزیه و تحلیل، ترکیب و نوآوری و ارزشیابی آورده شده است. البته لازم به ذکر است که موارد ذکر شده در سطوح یادگیری را نباید به عنوان سوال برای هنرجویان مطرح نمود.

این کتاب در پنج فصل و سی جلسه تنظیم شده است و هر جلسه با دو عدد AB مشخص شده است که عدد سمت چپ نشان‌دهنده شماره فصل و عدد سمت راست نشان‌دهنده جلسه می‌باشد. مثلاً ۱۶-۳ نشانگر فصل سوم، جلسه شانزدهم است.

برای شروع مطالب هر فصل، ابتدا باید تعداد جلسات و زمان تدریس مشخص گردد و هر جلسه نیز باید شامل مراحل زیر باشد:

- ۱- حضور و غیاب
- ۲- پیش‌آزمون (به‌صورت پرسش و پاسخ، امتحان کوتاه و غیره) جهت مشخص نمودن سطح علمی هنرجویان
- ۳- بررسی تکالیف انجام شده و رفع اشکال‌ها
- ۴- یادآوری مطالب درس جلسه‌های قبل و ارتباط آن با شروع هر جلسه
- ۵- مشخص نمودن موضوع بحث هر جلسه
- ۶- شروع موضوع با مثال‌های مختلف همراه بوده و نتیجه‌گیری و ارزشیابی در پایان جلسه و اختصاص یک جلسه به ارزشیابی از کل فصل تدریس شده در پایان هر فصل.
- ۷- ارائه نمونه سوال‌های امتحانی در پایان هر فصل.
- ۸- به هنرآموزان پیشنهاد می‌شود که هر جلسه درسی ۱۰۰ دقیقه‌ای شامل مراحل زیر

باشد:

الف) حضور و غیاب، پیش‌آزمون، نظارت بر انجام تکالیف و رفع اشکال.  
ب) یادآوری مطالب درس جلسه‌های قبل و ارتباط آن‌ها با موضوع جلسه، مشخص نمودن موضوع جلسه، شروع بحث با موضوع مشخص شده.  
ج) طرح سوال از درس داده شده در پایان جلسه توسط هنرآموز و رفع اشکال‌های احتمالی هنرجویان.  
در تألیف کتاب راهنمای تدریس اصول متالورژیکی ریخته‌گری، اهداف زیر در نظر گرفته شده است.

- ۱- آشنایی با اهداف کلی و جزئی هر درس به همراه تحلیل فصل‌های کتاب.
- ۲- رایجه راهکارها و پیشنهادها برای بهبود روش تدریس.
- ۳- افزایش توانایی علمی هنرآموزان در زمینه اصول متالورژیکی ریخته‌گری.
- ۴- استفاده از تجربه‌های مؤلفان و هنرآموزان مجرب جهت معرفی و انتخاب شیوه‌های تدریس.

در پایان، یادآوری می‌شود که روش تدریس رایجه شده در کتاب حاضر، به صورت پیشنهادی است و هنرآموزان محترم می‌توانند از روش‌های نوین دیگر نیز جهت بالا بردن کیفیت آموزشی بهره ببرند.

مؤلفان

### مشخصات حالت مایع

#### هدف

- ۱- آشنایی با حالت‌های سه‌گانه ماده
- ۲- آشنایی با خواص ماده
- ۳- آشنایی با خواص مایعات (گران‌روی (ویسکوزیته) کشش سطحی - فشار بخار - سیالیت)

#### مفاهیم کلی

- ۱- حالات سه‌گانه ماده
- ۲- ذوب و انجماد فلزهای خالص و آلیاژ
- ۳- تغییرات ایجاد شده در حالت ذوب و انجماد
- ۴- خواص مواد جامد و مایع
- ۵- خواص مذاب فلزات

#### مفاهیم اساسی

- ۱- اجسام از نظر فیزیکی به سه حالت جامد، مایع و گاز در طبیعت وجود دارند.
- ۲- اجسام جامد دارای شکل و حجم معینی هستند.
- ۳- مایعات حجم ثابت دارند، ولی شکل معینی ندارند و شکل ظرف را به خود می‌گیرند.
- ۴- گازها، دارای حجم و شکل ثابتی نیستند.
- ۵- کالری، مقدار حرارتی است که درجه حرارت یک گرم آب را به مقدار یک درجه سانتی‌گراد بالا ببرد.
- ۶- درجه حرارتی که در آن جسم جامد به مایع تبدیل می‌شود، نقطه ذوب جسم می‌نامند.
- ۷- کیلوکالری برابر هزار کالری می‌باشد.
- ۸- BTU، مقدار حرارتی است که درجه حرارت یک پوند<sup>۱</sup> آب را به میزان یک درجه فارنهایت افزایش دهد.

