



مکانیک محیط‌های پیوسته برای مهندسان

ویراست سوم

ج. توماس میس (سان لوییس اوپریس، کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا)

تألیف: رونالد ای. اسملسر (شارلوت، کارولینای شمالی، ایالات متحده آمریکا)

جرج ای. میس (ایست لنسینگ، میشیگان، ایالات متحده آمریکا)

مهندس ولی اله باقریان

ترجمه: مهندس یونس سروری میرعزیزی

مهندس اسماعیل بهشتی



مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان

واحد صنعتی اصفهان

سرشناسه

میس، جورج تامس

Mase, George Thomas

عنوان و نام پدیدآور

مکانیک محیط‌های پیوسته برای مهندسان / تالیف ج. تامس میس، جرج ای میس؛ تالیف [صحیح]:
ویراستار رونالد ای اسملسر؛ ترجمه ولی‌اله باقریان، یونس سروری میرعزیزی، اسماعیل بهشتی؛
ارزیاب علمی دکتر رضا تیکنی.

مشخصات نشر

اصفهان: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان، مرکز انتشارات، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری

۵۰۸ ص: مصور، جدول، نمودار.

شابک

۹۷۸-۶۰۰-۵۱۵۱-۶۸-۸

وضعیت فهرست نویسی

فیا

Continuum mechanics for engineers, 3rd Ed, c2010.

یادداشت

عنوان اصلی:

یادداشت

کتابنامه: ص. ۴۶۹.

یادداشت

نمایه.

موضوع

مکانیک پیوستار

شناسه افزوده

میس، جورج ای.

شناسه افزوده

Mase, George F.

شناسه افزوده

اسملسر، رونالد ای.

شناسه افزوده

Smelser, Robert E.

شناسه افزوده

باقریان، ولی‌اله، ۱۳۶۵ - مترجم

شناسه افزوده

سروری میرعزیزی، یونس، ۱۳۶۸ - مترجم

شناسه افزوده

بهشتی، اسماعیل، مترجم

شناسه افزوده

تیکنی، رضا، ویراستار

شناسه افزوده

جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان، مرکز انتشارات

رده بندی کنگره

۶۲۰/۹۴۳

رده بندی دیویی

۵۳۱

شماره کتابشناسی ملی

۳۵۸۹۰۱۴

نام کتاب

مکانیک محیط‌های پیوسته برای مهندسان

تألیف

جی. تامس میس، رونالد ای اسملسر، جرج ای میس

ترجمه

ولی‌اله باقریان، یونس سروری، اسماعیل بهشتی

ارزیاب علمی

دکتر رضا تیکنی

ناشر

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان - مرکز انتشارات

نوبت چاپ

اول

تاریخ نشر

۱۳۹۳

شمارگان

۵۰۰ جلد

تعداد صفحات

۵۰۸

لیتوگرافی

پارسا

چاپ

پرتو

صحافی

سپید

قیمت

۲۰۰۰۰ ریال

«تغییر قیمت کتاب بدون اجازه کتبی ناشر، مجاز نمی‌باشد.»

✓ صحت مطالب کتاب به عهده مؤلف بوده و ناشر مسئولیتی در این موضوع ندارد.

✓ حق چاپ برای ناشر محفوظ است، تکثیر این کتاب یا بخشی از آن به هر شکل، شرعاً و قانوناً ممنوع بوده و دارای پیگرد قانونی است.

✓ نشانی ناشر: اصفهان - دانشگاه صنعتی اصفهان - جهاد دانشگاهی - مرکز انتشارات - ۳۳۹۱۲۵۹۴ - ۳۳۹۱۲۵۹۴

فروشگاه: ۳۳۹۱۲۵۹۴

دورنگار: ۳۳۹۱۲۵۹۴

مرگه: www.lsbu.ir

دورگاه: www.jdiut.ac.ir

نشانی الکترونیکی: sec.iut@aceer.ac.ir

مراکز پخش: ۱- کتابفروشی جهاد دانشگاهی (اصفهان) - دانشگاه صنعتی اصفهان - تلفن: ۳۳۹۱۲۵۹۴

۲- نمایشگاه کتاب جهاد دانشگاهی (تهران) - خیابان انقلاب اسلامی - بین خیابان فلسطین و چهارراه ولی عصر (عج) - جنب مؤسسه نمایشگاه‌های فرهنگی ایران - تلفن: ۱۶۸۷۶۱۶
۳- علم‌گستر سپاهان (اصفهان) - خیابان آمادگاه - کوچه فتح‌آباد - پلاک ۹۰ - تلفن: ۳۳۹۱۲۵۹۴ - ۴- کتابپایان (تهران) - میدان انقلاب اسلامی - ابتدای خیابان آزادی - خیابان دکتر قریب - پلاک ۷ - تلفن: ۶۶۶۶۶۰۱ - ۶۶۶۶۶۰۱

شماره تماس برای خرید تلفنی کتاب از سراسر کشور: ۳۳۹۱۲۵۹۴ - ۳۳۹۱۲۵۹۴

بسم الله الرحمن الرحيم

سخن ناشر

حای خرسندی و شکر بسیار است که در آستانه تابش پرتوهای حیات بخش اسلام بر سینه زمین، خود را در زمانی می یابیم که اندیشه اصلاح نه تنها عبث نیست که بودن راههای کمال و رشد در هر بعدی از ابعاد انسانی هموارتر و شدنی تر می نماید. وظیفه آنست که در این دوره و در این سرزمین مقدس زندگی می کنند بس سنگین و دشوار است بطور خاص مسئولیت دانشگاه و دانشگاهیان در کنار حوزه های مقدس عامیه جایگاه حساس و تعیین کننده در روند حرکت اجتماع دارد. تلاش پیگیر و همه جانبه برای برون بندهای وابستگی، جهاد مقدسی است که باید از دانشگاه و حوزه شروع شود و انتشار کتب علمی از سوی ما کوششی است در راستای آنچه ذکر آن رفت. پدیهی است این که شاید زمانی به نتایج مفید می رسد که بطور مداوم از سوی استادان، دانشگاهیان و اندیشمندان متعدد مورد انتقاد و پیشنهادات سازنده قرار گیرد.

اینک که چاپ اول این کتاب تقدیم دانشگاه ارباب و مشتاق علم می گردد جای دارد از تمامی عزیزانی که در آماده سازی و تدوین کتابش نموده و زحمات زیادی را متحمل شده اند تشکر و قدردانی بعمل آید.

مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی اصفهان

فهرست مطالب

فهرست اشکال

فهرست جداول

پیش‌گفتار ویرایش سوم

پیش‌گفتار ویرایش دوم

پیش‌گفتار ویرایش اول

درباره مؤلفان

پیش‌گفتار مترجمان

علائم و اختصارات

۱ نظریه محیط پیوسته

۱.۱ مکانیک محیط‌های پیوسته

۲.۱ پیش از شروع

۳.۱ نمادگذاری

۲ ریاضیات ضروری

۱.۲ اسکالر ها، بردار ها و تانسور های دکارتی

۲.۲ جبر تانسوری در نمادگذاری نمادین - قرارداد جمع

۱.۲.۲ دلتای کرانکر

۲.۲.۲ نماد جایگشت

۳.۲.۲ تساوی $\delta - \epsilon$

۴.۲.۲ جبر تانسور و بردار

۳.۲ نمادگذاری اندیسی

۴.۲ ماتریس ها و دترمینان ها

۵.۲ انتقال تانسور های دکارتی

۶۲	مقادیر اصلی و جهت‌های اصلی تانسورهای متقارن مرتبه دوم	۴۱
۷۲	میدان‌های تانسوری، حسابان تانسوری	۴۹
۸۲	نظریه‌های انتگرالی گوس و استوکس	۵۳
۵۶	مسائل	

۳ اصول تنش

۱۳	نیروهای حجمی و سطحی، چگالی جرم	۶۹
۲۳	اصل تنش کوشی	۷۱
۳۳	تانسور تنش	۷۴
۴۳	تعداد نیرو و گشتاور، تقارن تانسور تنش	۸۰
۵۳	قوانین انبساط تنش	۸۳
۶۳	تنش‌های اصلی، جهت‌های تنش اصلی	۸۶
۷۳	مقادیر تنش بیشینه و کمینه	۹۳
۸۳	دایره‌های مور برای تنش	۹۷
۹۳	تنش صفحه‌ای	۱۰۴
۱۰۳	حالت تنش کروی و انحرافی	۱۰۹
۱۱۳	تنش برشی هشت‌وجهی	۱۱۲
۱۱۶	مسائل	

۴ سینماتیک تغییر شکل و حرکت

۱۴	ذرات، هیئت‌ها، تغییر شکل و حرکت	۱۳۱
۲۴	مختصات مادی و فضایی	۱۳۳
۳۴	توصیف‌های اویلری و لاگرانژی	۱۳۹
۴۴	میدان تغییر مکان	۱۴۱
۵۴	مشتق مادی	۱۴۳
۶۴	گرادیان‌های تغییر شکل، تانسورهای کرنش محدود	۱۴۸
۷۴	نظریه تغییر شکل بی‌نهایت کوچک	۱۵۴
۸۴	معادلات سازگاری	۱۶۴
۹۴	نسبت‌های اتساع	۱۶۹

۱۷۳	۱۰.۴ تانسور دوران، تانسورهای اتساع
۱۷۷	۱۱.۴ گردایان سرعت، نرخ تغییر شکل، گردایی
۱۸۵	۱۲.۴ مشتق مادی المان‌های خطی، سطح‌ها، حجم‌ها
۱۹۰	مسائل

۵ قوانین و معادلات بنیادی

۲۱۴	۱.۵ مشتقات مادی انتگرال‌های خط، سطح و حجم
۲۱۶	۲.۵ قای جرم، معادله پیوستگی
۲۱۹	۳.۵ اصل اندازه حرکت خطی، معادلات حرکت
۲۲۱	۴.۵ تانسورهای تنش پایولا-کیرک‌هاف، معادلات لاگرانژی حرکت
۲۲۷	۵.۵ اصل شتاور، اندازه حرکت (اندازه حرکت زاویه‌ای)
۲۲۸	۶.۵ قانون بقای انرژی، معادله انرژی
۲۳۲	۷.۵ انتروپی و معادله انرژی-دوهم
۲۳۸	۸.۵ قانون تعادل کلی
۲۴۱	۹.۵ محدودیت‌هایی روی مواد الاستیک نوسان: قانون دوم ترمودینامیک
۲۴۶	۱۰.۵ تغییرناپذیری
۲۵۶	۱۱.۵ محدودیت‌های اعمال شده روی معادلات اختاری به واسطه تغییرناپذیری
۲۵۹	۱۲.۵ معادلات ساختاری
۲۶۳	مراجع
۲۶۴	مسائل

۶ الاستیسیته خطی

۲۷۳	۱.۶ الاستیسیته، قانون هوک، انرژی کرنشی
۲۷۸	۲.۶ قانون هوک برای محیط همسانگرد، ثوابت الاستیک
۲۸۴	۳.۶ تقارن الاستیک، قانون هوک برای محیط غیر همسانگرد
۲۸۹	۴.۶ الاستو استاتیک و الاستو دینامیک همسانگرد، اصل برهم نهی
۲۹۴	۵.۶ مسئله سن-ونانت
۲۹۶	۱.۵.۶ کشش
۲۹۶	۲.۵.۶ پیچش

۳۰۵	۳.۵.۶ خمش خالص
۳۰۷	۴.۵.۶ خمیدگی
۳۱۰	۶.۶ الاستیسیته صفحه‌ای
۳۱۴	۷.۶ تابع تنش-ایری
۳۲۶	۸.۶ ترموالاستیسیته خطی
۳۲۸	۹.۶ الاستیسیته سه بعدی
۳۳۸	مسائل

۷ سیالات کلاسیک

۳۵۱	۱.۷ تانسور تنش و سکوز، سیالات استوکسی و نیوتنی
۳۵۴	۲.۷ معادلات حلقه‌ای برای ویسکوز، معادلات ناویر-استوکس
۳۵۷	۳.۷ سیالات ویژه
۳۵۸	۴.۷ جریان پایدار، جریان غیر پایدار، جریان پتانسیل
۳۶۴	۵.۷ معادله برنولی، قضیه کلویس
۳۶۶	مسائل

۸ الاستیسیته غیر خطی

۳۷۱	۱.۸ رهیافت مولکولی در الاستیسیته لاستیک
۳۷۴	۲.۸ نظریه انرژی کرنشی برای الاستیسیته غیر خطی
۳۸۰	۳.۸ حالات خاص انرژی کرنش
۳۸۶	۴.۸ حل دقیق برای یک ماده غیرقابل تراکم نئو-هوکن
۳۸۹	مراجع
۳۹۶	مسائل

۹ ویسکوالاستیسیته خطی

۴۰۱	۱.۹ معادلات ساختاری ویسکوالاستیک در شکل عملگر دیفرانسیل خطی
۴۰۲	۲.۹ نظریه یک بعدی، مدل‌های مکانیکی
۴۰۴	۳.۹ خزش و وارفتگی
۴۰۹	۴.۹ اصل برهم‌نهی، انتگرال‌های تواری
۴۱۳	

