

مکانیک سیالات زیستی کاربردی

لی ویت، جری مایکل فاین

مجموعه:

دکتر فرزان دالچی

استاد دانشگاه صنعتی سهند

Waite, Lee

ویت، لی

مکانیک سیالات زیستی کاربردی / تألیف لی ویت، جری فاین ؛ ترجمه فرزانه قالیچی -

QP

تهران: دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۹۳.

۱۰۵

۴۶۳ ص. : مصور، جدول، نمودار، - (انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، ۹۲)

۸۱/۹۰

ISBN:978-964-6219-69-4

۱۳۹۳

Applied biofluid mechanics

عنوان اصلی

کتابنامه: ص ۴۴۳ - ۴۴۵

۱- جریان خون. ۲- سیالات- مکانیک. ۳- خون- گردش. ۴- مهندسی پزشکی. ۵- قلب-

فیزیولوژی. الف. فاین، جری مایکل، Fine, Jerry Michael، ب. قالیچی، فرزانه، ۱۳۴۱-

مترجم، ج. دانشگاه صنعتی سهند، د. عنوان.

شماره کتابشناسی ملی ایران: ۳۷۳۴۵۷۱

این کتاب ترجمه‌ای است از:

Applied biofluid mechanics

Lee Waite , Jerry Michael Fine



نام کتاب: مکانیک سیالات زیستی کاربردی

تألیف: لی ویت، جری مایکل فاین

ترجمه: دکتر فرزانه قالیچی

ویراستار: دکتر سیامک حسین پور خشکباری

تعداد صفحات: ۴۶۳ صفحه وزیری

تهران ۱۳۹۴

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

لایحه گرافیک: چارلیز

چاپ: اعظم چاپ اول

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۲۱۹-۶۹-۴

قیمت: ۲۳۰۰۰ تومان

حق چاپ باری دانشگاه صنعتی سهند محفوظ است.



پیشگفتار ناشر

توسعه روزافزون دانشگاه و مؤسسات آموزش عالی کشور، اهمیت انتشار کتب و سایر منابع علمی به زبان فارسی را به ابعاد بسیار گسترده‌تری رسانده که به امر پژوهش، تدریس یا تحصیل در سطح آموزش عالی اشتغال دارند، مبرهن می‌گردد. از طرفی کمبود کتب علمی به زبان فارسی از سال‌ها پیش در سطح دانشگاه‌ها احساس و با گسترش مستمر دانشگاه‌ها و افزایش تعداد دانشجویان این کمبود ملموس‌تر می‌شود. دانشگاه صنعتی سهند برای ایفای بخشی از رسالت خود و جبران جزئی از این نقیصه و ارتقاء کیفی و کمی سطح علمی دانشجویان عزیز در صدد است یک سری کتاب‌های علمی را به صورت تالیف یا ترجمه چاپ و منتشر کند و در اختیار دانش‌پژوهان قرار دهد، باشد که این خدمت ناقابل گامی در جهت رفع قسمتی از نیازهای علمی کشور عزیز اسلامی ایران و مورد قبول درگاه حق تعالی قرار گیرد.

در خاتمه امید است با دریافت پیشنهادها، نقطه نظرها و انتقادهای خدایندگان و صاحب نظران محترم، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند در خدمت اعتلای فرهنگ اسلامی و استقلال سازندگی کشور مؤید به تأییدات خداوندی باشد.