<sup>۱</sup>- lb = ۴۵۳ gr

- ۹- درجه حرارتی که مایع به جامد تبدیل می‌شود، نقطه انجماد می‌نامند.
- ۱۰- مقدار حرارتی را که واحد جرم جسم خالص لازم دارد تا پس از رسیدن به درجه حرارت ذوب بدون تغییر دما به مایع تبدیل گردد، گرمای نهان ذوب یا نهان‌گداز می‌نامند.
- ۱۱- درجه حرارت اجسام خالص در هنگام ذوب ثابت است (نقطه ذوب) که به این درجه حرارت، نقطه ذوب می‌گویند.
- ۱۲- آلیاژ به مخلوطی از عناصر فلزی یا غیرفلزی در زمینه فلزی گفته می‌شود که دارای خواص فلزی (چکش‌خواری، جلائی فلزی و غیره) است.
- ۱۳- درجه حرارت آلیاژها، در هنگام ذوب شدن ثابت نیست و افزایش می‌یابد. آلیاژها نقطه ذوب مشخصی ندارند و ذوب در محدوده دمایی خاصی رخ می‌دهد.
- ۱۴- محدوده دمایی ذوب و انجماد آلیاژها را فاصله انجماد یا دامنه انجماد می‌نامند.
- ۱۵- مقدار حرارتی که دمای واحد جرم جسم را یک درجه سانتی‌گراد بالا ببرد، گرمای ویژه نامیده می‌شود.
- ۱۶- واحدهای گرمای ویژه عبارتند از:  $\text{BTU/Lb.}^\circ\text{F}$  ،  $\text{J/Kg.K}$  ،  $\text{Cal/g}^\circ\text{C}$
- ۱۷- معمولاً مواد در هنگام ذوب انبساط پیدا می‌کنند. به جز بیسموت، آنتیموان چدن خاکستری و یخ.
- ۱۸- فلزات مذاب در هنگام انجماد منقبض می‌شوند (به جز مذاب بیسموت).
- ۱۹- جرم واحد حجم را چگالی جسم می‌نامند.
- ۲۰- اجسام در حالت طبیعی گرمای خود را به محیط اطراف یا جسم دیگر منتقل می‌کنند.
- ۲۱- اجسامی که می‌توانند گرمای خود را به سایر قسمت‌ها و یا اجسام دیگر منتقل کنند، هادی نامیده می‌شوند.
- ۲۲- اجسامی که نمی‌توانند گرما را از خود انتقال دهند، عایق نامیده می‌شوند.
- ۲۳- رفتار انتقال حرارت اجسام نیمه‌هادی در حد فاصل اجسام عایق و هادی قرار می‌گیرند.
- ۲۴- اصطکاک درونی سیال را ویسکوزیته یا گرانروی می‌گویند.
- ۲۵- در یک لایه مایع، نسبت نیروی سطحی به طول مؤثر که نیرو در آن اثر می‌کند را کشش سطحی می‌نامند.
- ۲۶- واحد کشش سطحی، نیوتن بر متر ( $\text{N/m}$ ) می‌باشد.
- ۲۷- فشار بخار فلزات با نقطه ذوب پایین‌تر نسبت به سایر فلزات بیشتر است.
- ۲۸- قابلیت پر کردن تمام قسمت‌های قالب توسط آلیاژ مذاب، سیالیت نامیده می‌شوند.

۲۹- سیالیت یک عامل فیزیکی نیست، بلکه نشان‌دهنده کیفیت مذاب است و یک عامل ریخته‌گری است.

## انتظارات آموزشی

### الف) در سطح دانش

- ۱- حالات سه‌گانه ماده را نام ببرد.
- ۲- واحدهای حرارت را نام برده و تعریف کند.
- ۳- نقطه ذوب را تعریف کند.
- ۴- نقطه انجماد را تعریف کند.
- ۵- گرمای نهان ذوب را تعریف کند.
- ۶- گرمای نهان ویژه را تعریف کند و واحدهای آن را نام ببرد.
- ۷- انبساط حرارتی را تعریف کند.
- ۸- چگالی را تعریف کند.
- ۹- انتقال حرارت را تعریف کند و انواع آن را نام ببرد.
- ۱۰- گرانروی (ویسکوزیته) را تعریف کند.
- ۱۱- تنش سطحی در مایعات را تعریف کند.
- ۱۲- فشار بخار را تعریف کند.
- ۱۳- سیالیت را تعریف کند و عوامل مؤثر بر سیالیت را نام ببرد.

### ب) در سطح درک و فهم مطالب

- ۱- نحوه ذوب اجسام را توضیح دهد.
- ۲- تأثیر حرارت بر روی ساختار جامد و یا فلز را شرح دهد.
- ۳- منحنی ذوب و انجماد فلز خالص را شرح دهد.
- ۴- منحنی ذوب و انجماد آلیاژ را شرح دهد.
- ۵- نحوه ذوب آلیاژها را شرح دهد.
- ۶- تغییرات حجمی فلز خالص را هنگام ذوب توضیح دهد.
- ۷- تغییرات حجمی فلز مذاب را هنگام انجماد توضیح دهد.
- ۸- تأثیر فشار بر روی نقطه ذوب اجسام را توضیح دهد.
- ۹- عوامل مؤثر بر سیالیت مذاب را توضیح دهد.



۱۰- روش‌های تعیین میزان سیالیت مذاب را توضیح دهد.

### ج) در سطح کاربرد معلومات

۱- نحوه انتقال حرارت در کوره را توضیح دهد.

