



خواص فیزیکی مواد

قابل استفاده به عنوان مرجع در درس خواص فیزیکی و استحاله فازها
منطبق بر سرفصل‌های دروس علوم تحقیقات و فناوری

شامل :

- شرح کامل درس، مفاهیم و نکات کلیدی
- استفاده از روابط منحصر به فرد و راه‌های جهت بالا بردن سرعت عمل در تست زنی
- سؤال‌های تألیفی، سوالات آزمون کارشناسی ارشد و دکتری، راد همراه با حل واقعی تشریحی
- سؤال‌های آزمون دکتری همراه با حل تشریحی

دکتر مالک نادری

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

معصومه حقی

مرکز نشر جهش

سرشناسه	: نادری، مالک، ۱۳۵۲-
عنوان و نام پدیدآور	: خواص فیزیکی مواد/ مولفین مالک نادری، معصومه حقی.
وضعیت ویراست	: ویراست ۴
مشخصات نشر	: تهران: مرکز نشر جهش: آویدنگار، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۵۲۸ ص.: مصور.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۱۷۸-۳۷۶-۳
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: چاپ چهارم
موضوع	: فیزیک حالت جامد.
موضوع	: فیزیک حالت جامد -- مسائل، تمرین ها و غیره (عالی).
شناسه افزوده	: حقی، معصومه، ۱۳۵۴-
رده بندی کنگره	: QC۱۷۶/ن۲ (۱۱) خ ۲
رده بندی دیویی	: ۵۲۰/۴۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۰۹۰۳۸



ناشر: مرکز نشر جهش

مدیر مسئول: مهندس کاظم آرمان پور

عنوان: خواص فیزیکی مواد

مؤلفین: مالک نادری و معصومه حقی

ناشر همکار: آویدنگار

مدیر تولید: لیلا حیدری

ناظر چاپ و توزیع: سعید آرمان پور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ویراست: چهارم

(چاپ اول ۱۳۹۲)

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۷۸-۳۷۶-۳

قیمت: ۲۲۰۰۰۰ ریال

مرکز پخش و توزیع:

تلفن: ۰۲۱-۶۶۵۷۲۱۰۰-۶۶۹۳۰۶۳۱-۶۶۹۱۹۰۷۳

www.jahesh.ac.ir

کلیه حقوق این اثر متعلق به مرکز نشر جهش می باشد.

هرگونه چاپ و تکثیر کل یا قسمتی از محتویات اثر به هر صورت اعم از فتوکپی، برداشت به صورت دست نویس و غیره بدون اجازه کتبی مرکز نشر جهش ممنوع است و متخلفان به موجب قانون حمایت از ناشران تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

یا خدا آرام بخش قلب هست

یکی از راه‌های کمال و تقرب به ذات اقدس الهی، علم و دانش است. علمی که به تعبیر استاد شهید مطهری - زیبایی عقل است علمی که انسان خداجو در آن نشانه‌های معبود را می‌جوید و می‌یابد و علمی که هرچه فزون‌تر می‌گردد، داندن را خدا نزدیکتر می‌کند.

مرکز نشر جهش در راستای توسعه عدالت آموزش و گسترش دسترسی همه داوطلبان به منابع و سؤال‌های دروس امتحانی در چند سال گذشته اقدامات و تلاش‌هایی را به عمل آورده که مورد استقبال و توجه صاحب‌نظران و داوطلبان ذربط قرار گرفته است. از جمله این اقدامات می‌توان به انتشار کتاب‌های طبقه‌بندی شده که همراه با تشریح کامل دروس و ارائه نکات کلیدی و حل مسائل تشریحی سؤال‌ها اشاره نمود.

کتاب مزبور مبتنی بر تجربیات چندین ساله در دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و به‌خصوص فعالیت‌های مستمر تدریس، تألیف و تحقیق در مؤسسه جهش می‌باشد. لذا با عنایت بر اینکه این مجموعه قبل از چاپ در کلاس‌های دانشگاه و مؤسسه آموزش عالی جهش تدریس شده و با در نظر گرفتن نقاط قوت و ضعف داوطلبان تهیه شده است امید است راهنما و راه‌گشای داوطلبان در کلاس درس دانشگاه و آموزش کارشناسی ارشد قرار گیرد.