۴۱۶ بارگذاری هارمونیک، مدول مختلط و نرمی مختلط ۵.۹

۴۲۱ مسائل سه بعدی، اصل تطابق ۶.۹

۴۳۰ مراجع

۴۳۱ مسائل

۴۴۵ پیوست الف: تانسورهای عمومی

۴۴۵ الف.۱ بیان بردارها در مبنای عمومی

۴۴۸ الف.۲ ضرب نقطه‌ای و میناهای متقابل

۴۵۰ الف.۳ مؤلفه‌های یک تانسور

۴۵۲ الف.۴ محاسبه بردارهای مینا

۴۵۴ الف.۵ مشتقات بردارها

۴۵۴ الف.۵.۱ مشتق برداری یک بردار

۴۵۵ الف.۵.۲ مشتق بردار یک بردار

۴۵۹ الف.۶ نمادهای کریستوفل

۴۵۹ الف.۶.۱ انواع نمادهای کریستوفل

۴۶۱ الف.۶.۲ محاسبه نمادهای کریستوفل

۴۶۲ الف.۷ مشتق همگرد تانسورها

۴۶۳ الف.۸ معادلات تانسوری عمومی

۴۶۵ الف.۹ تانسورهای عمومی و مؤلفه‌های فیزیکی

۴۶۹ مراجع

۴۷۱ پیوست ب: خزش و وارفتگی ویسکوالاستیک

۴۷۵ نمایه

فهرست اشکال

۱۲	بردارهای مبنا و مؤلفه‌های یک بردار دکارتی.	۱.۲
	دستگاه مختصات مستطیلی $Ox'_1x'_2x'_3$ نسبت به $Ox_1x_2x_3$. کسینوس‌های	۲.۲
	مادی برای مختصات x'_1 نسبت به مختصات بدون پریم نشان داده شده است.	
۳۶	کسینوس‌های هادی مشابه برای x'_1 و x'_2 تعریف شده‌اند.	
۳۸	درمان واحدی. تورهای مرجع.	۳.۲
۴۳	محورها اصلی $Ox_1^*x_2^*x_3^*$ نسبت به محورها $Ox_1x_2x_3$.	۴.۲
۵۳	حجم V با برء بسیار کوچک $d\delta_i$ دارای نرمال n_i یک.	۵.۲
	منحنی فضایی مزمر C با برءار مماسی dx_i و جزء سطح $d\delta_i$ برای حجم	۶.۲
۵۴	جزئی.	
	محیط پیوسته نمونه V با المان بسیار کوچک ΔV دارای جرم Δm در نقطه	۱.۳
۷۰	P نقطه P باید در مرکز حجم بسیار کوچک باشد.	
۷۲	حجم محیط پیوسته نمونه همراه با صفحه برش.	۲.۳
	بردار کشش $t_i^{(\bar{n})}$ اعمال شده بر نقطه P در المان صفحه‌ای ΔS^* با بردار	۳.۳
۷۲	نرمال n_i .	
۷۴	بردارهای کشش روی سه صفحه مختصات در نقطه P .	۴.۳
۷۵	نمودار جسم آزاد المان چهاروجهی با رأس نقطه P .	۵.۳
۷۸	مؤلفه‌های تنش دکارتی نشان داده‌شده در جهت مثبت آن‌ها.	۶.۳
	حجم مادی نشان‌دهنده بردار کشش سطحی $t_i^{(\bar{n})}$ روی المان سطح بسیار	۷.۳
	کوچک $d\delta$ در موقعیت x_i و بردار نیروی حجمی b_i وارد بر المان حجم	
	بسیار کوچک dV در موقعیت y_i . دو موقعیت برای راحتی نمایش، به‌صورت	
	جداگانه نشان داده‌شده‌اند. هنگام کاربرد تعادل، نیروهای کشش و حجمی در	
۸۱	یک نقطه در نظر گرفته شده‌اند.	
۸۳	محورهاى مختصات مستطیلی $Px'_1x'_2x'_3$ نسبت به $Px_1x_2x_3$ در نقطه P .	۸.۳
۸۶	بردار کشش و نرمال برای محیط پیوسته کلی و تیر منشوری.	۹.۳

۱۰.۳	محورهای اصلی $Px_1^*x_2^*x_3^*$	۹۰
۱۱.۳	مؤلفه‌های نرمال و صفحه‌ای (برشی) بردار کشش در نقطه P واقع در صفحه‌ای که نرمال آن n_1 است.	۹۴
۱۲.۳	مؤلفه‌های نرمال و برشی در نقطه P نسبت به محورهای اصلی.	۹۵
۱۳.۳	دایره مور نمونه برای تنش.	۹۸
۱۴.۳	نمایش دایره مور نمونه.	۱۰۰
۱۵.۳	دایره مور سه‌بعدی نمونه و هندسه مربوطه.	۱۰۱
۱۶.۳	دایره مور برای تنش صفحه‌ای.	۱۰۵
۱۷.۳	دایره مور برای تنش صفحه‌ای.	۱۰۷
۱۸.۳	نمایش دوران محورها برای تنش صفحه‌ای.	۱۰۸
۱۹.۳	صفحه کشش و چرخش (ABC) با بردار کشش $t_i^{(\bar{n})}$ و تنش‌های نرمال و برشی هشت‌وجهی σ_N و σ	۱۱۲
۱.۴	موقعیت یک ذره نمونه در هیئت مرجع X_A و هیئت جاری x_i	۱۳۳
۲.۴	بردار dX_A بین نقاط P و Q در هیئت مرجع به dx_i تبدیل خواهد شد، بین نقاط p و q در هیئت جاری. بردار تغییر مکان u ، بردار بین نقاط P و p است.	۱۴۹
۳.۴	زاویه قائمه بین اضلاع خطی AP و BP در هیئت مرجع، تبدیل به زاویه θ بین اضلاع خطی ap و bp در هیئت تغییر شکل یافته می‌شود.	۱۵۷
۴.۴	متوازی‌السطوح مستطیلی با طول‌های $dX^{(1)}$ ، $dX^{(2)}$ و $dX^{(3)}$ در هیئت مرجع، به یک متوازی‌السطوح مورب با طول‌های $dx^{(1)}$ ، $dx^{(2)}$ و $dx^{(3)}$ در هیئت تغییر شکل یافته تبدیل می‌شود.	۱۵۹
۵.۴	دایره‌های مور نمونه برای کرنش.	۱۶۰
۶.۴	دوران محورها برای کرنش صفحه‌ای.	۱۶۱
۷.۴	میدان سرعت دیفرانسیلی در نقطه P	۱۷۸
۸.۴	سطح dS^0 بین بردارهای $dX^{(1)}$ و $dX^{(2)}$ در هیئت مرجع، به سطح dS بین $dx^{(1)}$ و $dx^{(2)}$ در هیئت تغییر شکل یافته تبدیل می‌شود.	۱۸۵