۲- رفتار فلز خالص را در حین تبخیر توضیح دهد.

۳- رفتار آلیاژ را در حین تبخیر توضیح دهد.

### د) در سطح تجزیه و تحلیل

۱- نحوه ذوب و انجماد فلزات خالص و آلیاژها را با یکدیگر با ذکر علت مقایسه کند.

۲- عوامل مؤثر در سیالیت فلز مذاب را مورد بررسی قرار دهد.

۳- تغییرات ابعادی در هنگام ذوب و انجماد را بررسی کند.

### ه) در سطح ترکیب و نوآوری

۱- رفتار فلزات را هنگام انجماد و ذوب مورد بررسی قرار دهد.

۲- سیالیت مذاب را در دو قالب فلزی و ماسه‌ای مورد بررسی قرار دهد.

### و) سطح ارزشیابی

۱- رفتار فلز مذاب را از نظر سیالیت در قالب‌های با جنس مختلف مقایسه کند.

۲- انواع روش‌های انتقال حرارت در کوره‌ها را مورد بررسی قرار دهد.

زمان پیش‌بینی شده برای تدریس این فصل، ۳ جلسه ۱۰۰ دقیقه‌ای برای تدریس و ۱ جلسه

۱۰۰ دقیقه‌ای برای ارزشیابی است.

- ۱- معرفی هنرآموز به هنرجویان
- ۲- حضور و غیاب هنرجویان توسط هنرآموز محترم و آشنایی با آنها
- ۳- معرفی اجمالی اهداف کتاب و فصل‌های آن و روند تدریس توسط هنرآموز
- ۴- بیان نحوه ارزشیابی در طی جلسات درسی (روزانه، هفتگی، ماهانه، میانی و پایانی) توسط هنرآموز

### موضوع:

#### - حالات سه‌گانه ماده

#### - نقطه ذوب و گرمای نهان ذوب

#### - گرمای ویژه

برای شروع درس، بهتر است روش تعاملی بین هنرجویان و هنرآموز مورد استفاده قرار گیرد و خود هنرجویان در موضوعات جلسه درسی مشارکت داشته باشند. این کار ضمن آمادگی هنرجویان از لحاظ ذهنی موجب درک بهتر مطالب تخصصی می‌شود. بنابراین در ابتدای جلسه درس، سوالاتی توسط هنرآموز مطرح و به صورت تعاملی با هنرجویان بحث شود. به عنوان مثال:

۱- اجسام از نظر فیزیکی به چند حالت وجود دارند؟

۲- یخ در چه دمایی ذوب می‌شود؟

۳- آیا در هنگام ذوب یخ دمای آن ثابت است؟

۴- آیا یخ در هنگام ذوب به حرارت نیاز دارد؟ آیا این حرارت صرف افزایش درجه حرارت یخ می‌شود؟

۵- مفهوم نقطه ذوب چیست؟

۶- گرمای نهان ذوب و گرمای ویژه را بیان کنید.

پس از شنیدن جواب هنرجویان و مشخص شدن سطح علمی کلاس، با پاسخ به سوالات فوق، وارد بحث موضوع این جلسه شوید.

#### ۱-۱- حالات سه‌گانه ماده

مواد در طبیعت به سه حالت جامد، مایع و گاز وجود دارد.

**مواد جامد:** این مواد در دمای محیط دارای شکل و حجم ثابتی هستند، نمونه این مواد عبارت است از

سنگ، چوب، شیشه، فلزات.

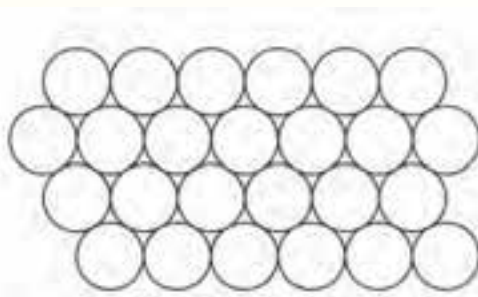
**مواد مایع:** این مواد در دمای محیط دارای حجم ثابت می‌باشند ولی شکل معینی ندارند و شکل آن به ظرف بستگی دارد، نمونه‌هایی از این مواد عبارتند از: آب، نفت، روغن.

**مواد گازی:** این مواد در دمای محیط شکل و حجم معینی ندارند، نمونه‌هایی از این مواد عبارتند از: اکسیژن و نیتروژن.

حال به‌طور خلاصه راجع به علت خواص هر کدام از مواد جامد، مایع و گاز بحث می‌شود.

در مورد جامدات که شکل و حجم ثابت دارند، دامنه ارتعاشات و جابه‌جایی اتم‌ها بسیار ناچیز است و از حد معینی افزایش نمی‌یابد. بنابراین در جامدات، اتم‌ها به‌طور کامل باهم در ارتباط هستند. مواد جامد معمولاً دارای پایداری و استحکام بالایی هستند به‌طوری که برای لغزاندن اتم‌های آن بر روی یکدیگر، نیروی بسیار زیادی لازم است و ممکن است این نیرو سبب تغییر شکل در ماده جامد شود.