با آرزوی توفیق الهی

دانشگاه صنعتی سهند

وَسَبِّحْ بِحَمْدِ رَبِّكَ قَبْلَ طُلُوعِ الشَّمْسِ وَقَبْلَ الْغُرُوبِ

و پیش از برآمدن آفتاب و پیش از غروب به ستایش پروردگار تسبیح گوی

پیش گفتار مترجم

خداوند مان در آفرینش هستی آدمی را در بهترین قوام هستی بخشیده (لقد خلق الانسان فی احسن تزییم، التین آیه ۴) و در این میان قلب انسان یکی از شاهکارهای خلقت خداوندی است که حیات انسان در دنیای مادی به آن وابسته می باشد. آدمی در تداوم حیات خود با انواع بیماری های مواجه بوده است و برای غلبه بر آنها سعی در کشف منشا آنها و درمان آنها نموده است. بیماری های قلبی عروقی یکی از این بیماری ها است که از عوامل اصلی مرگ و میر در اکثر جوامع امروزی می باشد. تحقیقات انجام شده نشان داده اند که عوامل متعددی از قبیل وراثت، دیابت، چاقی، فشار خون بالا، رژیم غذایی و استرس در تشکیل این بیماری نقش دارند. در میان عوامل ذکر شده برخی به شیوه زندگی انسان ها بستگی دارد که اگر بر مبنای صحیح انجام گیرد شاید بتوان گفت که درصد زیادی از این بیماری ها از بین خواهد رفت. در دین مبین اسلام توصیه های بهداشتی زیادی انجام شده که اگر آنها رعایت شوند شاید ابتلا به چنین بیماری هایی کمتر شود. در اینجا به چند نمونه از آیات قرآن در این زمینه اشاره می شود. به عنوان مثال پر خوری و اسراف در قرآن مورد نکوهش قرار گرفته است. «... کُلُوا و اشربوا و لا تسرفوا انه لا یحب المسرفین». (از نعمتهای الهی) بخورید و بیاشامید، ولی اسراف نکنید که خداوند مسرفان را دوست نمی دارد. سوره اعراف/۳۱ و لذا اگر تغذیه از حالت اعتدال خارج شود برای انسان ضرر دارد و سلامت جسمی او را به خطر می اندازد. لذا تنها با رعایت این مطلب می توان یکی از عوامل بیماری ها را حذف نمود. ایمان به خدا باعث می شود که فرد متکی بر موجودی شود که علم، قدرت و خیر خواهی بی نهایت دارد و لذا ترس و دلهره و اضطراب و تزلزل در فرد

ایجاد نمی‌شود و احساس بی‌نیازی و آرامش به او دست می‌دهد. «والذی انزل السکینه فی قلوب المؤمنین.... او (خدا) کسی است که آرامش را در دل‌های مؤمنان نازل کرد.. سوره فتح/۴» با عنایت به این نکته که بر مبنای تحقیقات انجام شده استرس عامل بسیاری از بیماری‌ها است با نکیه بر این آیه می‌توان عامل دیگری از عوامل بیماری‌ها را از بین برد.

علیرغم تمامی توصیه‌های انجام شده، متأسفانه گرفتگی عروقی و بیماری آترواسکلروز یکی از بیمارهای شایع در این میان می‌باشد. شواهد کلینیکی نشان داده‌اند که این بیماری در همه عروق بدن اتفاق نمی‌افتد و فقط در محل‌های خاصی شکل می‌گیرد که در آنجا از نقطه‌نظر مکانیک سیالات پدیده مشخصی انجام می‌گیرد. همین موضوع و همچنین تحقیقات گسترده انجام شده در چند دهه اخیر شاهد بر این مدعا است که علاوه بر عوامل ذکر شده، فیزیکی، ریاضیاتی و عوامل همودینامیکی نیز در تشکیل و توسعه بیماری‌های قلبی-عروقی بسیار مهم و اثرگذار است می‌باشند. مکانیک سیالات زیستی نقش بسیار مهمی را در سیستم قلبی-عروقی و ریویزی ایفا نموده و نقش آن در فهم نیروها، حرکت خون و سلول‌های خونی اساسی است. به استناد از رجاء این کتاب ایجاد سهولت و در اختیار قراردادن مرجعی برای دانشجویان رشته مهندسی مکانیک و مهندسی پزشکی گرایش بیومکانیک جهت مطالعه مکانیک سیالات کاربردی، در سیستم قلبی-عروقی و ریوی می‌باشد. مترجم این کتاب معتقد است که با مطالعه این کتاب یک آموزش و یادگیری سیستماتیک به دانشجویان علاقه‌مند ارائه می‌دهد به طوری که آنها را در پیگیری مطالعه بیشتر در این زمینه ترغیب نماید. برای تکمیل اهداف موردنظر این کتاب اصول مکانیک سیالات اشاره شده و این اصول به مبانی سیستم‌های بیولوژیکی مرتبط می‌شوند. سپس این مبحث با معرفی سیستم قلبی-عروقی و سیستم ریوی و عملکرد آنها و توصیف سیال خون و رفتارهای آن ادامه می‌یابد. آناتومی و فیزیولوژی عروق خونی در ادامه بحث شده و سپس به مکانیک درجه‌های قلبی پرداخته خواهد شد. بحث جریان ضربانی و همچنین اندازه‌گیری جریان و فشار و در نهایت تجهیزات مربوطه بحث می‌شوند. هر فصل با یک مقدمه مختصر شروع شده و با ارائه مسائلی در جهت آشنایی دانشجویان با مکانیک سیالات کاربردی به اتمام می‌رسد.