از دانشجویان و داوطلبان گرامی، اساتید محترم دانشگاه‌ها و دبیران ارجمند انتظار داریم نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود را با این مرکز نشر در میان گذارند تا اقدام لازم را جهت اصلاحات مورد نظر آنها به عمل آید.

میرمیر مول مرکز نشر جهش

به نام خدا

واژه متالورژی فیزیکی، در سال‌های اخیر با تغییر نام به خواص فیزیکی مواد، سرفصل‌ها و زیرشاخه‌های کمتری را شامل شده است. با وجود این، بخش‌هایی که تحت این عنوان در مراکز آموزش عالی مختلف ارائه می‌شوند، از یک وحدت رویه تبعیت نمی‌کنند و این موضوع خود مشکلات عدیده‌ای را در برگزاری آزمون‌های مشترک، به ویژه آزمون کارشناسی ارشد، پدید آورده است.

بر این اساس، تلاش شده است تا مجموعه کاملی از مفاهیم، مثال‌های حل شده، آزمون‌های تستی و مسائل تکمیلی گرد هم آورده شود. این کتاب می‌تواند نیاز دانشجویان را در دوره تحصیلی و گذراندن واحدهای درسی مربوط و همچنین آمادگی لازم برای شرکت در آزمون‌های کارشناسی ارشد و دکتری فراهم آورد.

تنوع مطالب، سؤالات تکمیلی، سسرها، ارائه روش‌های بسیار ساده و قابل فهم در حل مسائل و تست‌ها و همچنین آزمون‌های متعدد تستی، این کتاب را از دیگر کتاب‌های مشابه متمایز ساخته است.

در چاپ جدید کتاب، مجموعه سؤالات مربوط به درس خواص فیزیکی مواد در آزمون‌های کارشناسی ارشد از سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ و سؤالات دکتری، از آنجا که پاسخ داده شده است. همچنین برای غنی‌تر شدن کتاب، فصل‌های جدیدی با عنوان عملیات حرارتی و استتال‌های فاز-بیز به سبکی مشابه فصول قبل اضافه شده است. در این چاپ، مثال‌های حل شده و تست‌های کنکور سال ۱۳۸۶ با حل تشریحی به داخل متن درس منتقل شده‌اند تا خواننده درک مؤثرتری از مفاهیم بیان شده داشته باشد.

نویسندگان، مطالعه و استفاده از این کتاب را به دانشجویان همه‌جانبه‌وار و همه‌گرایش‌ها و سایر رشته‌های دانشگاهی که درس خواص فیزیکی مواد و یا علم مواد را می‌گذرانند، توصیه می‌کنند. امید است کتاب حاضر بتواند مرجع مناسبی جهت پاسخگویی و رفع نیازهای علمی دانشجویان باشد.

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای آرمان‌پور مدیریت محترم مرکز نشر جهش، به واسطه جدیت، علاقمندی و مساعدت در چاپ این اثر کمال تشکر را به عمل آورند.

همچنین، از آقای مهندس محمد نادری، سرکار خانم مهندس نفیسه حسن‌زاده و جناب آقای مهندس جلالیان برای کمک به غنی‌سازی و روان‌سازی مطالب جدید کمال تشکر به عمل می‌آید.