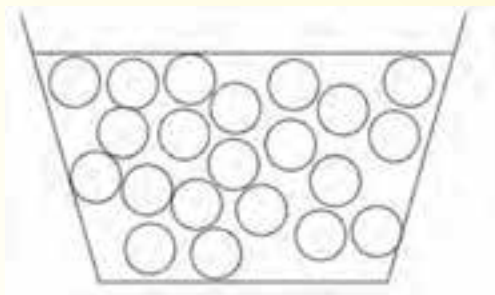
جامدات از نظر شکل ظاهری و ساختمان داخلی به دو دسته تقسیم می‌شوند؛ جامد متبلور یا کریستالی، جامد غیرمتبلور یا آمورف در جامد آمورف اتم‌ها دارای نظم مشخص و خاصی نمی‌باشند و در تمام جهات خواص آن‌ها یکسان است. در جامد کریستالی، اتم‌ها دارای نظم خاصی بوده و برای خارج کردن آن‌ها از محل خود احتیاج به نیروی زیادی می‌باشد.



شکل ۱-۱- اتم‌های مواد جامد

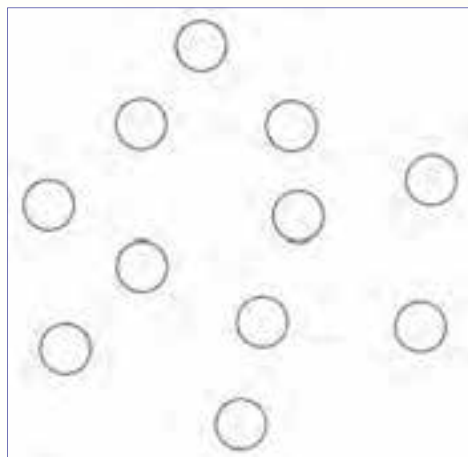
**مواد مایع:** در این نوع مواد، اتم‌ها به راحتی و با صرف انرژی بسیار کم بر روی هم می‌لغزند تا شکل ظرف را به خود بگیرند. معمولاً انرژی لازم برای لغزاندن اتم‌ها در حالت جامد  $10^{20}$  برابر انرژی لازم برای لغزاندن اتم‌ها در حالت مایع است. در حالت مایع، فاصله اتم‌ها (مولکول‌ها) بیشتر از حالت جامد می‌باشد. در این حالت نیروی جاذبه بین اتم‌ها از جامدات بسیار کم‌تر است به‌طوری که از خود شکل خاصی نداشته و معمولاً شکل ظرف را به خود می‌گیرند.

اگر مایعات تحت فشار قرار گیرند، فاصله بین اتم‌ها کم نخواهد شد، به عبارت دیگر متراکم نمی‌شوند و نیروی وارد بر سطح مایع را به تمام دیواره‌های ظرف حاوی مایع منتقل می‌کند. بنابراین مایعات تراکم‌پذیر نیستند.



شکل ۱-۲- اتم‌های موجود در یک ظرف

**مواد گازی:** در این نوع مواد، ارتباط بین اتم‌های گازی بسیار کم است، به طوری که نیروی جاذبه بین اتم‌ها بسیار ناچیز است و به راحتی از یکدیگر فاصله می‌گیرند. به همین دلیل، شکل و حجم خاصی ندارند و اگر تحت فشار قرار گیرند، فاصله بین اتم‌ها کاهش یافته و به هم نزدیک می‌شوند؛ به عبارت دیگر، متراکم می‌شوند. گازها در هر ظرفی که وارد می‌شوند، در تمام حجم ظرف پخش می‌شوند. این مطلب را می‌توان با یک مثال مشخصی نمود؛ اگر گاز معطری در یک اتاق رها شود در مدت بسیار کمی بوی آن در تمام اتاق حس می‌شود.



شکل ۱-۳- اتم‌های گاز موجود در یک محفظه

با توجه به مطالب ذکر شده، مشخص می‌شود که ارتعاشات اتم‌ها در جامدات و مایعات نسبتاً کم می‌باشد، اما نحوه قرار گرفتن آن‌ها متفاوت است. خواص فیزیکی جامدات و مایعات تا حدودی با یکدیگر تشابه دارد. ولی از آن‌جا که در گازها حرکت اتم‌ها زیاد و محل قرار گرفتن آن‌ها نامشخص است، خواص آن‌ها نسبت به جامدات و مایعات بسیار متفاوت است.

معمولاً سه حالت جامد، مایع و گاز قابل تبدیل به یکدیگر هستند به عنوان مثال جامد به مایع، مایع به گاز، گاز به مایع و مایع به جامد. برای تبدیل جامد به مایع و مایع به گاز نیاز به صرف انرژی می‌باشد، این انرژی معمولاً از نوع حرارتی است. مثلاً در فلزات برای تبدیل فلز از حالت جامد به مایع، از حرارت دادن استفاده می‌شود و برای

تبدیل مذاب فلز به جامد، از سرد کردن (خارج کردن انرژی حرارتی) استفاده می‌شود. بنابراین در ذوب و انجماد فلزات، حرارت مهم‌ترین عامل فیزیکی است، حرارت نوعی از انرژی است که قابل لمس نمی‌باشد و نمی‌توان برای آن مانند کمیت‌های فیزیکی دیگر (طول، جرم و ...) واحدی تهیه نمود و در موزه قرار داد.