خداوند منان را بسیار سپاسگزاریم که عنایت خود را شامل حال ما نموده تا ترجمه کتاب حاضر را در جهت کمک به دانش‌پژوهان و دانشجویان رشته مهندسی مکانیک و مهندسی پزشکی-بیومکانیک به پایان رسانیم. در این راستا وظیفه می‌دانم از همه عزیزانی که به هر عنوان اینجانب را در آماده‌سازی کتاب حاضر یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی نمایم. از آقای دکتر حسین‌پور که زحمت ویراستاری این ترجمه را قبول کردند، متشکرم. از دوست و همکار بسیار گرامی جناب آقای دکتر محمدرضا چناقلو که با راهنمایی‌های ارزنده خود پیش‌گفتار این کتاب را غنی ساختند، سپاسگزاری می‌نمایم. از آقایان مهندس صراف‌زاده، مهندس صدیق و مهندس صهبافر و سایر دانشجویان دیگر که صمیمانه اینجانب را در نهایی کردن این ترجمه یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم. از دانشگاه صنعتی سهند تبریز که با حمایت‌های خود و قبول مسئولیت چاپ این کتاب زمینه انتشار آن را فراهم نمودند، سپاسگزارم.

www.ketab.ir

پیش‌گفتار مؤلف

مهندسی زیست‌پزشکی از لحاظ تعریف یک رشته علمی با زمینه‌های مختلف می‌باشد. به نظر می‌رسد روزهایی که پزشکی فقط به پزشکان و مهندسی فقط به مهندسين واگذار شده‌باشد، دیگر سری‌شا است. من از سال ۱۹۶۰ زمانی که در Rose-Hulman شروع به تدریس کردم به دنیا آمد کتاب درسی تحت عنوان مکانیک سیالات زیست‌پزشکی در مقطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی درم. بدنبال آن بسیار گشتم ولی کتابی که بتواند ترکیبی از فیزیولوژی سیستم قلبی-عروقی و ریوی را با مهندسی مکانیک سیالات و خون‌شناسی را ارائه بدهد و مورد رضایت باشد، پیدا نکردم. لذا تصمیم گرفتم چنین کتابی را بنویسم. Ken McCombs در McGraw-Hill، اندازه کافی راضی شد و درخواست کرد تا من کتابی در این خصوص بنویسم که شما آن را ملاحظه می‌کنید. مکانیک سیالات زیستی کاربردی شامل سری مسائل و حل آنها می‌باشد که در کتابهای درسی را همراهی می‌کنند.

مکانیک سیالات زیستی کاربردی با فصل ۱ با مروری بر بعضی از مبانی مکانیک سیالات که مهندسين مکانیک و شیمی باید آنها را بدانند، شروع می‌شود. این فصل با دو فصل دیگر که فیزیولوژی سیستم قلبی-عروقی و ریوی را توضیح می‌دهد ادامه یافته و در یک فصل بعدی خون‌شناسی و رئولوژی خون توضیح داده می‌شود. این چهار فصل اساس کار را برای باقیمانده کتاب فراهم می‌نماید که بیشتر روی مفاهیم مهندسی

پیشرفته تمرکز می‌نماید. Dr. Fine بعضی قسمت‌های جالب را در فصل ۷ اضافه کرده و ۱۰ راه‌حل برای مدل‌سازی جریان نبضی ارائه داده است. ۱۰ هفته ارائه من در درس مکانیک سیالات زیستی مبنای این کتاب را تشکیل می‌دهد. این درس شامل ۴۰ جلسه کلاسی می‌باشد که تقریباً تمامی محتویات این کتاب را پوشش می‌دهد. به نظر می‌رسد این درس بتواند دانشجویان را برای کار در صنایع تجهیزات پزشکی و سلامت و یا سایر صنایع مربوطه در سطح کار کارشناسی ارشد مهندسی زیست پزشکی آماده نماید.