۹.۴	حجم متوازی السطوح تعریف شده توسط $dx^{(1)}$, $dx^{(2)}$ و $dx^{(3)}$ در هیئت مرجع، به حجم متوازی السطوح تعریف شده توسط $dx^{(1)}$, $dx^{(2)}$ و $dx^{(3)}$ در هیئت جاری تبدیل می شود.	۱۸۷
۱.۵	جسم مادی در حال حرکت تحت تأثیر نیروهای حجمی و سطحی.	۲۲۰
۲.۵	اختلاف چارچوب های مرجع $Ox_1x_2x_3$ و $O^+x_1^+x_2^+x_3^+$ توسط حرکت الحاقی جسم صلب.	۲۴۹
۱.۶	مودارهای بارگذاری و باربرداری تنش- کرنش تک محوره برای رفتارهای مواد مختلف.	۲۷۴
۲.۶	حالت های تنش ساده.	۲۸۲
۳.۶	دوران های محوری برای تنش صفحه ای.	۲۸۵
۴.۶	هندسه و جدال ه بوط. کاهش سختی الاستیک به حالت همسانگرد.	۲۸۸
۵.۶	هندسه تیر برای مسئله سه- و انت.	۲۹۴
۶.۶	هندسه و تعاریف سینماک. برای پیچش یک شفت دایروی.	۲۹۷
۷.۶	حالت متداول پیچش یک سیر موری تحت بارگذاری گشتاورهای خود معادل.	۲۹۹
۸.۶	شکل های نشان دهنده تنش صفحه ای و کرنش صفحه ای.	۳۱۱
۹.۶	المان دیفرانسیلی تنش در مختصات قطبی.	۳۱۹
۱.۸	منحنی تنش- کرنش اسمی برای لاستیک و فولاد. توضیحی که در رسم هر نمودار از داده های یکسان استفاده شده است، با این وجود نمودار تنش دارای مقیاس متفاوتی بوده و بازه های متفاوت کرنش نمایش داده شده است.	۲۷۳
۲.۸	مقایسه شماتیک چیدمان های مولکولی وقتی که فاصله دو انتهای مولکول متغیر باشد. خط چین ها چیدمان های امکان پذیر دیگر را نشان می دهند.	۳۷۵
۳.۸	زنجیره آزاد متصل شده به وسیله بردار انتها به انتهای r .	۳۷۵
۴.۸	نمونه لاستیکی با طول اولیه L_0 و سطح مقطع A_0 تا طول L و سطح مقطع تغییر یافته A کشیده شده است.	۳۷۹
۵.۸	نمونه لاستیکی به شکل متوازی الاضلاع فشرده شده توسط صفحات.	۳۹۴
۶.۸	نمونه لاستیکی به شکل متوازی الاضلاع فشرده شده توسط صفحات.	۳۹۵

- ۱.۹ المان برشی ساده که یک مکعب از ماده تحت بارگذاری برش خالص را نشان می‌دهد. ۴۰۵
- ۲.۹ قیاس مکانیکی برای برش ساده. ۴۰۵
- ۳.۹ قیاس جریان ویسکوز. ۴۰۷
- ۴.۹ نمایش مدل‌های کلوین و ماکسول به ترتیب برای جامد و سیال ویسکوالاستیک. ۴۰۷
- ۵.۹ مدل‌های سه پارامتری استاندارد خطی جامد و سیال. ۴۰۸
- ۶.۹ مدل‌های تعمیم‌یافته کلوین و ماکسول ایجادشده با ترکیب مدل‌های پایه. ۴۰۸
- ۷.۹ نمایش نمودار تابع پله واحد (اغلب تابع پله هویساید خوانده می‌شود). ۴۱۰
- ۸.۹ انواع مختلف تاریخچه تنش اعمالی. ۴۱۴
- ۹.۹ تاریخچه تنش با نام‌گذاری اولیه. ۴۱۴
- ۱۰.۹ انواع مختلف تاریخچه تنش اعمالی. ۴۱۸
- الف. ۱ مجموعه بردارهای مبنای فضا سه‌بعدی. ۴۴۶
- الف. ۲ دستگاه مختصات استوانه‌ای. مکرر برای $x^3 = 0$ ۴۵۳

فهرست جداول

۵	۱.۱	نمادگذاری تاریخی برای تنش.
۲۳	۱.۲	شکل اندیسی برای کمیت‌های تانسوری مختلف.
۲۴	۲.۲	نظریه‌های ضرب‌های داخلی و خارجی.
۳۵	۳.۲	جدول انتقال بین $Ox_1x_2x_3$ بین $Ox'_1x'_2x'_3$.
	۱.۳	جدول نشان‌دهنده کسینوس‌های هادی محورهای اصلی $Px_1^*x_2^*x_3^*$ نسبت به
۹۰		محورهای x_1, x_2, x_3 .
۱۰۶	۲.۳	جدول انتقال برای تنش صفحه‌ای کلی.
۱۶۱	۱.۴	جدول انتقال برای کرنش صفحه‌ای کلی.
۲۳۷	۱.۵	معادلات بنیادی در شکل‌های مختصات محلی.
۲۳۹	۲.۵	تعیین کمیت‌ها در قوانین تعادل.
۲۸۳	۱.۶	روابط بین ثابت‌های الاستیک.
	الف. ۱	تبدیل از نمادگذاری تانسور دکارتی به نمادگذاری بازو. عمومی. جمع فقط
۴۶۴		روی جفت‌های بالانویس و زیرنویس است.
۴۷۲	ب. ۱	پاسخ‌های وارفتگی و خزش برای مدل‌های مختلف ویسکوالاستیک.

پیش‌گفتار ویرایش سوم

در ابتدا شایسته است از تمامی کسانی که در سال‌های گذشته از ویرایش دوم کتاب استفاده نموده‌اند، سپاسگزاری شود. امیدواریم به‌روزرسانی‌های اخیر کتاب، توصیفی ارزشمندتر از مکانیک محیط‌های پیوسته برای دانشجویان فراهم آورد. تغییرات انجام‌شده در این ویرایش قابل‌توجه بوده است اما مفهوه اصلی کتاب را تغییر نداده‌ایم. ما به دنبال این بوده‌ایم که برای دانشجویان مهندسی، توصیفی به‌جز سرعین‌حال بدون کم و کاست از مکانیک محیط‌های پیوسته فراهم آوریم که دلهره‌آور نباشد.

درست مشابه ویرایش‌های پیشین، ویراست سوم حاصل نکات و مسائلی است که در دوره تدریس این سرفصل‌ها برای دانشجویان سال آخر کارشناسی یا سال اول کارشناسی ارشد مورد استفاده قرار گرفته است. اندیشه نگارش ویراست سوم، گسترش این نکات در قالب یک کتاب مناسب برای دو دوره متوالی چهار ساله در پلی‌تکنیک کال^۱ است. این دوره متوالی، مکانیک محیط‌های پیوسته را معرفی کرده و متعاقب آن الاستیسیته خطی، الاستیسیته غیرخطی و ویسکوالاستیسیته را پوشش می‌دهد. از آنجاکه در پلی‌تکنیک کال، آخرین مرتبه علمی کارشناسی ارشد است، ترکیب این موضوعات ضروری است.