به‌طور کلی می‌توان گفت واحد گرما، مقدار گرمایی است که درجه حرارت (دما) جسم یا یک سیستم را یک واحد تغییر دهد. گرما در علم ترمودینامیک که به روابط بین کار و گرما می‌پردازد، مطالعه می‌شود. واحدهایی که معمولاً در صنعت استفاده می‌شوند، عبارتند از: کالری، کیلوکالری، BTU و ژول.

**تعریف کالری:** مقدار است که دمای یک گرم آب را به میزان یک درجه سلسیوس افزایش می‌دهد. به عبارت دیگر دمای آن را از  $14/5$  به  $15/5$  درجه سلسیوس برساند. کالری معمولاً با نماد Cal نمایش داده می‌شود.

همان‌طور که می‌دانیم، هر کیلو برابر با ۱۰۰۰ واحد است. بنابراین یک کیلوکالری برابر ۱۰۰۰ کالری است.

**تعریف BTU:** BTU واحدی است که برای نشان دادن مقدار گرما در سیستم بریتانیایی استفاده می‌شود و به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

مقدار حرارتی است که دمای یک پوند آب (معادل  $453$  گرم) را به میزان یک درجه فارنهایت (واحد درجه حرارت در سیستم بریتانیایی،  $^{\circ}F$ ) افزایش می‌دهد.

واحد دیگر گرما در سیستم SI، ژول (J) می‌باشد که برابر  $\frac{1}{4/189}$  کالری می‌باشد. به عبارت دیگر هر کالری، برابر  $4/189$  ژول می‌باشد.

## ۲-۱- نقطه ذوب و گرمای نهان گداز

همان‌طور که می‌دانیم در جامدات، اتم‌ها در محل‌های مشخصی قرار می‌گیرند و مقدار ارتعاشات اتم‌ها بسیار کم است. به‌طوری که اتم‌ها نمی‌توانند به‌طور آزادانه حرکت کنند.

حال اگر یک جسم جامد (فلز) حرارت داده شود، این گرما سبب می‌شود که انرژی اتم‌ها افزایش یابد و در نتیجه ارتعاشات اتم‌ها بیشتر شود. در اثر افزایش ارتعاشات، فاصله بین اتم‌ها کمی افزایش می‌یابد، در صورتی که درجه حرارت جسم با افزایش حرارت، زیاد شود، ارتعاشات اتم‌ها به حدی افزایش می‌یابد که فاصله بین اتم‌ها در حالت جامد به بیشترین مقدار خود برسد که به آن، حد نهایی ارتعاشات و فاصله اتمی در حالت جامد گفته می‌شود.

در صورتی که حرارت بیشتر شود، ارتعاشات و فاصله اتم‌ها به حدی افزایش می‌یابد که اتم‌ها از محل خود در حالت جامد خارج شده و به شکل اتم‌ها در حالت مایع درمی‌آیند. در این صورت، جامد به مایع تبدیل می‌شود.

دمایی را که ساختمان حالت جامد به حالت مایع تبدیل می‌شود نقطه ذوب می‌نامند. نقطه ذوب عناصر در فشار اتمسفر مقدار ثابتی است که در جدول ۱-۱ برخی از آن‌ها آورده شده است.

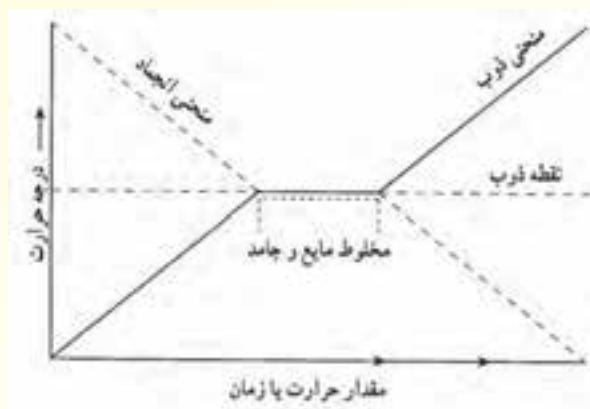
جدول ۱-۱- نقطه ذوب برخی از عناصر صنعتی (درجه سانتی‌گراد)

