



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
شورای عالی گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی



برنامه درسی رشته

## مهندسی مواد

MATERIALS ENGINEERING

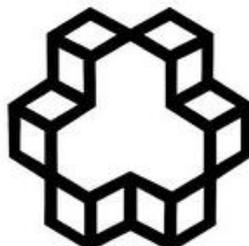
مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته



بر اساس مصوبه جلسه شماره .... تاریخ ..... شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
شورای عالی گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی



۱۳۰۷  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

برنامه درسی رشته

## مهندسی مواد

MATERIALS ENGINEERING

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

گرایش : شکل دادن فلزات | Metal Forming

پیشنهادی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



برتالی

نام رشته: مهندسی مواد      عنوان گرایش: شکل دادن فلزات

گروه: فنی مهندسی      دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد

پیشنهادی: دانشکده مهندسی و علم مواد      نوع مصوبه: بازنگری

تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۱۲/۸

- برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد گرایش شکل دادن فلزات در جلسه شماره ۵۷ مورخ ۱۴۰۲/۹/۲۸ شورای برنامه ریزی و توسعه آموزشی دانشگاه و جلسه مورخ ۱۴۰۲/۱۲/۸ شورای دانشگاه تصویب شد.

- این برنامه درسی براساس برنامه درسی رشته مهندسی مواد گرایش شکل دادن فلزات مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۶/۱۱/۵ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی وزارت علوم تحقیقات و فناوری بازنگری شده است.

- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ به مدت ۵ سال قابل اجراست و پس از آن در صورت تشخیص دانشکده یا کارگروه تخصصی مربوطه نیاز به بازنگری دارد.

دکتر مهرداد آفایی خفری

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه

دکتر امیررضا شاهانی

ریاست دانشگاه



Handwritten signature of Amirreza Shahani in blue ink.

اعضاء کمیته تدوین و بازنگری برنامه درسی:

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دکتر مهرداد آقایی خفری

دکتر کیوان نارویی

دکتر مجید سیدصالحی



جدول تغییرات		
ردیف	برنامه قبلی	برنامه بازنگری شده
۱	مکانیک محیط‌های پیوسته (۳ واحد)	مکانیک محیط‌های پیوسته (۳ واحد)
۲	تئوری پلاستیسیته (۳ واحد)	تئوری پلاستیسیته (۳ واحد)
۳	شکل‌پذیری فلزات (۳ واحد)	شکل‌پذیری فلزات (۲ واحد)
۴	شکل دادن ورق (۲ واحد)	شکل دادن ورق (۲ واحد)
۵	روش اجزای محدود (۳ واحد)	روش اجزای محدود ۱ (۳ واحد)
۶	ریاضیات مهندسی پیشرفته (۳ واحد)	ریاضیات مهندسی پیشرفته (۳ واحد)
۷	آزمایشگاه شکل دادن پیشرفته (۱ واحد)	آزمایشگاه شکل دادن پیشرفته (۱ واحد)
۸	روش‌های پیشرفته مطالعه مواد (۲ واحد)	مشخصه‌یابی پیشرفته مواد (۲ واحد)
۹	طراحی قالب به کمک کامپیوتر (۲ واحد)	طراحی قالب به کمک رایانه (۲ واحد)
۱۰	شکل دادن سوپرپلاستیک (۲ واحد)	شکل دادن سوپرپلاستیک (۲ واحد)
۱۱	شکل دادن گرم (۲ واحد)	شکل دادن گرم (۲ واحد)
۱۲	خطاهای اندازه‌گیری در تحقیق مواد (۱ واحد)	خطاهای اندازه‌گیری (۱ واحد)
۱۳	سمینار (۲ واحد)	سمینار (۲ واحد)
۱۴	پایان‌نامه (۶ واحد)	پایان‌نامه (۶ واحد)
۱۵	تئوری نابجایی‌ها (۳ واحد)	تئوری نابجایی‌ها (۳ واحد)
۱۶	شکل دادن سریع (۲ واحد)	شکل دادن سریع (۲ واحد)
۱۷	-	شکل‌دهی فلزات (۳ واحد)
۱۸	-	روش اجزای محدود ۲ (۳ واحد)
۱۹	-	مواد حافظه شکلی (۳ واحد)
۲۰	-	ساخت افزایشی (۳ واحد)
۲۱	-	بافت و ناهمسانگردی (۲ واحد)
۲۲	-	مکانیک شکست (۳ واحد)
۲۳	-	رفتار مکانیکی مواد (۳ واحد)
۲۴	-	مکانیک نانو ساختارها (۳ واحد)
۲۵	-	خزش (۲ واحد)
۲۶	-	شبیه‌سازی چندمقیاسی در مهندسی مواد (۳ واحد)
۲۷	نفوذ در جامدات (۲ واحد)	-
۲۸	ترمودینامیک پیشرفته مواد (۲ واحد)	-
۲۹	نورد (۳ واحد)	-
۳۰	فورجینگ (۲ واحد)	-
۳۱	اکستروژن و کشش (۲ واحد)	-
۳۲	ماشینکاری، سایش و روغن‌کاری (۲ واحد)	-
۳۳	فرایندهای انجماد (۳ واحد)	-
۳۴	مطالب ویژه (۲ واحد)	-
۳۵	تغییر حالت‌های متالورژی (۲ واحد)	-
۳۶	شکست (۲ واحد)	-



## فصل اول

# مشخصات کلی برنامه درسی



دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد-شکل دادن فلزات (Master of Materials Engineering-Metal Forming)، یکی از دوره‌های تحصیلی آموزش عالی است که هدف آن تربیت افراد متخصص و مهندسين با توانایی به‌کارگیری دانش علوم پایه، علوم مهندسی و علم مواد به منظور تحلیل و طراحی فرایندهای شکل‌دادن فلزات و سایر مواد می‌باشد. این دوره هم دروس مرتبط با علوم نظری و فنی مهندسی و هم موضوعهای مرتبط با فناوری و ساخت را در بر می‌گیرد. گذشت قریب به ۲۵ سال از تصویب نخستین برنامه درسی گرایش شکل‌دادن فلزات، بازنگری برنامه درسی این گرایش را ضروری نموده است. این بازنگری با توجه به گسترش مواد جدید مهندسی و توسعه فرایندهای نوین شکل‌دهی و ساخت مواد از جمله، روشهای شکل‌دادن پلاستیک شدید، شکل‌دادن نیمه جامد، روش‌های ساخت افزودنی و فرامواد مکانیکی و سایر مباحث و موضوعهای جدید مطرح در حوزه شکل‌دادن فلزات صورت گرفته است.

### ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

شکل‌دادن فلزات مجموعه‌ای از علوم و فناوری است که در آن میانی و روش‌های تغییرشکل دائمی فلزات با اعمال نیرو مورد بررسی قرار می‌گیرد. در یک تقسیم‌بندی کلی، فناوری‌های شکل‌دهی فلزات را می‌توان در قالب روشهای شکل‌دهی حجمی، شکل‌دهی ورق‌ها و روشهای نوین شکل‌دهی دسته‌بندی نمود. ارتباط ریزساختار و خواص مکانیکی و فیزیکی محصولات تولید شده با فرایندهای شکل‌دهی و تاثیر متقابل آنها بر یکدیگر در کنار آنالیز تنش، کرنش و نحوه سیلان در ناحیه تغییرشکل از موضوعهای مورد بررسی در این حوزه می‌باشد. در گرایش شکل‌دادن فلزات، دانشجویان با میانی فرایندهای شکل‌دادن فلزات، اصول طراحی و اثر پارامترهای مختلف بر فرایند، قابلیت شکل‌پذیری و کارپذیری سرد و گرم فلزات آشنا می‌شوند. همچنین، با فراگرفتن میانی علم مواد و مکانیک به تجزیه و تحلیل رفتار پلاستیک فلزات در مقیاس میکرو و ماکرو خواهند پرداخت. به روز رسانی مباحث مرتبط با روشهای مرسوم شکل‌دادن فلزات از دو منظر علم و فناوری از جمله اهداف اولیه این بازنگری به شمار می‌رود. علاوه بر این، روش‌های شکل‌دهی جدید همچون تغییرشکل پلاستیک شدید، شکل‌دهی نیمه جامد، فرایندهای ساخت افزایشی، ساخت و شکل‌دهی مواد نوین از جمله مواد نانوساختار، پلیمرها، کامپوزیتها و فرامواد مکانیکی نیز در مد نظر قرار گرفته است.

### پ) ضرورت و اهمیت

مهندسی مواد و به ویژه گرایش شکل‌دادن فلزات با توجه به ظرفیتهای ملی و صنایع بزرگ و کوچک متعدد موجود در کشورمان از جمله رشته‌های مهندسی مادر به شمار رفته و گسترش و توسعه آن از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. امروزه گسترش مواد جدید مهندسی و روشهای نوین شکل‌دهی و ساخت از یک طرف و توسعه روش‌های تحلیلی، محاسباتی و شبیه‌سازی در علوم و مهندسی از طرف دیگر، بازنگری گرایش شکل‌دادن فلزات را جهت تحقیق و توسعه و تامین نیروی مورد نیاز صنایع در حوزه‌های جدید فناوری ضروری نموده است. در این راستا به بازنگری و تصویب برنامه درسی جدید کارشناسی مهندسی مواد و متالورژی در سالهای اخیر نیز می‌توان اشاره نمود که ضرورت تغییر محتوا و برنامه درسی گرایشهای کارشناسی ارشد را دوچندان نموده است. چنین رویکردی در بسیاری از دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر جهان که به آموزش و تحقیقات در حوزه شکل‌دادن فلزات می‌پردازند نیز بسیار مشهود می‌باشد.

### ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

#### جدول (۱) - توزیع واحدها

تعداد واحد	نوع دروس
۱۲	دروس تخصصی الزامی
۱۴	دروس تخصصی اختیاری
۶	پایان‌نامه
۳۲	جمع



ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

جدول (۲) - مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
طراحی فرایندهای شکل‌دهی و ساخت	شکل‌دادن فلزات، شکل‌دادن ورق، شکل‌پذیری فلزات، ساخت افزایشی
تحلیل ارتباط تغییرشکل، ریزساختار و خواص مواد	شکل‌دادن گرم، تئوری نابجاییها، بافت و ناهمسانگردی، مکانیک شکست، خزش، رفتار مکانیکی مواد، نفوذ در جامدات
دانش ریاضی و علوم مکانیک مورد نیاز برای تحلیل فرایندهای شکل‌دهی	مکانیک محیط‌های پیوسته، پلاستیسیته، ریاضیات مهندسی پیشرفته
مدل‌سازی و حل مسائل شکل‌دهی	روش اجزای محدود ۱، روش اجزای محدود ۲، طراحی قالب با رایانه، شبیه‌سازی چندمقیاسی در مهندسی مواد
مواد جدید و روشهای مشخصه‌یابی	مواد حافظه‌شکلی، مکانیک نانوساختارها، مشخصه‌یابی پیشرفته مطالعه مواد
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
ارتباط، تعامل و روش تحقیق	سمینار، خطاهای اندازه‌گیری
تحقیق و نوشتن متون علمی	سمینار، پروژه

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

\* پذیرش دانشجویان مطابق ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است. شکل نظام به‌صورت ترمی - واحدی خواهد بود و هر واحد نظری معادل ۱۶ ساعت می‌باشد.

\* تعداد واحدهای درسی برای گرایش شکل‌دادن فلزات در مقطع کارشناسی ارشد ۳۲ واحد درسی شامل ۱۲ واحد تخصصی اجباری، ۱۴ واحد تخصصی اختیاری و ۶ واحد پایان‌نامه می‌باشد.

\* دانشجویانی که با مدرک کارشناسی غیر از کارشناسی مهندسی مواد پذیرش می‌شوند، با نظر گروه آموزشی می‌بایست تعدادی از دروس جبرانی جدول ذیل را اخذ نمایند.

\* دانشجویان موظف است از میان دروس ردیف‌های ۱، ۲ و ۳ جدول شماره ۵، حداقل دو مورد را با نظر استاد راهنما اخذ و نمره قبولی کسب نمایند.

جدول (۳) - لیست دروس جبرانی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات	
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی
۱	خواص فیزیکی مواد (۱)	۳	✓			۴۸	
۲	خواص مکانیکی مواد (۱)	۳	✓			۴۸	
۳	اصول شکل‌دهی مواد	۳	✓			۴۸	



فصل دوم

**جدول عناوین و مشخصات دروس**



جدول (۴) - عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی

پیش نیاز / هم نیاز	تعداد ساعات		نوع واحد			تعداد واحد	عنوان درس	ردیف	نام گرایش
	نظری	عملی	نظری - عملی	عملی	نظری				
		۴۸			✓	۳	مکانیک محیط‌های پیوسته	۱	شکل دادن فلزات
		۳۲			✓	۲	شکل پذیری فلزات	۲	
		۳۲			✓	۲	شکل دادن ورق	۳	
		۳۲			✓	۲	شکل دادن گرم	۴	
		۱۶			✓	۱	خطاهای اندازه‌گیری	۵	
		۳۲			✓	۲	سمینار	۶	



جدول (۵) - عنوان و مشخصات کلی دروس اختیاری

پیش نیاز / هم نیاز	تعداد ساعات		نوع واحد			تعداد واحد	عنوان درس	ردیف	نام گرایش
	نظری	عملی	نظری - عملی	عملی	نظری				
		۴۸			✓	۳	تئوری پلاستیسیته	۱	شکل دادن فلزات
		۴۸			✓	۳	شکل دهی فلزات	۲	
		۴۸			✓	۳	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۳	
		۴۸			✓	۳	روش اجزای محدود ۱	۴	
		۴۸			✓	۳	روش اجزای محدود ۲	۵	
		۴۸			✓	۳	مواد حافظه شکلی	۶	
		۴۸			✓	۳	ساخت افزایشی	۷	
		۳۲			✓	۲	بافت و ناهمسانگردی	۸	
		۴۸			✓	۳	تئوری نابجایی‌ها	۹	
		۴۸			✓	۳	مکانیک شکست	۱۰	
		۳۲		✓		۱	آزمایشگاه شکل دادن پیشرفته	۱۱	
		۴۸			✓	۳	رفتار مکانیکی مواد	۱۲	
		۴۸			✓	۳	مکانیک نانو ساختارها	۱۳	
		۳۲			✓	۲	خزش	۱۴	
		۳۲			✓	۲	مشخصه‌یابی پیشرفته مطالعه مواد	۱۵	
		۳۲			✓	۲	طراحی قالب به کمک رایانه	۱۶	
		۳۲			✓	۲	شکل دادن سریع	۱۷	
		۳۲			✓	۲	شکل دادن سوپرپلاستیک	۱۸	
		۴۸			✓	۳	شبیه سازی چندمقیاسی در مهندسی مواد	۱۹	



فصل سوم

## ویژگی‌های دروس



عنوان درس به فارسی:		مکانیک محیط‌های پیوسته	
عنوان درس به انگلیسی:		Continuum Mechanics	
دروس پیش‌نیاز:		<input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری	
دروس هم‌نیاز:		<input type="checkbox"/> عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اجباری	
تعداد واحد:		<input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	
تعداد ساعت:		<input type="checkbox"/> رساله / پایان‌نامه	
		۳	۴۸

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

بیان اصول حاکم بر مکانیک محیط‌های پیوسته با تاکید بر محیط‌های جامد

### اهداف ویژه:

آشنایی با مفاهیم تانسور، استفاده از تانسور در اندازه‌گیری تغییر شکل کوچک و بزرگ، استفاده از تانسور در محاسبات تنش و مدلسازی ساختاری.

### مباحث یا سرفصل‌ها:

- |  |   |
|--|---|
| ۱. آشنایی با جبر تانسور                  | ۲. مفهوم سینماتیک حرکت                      |
| ۳. تغییر شکل کوچک                        | ۴. تغییر شکل بزرگ                           |
| ۵. تغییر مساحت، حجم و چگالی در تغییر شکل | ۶. سینتیک و معرفی تانسور تنش                |
| ۷. معادلات حرکت و اصول بقا               | ۸. معیارهای تنش در تغییر شکل بزرگ           |
| ۹. مزدوج بودن تنش و کرنش                 | ۱۰. ترمودینامیک تغییر شکل و مدلسازی ساختاری |

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

استفاده از نرم‌افزارهایی مانند Maple, MATLAB, Labview, Arduino برای اندازه‌گیری تغییر شکل و تنش بصورت عملی و یا مهندسی.

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی و میان ترم ۵۰ درصد  
آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

لوازم مرسوم آموزش شامل وایت برد، پروژکتور و لپ‌تاپ

### فهرست منابع پیشنهادی:

- Lai, W. Michael, David Rubin, and Erhard Krempl. Introduction to continuum mechanics. Butterworth-Heinemann, 2009.
- Holzappel, Gerhard A. Nonlinear solid mechanics: a continuum approach for engineering science. Meccanica 37.4, 2002, 489-490.
- Shabana, Ahmed A. Computational continuum mechanics. John Wiley & Sons, 2018.



عنوان درس به فارسی:		شکل پذیری فلزات	
عنوان درس به انگلیسی:		Formability of Metals	
دروس پیش نیاز:	پایه <input type="checkbox"/>	نظری <input checked="" type="checkbox"/>	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:	تخصصی اجباری <input checked="" type="checkbox"/>	عملی <input type="checkbox"/>	
تعداد واحد:	تخصصی اختیاری <input type="checkbox"/>	نظری-عملی <input type="checkbox"/>	
تعداد ساعت:	رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		
		۲	
		۳۲	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

در این درس دانشجویان گرایش شکل دادن فلزات با مفاهیم اصلی شکل پذیری آشنا شده و روشهای مختلف بررسی و اندازه گیری شکل پذیری فلزات در شرایط مختلف دمایی تحت حالات تنش مختلف را فرا می گیرند.

### اهداف ویژه:

آشنایی با آزمایشهای استاندارد و شبیه ساز در شکل پذیری فلزات، تحلیل و بررسی تئوری و عددی شکل پذیری، تشخیص انواع عیوب در شکل دهی فلزات.