بیان ایرادات و ارائه راه حل برای بهبود این اثر از جانب دانشجویان و اساتید نهایت لطف و بزرگواری خواهد بود.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان	صفحه	عنوان
۱۳۰	۶-۲- مسیرهای نفوذ.....	فصل اول: ساختار بلوری جامدات	
۱۳۲	۷-۲- آزمایش اسمیت.....	۱-۱- مقدمه.....	۹
۱۳۴	۸-۲- پدیده کرکندال.....	۱-۱-۱- پیوند واندروالس.....	۹
۱۳۷	۹-۲- روابط دارکن.....	۱-۱-۲- پیوند فلزی.....	۹
۱۳۷	۱۰-۲- رابطه‌ی اول دارکن.....	۱-۱-۳- پیوند یونی.....	۱۰
۱۳۸	۱۱-۲- رابطه‌ی دوم دارکن.....	۱-۱-۴- پیوند کووالانسی.....	۱۰
۱۳۸	۱۲-۲- آنالیز بولتزمن - ماتانو.....	۱-۲-۱- سیستم‌های بلوری.....	۱۱
۱۳۹	۱۳-۲- همگن سازی و تعیین زمان یکنواخت شدن.....	۱-۲-۲- شبکه‌های بلور.....	۱۴
۱۴۲	مسایل تکمیلی.....	۱-۲-۳- شبکه‌ی بلوری مکعبی ساده (SC).....	۱۴
۱۴۷	سؤالات طبقه‌بندی شده فصل دوم.....	۱-۲-۴- شبکه‌ی بلوری مکعبی مرکز پر (BCC).....	۱۷
۱۵۲	پاسخنامه سؤالات طبقه‌بندی شده فصل دوم.....	۱-۲-۵- شبکه‌های بلوری مرکز سطوح پر (FCC).....	۲۰
۱۵۸	خودآزمایی.....	۱-۲-۶- شبکه‌های بلوری هم‌بوار (HCP).....	۲۳
	فصل سوم: نمودارهای تعادلی	۱-۲-۷- درصد تغییرات حجم در حین بر ساختار کریستالی.....	۲۹
۱۶۱	۱-۳- مقدمه.....	۱-۳-۱- جهت‌ها و صفحات بلور.....	۳۴
۱۶۱	۲-۳- قانون فاز.....	۱-۳-۲- تعیین فاصله‌ی بین صفحات موازی و رابطه‌ی بین صفحات.....	۳۴
۱۶۳	۳-۳- نمودارهای یکنایی.....	۱-۳-۳- مقاطع.....	۳۹
۱۶۴	۴-۳- محلول جامد.....	۱-۳-۴- تعیین دانسیته‌ی خطی و دانسیته‌ی حجم.....	۴۰
۱۶۴	۱-۳-۳- عواملی که در حد حلالیت محلول‌های جامد جانشینی تأثیر گذارند.....	۱-۳-۵- پراش اشعه X و تعیین ساختار بلوری.....	۴۰
۱۶۶	۵-۳- انرژی آزاد محلول‌های جامد.....	۱-۳-۶- تعیین اندازه دانه.....	۴۳
۱۶۹	۶-۳- فازهای میانی.....	۱-۳-۷- تصویر استریوگرافیک بلورها.....	۵۰
۱۷۱	۷-۳- محلول‌های منظم.....	۱-۳-۸- رابطه‌ی بین عدد همسایگی و نسبت شعاع یون کوچک به شعاع یون بزرگ‌تر در بلورهای یونی.....	۶۱
۱۷۲	۸-۳- نمودارهای تعادلی دو تایی.....	۱-۳-۹- انواع فضاها و خالی بین اتم‌های شبکه‌های کریستالی BCC و FCC.....	۶۲
۱۷۳	۹-۳- سیستم‌های ایزومرف یا نمودار تعادلی با قابلیت انحلال کامل.....	۱-۳-۱۰- ساختمان کریستالی BCC.....	۶۲
۱۷۶	۱۰-۳- قانون خنک‌شدگی.....	۱-۳-۱۱- ساختمان کریستالی FCC.....	۶۵
۱۷۷	۱۱-۳- قانون ایزومرفیسم.....	۱-۳-۱۲- ساختمان کریستالی تعدادی از مواد.....	۶۸
۱۷۹	۱۲-۳- قانون فاز.....	۱-۳-۱۳- ساختمان کریستالی NaCl.....	۶۸
۱۸۰	۱۳-۳- قابلیت انحلال جامد.....	۱-۳-۱۴- ساختمان کریستالی CsCl.....	۶۸
۱۸۰	۱۴-۳- قابلیت انحلال محلول در حالت مایع (تحول مونوتکتیک).....	۱-۳-۱۵- ساختمان کریستالی العاس.....	۶۹
۱۸۰	۱۵-۳- نمودار فاز.....	۱-۳-۱۶- ساختمان کریستالی ZnS.....	۶۹
۱۸۲	۱۶-۳- فصله‌ی لایه‌های هم فاز در آلیاژ یوتکتیکی.....	۱۷-۳- مسایل تکمیلی.....	۷۱
۱۹۲	۱۷-۳- عوامل مؤثر در استحکام آلیاژهای یوتکتیکی.....	۱۷-۳- سؤالات طبقه‌بندی شده فصل اول.....	۷۶
۱۹۳	۱۸-۳- نمودار فاز.....	۱۷-۳- پاسخنامه سؤالات طبقه‌بندی شده فصل اول.....	۸۵
۱۹۳	۱۹-۳- ویژگی‌های آلیاژهای دارای استحاله‌ی پری‌تکتیکی.....	خودآزمایی.....	۹۹
۱۹۶	۲۰-۳- واکنش‌های ثابت.....	فصل دوم: نفوذ	
۱۹۹	۲۱-۳- منحنی‌های ترکیب - انرژی آزاد برای سیستم‌های دوتایی.....	۱-۲- مقدمه.....	۱۰۷
۲۰۹	۲۲-۳- دگرگونی ریزساختاری در حین سرد کردن.....	۱-۲-۱- انواع نفوذ در مواد غیرخالص.....	۱۰۷
۲۱۳	۲۳-۳- سرد کردن تعادلی آرام.....	۱-۲-۲- ضریب نفوذ.....	۱۰۷
۲۱۴	۲۴-۳- سرد کردن غیر تعادلی.....	۱-۲-۳- مکانیزم‌های نفوذ.....	۱۰۸
۲۱۷	۲۵-۳- آلوتروپی.....	۱-۲-۴- نفوذ حالت پایدار.....	۱۱۱
۲۱۷	۲۶-۳- استحاله‌ی مغناطیسی.....	۱-۲-۵- نفوذ حالت ناپایدار.....	۱۱۶
۲۱۸	۲۷-۳- بهسازی یوتکتیک.....	۱-۲-۶- حل قانون دوم فیک به روش گرابه.....	۱۱۷
		۱-۲-۷- فیلم نازک.....	۱۲۴
		۱-۲-۸- عوامل مؤثر بر ضریب نفوذ.....	۱۲۵