نقطه ذوب	نماد شیمیایی	نام عنصر	نقطه ذوب	نماد شیمیایی	نام عنصر
۹۷/۵	Na	سدیم	۶۶۰	Al	آلومینیوم
۳۲۷	Pb	سرب	۶۳۰	Sb	آنتیموان
۲۱۷	Se	سلنیوم	۱۵۳۹	Fe	آهن
۱۴۱۰	Si	سیلیسیم	۱۵۴۰	Sr	استرانسیم
۱۰۶۳	Au	طلا	۱۱۳۲	U	اورانیوم
۲۳۲	Sn	قلع	۲۴۵۵	Ir	ایریدیم
۳۲۱	Cd	کادمیوم	۱۵۶	In	ایندیوم
۱۴۹۵	Co	کبالت	۷۱۴	Ba	باریم
۳۷۰۰	C	کربن	(۲۱۰۰)	B	بر
۱۸۷۵	Cr	کرم	۱۲۷۷	Be	برلیوم
۸۳۹	Ca	کلسیم	۲۷۱	Bi	بیس‌موت
۳۰	Ga	گالیوم	۶۳/۷	K	پتاسیم
۱۸۰	Li	لیتیم	۱۷۶۹	Pt	پلاتین
۱۰۸۳	Cu	مس	۲۵۰	Pu	پلونیوم
۱۲۴۵	Mn	منگنز	۳۴۱۰	W	تنگستن
۶۵۱	Mg	منیزیم	۱۷۵۰	Th	توریم
۲۶۱۰	Mo	مولیبدن	۱۶۷۰	Ti	تیتانیوم
۹۶۰	Ag	نقره	(-۳۹)	Hg	جیوه
۱۴۵۳	Ni	نیکل	۷۰۰	Ra	رادیوم
۲۴۷۰	Nb	نیوبیوم	۴۱۹	Zn	روی
۱۸۶۰	V	وانادیم	۱۸۵۲	Zr	زیرکنیوم
			۹۳۷	Ge	ژرمنیوم

ادامه یافتن عملیات ذوب نیاز به صرف انرژی حرارتی دارد. در حقیقت، این انرژی باید به حدی باشد که بتواند اتم‌های موجود در حالت جامد را از یکدیگر به اندازه کافی دور کند تا ساختمان جامد به مایع تبدیل شود. این انرژی حرارتی را که صرف تبدیل حالت جامد به مایع می‌شود گرمای نهان ذوب یا گرمای نهان‌گذاز می‌نامند. به‌طور کلی می‌توان گفت، گرمای نهان‌گذاز (ذوب) مقدار گرمایی است که به واحد جرم جسم یا فلز خالص در نقطه ذوب داده می‌شود تا بدون تغییر دما، به مایع تبدیل شود.

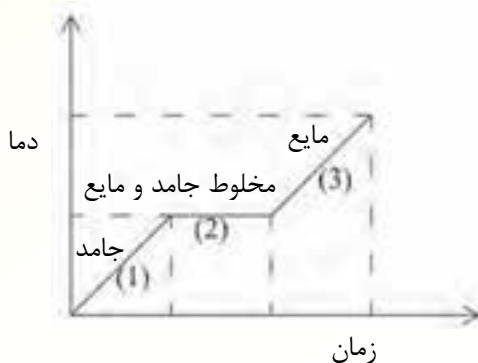
عکس این مطلب نیز صادق است به‌طوری که مایع پس از رسیدن به درجه حرارت انجماد، مقداری گرما را

از دست می‌دهد تا بدون تغییر دما از حالت مایع به جامد تبدیل شود. این گرما، گرمای نهان انجماد نامیده می‌شود. به‌طور کلی منحنی دما برحسب زمان یا مقدار گرما را برای ذوب یا انجماد یک فلز خالص به‌صورت زیر رسم می‌شود.



شکل ۱-۴- منحنی ذوب و انجماد فلز خالص

- منحنی ذوب از سه ناحیه تشکیل شده است، که به شرح زیر می‌باشند.



شکل ۱-۵

**ناحیه ۱:** در این ناحیه افزایش گرما و زمان سبب بالا رفتن دمای جسم تا نقطه ذوب می‌شود.

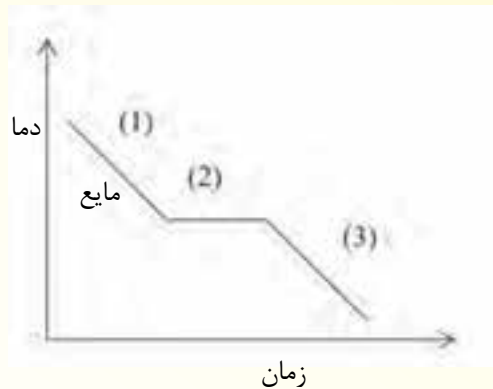
**ناحیه ۲:** همان‌طوری که در نمودار مشاهده می‌شود، با افزایش زمان، دما ثابت باقی می‌ماند و گرما صرف

ذوب شدن جسم جامد می‌شود.

**ناحیه ۳:** در ابتدای این ناحیه جسم جامد کاملاً به مایع تبدیل شده است که با گذشت زمان و افزایش

گرما دمای جسم مایع افزایش می‌یابد.

- منحنی انجماد (فلز خالص) جسم جامد نیز از سه ناحیه مطابق شکل زیر تشکیل شده است:



شکل ۱-۶

**ناحیه ۱:** در این ناحیه جسم (فلز خالص) کاملاً به صورت مذاب می‌باشد که با از دست دادن گرما، دمای آن، با افزایش زمان کاهش می‌یابد (ناحیه مایع)

**ناحیه ۲:** در این ناحیه مذاب فلز خالص شروع به انجماد می‌شود همان‌طور که مشاهده می‌شود با از دست دادن گرما در این ناحیه، دمای جسم تغییری نخواهد کرد تا زمانی که جسم کاملاً به جامد تبدیل شود.