یکی از مواردی که دانشجویان در مکانیک محیط‌ها، پیوسته و مباحث متعاقب، با آن دست‌وپنجه نرم می‌کنند، نمادگذاری است. در ویراست سوم، تغییراتی را در نمادگذاری انجام داده‌ایم که کتاب را با متون مدرن مکانیک محیط‌های پیوسته سازگارتر می‌کند. در بسیاری از جاهای کتاب از اطناب پرهیز شده است. فصل مرتبط با الاستیسیته بازاریابی، و با هدف پوشش کامل‌تر حل‌های سن- و نانت بسط داده شده است. زیربخش‌های اتساع، پیچش، خمش خالص و خمیدگی، شالوده خوبی برای طرح و حل مسائل پایه الاستیک در اختیار دانشجو قرار می‌دهد. هم‌چنین به دلیل اهمیت کنونی، برخی از کاربردهای جدید مکانیک محیط‌های پیوسته کاربردی را در حیطه مواد زیست‌شناختی افزوده‌ایم. سرانجام در این ویرایش تعداد محدودی مسئله با استفاده از نرم‌افزار MATLAB[®] معرفی شده است. نمی‌خواهیم با ایجاد این ذهنیت که با یادگیری یک نرم‌افزار ریاضی، امکان تسلط بر مطالب وجود دارد، اصول بنیادین مکانیک محیط‌های پیوسته را

کم‌رنگ جلوه دهیم. درعین حال، این ابزارها می‌توانند برای یک فرد کمک شایان توجهی را به حفظ تمرکز بر اصول فراهم کنند. به‌علاوه، اکثر دانشجویان کارشناسی ارشد فعلی، کاملاً در استفاده از ابزارهایی مانند MATLAB® ورزیده هستند، لذا احساس نمی‌کنیم که نیازی به تأکید روی این موضوع باشد.

ج. توماس میس

سان لوئیس اوپیسو، کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا

رونالد ای. اسملسر

شارلوت، کارولینای شمالی، ایالات متحده آمریکا

جرج ای. میس

ایست لنسینگ، میشیگان، ایالات متحده آمریکا

www.ketab.ir

پیش‌گفتار ویرایش دوم

(تذکر: برخی اطلاعات مربوط به مراجع فصول در ویرایش سوم تغییر کرده است.)

شایسته است که پیشگفتار ویرایش دوم با قدردانی از تمامی کسانی آغاز شود که در شش سال اخیر از کتاب استفاده کرده‌اند. هم‌چنین از کسانی که این متن توسعه‌یافته و بازبینی‌شده را بررسی کرده‌اند، تقدیر می‌گردد. امیدواریم که این ویرایش کتاب نیز همانند ویرایش نخست برای آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد و فارغ‌التحصیلان دوره کارشناسی با مکانیک محیط‌های پیوسته مفید باشد.

ویراست دوم، مانند ویرایش قبلی، حاصل تدریس مکانیک محیط‌های پیوسته به دانشجویان سال اول و دوم کارشناسی ارشد است. از آنجاکه پدرم در حال حاضر کاملاً بازنشسته شده، این دوره به دانشجویانی که آخرین مدرکشان را در مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه کترینگ^۱ است، آموزش داده می‌شود. درصد فایده‌توهمی از این دانشجویان زمانی که در این کلاس حضور می‌یابند، مشغول به کار در صنعت بوده و با تجربه کار در صنعت را دارند. به این دلیل، این دوره دانشجویان را با مفاهیم اصولی و بنیادین مکانیک محیط پیوسته آشنا ساخته و کاربردهای آن را تشریح می‌کند.

اغلب اوقات، دانشجویان مایل به استفاده از برنامه‌های مبتنی بر شیب‌سازی هستند که از سینماتیک غیرخطی و روابط اساسی متنوعی بهره می‌گیرند. مطالب ارائه‌شده به ویراست دوم با نگرش به این نیاز صورت گرفته است. دانشجویانی که به محتویات این کتاب ملطفت شده باشند باید پایه مکانیک لازم را داشته و بتوانند کاربر ماهر از ابزار طراحی پیشرفته امروزی نظیر اجزاء محدود صریح غیرخطی باشند. البته، دانشجویان نیازمند تقویت پایه مکانیک خردی هستند که در اینجا با تمرین سخت اجزاء محدود فراهم شده است.

مشخصه عمده ویراست دوم، در برگرفتن دو فصل جدید و نیز بسط چشمگیر دو فصل دیگر آن است. نخست، در فصل پنجم، قوانین و معادلات بنیادین، با هدف افزودن اصول اساسی با توجه به معادله ساختاری، بسط داده شده است. این موضوع، شامل اصول اساسی قانون دوم ترمودینامیک و تغییرناپذیری بر اساس قیود روی معادلات ساختاری است. فصلی که در ویرایش نخست مبحث

الاستیسیته و سیالات را در بر می‌گرفت، در اینجا به دو فصل مجزا تقسیم شده است. بحث شامل الاستیسیته با اضافه کردن بخش‌هایی با عنوان توابع تنش-ایری، پیچش سطح مقطع‌های غیر دایروی و حل‌های سه بعدی توسعه داده شده است. همچنین به منظور آشنایی پدیدار شناختی و مولکولی دانشجویان با مواد لاستیک‌گونه، فصلی با عنوان الاستیسیته غیرخطی اضافه شده است. در نهایت، یک فصل برای معرفی ویسکوالاستیسیته خطی به دانشجویان، افزوده شده است، زیرا بسیاری از کاربردهای مهم پلیمرهای پیشرفته، شامل برخی پاسخ‌های مواد وابسته به زمان است.

تشکر از کمک فرد خاصی بدون اشاره به دیگران کار آسانی نیست، با این وجود، از برخی افراد باید قدردانی شد. آقای شری بورتین در نوشتن ویرایش دوم مفید بودند. لازم می‌دانیم که از پیشنهاد‌های بسیار مفید خوانندگان ویرایش قبلی و به‌طور خاص از پرفسور مرتضی مهرآبادی، در دانشگاه تولن، به خاطر ناهایت نکته‌بین ایشان تشکر و سپاسگزاری نماییم. همچنین از پرفسور چارلز دیویز در دانشکده کت در به خاطر توضیحات مفید ایشان در دیدگاه مولکولی لاستیک و الاستومرهای ترموپلاستیک، قدردانی می‌کنیم. در نهایت، از تشویق‌های خانواده‌هایمان صمیمانه سپاسگزاری می‌نماییم.

همکاری در یک گروه پدر و پسر در انتشار این کتاب، موجب مسرت است و دوباره از بذل توجه خواننده تشکر می‌کنیم.

ج. توماس میس

جرج ای. میس

نویسنده، میشیگان، ایالات متحده آمریکا

ایست لنسینگ، میشیگان، ایالات متحده آمریکا

پیش‌گفتار ویرایش اول

(تذکر: برخی اطلاعات مربوط به مراجع فصول در ویرایش سوم تغییر کرده است.)

مکانیک محیط‌های پیوسته اساس اصلی چندین درس کارشناسی ارشد در علوم مهندسی است که از این میان می‌توان به الاستیسیته، پلاستیسیته، ویسکوالاستیسیته و مکانیک سیالات اشاره کرد. با چنین اهمیت، مطالعه مقدماتی اصول مکانیک محیط‌های پیوسته به صورت یک کتاب درسی مناسب برای این درس مقدماتی در این زمینه، تدوین شده است که دانشجویان را با پیش‌سابقه لازم در نظریه محیط‌های پیوسته آماده نماید تا درس اصلی در هر یک از موضوعات بالا را دنبال نمایند. ما معتقدیم که دانشجویان سال اول کارشناسی ارشد، یا دانشجویان سال آخر کارشناسی در مهندسی یا ریاضیات کاربردها، با دانشی از حسابان و تحلیل برداری، همراه با شایستگی منطقی در دروس مقدماتی علم مکانیک، این درس را جذاب تشخیص خواهند داد.