۳۴۳	۱-۶- مقدمه
۳۴۶	۲-۶- نمودار تعادلی آهن-کربن
۳۴۷	۳-۶- سمانتیت و گرافیت
۳۴۸	۴-۶- تأثیر تغییرات فشار روی دیاکرام آهن-کربن
۳۴۸	۵-۶- تأثیر تغییرات دما روی نمودار آهن-کربن
۳۴۹	۶-۶- توزیع و اثرات عناصر آلیاژی در فولادها
۳۵۱	۷-۶- آهنگ رشد پرلیت و ساختار آن
۳۵۲	۸-۶- مکانیزم تشکیل پرلیت
۳۵۴	۹-۶- فرایند تشکیل فریت ویدمن اشتاتن
۳۵۶	۱۰-۶- ساختارهای غیر تعادلی
۳۵۶	۱۱-۱۰-۶- مارتنزیت
۳۶۰	۲-۱۰-۶- بینیت و دگرگونی بینیتی
۳۶۱	۱۱-۶- نمودارهای زمان-درجه حرارت-استحاله
۳۶۳	۱۲-۶- نمودارهای CCT
۳۶۴	۱۳-۶- نمودارهای TTT برای فولادهای ساده کربنی غیر یوتکتوئیدی
۳۶۶	۱۴-۶- نمودارهای TTT برای فولادهای آلیاژی
۳۶۹	۱۵-۶- عملیات حرارتی جهت تشکیل ساختارهای تعادلی
۳۶۹	۱-۱۵-۶- همگن کردن
۳۷۰	۲-۱۵-۶- آنیل کامل
۳۷۰	۳-۱۵-۶- آنیل همدم
۳۷۳	۴-۱۵-۶- نرماله کردن
۳۷۳	۵-۱۵-۶- کرووی کردن
۳۷۷	۱۶-۶- بازیابی، تبلور مجدد و رشد دانه
۳۷۸	۱۰-۱۶-۶- آزاد شدن انرژی ذخیره شده
۳۷۹	۲-۱۶-۶- بازیابی
۳۸۱	۱۰-۱۶-۶- تبلور مجدد
۳۸۴	۴-۱۶-۶- رشد دانه
۳۸۹	۱۶-۶- تبلور مجدد ثانویه
۳۸۹	۱۷-۶- سختی مارتنزیت
۳۹۰	۱۸-۶- استحکام مارتنزیت
۳۹۰	۱۹-۶- سختی پذیری
۳۹۱	۱-۱۹-۶- عوامل مؤثر بر سختی پذیری
۳۹۲	۲-۱۹-۶- سرعت و شدت سرد شدن
۳۹۳	۳-۱۹-۶- کمیت سختی پذیری
۳۹۳	۴-۱۹-۶- تعیین سختی پذیری (روش Jominy)
۳۹۴	۵-۱۹-۶- اثر اندازه دانه آستنیت
۴۰۰	۲۰-۶- تمپر کردن
۴۰۰	۱-۲۰-۶- دلایل ناپایداری مارتنزیت
۴۰۱	۲-۲۰-۶- نقش آستنیت باقیمانده
۴۰۱	۳-۲۰-۶- مراحل تمپر
۴۰۲	۴-۲۰-۶- بازگشت دو مرحله‌ای
۴۰۳	۵-۲۰-۶- پدیده تردی
۴۰۵	۲۱-۶- تغییرات ابعاد در اثر تغییر فازها
۴۰۷	۲۲-۶- تنش زدایی
۴۰۷	۲۳-۶- روش‌های سرد کردن کنترل شده
۴۰۸	۲۳-۶- کوئنچ کردن مستقیم
۴۰۸	۲-۲۳-۶- مارتمبرینگ
۴۰۹	۳-۲۳-۶- آستمپرینگ