**ناحیه ۳:** در این ناحیه با گذشت زمان جسم جامد ایجاد شده گرمای خود را از دست می‌دهد. این کاهش گرما باعث کاهش دما جسم جامد می‌شود. (مطابق شکل ۱-۶).

اطلاعات جدول ۱-۱، نقطه ذوب فلزات در فشار است یک اتمسفر (فشار محیط) است. تغییرات فشار سبب تغییر نقطه ذوب فلزات و جامدات می‌شود. آزمایش‌های تجربی نشان داده است که حجم فلزات معمول در اثر ذوب شدن افزایش می‌یابد. در این فلزات، افزایش فشار سبب افزایش نقطه ذوب می‌شود؛ اما در بعضی مواد جامدی مانند یخ و بیسموت، حجم در اثر ذوب شدن حجمشان کاهش می‌یابد. در این نوع مواد افزایش فشار، سبب کاهش نقطه ذوب می‌شود. به عنوان مثال یخ در فشار یک اتمسفر (فشار محیط) دارای نقطه ذوب صفر درجه سلسیوس است؛ حال اگر فشار به اندازه دو اتمسفر اعمال شود، نقطه ذوب یخ به میزان  $0.075$  درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. کاهش نقطه ذوب، به ساختمان کریستالی یخ مربوط می‌شود.

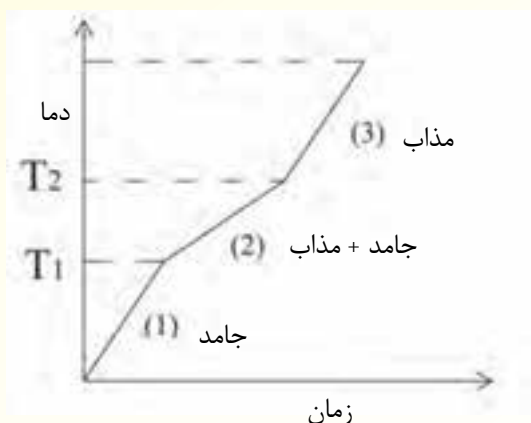
در این‌جا لازم است، به این نکته اشاره شود که رفتار غیرطبیعی یخ، یعنی کاهش نقطه ذوب با افزایش فشار، تا فشار ۳۲۰۰ اتمسفر ادامه دارد. و در فشار بیش از ۳۲۰۰ اتمسفر، رفتار یخ تغییر کرده و نقطه ذوب آن با افزایش فشار، زیاد می‌شود. به طوری که، در فشار ۲۰۰۰۰ اتمسفر نقطه ذوب یخ به ۸۰ درجه سلسیوس می‌رسد که در اصطلاح به این نوع یخ، یخ داغ گفته می‌شود.

رفتار فلزات آلیاژی، که از مخلوط کردن یا محلول کردن فلز با چند عنصر دیگر به وجود می‌آید در هنگام ذوب یا انجماد متفاوت از فلزات خالص است. نقطه ذوب و انجماد آن‌ها یکسان نیست؛ یعنی هنگامی که به یک



آلیاژ تا شروع ذوب شدن گرما داده می‌شود با افزایش گرما، دما مانند فلز خالص ثابت نمی‌ماند و زمانی که آلیاژ کاملاً ذوب شود، پس از آن، افزایش گرما سبب افزایش دمای مذاب خواهد شد. که این حالت را می‌توان به صورت منحنی زیر نمایش داد (شکل ۱-۷)

منحنی زیر تغییرات دما با زمان و گرما را برای ذوب آلیاژ نشان می‌دهد.



شکل ۱-۷

همان‌طور که مشاهده می‌شود، منحنی از سه ناحیه تشکیل شده است:

**ناحیه ۱:** ناحیه جامد، در این ناحیه، با افزایش میزان گرما، دمای جامد افزایش می‌یابد.

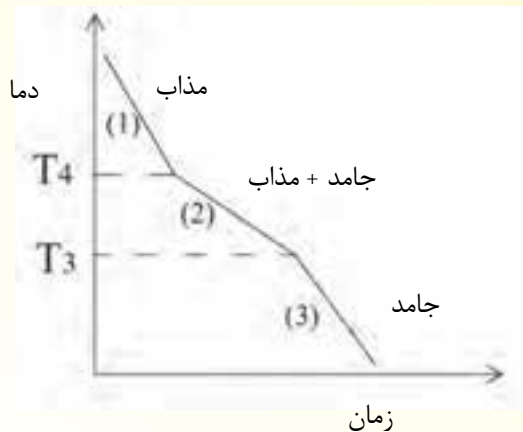
**ناحیه ۲:** جامد + مذاب: در این ناحیه، با افزایش میزان گرما علاوه بر ذوب شدن جامد، دما نیز با شیب کم

تری نسبت به ناحیه اول افزایش می‌یابد.

**ناحیه ۳:** ناحیه مذاب: در این ناحیه، با افزایش میزان گرما، دمای مذاب با شیب بیشتری نسبت به ناحیه

۲ افزایش می‌یابد.