### مباحث یا سرفصلها:

۱. مقدمه ای بر شکل پذیری، ۲. متغیرها و عوامل موثر بر شکل پذیری: متغیرهای ماده، فرایند و فصل مشترک، ۳. آزمایشهای استاندارد: آزمایشهای کشش، فشار، پیچش سرد و گرم، ۴. آزمایشهای شبیه ساز (Simulative Tests) در فرایندهای شکل دهی ورقها، آهنگری، نورد، اکستروژن و کشش، ۵. بررسی تحلیلی و عددی ناپایداری پلاستیک: تمرکز تغییر شکل و معیارهای شکل پذیری در آزمایشهای کشش و فشار، ۶. منحنی های حد شکل پذیری (FLD): ترسیم FLD با آزمایشهای تجربی، عوامل موثر بر FLD، مدل سازی و شبیه سازی FLD، ۷. کار پذیری و شکست: انواع شکست، شکست نرم، معیارهای کار پذیری مبتنی بر شکست

### راهنماهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، بازدید، تحقیق و پروژه درسی

### راهنماهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم سال ۶۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. Dieter, G.E., Kuhn, H.A., Semiatin, S.E. Handbook of Workability and Process Design, ASM International, 2003.
2. Banabic, D. Formability of Metallic Materials: Plastic Anisotropy, Formability Testing, Forming Limits, Springer, 2000.
3. Semiatin, S.E., Jonas, J.J. Formability and Workability of Metals: Plastic Instability and Flow Localization, ASM International, 1984.

۴. مهرداد آقایی، شکل پذیری فلزات، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۴.



عنوان درس به فارسی:		شکل دادن ورق	
عنوان درس به انگلیسی:		Sheet Metal Forming	
نوع درس و واحد			
پایه <input type="checkbox"/>	نظری <input checked="" type="checkbox"/>		
تخصصی اجباری <input checked="" type="checkbox"/>	عملی <input type="checkbox"/>		
تخصصی اختیاری <input type="checkbox"/>	نظری-عملی <input type="checkbox"/>		
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>			
		۲	تعداد واحد:
		۳۲	تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با فرآیندهای اصلی شکل دهی ورقها

### اهداف ویژه:

آشنایی با فناوری، طراحی فرایند، محاسبات تحلیلی و تخمینی مورد نیاز برای فرآیندهای شکل دهی ورقها

### مباحث یا سرفصلها:

۱. مفاهیم اولیه: تاثیر نرخ کرنش بر رفتار مواد، ناهمسانگردی، بافت کریستالوگرافی، معیارهای تسلیم ناهمسانگرد، فرایند ۲. کشش عمیق: آنالیز تنش، اثر نسبت کرنش پلاستیک (r) بر قابلیت کشش عمیق، پدیده گوشواره‌ای شدن، فرایند اطوکشی، آنالیز منحنی نیرو جابجایی، اصول طراحی قالبهای کشش عمیق، ۳. فرایند کشش اتساعی: آنالیز تنش و کرنش، توزیع کرنش، مطالعه کارسختی در حالت تنش دو محوری، کرنش حدی و عوامل موثر بر آن، ۴. فرآیندهای خم کاری: مکانیک خم، خمش ساده، خمش سه غلطکی، محاسبه نیروی خم کاری، برگشت فنری، اصول طراحی قالب خم کاری، فرایند ۵. چرخش کاری: اصول فرایند، محاسبه نیرو، چرخش کاری برشی، عیوب و پارامترهای موثر بر قابلیت چرخش کاری، ۶. هیدروفورمینگ ورق: اصول فرایند، ابزار و پرسهای مورد استفاده، متغیرهای فرایند، عیوب، هیدروفورمینگ دما بالا، ۷. شکل دهی انفجاری ورق: اصول شکل دادن انفجاری، شکل دادن انفجاری ورق و لوله، مکانیزم انفجار و موج شوک، انرژی و ضربه در شکل دادن انفجاری، توزیع فشار در شکل دادن انفجاری، ۸. شکل دهی الکترومغناطیسی و الکتروهیدرولیکی ورق: اصول کلی فرایند، ابزارها و ماشینهای مورد نیاز

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، بازدید، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم سال ۶۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

- Altan, A., Tekkaya, A.E. Sheet Metal Forming: Fundamentals, ASM International, 2012.
- Altan, A., Tekkaya, A.E. Sheet Metal Forming: Processes and Applications, ASM International, 2012.
- Marciniak, Z., Duncan, J.L., Hu, S.J. Mechanics of Sheet Metal Forming, Butterworth-Heinemann, 2002.
- Semiatin, S.L. ASM HANDBOOK Vol. 14B: Metalworking: Sheet Forming, ASM International, 2005.
- Boljanovic, V.). Sheet Metal Forming Processes and Die Design, Industrial Press, New York, 2004.



عنوان درس به فارسی:		شکل دادن گرم	
عنوان درس به انگلیسی:		Hot Deformation	
نوع درس و واحد			
پایه <input type="checkbox"/>	نظری <input checked="" type="checkbox"/>		
تخصصی اجباری <input checked="" type="checkbox"/>	عملی <input type="checkbox"/>		
تخصصی اختیاری <input type="checkbox"/>	نظری-عملی <input type="checkbox"/>		
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		۲	تعداد واحد:
		۳۲	تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با اصول پایه ای شکل دادن گرم و داغ فلزات و آلیاژهای فلزی

### اهداف ویژه:

فراگیری اصول شکل دهی گرم و داغ و آشنایی با پدیده های دینامیک حین تغییر شکل

### مباحث یا سرفصلها:

مقدمه ای بر فرآیندهای شکل دهی گرم و داغ فلزات و آلیاژهای فلزی، ۲. مکانیزمهای تغییر شکل پلاستیک، ۳. فصل مشترکها در ساختارهای جامد با رویکرد بررسی انواع مرزدانه ها در مواد پلی کریستال، ۴. اصول پویش مرزدانه حین تحولات ریزساختاری، بررسی پدیده های زبر و اثر عناصر آلیاژی بر پویش مرزدانه، ۵. اصول جوانه زنی در پدیده تبلور مجدد و نواح مکانیزمهای جوانه زنی، ۶. بازیابی استاتیکی و دینامیکی، ۷. تبلور مجدد استاتیکی و دینامیکی، ۸. معادلات ساختاری حین تغییر شکل داغ و تاثیر متغیرهای تغییرشکل، ۹. نقشه های فرآیندی و کاربرد آن در طراحی فرآیندهای تغییرشکل داغ

### راهنمادهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، بازدید، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهنمادهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیمسال ۵۰ درصد  
آزمون پایان نیمسال ۵۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

لوازم مرسوم آموزش شامل وایت برد، پروژکتور و لپ تاپ

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. A. Rollett, G. S. Rohrer, J. Humphreys, Recrystallization and Related Annealing Phenomena (Third Edition), Elsevier, 2017.
2. H. J. McQueen, S. Spigarelli, M. E. Kassner, E. Evangelista, Hot Deformation and Processing of Aluminum Alloys, CRC Press, 2017.
3. Y.V.R.K. Prasad, K. P. S. Sasidhara, Hot Working Guide: A Compendium of Processing Maps, ASM International, 2015.



عنوان درس به فارسی:		خطاهای اندازه گیری	
عنوان درس به انگلیسی:		Error in Measurements	
نوع درس و واحد			
نظری <input checked="" type="checkbox"/> پایه <input type="checkbox"/>			
عملی <input type="checkbox"/> تخصصی اجباری <input checked="" type="checkbox"/>			
نظری-عملی <input type="checkbox"/> تخصصی اختیاری <input type="checkbox"/>		۱	
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		۱۶	
			تعداد واحد:
			تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با انواع خطاها در فرآیندهای اندازه گیری و اصول تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی

### اهداف ویژه:

آشنایی به انواع خطاهای سیستماتیک، تصادفی و اشتباهات؛ تجزیه و تحلیل خطاهای تصادفی با کمک اصول آماری و راه کارهای ارائه نتایج آزمایشگاهی و اصلاح نتایج

### مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه ای بر فرآیندهای اندازه گیری و ارائه تعاریف اولیه مبحث خطاهای اندازه گیری
۲. تحلیل خطاهای تصادفی به کمک اصول آماری
۳. توابع توزیع احتمال و کاربرد آنها در تحلیل خطا
۴. اصول تحلیل و ارائه نتایج آزمایشگاهی
۵. روش شائوونت در تحلیل اشتباهات در اندازه گیری
۶. انتشار خطا در توابع تک و چند متغیره
۷. ترکیب نتایج آزمایشگاهی

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۶۰ درصد  
آزمون پایان نیم‌سال ۴۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

لوازم مرسوم آموزش شامل وایت برد، پروژکتور و لپ‌تاپ

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. G. HUGHES, T. P. A. HASE, Measurements and their Uncertainties, Oxford University Press, 2010.
2. P. R. Bevington, D. K. Robinson, Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences, 2003.
- ۳-مهرداد آقایی، روشهای اندازه‌گیری و برآورد خطا، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۶



عنوان درس به فارسی:		سمینار کارشناسی ارشد	
نوع درس و واحد	Seminar	عنوان درس به انگلیسی:	
<input type="checkbox"/> پایه	<input type="checkbox"/> نظری	دروس پیش نیاز:	
<input type="checkbox"/> تخصصی اجباری	<input type="checkbox"/> عملی	دروس هم نیاز:	
<input type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	<input type="checkbox"/> نظری-عملی	تعداد واحد:	۲
<input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه		تعداد ساعت:	۳۲

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آماده سازی دانشجو جهت انجام و ارائه پایان نامه

### مباحث یا سرفصلها:

۱. جستجو در مطالعات گذشته و دسته بندی مطالعات پیشین با موضوع پایان نامه
۲. نوشتن پیشینه تحقیق مرتبط با موضوع پایان نامه
۳. ارائه کارهای انجام شده توسط دانشجو در راستای موضوع پایان نامه
۴. رعایت نکات گرامری
۵. استفاده از قالب پایان نامه جهت نگارش گزارش سمینار
۶. مرجع دهی
۷. رعایت مالکیت معنوی و قوانین حقوقی

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، تحقیق، تهیه گزارش و ارائه شفاهی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- |                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۵۰ درصد |
| گزارش کتبی و ارائه شفاهی سمینار | ۵۰ درصد |

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. D. Deb, R. Dey, V.E. Balas, Engineering Research Methodology, Springer, 2019.