این کتاب درسی از مطالب ارائه شده در درس مقدماتی بر مکانیک محیط‌های پیوسته در دانشگاه ایالتی میشیگان^۱ که بر مبنای دروس سه دهه تدریس می‌شود استنتاج شده است. احساس می‌کنیم که این کتاب برای تدریس مکانیک محیط‌های پیوسته در دوره سه ماهه یا چهار ماهه به خوبی مناسب است. در دوره چهار ماهه، بیشتر زمان را می‌توان به فصل‌های آخر اختصاص داد که با مکانیک جامدات و مکانیک سیالات مرتبط است. در دوره سه ماهه یا چهار ماهه، این کتاب درسی باید با تدریس در کلاس توأم باشد.

ریاضیات به کار گرفته شده برای توسعه مفاهیم محیط‌های پیوسته در این کتاب، جبر و حسابان تانسورهای دکارتی است که با جزئیات کافی در فصل دو بحث شده‌اند، هر دو با یک رویکرد بر روش‌های ماتریسی که برای مقاصد محاسباتی در حل مسائل مفید هستند. به دلیل ماهیت مقدماتی کتاب، مختصات منحنی‌الخط معرفی نشده و بنابراین تلاشی برای دربرگرفتن تانسورهای عمومی در این کتاب صورت نگرفته است. چندین کتاب در قسمت مرجع فهرست شده است که دانشجویان می‌توانند برای بحث مکانیک محیط‌های پیوسته برحسب تانسورهای عمومی به آن‌ها مراجعه نمایند. هر دو نمادگذاری اندیسی و نمادین برای به دست آوردن انواع معادلات و فرمول‌های مهم به کار برده شده است.

جدا از ریاضیات ضروری ارائه شده در فصل دو، کتاب را می توان در دو قسمت در نظر گرفت. قسمت اول، شامل اصول تنش، کرنش و حرکت در فصول سه و چهار و به دنبال آن به دست آوردن قوانین فیزیکی بنیادین مرتبط با پیوستگی، انرژی و اندازه حرکت در فصل پنج است. قسمت دوم، فصل ششم برخی کاربردهای مقدماتی مکانیک محیط های پیوسته در رفتار الاستیسیته خطی و سیالات کلاسیک را نشان می دهد. چون این کتاب به منظور کتاب اول در مکانیک محیط های پیوسته تدوین شده است، این موضوعات به عنوان مدل های ساختاری بدون هرگونه بحثی روی نظریه چگونگی استخراج معادلات ساختاری خاص ارائه شده است. خوانندگان علاقمند باید بحث را از کتاب های سرفته فهرست شده در قسمت مرجع برای توسعه معادله ساختاری تعقیب کنند. در پایان هر فصل به استثناء فصل یک مجموعه ای از مسائل وجود دارد که اغلب دارای جواب هستند و دانشجویان می توانند با حل آن ها درک خویش را از مطالب ارائه شده در کتاب تقویت کنند. علاوه بر مثال های متعدد حل شده در کتاب، ۱۸۶ مسئله نیز تهیه شده است.

ما هم مانند اغلب نویسندگان، به افراد زیادی که در تهیه این کتاب ما را یاری دادند مدیون هستیم. اگرچه قادر به بیان اسامی هر یک از آن ها نیستیم، ولی خرسندیم که از مشارکت کلیه آن ها قدردانی کنیم. هم چنین، تشکر ویژه ما از دانشجویانی داریم که بازخوردهای آن ها از یادداشت های کلاس به عنوان پیشرو در کتاب به خدمت گرفته شد. در نهایت، از خانواده های خویش قدردانی ویژه داریم که از شروع تا خاتمه این کار مشوق ما بودند.

جرج ای. میس

ج. توماس میس

ایست لنسینگ، میشیگان، ایالات متحده آمریکا

فلینت، میشیگان، ایالات متحده آمریکا

درباره مؤلفان

دکتر ج. توماس میس، استادیار مهندسی مکانیک در دانشگاه ایالتی پلی تکنیک کالیفرنیا، در سن لوییس اوبیسپو کالیفرنیا است. دکتر میس درجه کارشناسی خود را در سال ۱۹۸۰ از دیپارتمان متالورژی، مکانیک و علم مواد دانشگاه ایالتی میشیگان اخذ نمود. وی درجات کارشناسی ارشد و دکتری خود را به ترتیب در سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۸۵ از دیپارتمان مهندسی مکانیک دانشگاه برکلی کالیفرنیا دریافت کرد. پس از پایان تحصیلات، در چندین موقعیت صنعتی و آکادمیک مشغول به کار شد. از جمله کارخانه‌های صنعتی که دکتر میس به صورت تمام وقت در آن کار می کرد، می توان به آزمایشگاه‌های تحت‌فشاری رال موتورز، کالای گلف و شرکت اکاشنت گلف اشاره کرد. او در دانشگاه‌های وایومینگ، کرینگ، دانشگاه ایالتی میشیگان و دانشگاه ایالتی پلی تکنیک کالیفرنیا به تدریس و یا امور پژوهشی پرداخته است. دکتر میس، عضو انجمن‌های تخصصی فراوانی مانند انجمن مهندسين مکانیک آمریکا، انجمن مهندسی آمریکا، انجمن بین‌المللی مهندسی ورزش، انجمن مکانیک تجربی، پی تار سید و سیگما زی می باشد. وی در سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۱ پژوهانه تابستانی هیئت علمی NASA/ASE را برای کار در مرکز تحقیقات لوئیس ناسا دریافت کرد (مرکز تحقیقاتی گلن فعلی در ناسا). علایق تحقیقاتی او شامل مکانیک، طراحی و کاربرد شبیه‌سازی اجزاء محدود صریح و در زمینه‌های طراحی و عملکرد تجهیزات لایه‌ای و ارزیابی تخریب وسیله نقلیه است.

دکتر رونالد ای. اسملسر، استاد و نایب رئیس امور آکادمیک کالج مهندسی ایالتی ویلیام در دانشگاه کارولینای شمالی، واقع در شارلوت است. دکتر اسملسر در سال ۱۹۶۱ درجه کارشناسی مهندسی مکانیک خود را در دانشگاه سینسیناتی اخذ نمود. وی کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۹۷۲ از دانشگاه ام.آی.تی دریافت و دوره دکتری مهندسی مکانیک خود را (۱۹۷۸) در دانشگاه کارنگی ملون به اتمام رسانید. به واسطه کار در آزمایشگاه تحقیقاتی فولاد آمریکا، مرکز فن‌آوری آلکوا و گروه تکنولوژی کانکرت، تجربیات صنعتی فراگرفت. دکتر اسملسر به عنوان عضو تمام وقت و نیز مدعو در دانشگاه پیتسبورگ، دانشگاه کارنگی ملون و دانشگاه آیداهو و نیز به عنوان محقق در دانشگاه ایالتی کلرادو به فعالیت پرداخت. دکتر اسملسر در آکادمی مکانیک آمریکا، انجمن آموزش مهندسی آمریکا، پی تاو سیگما، سیگما زی و تاو بتا پی عضویت دارد. وی همچنین عضو انجمن مهندسين آمریکا است. علایق تحقیقاتی دکتر اسملسر در حوزه مدل سازی فرآیند، شامل نورد، ریخته‌گری، کشش و اکستروژن مواد یک و چندفازی، میکرو ساختار رفتار ماده و دخیل دادن

ساختار ماده در فرآیند مدل سازی و واماندگی در مواد می باشد.