بنابراین، نقطه ذوب آلیاژ، دمایی است که اولین قطرات مذاب ایجاد می‌شود که در منحنی با  $T_1$  نمایش داده شده است. دمایی که کل آلیاژ تبدیل به مذاب می‌شود در منحنی با  $T_2$  نشان داده شده است. اما در مورد انجماد آلیاژ با از دست دادن گرما، آلیاژ به دمایی می‌رسد که اولین ذرات جامد در آن تشکیل می‌شود. از دست دادن گرمای بیشتر، علاوه بر افزایش مقدار جامد، دما مانند فلز خالص ثابت نمی‌ماند و کاهش می‌یابد. این حالت تا زمانی ادامه می‌یابد که تمام مذاب تبدیل به جامد شود. پس از آن با از دست دادن حرارت، درجه حرارت آلیاژ جامد کاهش می‌یابد که این حالت به صورت شکل زیر نمایش داده می‌شود (شکل ۱-۸)



شکل ۱-۸

همان‌طور که مشاهده می‌شود منحنی از سه ناحیه تشکیل شده است.

**ناحیه ۱:** ناحیه مذاب که با از دست دادن گرما، دمای مذاب کاهش می‌یابد تا به نقطه شروع انجماد برسد.

**ناحیه ۲:** ناحیه جامد + مذاب که با از دست دادن گرما، علاوه بر افزایش مقدار جامد دما نیز کاهش می‌یابد

تا مذاب به‌طور کامل به جامد تبدیل شود.

**ناحیه ۳:** ناحیه جامد که با از دست دادن گرما، دما جامد کاهش می‌یابد تا به دمای محیط برسد.

در این حالت، نقطه انجماد آلیاژ دمایی است که اولین ذرات جامد در مذاب تشکیل می‌شود که با  $T_f$  نشان

داده شده است. و دمایی که مذاب به‌طور کامل به جامد تبدیل می‌شود با  $T_p$  نشان داده شده است (نقطه ذوب).

همان‌طوری که ملاحظه می‌شود؛ نقطه ذوب و انجماد در آلیاژ، مانند فلز خالص، یکسان نمی‌باشند، که

براساس قرارداد، فاصله دمایی بین ذوب و انجماد را دامنه انجماد یا فاصله انجماد می‌نامند. (فاصله بین  $T_p$  و

$T_f$ )

در فلزات خالص، با توجه به این که نقطه ذوب و انجماد یکی است دانه انجماد صفر می‌باشد؛ به عبارت دیگر

مذاب در یک دمای ثابت به جامد تبدیل می‌شود.

## ۱-۲- گرمای ویژه

برای بهتر فهمیدن مفهوم گرمای ویژه ابتدا به ذکر یک مثال می‌پردازیم.

اگر داخل یک ظرف مسی با دمای ۲۵ درجه سلسیوس، مقداری آب با دمای ۹۰ درجه سلسیوس ریخته

شود، پس از مدتی دمای ظرف مسی و آب، هردو، به حدود ۵۰ درجه سلسیوس می‌رسد که نشان‌دهنده تعادل

گرمایی بین آب و ظرف مسی است.

همان‌طوری که ملاحظه می‌شود آب مقداری از گرمای خود را از دست می‌دهد تا دمایش به میزان ۴۰

درجه سلسیوس کاهش یابد؛ همین مقدار گرما را به ظرف مسی می‌دهد تا دمای آن ۲۵ درجه سلسیوس افزایش

یابد؛ بنابراین با یک مقدار گرمای ثابت، میزان کاهش دمای آب با میزان افزایش دمای ظرف مسی یکسان نبوده و متفاوت است. این مثال نشان‌دهنده این واقعیت است که میزان افزایش دما در مواد با جنس‌های متفاوت با مقدار انرژی گرمایی یکسان، متفاوت است ارتباط تغییر دما در مواد با جنس‌های مختلف با مقدار مساوی از انرژی گرمایی، با ظرفیت گرمایی بیان می‌شود.

گرمای ویژه، مقدار گرمایی است که به واحد جرم جسم داده می‌شود تا دمای آن را به اندازه یک درجه سلسیوس افزایش دهد. همان‌گونه که از اسم گرمای ویژه برمی‌آید، مقدار گرمای ویژه برای هر ماده‌ای، مخصوص است. واحدهای گرمای ویژه عبارتند از:  $\text{BTU/lb.}^\circ\text{F}$  ،  $\text{j/kg.K}$  ،  $\text{cal/g}^\circ\text{C}$

معمولاً در محاسبه و طراحی ساختمان کوره‌ها، از نقطه ذوب گرمای نهان گداز و گرمای ویژه اجسام در حالت مایع و جامد استفاده می‌شود به عنوان مثال برای قسمت‌های عایق کوره باید از موادی استفاده شود که نقطه ذوب بالایی داشته باشند. از طرف دیگر این مواد برای عدم انتقال به بدنه خارجی کوره باید از گرمای ویژه بسیار بالایی برخوردار باشند. از همین استدلال می‌توان برای طراحی و محاسبه قطعات دیگر صنعتی نیز استفاده کرد.

#### در پایان جلسه:

- جمع بندی مطالب این جلسه توسط هنرآموز
- تکالیف برای منزل هنرجویان: مطالعه متن درس و آمادگی برای آزمون جلسه آینده.