۲۱۹	۲۳-۶- استحاله ناگهانی آلیاژها
۲۲۰	۲۳-۶- چند نکته در رسم نمودارها
۲۲۰	۲۵-۶- تعیین تجربی نمودارهای تعادلی
۲۲۱	۲۶-۶- تعیین منحنی مایع و منحنی جامد
۲۲۲	۲۷-۶- تعیین خط انحلال
۲۲۳	۲۸-۶- روش‌های کمکی
۲۲۳	مسائل تکمیلی
۲۲۵	سؤالات طبقه‌بندی شده فصل سوم
۲۴۰	پاسخنامه سؤالات طبقه‌بندی شده فصل سوم
۲۴۸	خودآزمایی

فصل چهارم: نمودار تعادلی آهن-کربن

۲۵۳	۱-۴- مقدمه
۲۵۴	۲-۴- فازهای موجود در سیستم Fe-C
۲۵۷	۳-۴- واکنش‌های ثابت
۲۵۷	۴-۴- دماهای بحرانی
۲۶۰	۵-۴- ریز ساختار فولادها در سرد کردن مادی
۲۶۰	۱-۵-۴- فولاد یوتکتوئید
۲۶۰	۲-۵-۴- فولادهای هیپویوتکتوئید
۲۶۰	۳-۵-۴- فولادهای هیپریوتکتوئید
۲۶۰	۶-۴- اثر عناصر آلیاژی بر نمودار Fe-C
۲۶۰	۱-۶-۴- پایدار سازهای فریت
۲۶۹	۲-۶-۴- پایدار سازهای آستنیت
۲۶۹	۳-۶-۴- تأثیر عناصر آلیاژی روی دما و ترکیب یوتکتوئید
۲۷۰	۷-۴- روابط فاز Fe-C-X
۲۷۲	۸-۴- شناسایی فازها با استفاده از نمودارهای T-T
۲۷۶	۹-۴- انواع چدن
۲۷۶	۱-۹-۴- چدن سفید
۲۷۷	۲-۹-۴- چدن گرافیتی
۲۸۲	مسائل تکمیلی
۲۸۴	سؤالات طبقه‌بندی شده فصل چهارم
۲۸۶	پاسخنامه سؤالات طبقه‌بندی شده فصل چهارم
۲۹۰	خودآزمایی

فصل پنجم: نمودارهای سه‌تایی

۲۹۳	۱-۵- مقدمه
۲۹۴	۲-۵- تشخیص موقعیت ترکیب روی نمودار
۲۹۶	۳-۵- خط الکامید
۲۹۶	۴-۵- مثلث ترکیبی
۳۰۱	۵-۵- سطح مقطع همدم
۳۰۷	۶-۵- تحول‌ها در سیستم سه جزئی
۳۰۸	۷-۵- محلول جامد سه جزئی
۳۰۹	۸-۵- بررسی مسیر سرمایش
۳۲۹	مسائل تکمیلی
۳۳۳	سؤالات طبقه‌بندی شده فصل پنجم
۳۳۷	پاسخنامه سؤالات طبقه‌بندی شده فصل پنجم
۳۳۹	خودآزمایی

فصل ششم: عملیات حرارتی