دکتر جرج ای. میس (۲۰۰۷-۱۹۲۰)، استاد بازنشسته دپارتمان متالورژی، مکانیک و علم مواد (MMM) کالج مهندسی در دانشگاه ایالتی میشیگان بود. دکتر میس درجه کارشناسی خود را در مهندسی مکانیک (۱۹۴۸) از دانشگاه ایالتی اوهایو، در کلمبوس اخذ نمود. وی دوره دکتری مکانیک را در انستیتو پلی تکنیک و دانشگاه ایالتی ویرجینیا (VPI) واقع در بلکسبورگ ویرجینیا به اتمام رسانید (۱۹۵۸). پیش از انتصاب اولیه به عنوان استادیار در دپارتمان مکانیک کاربردی دانشگاه ایالتی میشیگان در سال ۱۹۵۵، دکتر میس در دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا (به عنوان استاد)، سال های ۱۹۵۰ و ۱۹۵۱ و در دانشگاه واشنگتن واقع در سنت لویس میسوری (به عنوان استادیار) در سال های ۱۹۵۱-۱۹۵۱ تدریس نمود. او به درجه دانشیاری در سال ۱۹۵۹ و درجه استادی در سال ۱۹۶۵ دانشگاه ایالتی میشیگان نائل گردید و به عنوان مدیر اجرایی دپارتمان متالورژی مکانیک و علم مواد از سال ۱۹۶۵ تا ۱۹۶۸ و مجدداً در سال ۱۹۷۸ تا ۱۹۷۹ خدمت نمود. او به عنوان استادیار مهمان در تابستان های ۱۹۵۱ تا ۱۹۵۶ در دانشگاه ایالتی ویرجینیا تدریس کرد. دکتر میس عضو انجمن های علمی تان پی و انجمن چینی سیگما زی بود. علاقه تحقیقاتی و انتشارات وی در زمینه مکانیک محیط های پیوسته و بیومکانیک بود.

پیش‌گفتار مترجمان

سپاس ایزد منان را که اول هستی است، بی‌آنکه پیش از او اولی باشد و پایان وجود است بی‌آنکه بعد از او پایانی باشد. خدای بزرگ را شاکریم که توفیق عطا کرد تا گامی هرچند کوچک برداریم در راستای اعتلای دانش این سرزمین. این لحظه را سپاس.

به دلیل تأکید بر اصول اساسی و پایه‌ای مسائل گوناگون، مکانیک محیط‌های پیوسته نقش مهمی در مهندسی نوین و تکنولوژی ایفا می‌کند. یافتن پاسخ برای سؤالاتی از قبیل نحوه فرمول‌بندی مسائل، تشخیص و ارائه معادلات میدان حاکم و شرایط مرزی، یافتن راه حل جایگزین برای موضوع مطرح شده، ارائه آزمایش‌های علمی و عملی مناسب در جهت بهبود نظریات و معادلات موجود، دغدغه اصلی مهندسان و محققین فعال در حوزه مکانیک است. مکانیک محیط‌های پیوسته بستری مناسب و مناسبی برای پاسخ به پرسش‌های مطرح‌شده را فراهم می‌آورد. یقیناً مکانیک محیط‌های پیوسته نقطه اتصالی بسیاری از مباحث پایه تا پیشرفته مکانیک از قبیل ریاضیات و مباحث تانسوری، مقاومت مصالح، ترمودینامیک، مکانیک سیالات و الاستیسیته است و این خود گواهی بر اهمیت درک و تقویت تئوری استدلال دانشجویان در دوره آموزشی این درس است.

در دنیای علمی امروز، تعداد منابع و دوره‌های آموزشی مرتبط با اصول اساسی و مقدماتی مکانیک محیط‌های پیوسته افزایش یافته است و این موضوع اهمیت انتخاب یک منبع آموزشی کامل و مناسب را دوچندان می‌سازد. کتاب حاضر از پروفسور میس در و پسر و دکتر اسملسر بدون شک یکی از معتبرترین و کامل‌ترین منابع برای دانشجویان کارشناسی ارشد است که با دیدی جامع و درعین‌حال اجتناب از اطاله موضوع، به پوشش سرفصل‌های متداول و عمده این درس می‌پردازد. به دلیل دربرداشتن مثال‌های حل شده و مسائل گوناگون در فصل‌های این کتاب، این امید می‌رود تا دانشجویان قادر باشند مهارت‌های خود را در هر دو زمینه نظری و عملی مکانیک محیط‌های پیوسته تقویت کنند.

مترجمان این اثر، قائل به ترجمه آثار علمی در این سطح نیستند اما از آنجاکه رجوع به متن اصلی، مستلزم صرف وقت زیاد و دقت نظر است، نیاز به ترجمه این آثار احساس می‌شود. آنچه همواره در برگرداندن یک متن علمی از زبان اصلی اهمیت می‌یابد، رعایت امانت ضمن حفظ ظرافت است. ترجمه‌ای که در عین سادگی و زیبایی کلام بتواند مقصود مؤلف را انتقال دهد اثری فاخر و

قابل احترام خواهد بود. بدون شک دانشجو باید بتواند با مطالعه متن ترجمه شده، از رجوع مکرر به متن اصلی برای رفع شبهات موجود در متن بی نیاز شود و وقت گران بهای خود را با موازی کاری هدر ندهد. لذا بر آن شدیم تا با کاری دقیق و علمی، متنی را تهیه نماییم که خواننده را از رجوع به متن اصلی بی نیاز کرده و درعین حال مفاهیم را با دقت مورد نظر مؤلفین به وی منتقل نماید. کلیه کلمات کلیدی و مهم متن، به صورت لاتین در پاورقی ها آورده شده است، همچنین جدول ها و شکل ها با ظرافت در کتاب گنجانده شده اند.

بدون شک اثر حاضر با وسواسی مثال زدنی تدوین شده و سعی بر این بوده است تا نهایت دقت و زیبایی در صفحه آرایی و روان بودن متن در آن به کار گرفته شود، ولی قطعاً این اثر نیز همانند هر اثر علمی دیگر خالی از اشتباه نیست. صمیمانه از اشتباهات احتمالی پوزش می طلبیم و پذیرای نقد منصفانه و موسکافانه علمای خوانندگان محترم هستیم تا بتوانیم به یاری شما عزیزان، در جهت اغنای علمی این اثر کمال برداریم.