عیرغم تلاش زیادی که تصحیح کنندگان متعدد بر رفع اشتباهات در کتاب انجام داده‌اند، ممکن است ۱۰ اشتباهاتی در کتاب باشد. من از تمامی پیشنهادات برای ارتقای کیفیت کتاب که از طرف تمامی خوانندگان صورت پذیرد، برای اعمال آنها در چاپ‌های بعدی استقبال می‌کنم.

Lee Waite, Ph.D, P.E.

فصل ۱ مروری بر مفاهیم اساسی مکانیک سیالات بیولوژیکی

۳	۱-۱ تاریخچه کوتاه مکانیک سیالات در زیست پزشکی
۱۰	۲-۱ ویژگی های سیال و ویسکوزیته
۱۰	۱-۲-۱ جابجایی و سرعت
۱۳	۲-۲-۱ تنش برشی و ویسکوزیته
۱۴	۳-۲-۱ مسئله نمونه: تنش برشی
۱۶	۴-۲-۱ ویسکوزیته (لزجت)
۱۹	۵-۲-۱ ویسکوزیته پلیمیری
۲۰	۳-۱ روش های اندازه گیری ویسکوزیته
۲۳	۱-۳-۱ مسئله نمونه: اندازه گیری ویسکوزیته
۲۴	۴-۱ مقدمه ای بر جریان داخل لوله
۲۵	۱-۴-۱ عدد رینولدز
۲۷	۲-۴-۱ مسئله نمونه: عدد رینولدز
۲۷	۳-۴-۱ قانون پوازی
۳۱	۴-۴-۱ نرخ جریان
۳۳	۵-۱ معادله برنولی
۳۳	۶-۱ بقای جرم
۳۵	۱-۶-۱ مثال ونتوری متر
۳۶	۷-۱ استاتیک سیالات
۳۷	۱-۷-۱ مسئله نمونه: استاتیک سیال
۳۹	۸-۱ عدد و مرسلی α ، یک پارامتر فرکانسی برای جریان ضربانی
۴۰	۱-۸-۱ مسئله نمونه: عدد و مرسلی
۴۲	مسائل مروری
۴۶	مراجع

فصل ۲ ساختار و عملکرد قلب و عروق

۴۹	۱-۲ مقدمه.....
۵۰	۲-۲ ویژگی های بالینی.....
۵۱	۳-۲ آناتومی کارکردی.....
۵۳	۴-۲ قلب به عنوان یک پمپ.....
۵۴	۵-۲ ماهیچه قلبی.....
۵۶	۱-۵-۲ تسلیل زیستی در مایوکاردیوم.....
۵۷	۲-۵-۲ حریم پذیر.....
۶۰	۳-۵-۲ خودکری.....
۶۰	۶-۲ الکتروکاردیوگرام.....
۶۱	۱-۶-۲ هادی های الکتریکال ریوگرام.....
۶۳	۲-۶-۲ محور الکتریکی میانگین.....
۶۵	۳-۶-۲ مثال: محور الکتریکی میانگین.....
۶۶	۴-۶-۲ هادی های تک قطبی در مقابل هادس های دوقطبی و تقویت شده.....
۶۸	۵-۶-۲ تفسیرهای الکتروکاردیوگرام.....
۷۰	۶-۶-۲ ویژگی بالینی (آزمایش تنش ورزشی نزدیک سندان سینه).....
۷۱	۷-۲ درجه های قلبی.....
۷۳	۱-۷-۲ ویژگی های بالینی.....
۷۳	۸-۲ سیکل قلبی.....
۷۷	۱-۸-۲ نمودارهای فشار-حجم.....
۸۰	۲-۸-۲ تغییرات در انقباض پذیری.....
۸۰	۳-۸-۲ بازده قلبی.....
۸۱	۴-۸-۲ ویژگی های بالینی (نارسایی قلبی احتقانی).....
۸۱	۵-۸-۲ شاخص ضربانی.....
۸۲	۶-۸-۲ مسئله نمونه: شاخص ضریان.....
۸۴	۹-۲ صداهای قلب.....