عنوان درس به فارسی:		تئوری پلاستیسیته	
عنوان درس به انگلیسی:	Plasticity Theory		
دروس پیش نیاز:	<input type="checkbox"/> پایه <input type="checkbox"/> نظری		
دروس هم نیاز:	<input type="checkbox"/> تخصصی اجباری <input type="checkbox"/> عملی		
تعداد واحد:	۳	<input type="checkbox"/> نظری-عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	
تعداد ساعت:	۴۸	<input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با تغییر شکل پلاستیک مواد

### اهداف ویژه:

ساختن سطح تسلیم مواد مختلف بر اساس رفتار مکانیکی، بدست آوردن کرنش از روی سطح تسلیم و پتانسیل، وابستگی به نرخ کرنش.

### مباحث یا سرفصلها:

- |  |  |
|--|--|
| ۱. معیارهای پیشنهاد سطح تسلیم                | ۲. نوردای ساختاری و سطح تسلیم ناهمسانگرد     |
| ۳. معیار بارگذاری-باربرداری                  | ۴. معادلات ساختاری در تغییر شکل              |
| ۵. ترمودینامیک تغییرشکل و معادلات سیلان ماده | ۶. پایداری دراکر                             |
| ۷. تانسور سختی الاستیک-پلاستیک               | ۸. انواع سخت شوندهای مواد                    |
| ۹. ویسکوپلاستیک                              | ۱۰. پلاستیسیته کریستالها و تئوری چند صفحه‌ای |

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

استفاده از نرم افزارهایی مانند Maple, MATLAB, COMSOL برای حل مسایل مهندسی در رفتار تغییر شکل پلاستیک و ایجاد سطوح تسلیم جدید بر اساس رفتار مکانیکی مواد.

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی و میان ترم ۵۰ درصد  
 آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

لوازم مرسوم آموزش شامل وایت برد، پروژکتور و لپ‌تاپ

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. Wu, Han-Chin. Continuum mechanics and plasticity. Chapman and Hall/CRC, 2004.
2. Lubarda, Vlado A. Elastoplasticity theory. CRC press, 2001.
3. Khan, Akhtar S., and Sujian Huang. Continuum theory of plasticity. John Wiley & Sons, 1995.
4. Lubliner J. Plasticity theory. Courier Corporation; 2008.



عنوان درس به فارسی:		شکل دهی فلزات	
عنوان درس به انگلیسی:		Metal Forming	
دروس پیش نیاز:		پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری <input type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/>	
تعداد واحد:		تخصصی اختیاری <input checked="" type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>	
تعداد ساعت:		رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>	
		۳	۴۸

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

ایجاد درکی عمیق از فرآیندهای اصلی شکل دهی حجمی فلزات

### اهداف ویژه:

آشنایی با فناوری، طراحی فرایند، محاسبات تحلیلی و تخمینی مورد نیاز برای فرآیندهای شکل دهی حجمی فلزات

### مباحث یا سرفصل‌ها:

مفاهیم اولیه: تغییر شکل پلاستیک، کارسختی، تنشها و کرنشهای اصلی، توابع تسلیم ترسکا و فون میسز، ۲. اصطکاک و روانکاری: اصطکاک لغزنده و چسبنده، قانون اصطکاک کولمب، ضریب و فاکتور اصطکاک، رژیمهای روانکاری، انواع روانکارها، ۳. آهنگری: انواع روشهای آهنگری، مبانی آهنگری قالب باز و قالب بسته، اصول طراحی قالبهای آهنگری، عیوب عمومی قطعات در آهنگری، ۴. نورد: انواع روشهای نورد، قفسه و خط نورد، نورد تخت و ثنوری تغییر شکل ورق، نورد مقاطع، اصول طراحی کالیبر، عیوب در محصولات نورد، محاسبه نیرو، توان و گشتاور، ۵. اکستروژن: انواع روشهای اکستروژن، اکستروژن لوله و مقاطع، اکستروژن پودر، تجهیزات و قالب، اصول طراحی فرایند اکستروژن، عیوب رایج در اکستروژن، تخمین فشار مورد نیاز، ۶. کشش: کشش میله، سیم، لوله و تسمه، تجهیزات و قالب، اصول طراحی قالبهای کشش، عیوب رایج، تخمین نیرو، ۷. ماشینهای شکل دهی: تقسیم بندی ماشینهای شکل دهی، انواع پتکها و پرسها، ۸. روشهای نوین شکل دهی: شکل دهی سوپر پلاستیک، هیدروفورمینگ، روشهای تغییر شکل پلاستیک شدید (SPD)، شکل دهی نیمه جامد (تیکسوفورمینگ)، شکل دهی انفجاری، شکل دهی الکترومغناطیسی

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، بازدید، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم سال ۶۰ درصد



### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

- Hosford, W.F. and Caddell, R.M. Metal Forming Mechanics and Metallurgy. 4th Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 2011.
- Semiatin, S.L. ASM Handbook Vol. 14A: Metalworking: Bulk Forming, ASM International. 2005.
- Bhaduri, A. Mechanical Properties and Working of Metals and Alloys. Springer, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018.
- Blazinsky, T.Z. Design of Tools for Deformation Processes, Elsevier Applied Science Publisher, 1986.

عنوان درس به فارسی:		ریاضیات مهندسی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Engineering Mathematics		
دروس پیش نیاز:	پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>		
دروس هم نیاز:	تخصصی اجباری <input type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/>		
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری <input checked="" type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با مبانی ریاضیات مهندسی با تاکید بر کاربردهای ریاضی در شکل دهی فلزات

### اهداف ویژه:

آشنایی با جبر خطی، حل معادلات دیفرانسیل با مشتق جزئی و حساب تغییرات

### مباحث یا سرفصلها:

۱. جبر خطی: فضای برداری، زیرفضاها، استقلال و وابستگی خطی، بعد و پایه، دستگاه مختصات، فضای برداری تعمیم یافته، تبدیل و عملگر خطی، مفهوم نرم و فاصله، فضای ضرب داخلی، فضاها متریک، بردارها و توابع متعامد، متعامدسازی با روش گرام اشמיד، دستگاه اورتوگنال کامل و توابع متعامد، سریهای فوریه، لژاندر، بسل، عملگر و ماتریس الحاقی و خودالحاق، مسئله مقدار ویژه، نمایش ماتریسی مسئله مقدار ویژه، مسئله مقدار ویژه برای عملگرها و ماتریسهای خودالحاق، مقادیر ویژه ماتریس، عملگرها و ماتریسهای خاص، ۲. توابع مختلط: مرور اعداد مختلط، توابع تحلیلی، روابط کوشی ریمان، ارتباط معادلات لاپلاس، بیوهارمونیک و توابع تحلیلی، توابع نمایی، مثلثاتی و لگاریتمی مختلط، پیوستگی، مشتق پذیری و انتگرالگیری توابع مختلط، ۳. معادلات دیفرانسیل: مسائل مقدار ویژه اشتورم لیوول، عملگر اشتورم لیوول، نمونه های مسائل اشتورم لیوول، تبدیل فوریه، انواع معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی، حل معادلات دیفرانسیل با تبدیل فوریه، حل معادلات دیفرانسیل با روش جدا کردن متغیرها، ۴. حساب تغییرات: مقدمه و مبانی حساب تغییرات، مفهوم فانکشنال و انواع آن، تعریف اپراتور تغییرات یا وردش، اکستریم کردن فانکشنال با معادله اویلر لاگرانژ، اکستریم کردن فانکشنال با روش ریلی-ریتز، اصل کار مجازی، حل مسائل حساب تغییرات

### راهنمای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم سال ۶۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

- Olver, P.J., Shakiban, C. Applied Linear Algebra, Springer Publication, 2018.
- Wylie, C.R., Barrett, L.C., Advanced Engineering Mathematics, 6th Edition, Mc Graw Hill, 1995.
- Reddy, J.N. Energy Principles and Variational Methods in Applied Mechanics. John Wiley & Sons, 2017.
- Kreyszig, E. Advanced Engineering Mathematics, 10th Edition, John Wiley & Sons, INC., 2011.