ارزش قلم به نگارنده آن نیست، که به آنچه می نگارد است. به لطافت طبع که مختص او و ظرافت نظر که ذات اوست، امید است به ما رحمت آورد آن زمان که عاری از خالی شویم.

پاییز ۱۳۹۳

و. باقریان v.bagherian@me.iut.ac.ir

یونس سروری y.sorori@me.iut.ac.ir

اسماعیل بهشتی e.beheshti@me.iut.ac.ir

علائم و اختصارات

x یا x_i	مختصات جاری یا فضایی
$\mathbf{X}$ یا X_A	مختصات مرجع یا مادی
u یا u_i	مؤلفه‌های تغییر مکان یا بردارهای تغییر مکان
v یا v_i	سرعت یا بردار عمومی
a یا a_i	شتاب یا بردار عمومی
x_1^*, x_2^*, x_3^*	محورهای اصلی
$\hat{e}_i$	بردار یک‌که در امتداد محوری مختصات
$\hat{I}_A$	بردار یک‌که در امتداد محورهای مختصات در هیئت مرجع
δ_{ij}	دلتای کرانکر
$\mathcal{A}$ یا a_{ij}	انتقال یا ماتریس عمومی
$\mathbf{I}$	ماتریس همانی
ε_{ijk}	نماد جایگشت
∂_t	مشتق جزئی نسبت به زمان
$\frac{d}{dt}$	مشتق نسبت به زمان
∇ یا ∂_x	عملگر گرادیان فضایی
$\nabla\phi = \text{grad } \phi = \phi_{,i}$	گرادیان اسکالر
$\nabla v = \partial_j v_i = v_{i,j}$	گرادیان برداری
$\nabla \cdot v$ یا $v_{i,i}$	دیورژانس بردار v
$\nabla \times v$ یا $\varepsilon_{ijk} v_{i,j}$	کرل بردار v
$d/dt = \partial/\partial t + v_k \partial/\partial x_k$	عملگر مشتق مادی
$\mathbf{b}$ یا b_i	نیروی حجمی (نیرو بر واحد جرم)

p یا p_i	نیروی حجمی (نیرو بر واحد حجم)
f یا f_i	نیروی سطحی (نیرو بر واحد سطح)
v, v^o	حجم‌های کل جاری و مرجعی
$\Delta v, dv$	المان حجمی کوچک و بی‌نهایت کوچک
s, s^o	سطح‌های کل جاری و مرجعی
$\Delta s, ds$	المان سطحی کوچک و بی‌نهایت کوچک
ρ	چگالی
$\hat{n}$ یا n_i	نرمال یکه در هیئت جاری
$\hat{N}$ یا N_A	نرمال یکه در هیئت مرجعی
$t^{(\hat{n})}$ یا $t_i^{(\hat{n})}$	بردار کشش
σ_N, σ_s	مؤلفه‌های نرمال و برشی بر یک سطح کشش
T یا t_{ij}	تنش کوشی یا تانسور عمومی
T^* یا t_{ij}^*	تنش کوشی مربوط به محورهاى اصلی
$p^{o(\hat{N})}$ یا $p_i^{o(\hat{N})}$	بردار تنش پایولا- کیرکهایف مربوط به سطح مرجع
P یا P_{iA}	تنش پایولا- کیرکهایف نوع اول
s یا s_{AB}	تنش پایولا- کیرکهایف نوع دوم
$\sigma_{(1)}, \sigma_{(r)}, \sigma_{(r)}$	مقادیر تنش اصلی
I_T, II_T, III_T	پایاهای اول، دوم و سوم تنش
$\sigma_M = \frac{1}{3} t_{ii}$	تنش نرمال میانگین
S_{ij}	مؤلفه‌های تنش انحرافی
η_{ij}	مؤلفه‌های کرنش انحرافی
$J_1 = o, J_2, J_3$	پایاهای تنش انحرافی
σ_{oct}	تنش برشی اکتاهدرال
F یا F_{iA}	تانسور گرادیان تغییر شکل
C یا C_{AB}	تانسور راست تغییر شکل کوشی- گرین
E یا E_{AB}	تانسور کرنش محدود لاگرانژی

c یا c_{ij}	تانسور تغییر شکل کوشی
e یا e_{ij}	تانسور کرنش محدود اوپلری
ϵ یا ϵ_{ij}	تانسور کرنش بی‌نهایت کوچک
$\epsilon_{(1)}, \epsilon_{(2)}, \epsilon_{(3)}$	مقادیر کرنش اصلی
$I_\epsilon, II_\epsilon, III_\epsilon$	پایاهای اول، دوم و سوم کرنش بی‌نهایت کوچک
B یا B_{ij}	تانسور چپ تغییر شکل کوشی - گرین
I_B, II_B, III_B یا I_1, I_2, I_3	پایاهای تانسور راست تغییر شکل
W	انرژی کرنشی به واحد حجم یا چگالی انرژی کرنش
$e_{\hat{n}}$	کرنش نرمال در جهت $\hat{n}$
γ_{ij}	کرنش برشی مهندسی
$e = \Delta V/V = \epsilon_{ii} = \epsilon_I$	انبساط مکعبی
ω یا ω_{ij}	تانسور چرخش بی‌نهایت کوچک
ω یا ω_j	بردار چرخش
$\Lambda_{\hat{n}} = dx/dx$	نسبت اتساع یا اتساع در جهت $\hat{n}$
$\lambda_{\hat{n}} = dX/dx$	نسبت اتساع در جهت $\hat{n}$
R یا R_{ij}	تانسور چرخش
U یا U_{AB}	تانسور راست اتساع
V یا V_{ij}	تانسور چپ اتساع
L یا L_{ij}	گرادیان سرعت فضایی
D یا d_{ij}	تانسور نرخ تغییر شکل
W یا w_{ij}	گرادیان یا تانسور اسپین
$J = \det F$	ژاکوبین
$P(t)$ یا P_i	بردار اندازه حرکت خطی
$K(t)$	انرژی جنبشی
$P(t)$	توان مکانیکی یا نرخ کار انجام‌شده توسط نیروها
$S(t)$	کار تنش

Q	نرخ حرارت ورودی
r	منبع حرارتی بر واحد جرم
q یا q_i	بردار شار حرارتی
θ	درجه حرارت یا زاویه
$g = \text{grad } \theta$ یا $g_i = \theta_{,i}$	گرادیان دما
u	انرژی داخلی مخصوص
η	انترپوی - خاص یا ویسکوزیته ویسکوالاستیک
ψ	انرژی آزاد گیبس
ζ	انتالپی آزاد
χ	انتالپی
γ	تولید انترپوی مخصوص
E	مدول الاستیسیته یا مدول یانگ
G یا μ	مدول برشی
K	مدول حجمی
ν	نسبت پواسون
λ, μ	ثوابت لامه
C_{ijkl}	ثوابت الاستیک کلی
τ_{ij}	تانسور تنش ویسکوز
β_{ij}	نرخ تغییر شکل انحرافی
λ^*, μ^*	ضرایب ویسکوزیته
κ^*	ضریب ویسکوزیته حجمی