۸۴	۱-۹-۲ ویژگی های بالینی.....
۸۵	۲-۹-۲ عوامل تأثیر گذار بر جریان و فشار.....
۸۸	۱۰-۲ گردش خون کرونری.....
۸۹	۱-۱۰-۲ کنترل گردش خون کرونری.....
۹۰	۲-۱۰-۲ ویژگی های بالینی.....
۹۰	۱۱-۲ گردش خون میکرونی.....
۹۱	۱-۱۱-۲ ساختار مویرگی.....
۹۳	۲-۱۱-۲ ساختار دیواره مویرگی.....
۹۴	۳-۱۱-۲ کنترل فشار در میکرو عروق ها.....
۹۵	۴-۱۱-۲ موذ ر مویرگ ها.....
۹۶	۵-۱۱-۲ وریدهای کرجک.....
۹۶	۱۲-۲ گردش لنفاوی.....
۹۸	مسائل مروری.....
۱۰۶	مراجع.....

فصل ۳ آناتومی و فیزیولوژی ریه و سیستم تنفس

۱۰۹	۱-۳ مقدمه.....
۱۱۱	۱-۱-۳ ویژگی های بالینی: تهویه خیلی زیاد.....
۱۱۱	۲-۳ تهویه آلونولی.....
۱۱۱	۱-۲-۳ حجم جاری.....
۱۱۱	۲-۲-۳ حجم باقی مانده.....
۱۱۲	۳-۲-۳ حجم ذخیره بازدمی.....
۱۱۲	۴-۲-۳ حجم ذخیره دمی.....
۱۱۳	۵-۲-۳ ظرفیت باقی مانده عملکردی.....
۱۱۳	۶-۲-۳ ظرفیت دمی.....
۱۱۳	۷-۲-۳ ظرفیت ریه کلی.....
۱۱۴	۸-۲-۳ ظرفیت حیاتی.....

۱۱۴	۳-۳ روابط تهویه - خون‌رسانی.....
۱۱۵	۴-۳ مکانیک تنفس.....
۱۱۶	۱-۴-۳ ماهیچه‌های دم.....
۱۱۶	۲-۴-۳ ماهیچه‌های بازدم.....
۱۱۷	۳-۴-۳ کمپلانس ریه و دیواره قفسه سینه.....
۱۱۷	۴-۴-۳ الاستیسیته، الاستس و برگشت الاستیک.....
۱۱۸	۵-۴-۳ مثال نمونه: کمپلانس.....
۱۱۹	۵-۳ کار تنفس.....
۱۲۲	۱-۵-۳ ویژگی‌های بالینی: نارسایی تنفسی.....
۱۲۲	۶-۳ مقاومت راه هوایی.....
۱۲۶	۱-۶-۳ مثال نمونه: عدد رینولدز.....
۱۲۷	۷-۳ تبادل گاز و انتقال.....
۱۲۷	۱-۷-۳ انتشار.....
۱۲۸	۲-۷-۳ ظرفیت انتشار.....
۱۳۰	۳-۷-۳ منحنی تجزیه اکسیژن.....
۱۳۲	۴-۷-۳ مسئله نمونه: محتوای اکسیژن.....
۱۳۳	۵-۷-۳ ویژگی‌های بالینی.....
۱۳۴	۸-۳ پاتوفیزیولوژی ریه.....
۱۳۴	۱-۸-۳ برونشیت (آماس نایژه).....
۱۳۴	۲-۸-۳ آمفیزم.....
۱۳۵	۳-۸-۳ تنگی نفس (آسم).....
۱۳۵	۴-۸-۳ فیروز ریوی.....
۱۳۶	۵-۸-۳ بیماری مزمن انسداد ریوی.....
۱۳۶	۶-۸-۳ بیماری قلب.....
۱۳۷	۷-۸-۳ مقایسه پاتولوژی‌های ریوی.....
۱۳۸	۹-۳ تنفس در محیط‌های بحرانی.....
۱۳۸	۱-۹-۳ فشار بارومتریک.....