عنوان درس به فارسی:		روش اجزای محدود ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Finite Elements Method I	
نوع درس و واحد			
نظری <input checked="" type="checkbox"/> پایه <input type="checkbox"/>			
عملی <input type="checkbox"/> تخصصی اجباری <input type="checkbox"/>			
نظری-عملی <input type="checkbox"/> تخصصی اختیاری <input checked="" type="checkbox"/>		۳	
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		۴۸	
			تعداد واحد:
			تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با حل عددی مسایل مهندسی با استفاده از روش اجزای محدود و برنامه‌نویسی در قالب UEL (کلی ترین سابروتین) در نرم افزار آباکوس.

### اهداف ویژه:

آشنایی با روش مستقیم، روش حساب تغییرات و گلرکین در حل مسایل مهندسی و تغییر شکل.

### مباحث یا سرفصل‌ها:

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| ۱. آشنایی با روش مستقیم          | ۲. روش حساب تغییرات                    |
| ۳. روش گلرکین                    | ۴. اصول برنامه‌نویسی در UEL            |
| ۵. انتقال حرارت                  | ۶. تغییر شکل تیرها                     |
| ۷. تغییر شکل کوچک الاستیک جامدات | ۸. حل ضمنی و غیرضمنی                   |
| ۹. تغییر شکل صفحه و پوسته        | ۱۰. انواع المان‌ها و انتگرال گیری عددی |

### راهنمای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

استفاده از نرم‌افزارهایی مانند ABAQUS, Microsoft Visual Studio, COMSOL برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی در قالب برنامه نویسی UEL که صرفاً از محیط آباکوس برای رسم شکل و بارگذاری استفاده شده و یک برنامه کامل بر اساس مفاهیم جهت شبیه‌سازی نوشته می شود.

### راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

- |                             |         |
|-----------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی و میان ترم | ۵۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال         | ۵۰ درصد |

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

لوازم مرسوم آموزش شامل وایت برد، پروژکتور و لپ‌تاپ

### فهرست منابع پیشنهادی:

- Huebner, Kenneth H., et al. The finite element method for engineers. John Wiley & Sons, 2001.
- Reddy, Junuthula Narasimha. Introduction to the finite element method. McGraw-Hill Education, 2019.
- Bathe, Klaus-Jürgen. Finite element procedures. Klaus-Jurgen Bathe, 2006.
- Hughes, Thomas JR. The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis. Courier Corporation, 2012.



عنوان درس به فارسی:		روش اجزای محدود ۲	
عنوان درس به انگلیسی:		Finite Elements method II	
نوع درس و واحد			
نظری <input checked="" type="checkbox"/>	پایه <input type="checkbox"/>		
عملی <input type="checkbox"/>	تخصصی اجباری <input type="checkbox"/>		
نظری-عملی <input type="checkbox"/>	تخصصی اختیاری <input checked="" type="checkbox"/>	۲	
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		۴۸	
			تعداد واحد:
			تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

حل مسایل غیرخطی هندسی، مادی و مکانیک تماس در تغییر شکل

### اهداف ویژه:

حل مسایل غیرخطی در اثر تغییر شکل بزرگ، رفتار مکانیکی غیر خطی (هایپراستسیسته، ویسکوالاستسیسته، پلاستسیسته) و مکانیک تماس.

### مباحث یا سرفصلها:

۱. یادآوری مفاهیم مکانیک تغییر شکل بزرگ
۲. اجزای محدود تغییر شکل بزرگ با دو روش Updated Lagrangian (UL) و Total Lagrangian (TL)
۳. روش ضمنی و غیر ضمنی حل معادلات UL و TL
۴. مدلسازی ساختاری رفتار هایپراستیک
۵. مدلسازی ساختاری رفتار ویسکو-هایپراستیک
۶. مدلسازی ساختاری رفتار آلیاژ، پلیمر و هیدروژل حافظه شکلی
۷. مدلسازی ساختاری رفتار پلاستیک
۸. مدلسازی ساختاری پلاستسیسته کریستالها
۹. مکانیک تماس
۱۰. روش ALE

### راهنماهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

استفاده از نرم افزارهایی مانند ABAQUS, Microsoft Visual Studio, COMSOL برای مدلسازی و شبیه سازی در قالب برنامه نویسی UMAT, UHYPER که رفتار مکانیکی مواد در قالب سابروتین نویسی شبیه سازی می شود. همچنین تغییر شکل بزرگ در زیر برنامه UEL مدل سازی شده و با نتایج اجزای محدود ۱ که برای تغییر شکل کوچک می باشد مقایسه می شود.

### راهنماهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت های کلاسی و میان ترم ۵۰ درصد  
آزمون پایان نیم سال ۵۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

لوازم مرسوم آموزش شامل وایت برد، پروژکتور و لپ تاپ

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. Belytschko, Ted, et al. Nonlinear finite elements for continua and structures. John Wiley & sons, 2014.
2. De Borst, R., Crisfield, M. A., Remmers, J. J., & Verhoosel, C. V. Nonlinear finite element analysis of solids and structures. John Wiley & Sons, 2012.
3. Wriggers, Peter. Nonlinear finite element methods. Springer Science & Business Media, 2008.



عنوان درس به فارسی:		عنوان درس به انگلیسی:	
عنوان درس به فارسی:		عنوان درس به انگلیسی:	
نوع درس و واحد		Shape Memory Materials	
نظری <input checked="" type="checkbox"/>	پایه <input type="checkbox"/>		
عملی <input type="checkbox"/>	تخصصی اجباری <input type="checkbox"/>		
نظری-عملی <input type="checkbox"/>	تخصصی اختیاری <input checked="" type="checkbox"/>		
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>			
		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با چرخه حافظه شکلی، برنامه‌ریزی کردن مواد حافظه‌شکلی و مدلسازی

### اهداف ویژه:

آشنایی با مواد حافظه شکلی، کاربردها و طراحی ساختارهای حافظه‌شکلی در مهندسی. آشنایی با مدلسازی چند فیزیکی با استفاده از ترمودینامیک تغییر شکل برای شبیه‌سازی آلیاژها، پلیمرها و هیدروژل‌های حافظه‌شکلی.

### مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معرفی آلیاژها، پلیمرها و هیدروژل‌های حافظه شکلی
۲. انواع محرک‌های مکانیکی، حرارتی و شیمیایی
۳. اثر حافظه‌شکلی و الاستیسیته کاذب
۴. قانون کلایوس-دوهم و مدلسازی چند فیزیکی
۵. رفتار مکانیکی و مدلسازی آلیاژهای حافظه شکلی
۶. رفتار مکانیکی و مدلسازی پلیمرهای حافظه شکلی
۷. رفتار مکانیکی و مدلسازی هیدروژل حافظه شکلی
۸. تغییر شکل در اثر نفوذ یون، میدان الکتریکی و مغناطیسی

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

استفاده از نرم‌افزارهایی مانند ABAQUS, COMSOL برای مدلسازی رفتار مواد حافظه‌شکلی.

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی و میان ترم ۵۰ درصد  
آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

لوازم مرسوم آموزش شامل وایت برد، پروژکتور و لپ‌تاپ.

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. Lagoudas, Dimitris C., ed. Shape memory alloys: modeling and engineering applications. Springer Science & Business Media, 2008.
2. Hu, Jinlian. Shape memory polymers: fundamentals, advances and applications, 2014.
3. Ahn, Suk-kyun, et al. Stimuli-responsive polymer gels. Soft Matter 4.6, 2008, 1151-1157.
4. Leng, Jinsong, and Shanyi Du, eds. Shape-memory polymers and multifunctional composites. CRC Press, 2010.



عنوان درس به فارسی:		ساخت افزایشی	
عنوان درس به انگلیسی:		Additive Manufacturing	
دروس پیش نیاز:		<input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری	
دروس هم نیاز:		<input type="checkbox"/> تخصصی اجباری <input type="checkbox"/> عملی	
تعداد واحد:		<input type="checkbox"/> نظری-عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	
تعداد ساعت:		رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>	
		۳	۴۸

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با روش‌های ساخت و شکل‌دهی جدید با استفاده از پرینترهای سه بعدی

### اهداف ویژه:

تولید قطعات نهایی با استفاده از روش‌های چاپ سه بعدی، طراحی در کامپیوتر، اسلایس نمودن، دقت چاپ، تنظیم پارامترهای چاپ و مواد چاپ.