۱۳۹	 ۲-۹-۳ فشار جزئی اکسیژن
۱۴۱	 ۳-۹-۳ تهویه زیاد و معادله گاز آلونولی
۱۴۲	 ۴-۹-۳ افزایش قلبیایی بدن
۱۴۳	 ۵-۹-۳ بیماری حاد کوهستان (AMS)
۱۴۳	 ۶-۹-۳ ورم ریوی ارتفاع بالا
۱۴۴	 ۷-۹-۳ تورم مغزی ارتفاع بالا
۱۴۴	 ۸-۹-۳ سازش با آب و هوای یک محیط جدید
۱۴۵	 ۹-۹-۳ داروهای تحریک کننده تولید کننده گلبول قرمز خون
۱۴۷	 ۱۰-۹-۳ مسائل نمونه: معادله گاز آلونولی
۱۴۸	 مسائل مروری
۱۵۱	 مراجع

فصل ۴ خون شناسی و نورژی خن

۱۵۵	 ۱-۴ مقدمه
۱۵۵	 ۲-۴ اجزای خون
۱۵۵	 ۳-۴ ویژگی های خون
۱۵۶	 ۱-۳-۴ انواع سیالات
۱۵۷	 ۲-۳-۴ ویسکوزیته خون
۱۵۹	 ۳-۳-۴ اثر فارنوس - لیند کوئیس
۱۶۰	 ۴-۳-۴ معادله انیشتین
۱۶۱	 ۴-۴ اندازه گیری ویسکوزیته
۱۶۱	 ۱-۴-۴ ویسکومتر استوانه ای دورانی
۱۶۳	 ۲-۴-۴ اندازه گیری ویسکوزیته با استفاده از قانون پوازی
۱۶۵	 ۳-۴-۴ اندازه گیری ویسکوزیته با استفاده از یک ویسکومتر مخروط و صفحه
۱۶۷	 ۵-۴ اریتروسیت ها
۱۶۹	 ۱-۵-۴ هموگلوبین
۱۷۱	 ۲-۵-۴ ویژگی های بالینی - کم خونی سلول داسی شکل

۱۷۲	 ۳-۵-۴ شاخص های اریتروسیت
۱۷۳	 ۴-۵-۴ اختلالات خون
۱۷۴	 ۵-۵-۴ ویژگی های بالینی - تالاسمی
۱۷۵	 ۶-۴ لوکوسیت ها
۱۷۷	 ۱-۶-۴ نوتروفیل ها
۱۷۹	 ۲-۶-۴ لنفوسیت ها
۱۸۰	 ۳-۶-۴ مونوسیت ها
۱۸۱	 ۴-۶-۴ ائینفیل ها
۱۸۱	 ۵-۶-۴ بازوفیل ها
۱۸۲	 ۶-۶-۴ لوسمی
۱۸۲	 ۷-۶-۴ ترومبوسیت
۱۸۳	 ۷-۴ گروه های خونی
۱۸۵	 ۱-۷-۴ گروه های خونی RH
۱۸۶	 ۲-۷-۴ سیستم گروه خونی M و N
۱۸۷	 ۸-۴ پلاسما
۱۸۷	 ۱-۸-۴ ویسکوزیته پلاسما
۱۸۸	 ۲-۸-۴ ترکیب الکترولیتی پلاسما
۱۸۹	 ۳-۸-۴ pH خون
۱۹۰	 ۴-۸-۴ ویژگی های بالینی - عدم تعادل اسید - باز
۱۹۱	 مسائل مروری
۱۹۴	 مراجع

فصل ۵ آناتومی و فیزیولوژی عروق خونی

۱۹۷	 ۱-۵ مقدمه
۱۹۷	 ۲-۵ ساختار عمومی شریان ها
۱۹۸	 ۱-۲-۵ لایه درونی
۱۹۹	 ۲-۲-۵ لایه میانی