### مباحث یا سرفصل‌ها:

- |  |  |
|--|--|
| ۱. اصول چاپ سه بعدی                          | ۲. روش‌های چاپ سه بعدی                 |
| ۳. مواد مورد استفاده در چاپ                  | ۴. طراحی پرینتر سه بعدی                |
| ۵. آشنایی با نرم‌افزارهای چاپ سه بعدی        | ۶. پارامترهای چاپ سه بعدی و تنظیم آنها |
| ۷. کاربردهای چاپ سه بعدی                     | ۸. چاپ چند ماده‌ای                     |
| ۹. هنر اریگامی-کریگامی در طراحی قطعات اکزتیک | ۱۰. چاپ چهار بعدی                      |

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

استفاده از نرم‌افزارهایی مانند Slic3r و Cura برای وارد نمودن قطعات و تنظیم پارامترها و سرعت چاپ. استفاده از نرم‌افزار Arduino برای کالیبره نمودن دستگاه چاپ و اضافه نمودن نازل‌های اضافی برای چاپ. در قالب جلسات تمرین آموزش ساخت پرینتر ارزان فراهم می‌شود.

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- |                             |         |
|-----------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی و میان ترم | ۵۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال         | ۵۰ درصد |

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

لوازم مرسوم آموزش شامل وایت برد، پروژکتور و لپ‌تاپ. استفاده از پرینتر سه‌بعدی برای چاپ قطعه.

### فهرست منابع پیشنهادی:

- Gibson, Ian, et al. Additive manufacturing technologies. Vol. 17. Cham, Switzerland: Springer, 2021.
- Manjaiah, M., et al., eds. Additive Manufacturing: A Tool for Industrial Revolution 4.0. Woodhead Publishing, 2021.
- Milewski, J. O. Additive Manufacturing of Metals: From Fundamental Technology to Rocket Nozzles, Medical Implants, and Custom Jewelry Springer International Publishing AG., 2017.
- Gebhardt, Andreas, and Jan-Steffen Hötter. Additive manufacturing: 3D printing for prototyping and manufacturing. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016.



عنوان درس به فارسی:		بافت و ناهمسانگردی	
عنوان درس به انگلیسی:	Texture and Anisotropy	نوع درس و واحد	
دروس پیش نیاز:	ندارد	<input type="checkbox"/> پایه	<input checked="" type="checkbox"/> نظری
دروس هم نیاز:	ندارد	<input type="checkbox"/> تخصصی اجباری	<input type="checkbox"/> عملی
تعداد واحد:	۲	<input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	<input type="checkbox"/> نظری-عملی
تعداد ساعت:	۳۲	<input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی بافت و ناهمسانگردی در مواد کریستالی و اصول تحلیل آن

### اهداف ویژه:

آشنایی به انواع آنالیزهای کیفی و کمی و اندازه گیری بافت و ناهمسانگردی در مواد کریستالی

### مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. نحوه نمایش جهات کریستالی و بافت
۲. آشنایی با روش های مختلف ارائه بافت و زوایای اویلر
۳. تقارن در شبکه های کریستالی و تاثیر آن در ارائه بافت
۴. انواع روش های اندازه گیری بافت در ابعاد میکرو و ماکرو
۵. بافت های مرسوم در فلزات و آلیاژهای فلزی
۶. پلاستیسیته کریستال ها
۷. ناهمسانگردی در مواد کریستالی

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۶۰ درصد  
آزمون پایان نیم‌سال ۴۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

لوازم مرسوم آموزش شامل وایت برد، پروژکتور و لپ‌تاپ

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. V. Randle, O. Engler, Introduction to Texture Analysis: Macrotexture, Microtexture and Orientation Mapping, CRC Press, 2009.
2. U. F. Kocks, C. N. Tome, H. R. Wenk, Texture and Anisotropy, Cambridge University Press, 1998.



عنوان درس به فارسی:		تئوری نابجایی‌ها	
عنوان درس به انگلیسی:	Dislocations Theory		
دروس پیش‌نیاز:	پایه <input type="checkbox"/>	نظری <input checked="" type="checkbox"/>	نوع درس و واحد
دروس هم‌نیاز:	تخصصی اجباری <input type="checkbox"/>	عملی <input type="checkbox"/>	
تعداد واحد:	تخصصی اختیاری <input checked="" type="checkbox"/>	نظری-عملی <input type="checkbox"/>	
تعداد ساعت:	رساله / پایان‌نامه <input type="checkbox"/>		
	۳		
	۴۸		

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با تئوری نابجایی‌ها و کاربرد آنها در تغییرشکل پلاستیک و استحکام‌دهی

### اهداف ویژه:

آشنایی با تئوری الاستیک نابجایی‌ها، هندسه نابجایی و مکانیزمهای استحکام‌دهی مواد بلوری

### مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر نابجایی‌ها، ۲. تئوری الاستیک نابجایی‌ها: میدانهای تنش و کرنش اطراف نابجایی، انرژی نابجایی، تنش لازم برای خم کردن نابجایی، نیروی وارد بر نابجایی (رابطه پیچ کوهرلر)، نیروی بین نابجایی‌ها، ۳. حرکت نابجایی‌ها: انواع حرکت نابجایی‌ها، تنش لازم برای حرکت نابجایی، لغزش نابجایی، صعود و لغزش تقاطعی، برخورد نابجایی‌ها، واکنش بین نابجایی‌ها، تکثیر نابجایی‌ها، انباشت نابجایی، ۴. کارسختی: مراحل کارسختی، تئوری‌های کارسختی مرحله I، II، III، تئوری‌های تیلور، مات و نابارو، سیگر، وابستگی تنش سیلان به دما، مرحله IV کارسختی، اشباع کارسختی، ساختار سلولی نابجایی، تئوری هاسن و آرگون، ۵. استحکام‌دهی محلول جامد: انواع محلولهای جامد و میدانهای تنش در آنها، برهم‌کنش الاستیک، برهم‌کنش مدولی، برهم‌کنش الکتریکی، برهم‌کنش شیمیایی، ابر کاترل، شواهد تجربی برهم‌کنش نابجایی‌ها و اتمهای محلول، نقطه تسلیم، پیرکرنشی، ۶. استحکام‌دهی در آلیاژهای رسوب سخت شونده: برهم‌کنش نابجایی و رسوبهای کوهرنت و غیر کوهرنت، مدل مات و نابارو، مدل اوراوان، مدل فیشر، هارت و پرای، مدل بریده شدن رسوب، ۷. استحکام‌دهی مرز دانه: انواع مرز دانه، آرایش نابجایی‌ها، نظریه هال-پیچ، نظریه کاترل، نظریه لی، استحکام‌دهی در اندازه دانه فوق ظریف و نانومتری، مکانیزمهای تغییرشکل مبتنی بر مرزدانه، رابطه هال-پیچ معکوس.

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، فیلم‌های آموزشی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم‌سال ۶۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

- Anderson, P.M., Hirth, J.P., Lothe, J. Theory of Dislocations, Cambridge University Press, New York, 2017.
- Argon, A.S. Strengthening Mechanisms in Crystal Plasticity, Oxford University Press, 2008.
- مهرداد آقایی خفری (۱۳۸۶). نظریه نابجایی و استحکام‌دهی، انتشارات امیرکبیر.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک شکست	
عنوان درس به انگلیسی:		Fracture Mechanics	
نوع درس و واحد			
نظری	پایه		
عملی	تخصصی اجباری		
نظری-عملی	تخصصی اختیاری		
رساله / پایان نامه			
		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با مباحث شکست و خستگی در مواد

### اهداف ویژه:

در این درس دانشجویان با روشهای تحلیلی محاسبه پارامترهای مؤثر در رشد ترک و همچنین روشهای تجربی بدست آوردن چقرمگی شکست آشنا می شوند و در پایان قادر خواهند بود تحلیل و طراحی قطعات و مجموعه ها را براساس مکانیک شکست انجام دهند.

### مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه ای بر مکانیک شکست: شکست نرم، ترد، خزش، خستگی، ۲. مکانیک شکست از دیدگاه میکروسکوپی، ۳. روش انرژی: معیار گریفیث، اصل انرژی، نرخ رهایی انرژی کرنشی، تنش در اجسام ترکدار، ۴. مکانیک شکست الاستیک خطی: ضریب شدت تنش، مودهای ترکیبی شکست، ۵. مکانیک شکست الاستیک-پلاستیک: ناحیه پلاستیک نوک ترک، انتگرال J، جابجایی دهانه نوک ترک، ۶. شکست خستگی: میکرومکانیزم رشد ترک خستگی، معادلات رشد ترک خستگی، اثر بسته شدن دهانه ترک، ۷. آزمونهای تجربی تعیین پارامترهای شکست: تعیین ضرایب شدت تنش در مود اول و دوم، اندازه گیری چقرمگی شکست، روشهای تعیین نرخ رشد ترک، ۸. مکانیک شکست محاسباتی، ۹. شکست نگاری: تجزیه و تحلیل سطح شکست ترد، نرم و خستگی، بررسی موردی قطعات شکسته شده و بررسی علل آن.

### راهنمای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیمسال ۶۰ درصد  
آزمون پایان نیمسال ۴۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

- Anderson, Ted, L. Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications, CRC press, 2017.
- Broek, D. Elementary Engineering Fracture Mechanics, Springer Science & Business Media, 2012.
- Broek, D. The Practical Use of Fracture Mechanics, Kluwer Academic Publishers, OH, USA, 1998.
- Perez, N. Fracture Mechanics, Springer, 2017.



عنوان درس به فارسی:		آزمایشگاه شکل دادن پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Metal Forming Lab		
دروس پیش نیاز:	<input type="checkbox"/> پایه <input type="checkbox"/> نظری		
دروس هم نیاز:	<input type="checkbox"/> تخصصی اجباری <input checked="" type="checkbox"/> عملی		
تعداد واحد:	۱	<input type="checkbox"/> نظری-عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	
تعداد ساعت:	۳۲	<input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با آزمایشهای شبیه ساز و استاندارد در شکل دادن فلزات

### اهداف ویژه:

آشنایی با آزمایشهای مورد نیاز در روشهای شکل دهی حجمی و شکل دهی ورق

### مباحث یا سرفصلها:

۱. آزمایش کشش: معادلات بنیادین و ناپایداری پلاستیک، تصحیح بریجمن
۲. آزمایش نرخ کرنش: ضریب حساسیت نرخ کرنش، پارامتر زرن هولمان، پارامتر آلفا
۳. آزمایش فشار داغ: حذف اثر اصطکاک و اثر گرمایش آدیاباتیک، معادلات بنیادین تغییر شکل داغ
۴. اندازه گیری ضریب اصطکاک: آزمایش فشار حلقه
۵. منحنی های حد شکل پذیری (FLD): استخراج منحنی های حد شکل پذیری و عوامل موثر بر آن

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال      ۸۰ درصد  
 آزمون پایان نیم سال      ۲۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

آزمایشگاه شکل دادن فلزات یا خواص مکانیکی

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. Hosford, W.F. and Caddell, R.M. Metal Forming Mechanics and Metallurgy. 4th Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 2011.
2. Banabic, D. Formability of Metallic Materials: Plastic Anisotropy, Formability Testing, Forming Limits, Springer, 2000.
3. Bhaduri, A. Mechanical Properties and Working of Metals and Alloys. Springer, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018.



عنوان درس به فارسی:		رفتار مکانیکی مواد	
عنوان درس به انگلیسی:	Mechanical Behavior of Materials		
دروس پیش نیاز:	<input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری		
دروس هم نیاز:	<input type="checkbox"/> تخصصی اجباری <input type="checkbox"/> عملی		
تعداد واحد:	۳	<input type="checkbox"/> نظری-عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	
تعداد ساعت:	۴۸	<input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با رفتار مکانیکی مواد

### اهداف ویژه:

آشنایی با رفتار مکانیکی مواد مشتمل بر تغییر شکل پلاستیک، استحکامدهی، شکست، خستگی و خزش در فلزات، سرامیکها و پلیمرها

### مباحث یا سرفصلها:

۱. مروری بر مواد مهندسی و آزمونهای مکانیکی مواد، ۲. الاستیسیته و پلاستیسیته، ۳. نرخ کرنش و وابستگی آن به دما و جریان تنش، ۴. تئوریهای لغزش کریستالی، ۵. هندسه نابجاییها و انرژی آن، ۶. مکانیزمهای سخت شوندگی، ۷. شکل پذیری و شکست، ۸. مکانیزمهای شکست و رشد ترک، ۹. ویسکوالاستیسیته، ۱۰. خزش و ازهم گسیختگی، ۱۱. خستگی، ۱۲. تنشهای پس ماند، ۱۳. رفتار مکانیکی سرامیکها، ۱۴. رفتار مکانیکی پلیمرها.

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیمسال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیمسال ۶۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. Hosford, W.F. Mechanical Behavior of Materials, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2010.
2. Bhaduri, A. Mechanical Properties and Working of Metals and Alloys. Springer, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018.
3. Dowling, N.E., Kampe, S., Kral, M.V. Mechanical Behavior of Materials, 5th Edition, Pearson Educational Limited, 2020.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک نانو ساختارها	
عنوان درس به انگلیسی:		Mechanics of Nano Structures	
دروس پیش نیاز:		<input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری	
دروس هم نیاز:		<input type="checkbox"/> تخصصی اجباری <input type="checkbox"/> عملی	
تعداد واحد:		<input type="checkbox"/> نظری-عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	
تعداد ساعت:		رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>	
		۳	۴۸

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با مکانیک ساختارهای نانومتری

### اهداف ویژه:

آموزش جامع و فراگیر دانشجویان در زمینه‌های بررسی و مدلسازی خواص مکانیکی مواد در ابعاد نانو و نانوکامپوزیت و کاربردهای نانومکانیک

### مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر نانوساختارها، روشهای ساخت مواد نانوساختار، ۲. اصول و مقدمات خواص مکانیکی مواد، ۳. روشهای اندازه‌گیری خواص مکانیکی نانوساختارها، ۴. اثر اندازه ذرات بر خواص مکانیکی مواد، ۵. رشد و جوانه‌زنی نانوکریستال‌ها و خواص مکانیکی حاکم بر آن، ۶. بررسی معادلات خواص و رفتار مکانیکی حاکم بر نانو مواد، ۷. بررسی خواص دینامیکی-مکانیکی نانو مواد و نانو کامپوزیتها، ۸. بررسی مکانیزمهای تغییرشکل، بررسی مکانیزم شروع و رشد ترک در نانو ساختارها، ۹. مدلسازی چند مقیاسی، ۱۰. مدلسازی نانوساختارها و کامپوزیتها و وابسته به آن، ۱۱. بررسی نانو مکانیک و مکانیک نانو ساختارها در کاربردهای پیشرفته، ۱۲. نانو تریبولوژی، ۱۳. سیستمهای نانو الکترومکانیک (NEMS)، ۱۴. بیومکانیک در مقیاس نانو.

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۴۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۶۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. Harik, V. Trends in Nanoscale Mechanics, Springer, 2014.
2. Mitin, V.V., Dmitry, I.S., Nizami, Z.V. Quantum Mechanics for Nanostructures, Cambridge University Press, 2010.
3. Anderson, P. Nanomechanics of Materials and Structures, Springer, 2006.
4. Bhushan, B. Nanotribology and Nanomechanics I: Measurement Techniques and Nanomechanics, Springer, 2011.
5. Kamel, A., Mohamed, A., Prasad, R. Magnetics Nanostructures, Springer, 2019.



عنوان درس به فارسی:		خزش	
عنوان درس به انگلیسی:		Creep	
نوع درس و واحد			
پایه <input type="checkbox"/>	نظری <input checked="" type="checkbox"/>		
تخصصی اجباری <input type="checkbox"/>	عملی <input type="checkbox"/>		
تخصصی اختیاری <input checked="" type="checkbox"/>	نظری-عملی <input type="checkbox"/>		
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		۲	تعداد واحد:
		۳۲	تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### هدف کلی:

آشنایی با پدیده خزش در مواد

### اهداف ویژه:

آشنایی با قوانین، معادلات، تئوری‌ها و مکانیزمهای حاکم بر پدیده خزش در مواد

### مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. فراگیری تئوری‌های خزشی: خزش ویسکوز، خزش توانی، خزش نفوذی، خزش هاپر-دورن
۲. مکانیزمهای غالب خزشی و مکانیزمهای کنترلی
۳. شکست ناشی از خزش
۴. محاسبات پارامترهای خزشی: سرعت خزش، توان تنش معادلات خزش، انرژی اکتیواسیون خزش
۵. خزش بین فلزات صنعتی: آلومیناید نیکل، آلومیناید تیتانیوم
۶. خزش فلزات: سوپرآلیاژها، فولادها، فلزات رنگی نظیر آلومینیوم و تیتانیوم
۷. آزمایشات خزش: آزمایش کششی، آزمایش فشار، آزمایش خمش، آزمایش فرورونده

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم‌سال ۶۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. Kassner, M.E., Perez-Prado, M.T. Fundamental of Creeps in Metals and Alloys, 3rd Edition, Elsevier, 2015.
2. Betten, J. Creep Mechanics, 3rd Edition, Springer, 2008.
3. Rusinko, A., Rusinko, K. Plasticity and Creeps of Metals, Springer, 2011.
4. Evans, H.E. Mechanisems of Creep Fracture, Elsevier, 1984.



مشخصه یابی پیشرفته مواد		عنوان درس به فارسی:
نوع درس و واحد	Advanced Characterization of Materials	عنوان درس به انگلیسی:
<input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری		دروس پیش نیاز:
<input type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> تخصصی اجباری		دروس هم نیاز:
<input type="checkbox"/> نظری-عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اختیاری		تعداد واحد:
<input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه		تعداد ساعت:
	۲	
	۳۲	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

#### اهداف کلی:

مشخصه یابی و شناسایی ساختار مواد و جلوه های مختلف آن

#### اهداف ویژه:

تعیین اندازه و مورفولوژی فازها ، بررسی نقایص بلوری و فازها، تعیین چیدمان های اتمی بلوری و غیربلوری فازها و تجزیه شیمیایی آنها

#### مباحث یا سرفصل ها:

۱. اصول میکروسکوپیهای الکترونی: انواع تفنگ های الکترونی، سامانه های تامین خلاء عدسی های مغناطیسی و الکترواستاتیک، اندرکنش پرتو الکترونی با مواد و سیگنال ها، ردیابی سیگنال ها، ۲. مبانی پرتو ایکس: پدیده پراش پرتو ایکس، تعیین ساختمان بلوری مواد از الگوی پراش، اندازه گیری های کیفی و کمی الگوهای پراش پرتو ایکس، تحلیل شرر، ویلیامسون-هال، رایتولد، اندازه گیری تنش های باقیمانده و بررسی بافت بلوری ، ۳. مبانی میکروسکوپ الکترونی روبشی، ۴. مبانی میکروسکوپ الکترونی عبوری: الگوهای پراش الکترونی نقطه ای، حلقه ای، کیکوچی، آماده سازی نمونه فویل نازک، نظریه های سینماتیکی و دینامیکی پراش و تبیین جلوه های تصویری بر مبنای آنها، کنتراست های نقایص بلوری، بررسی ارتباط بلوری فازها، کنتراست شبکه ای، ۵. تعیین ترکیب شیمیایی با طیف سنجی الکترون های انرژی از دست داده، ۶. تجزیه شیمیایی مواد با استفاده از پرتو ایکس: تجزیه شیمیایی کیفی و کمی و موارد مصنوعی طیف ها.

#### راهنماهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی، بازدید

#### راهنماهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم سال ۶۰ درصد

#### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

#### فهرست منابع پیشنهادی:

- Goldstein, J.I., Newbury, D.E., Michael, J.R., Ritchie, N.W.M., Scott, J.H.J., Joy, D.C. Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis, 4th Edition, Springer, 2018.
- Williams, D.B., Carter, C.B. Transmission Electron Microscopy, 2nd Edition, Springer, 2009.
- Brandon, D., Kaplan, W.D. Microstructural Characterization of Materials, 2nd Edition, Wiley, 2008.
- Cullity, B.D., Stock, S.R. Elements of X-Ray Diffraction 3rd Edition, Prentice-Hall, 2001.



عنوان درس به فارسی: طراحی قالب به کمک رایانه		عنوان درس به انگلیسی: Computer assisted mold design
نوع درس و واحد		
<input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری		
<input type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> تخصصی اجباری		
<input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه	<input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	
		تعداد واحد: ۲
		تعداد ساعت: ۳۲

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### اهداف کلی:

فراگیری نحوه طراحی قالب به کمک رایانه

### مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با مدل های ریاضی ساخت یک مدل در رایانه (CAD)
۲. آشنایی با روش های کنترل ماشین ابزار (CAM)
۳. آشنایی با روش های محاسباتی مورد استفاده در طراحی قالب
۴. آشنایی با روش های ساخت سریع و یا 3D printing
۵. آشنایی با اجزاء قالب ها
۶. آشنایی با انواع قالب ها و روش های ساخت آنها

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، نرم افزارهای طراحی قالب، بازدید، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم‌سال ۶۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. Machover, C. The Cad/Cam Handbook, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1996.
2. Medland, A.J. CAD/CAM in Practice, Springer, 2012.
3. Gunasekera, J.S. CAD/CAM of Dies, John Wiley & Sons Inc., 1989.
4. Blazinsky, T.Z. Design of Tools for Deformation Processes, Elsevier Applied Science Publisher, 1986.



عنوان درس به فارسی:		شکل دادن سوپر پلاستیک	
عنوان درس به انگلیسی:		Superplastic Forming	
دروس پیش نیاز:	-	پایه <input type="checkbox"/>	نظری <input checked="" type="checkbox"/>
دروس هم نیاز:	-	تخصصی اجباری <input type="checkbox"/>	عملی <input type="checkbox"/>
تعداد واحد:	۲	تخصصی اختیاری <input checked="" type="checkbox"/>	نظری-عملی <input type="checkbox"/>
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

#### اهداف کلی:

آشنایی با قابلیت سوپرپلاستیسیته، اصول و مکانیزم‌های حاکم بر تغییرشکل سوپرپلاستیک، روش‌های تولید مواد دارای قابلیت سوپرپلاستیک و مکانیزم‌های پایه‌ای مورد استفاده در تولید این مواد، بررسی مکانیزم‌های تغییرشکل در دمای بالا، و خواص و کاربردهای مواد دارای قابلیت سوپرپلاستیک و تغییرشکل سوپرپلاستیک.

#### مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. ضریب حساسیت به نرخ کرنش و ناپایداری پلاستیک
۲. مکانیزم‌های تغییرشکل در دمای بالا و خزش و معادلات رفتاری
۳. قابلیت سوپرپلاستیک در نرخ کرنش بالا و دمای پایین
۴. فرآوری مواد با قابلیت سوپرپلاستیک
۵. تغییرشکل سوپرپلاستیک، روش‌ها و کاربردهای آن

#### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

#### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم‌سال ۶۰ درصد

#### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

#### فهرست منابع پیشنهادی:

1. G. Giuliano, Superplastic forming of advanced metallic materials, Woodhead Publishing, 2011.
2. O.A. Kaibyshev, Superplasticity of Alloys, Intermetallides and Ceramics, Springer-Verlag, 1992.



عنوان درس به فارسی:		شکل دادن سریع	
عنوان درس به انگلیسی:		High-speed Forming	
نوع درس و واحد			
پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>			
تخصصی اجباری <input type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/>			
تخصصی اختیاری <input checked="" type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>		۲	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		۳۲	تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

### اهداف کلی:

آشنایی با اصول روش های شکل دادن سریع

### مباحث یا سرفصل ها:

۱. معرفی محدوده نرخ کرنش در شکل دادن سریع
۲. معرفی انواع شکل دادن های سریع و مقایسه آنها با روش متعارف شکل دادن فلزات
۳. توانایی وسایل اقتصادی شکل دادن سریع
۴. اصول تنش و کرنش الاستیک و پلاستیک و چگونگی اندازه گیری آنها در شکل دادن سریع
۵. اصول شکل دادن انفجاری
۶. شکل دادن انفجاری ورق و لوله
۷. آشنایی با مواد منفجره- مکانیزم انفجار و موج شوک
۸. انرژی و ضربه، توزیع فشار و ابزار لازم در شکل دادن انفجاری
۹. شکل دادن سریع به روش الکتروهیدرولیک و الکترومغناطیس
۱۰. ابزار لازم در شکل دادن الکتروهیدرولیک و الکترومغناطیس
۱۱. شکل دادن پودر به روش انفجاری
۱۲. تاثیر نرخ کرنش در رفتار ماده
۱۳. میزان تغییر شکل در روش های شکل دادن سریع

### راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

جلسات کلاسی، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

### راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم سال ۶۰ درصد

### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس درسی مجهز به ویدئو پروژکتور

### فهرست منابع پیشنهادی:

1. M. Koç, T. Özel, Modern Manufacturing Processes, Wiley, 2019.
2. T.Z. Blazynski, Explosive Welding, Forming and Compaction, Springer, 2012.



عنوان درس به فارسی: شبیه سازی چندمقیاسی در مهندسی مواد		عنوان درس به انگلیسی: Multi-Scale Modeling in Materials Science
نوع درس و واحد		
<input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری	<input type="checkbox"/> تخصصی اجباری <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی اختیاری	دروس پیش نیاز: دروس هم نیاز: تعداد واحد: تعداد ساعت:
<input type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> نظری-عملی رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		۳ ۴۸

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی  آزمایشگاه  سمینار  کارگاه  موارد دیگر: .....

#### اهداف کلی:

آشنایی با روابط اساسی و پایه‌ای حاکم بر مواد مورد استفاده جهت شبیه‌سازی در مقیاسهای ماکروسکوپی، مزوسکوپی، میکروسکوپی و اتمی به همراه آشنایی با روشهای شبیه‌سازی در مقیاس‌های ذکر شده

#### اهداف ویژه:

۱. آشنایی با روابط اساسی و پایه حاکم بر مواد مورد استفاده جهت شبیه‌سازی
۲. آشنایی با نرم‌افزارهای موجود جهت شبیه‌سازی رفتار مواد

#### مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. روشهای شبیه‌سازی در علم مواد
۲. معادلات دیفرانسیل و روشهای حل آنها
۳. روابط اساسی حاکم بر مواد بر مبنای اصول شناخته‌شده همانند استفاده از اصول بقاء
۴. روشهای شبیه‌سازی ماکروسکوپی همانند المان محدود، تفاوت محدود و کریستال پلاستیسیته
۵. روش‌های شبیه‌سازی مزوسکوپی مانند Monte carlo, Cellular automata و Phase field
۶. روش‌های شبیه‌سازی میکروسکوپی مانند Discrete dislocation و Molecular dynamics

#### راهنمای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف :

ترکیبی از روش تدریس کلاسیک به همراه انجام پروژه‌های درسی با استفاده از نرم‌افزارهای تجاری

#### راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۴۰ درصد  
آزمون پایان نیم‌سال ۶۰ درصد

#### ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور و وایت بورد، کامپیوتر و نرم‌افزارهای تجاری

#### فهرست منابع پیشنهادی:

1. L. E. Malvern, Introduction to the mechanics of a continuous medium, Prentice-Hall, 1967
2. D. Raabe, Computational materials science: the simulation of materials, microstructures and properties, Wiley-VCH, 1998.
3. F. L. Stasa, Applied Finite Element Analysis for Engineers, Holt, Rinehart, and Winston, 1985.