۱۹۹	 ۳-۲-۵ لایه خارجی
۱۹۹	 ۳-۵ انواع شریان‌ها
۲۰۰	 ۱-۳-۵ شریان‌های الاستیک
۲۰۰	 ۲-۳-۵ شریان‌های عضلانی
۲۰۱	 ۳-۳-۵ شریانچه‌ها
۲۰۱	 ۴-۵ مکانیک دیواره‌های شریانی
۲۰۴	 ۵-۵ کمپلینس
۲۰۹	 ۱-۵-۵ مثالی برای محاسبه کمپلینس
۲۱۰	 ۲-۵-۵ ویژگی بالینی - کمپلینس شریان‌ها و فشار خون بالا
۲۱۲	 ۶-۵ سرعت، رج تپشی و معادله موینس - کورتوگ
۲۱۲	 ۱-۶-۵ موارد کاربرد: ساخت نمونه شریانی
۲۱۳	 ۲-۶-۵ مدول فشار - درش
۲۱۴	 ۳-۶-۵ مثالی برای مدول الاستیته
۲۱۵	 ۷-۵ آسیب‌های عروقی
۲۱۵	 ۱-۷-۵ آترواسکلروز
۲۱۵	 ۲-۷-۵ تنگ‌شدگی عروق
۲۱۶	 ۳-۷-۵ آنوریسم
۲۱۷	 ۴-۷-۵ ویژگی‌های بالینی: ترمیم آنوریسم داخل رگی
۲۱۹	 ۵-۷-۵ ترومبوز
۲۱۹	 ۸-۵ استنت
۲۲۰	 ۱-۸-۵ ویژگی بالینی: بازار رقابت استنت‌ها
۲۲۲	 ۹-۵ پیوند بای‌پس عروق کرونری
۲۲۳	 ۱-۹-۵ پیوند‌های شریانی (گرافت)
۲۲۵	 مسائل مروری
۲۲۷	 مراجع

فصل ۶ مکانیک دریچه‌های قلبی

۲۳۱	۱-۶ مقدمه.....
۲۳۲	۲-۶ دریچه‌های آنورتی و ریوی.....
۲۳۷	۱-۲-۶ ویژگی‌های بالینی: کاشت دریچه آنورتی بصورت زیر پوستی.....
۲۳۹	۳-۶ دریچه‌های سه لتی و میترا.....
۲۴۱	۴-۶ گرا دیان فشار از میان تنگ شدگی دریچه‌ی قلبی.....
۲۴۲	۱-۴-۶ معادله گورلین.....
۲۴۵	۲-۴-۶ مسئله نمونه- معادله گورلین.....
۲۴۶	۳-۴-۶ تلفات انرژی در یک دریچه تنگ شده.....
۲۴۹	۴-۴-۶ مسئله نمونه- ریس اتلاف انرژی.....
۲۴۹	۵-۴-۶ ویژگی‌های بالینی.....
۲۵۰	۵-۶ دریچه‌های مصنوعی مکانیکی.....
۲۵۱	۱-۵-۶ مشخصات بالینی- عملکرد On-X.....
۲۵۳	۲-۵-۶ بررسی موردی- دریچه محلی- حرکت شیلی.....
۲۵۷	۶-۶ دریچه‌های بافتی مصنوعی.....
۲۵۹	مسائل مروری.....
۲۶۱	مراجع.....

فصل ۷ جریان پالسی در شریان‌های بزرگ

۲۶۷	۱-۷ مقدمه.....
۲۶۸	۲-۷ سینماتیک سیال.....
۲۷۰	۳-۷ پیوستگی.....
۲۷۰	۴-۷ اعداد مختلط.....
۲۷۳	۵-۷ معرفی سری‌های فوریه.....
۲۸۱	۶-۷ معادلات ناویر- استوکس.....
۲۸۶	۷-۷ جریان ضربانی در لوله صلب: حل و مرسلی.....
۳۰۰	۸-۷ جریان ضربانی در لوله‌های صلب: حل فرای.....

۳۰۸	۹-۷ ناپایداری در جریان ضربانی.....
۳۰۹	مسائل مروری.....
۳۱۶	مراجع.....

فصل ۸ اندازه‌گیری جریان و فشار

۳۱۹	۸-۱ مقدمه.....
۳۱۹	۸-۲ اندازه‌گیری‌های غیر مستقیم فشار.....
۳۲۰	۸-۲-۱ اندازه‌گیری غیر مستقیم گرادیان فشار با استفاده از اولتراسوند داپلر.....
۳۲۱	۸-۳ اندازه‌گیری مستقیم فشار.....
۳۲۱	۸-۳-۱ کرنش سنج همراه با ترانسدیوسر فشار درون رگی.....
۳۲۸	۸-۳-۲ سیستم اندازه‌گیری کاتتر- ترانسدیوسر خارج رگی.....
۳۲۹	۸-۳-۳ مدل الکتریکی سیستم اندازه‌گیری کاتتر.....
۳۳۲	۸-۳-۴ مشخصه‌های سیستم اندازه‌گیری فشار خارج رگی.....
۳۳۴	۸-۳-۵ مثال نمونه ویژگی‌های یک سیستم اندازه‌گیری عروقی.....
۳۳۵	۸-۳-۶ مورد اول: سیستم اندازه‌گیری کاتتر نایر.....
۳۳۸	۸-۳-۷ مورد دوم: سیستم اندازه‌گیری کاتتر تکیه‌سده و میرا.....
۳۴۲	۸-۳-۸ تست پاپ- اندازه‌گیری پاسخ پله‌ای گذرا.....
۳۴۳	۸-۴ اندازه‌گیری جریان.....
۳۴۳	۸-۴-۱ روش رقیق‌سازی نشانگر.....
۳۴۴	۸-۴-۲ تکنیک فیک در اندازه‌گیری خروجی قلب.....
۳۴۵	۸-۴-۳ مثالی از روش فیک.....
۳۴۵	۸-۴-۴ روش تزریق سریع در رقیق‌سازی نشانگر- تکنیک رقیق‌سازی ماده حاجب.....
۳۴۶	۸-۴-۵ رقیق‌سازی گرمایی.....
۳۴۷	۸-۴-۶ جریان‌سنج‌های الکترومغناطیسی.....
۳۴۹	۸-۴-۷ جریان‌سنج‌های اولتراسونیک موج پیوسته.....
۳۵۰	۸-۵ خلاصه و کاربردهای بالینی.....
۳۵۳	مسائل مروری.....

۳۵۷	مراجع
-----	------------

فصل ۹ مدل سازی

۳۶۱	۱-۹ مقدمه
۳۶۲	۲-۹ تئوری مدل ها
۳۶۲	۱-۲-۹ آنالیز ابعادی و نظریه پی باکینگهام
۳۶۵	۲-۲-۹ ترکیب ترم های Π
۳۶۸	۳-۹ تشابه هندسی
۳۶۸	۴-۹ تشابه دینامیکی
۳۶۹	۵-۹ تشابه سینماتیکی
۳۷۰	۶-۹ گروه هاز. پی. بعد. رسوم در مکانیک سیالات
۳۷۰	۷-۹ نمونه مدل سازی - آیا بک انسان را مدل می کند؟
۳۷۳	۸-۹ نمونه مدل سازی ۲
۳۷۴	۹-۹ نمونه مدل سازی ۳
۳۷۶	مسائل مروری
۳۷۸	مراجع

فصل ۱۰ مدل ریاضی پارامتر- فشرده

۳۸۱	۱-۱۰ مقدمه
۳۸۲	۲-۱۰ مدل آنالوگ الکتریکی جریان در یک لوله
۳۸۳	۱-۲-۱۰ گره ها و معادلات در هر گره
۳۸۵	۲-۲-۱۰ بار نهایی
۳۹۷	۳-۲-۱۰ خلاصه مدل آنالوگ الکتریکی پارامتر فشرده
۳۹۷	۳-۱۰ مدل کردن جریان از میان دریچه میترال
۳۹۹	۱-۳-۱۰ توصیف مدل
۴۰۲	۲-۳-۱۰ استراحت بطنی فعال
۴۰۲	۳-۳-۱۰ مفهوم مقاومت جابجایی
۴۰۳	۴-۳-۱۰ توصیف مدل دریچه میترال سطح متغیر

۴۰۴	 پارامترهای مدل سطح متغیر در یچه میترال..... ۵-۳-۱۰
۴۰۴	 حل دستگاه معادلات دیفرانسیل..... ۶-۳-۱۰
۴۰۵	 آزمایش مدل..... ۷-۳-۱۰
۴۰۵	 نتایج..... ۸-۳-۱۰
۴۰۸	 خلاصه..... ۴-۱۰
۴۱۰	 مسائل مروری.....
۴۱۱	 مراجع.....
۴۱۵	 واژه نامه.....
۴۳۱	 نمایه.....
۴۳۹	 مراجع نوبی.....