

مکانیک تحلیلی

ویراست هفتم

گوانت آر. فولز
جورج ال. کسیدی

www.ketab.ir

امید حمیدی

(عضو هیات علمی دانشگاه شهید باهنر کرمان)

حسین صالحی



دانش نگار



سرشناسه	فاولز، گرانٹ Fowles, Grant R
عنوان و نام پدیدآور	مکانیک تحلیلی/گرانٹ آر. فاولز، جورج ال کسیدی؛ [ترجمه] امید حمیدی، حسین صالحی.
مشخصات نشر	تهران: دانش‌نگار، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	۶۵۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۲۹۲۷-۷۱-۵
وضعیت فهرست‌نویسی	فیبا
یادداشت	عنوان اصلی: Analytical mechanics, 7th. ed, c2005.
موضوع	مکانیک تحلیلی
شناسه افزوده	کسیدی، جورج ال
شناسه افزوده	Cassiday, George L
شناسه افزوده	حمیدی، امید، ۱۳۴۲ - مترجم
شناسه افزوده	صالحی، حسین، ۱۳۵۶ - مترجم
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۱ م ۷/ف ۲/ق ۸۸۰ QA
رده‌بندی دیویی	۵۳۱/۰۱۵
شماره کتاب‌شناسی ملی	۲۶۸-۷۱۶

فرهیبخته گرامی:

کپی کردن و یا تهیه فایل‌های pdf از تمام و یا قسمتی از کتاب تزییع آشکار حقوق مادی و معنوی ناشر و مولف است و انگیزه تالیف، ترجمه و نشر کتاب‌های جدید را در کشور از بین می‌برد. خواهشمند است در زمان خرید کتاب، از اصل بودن آن اطمینان حاصل نمایید.

www.daneshiran.ir



مکانیک تحلیلی - ویراست هفتم

تألیف: گرانٹ آر. فاولز - جورج ال. کسیدی

ترجمه: امید حمیدی - حسین صالحی

نوبت چاپ: اول

سال چاپ: ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۴۰۰۰ تومان

چاپ و صحافی: فرنگارنگ

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۹۲۷-۷۱-۵



9 789842 927715

تهران، انقلاب، خیابان منیری‌جاوید (اردیبهشت)، نبش وحید نظری، شماره ۱۴۲ - تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۲۴

این اثر مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش یا عرضه کند تحت پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

فهرست مطالب

۲	..... مقدمه	
۹	..... ۱ مفاهیم بنیادی: بردارها	۱
۹	..... ۱-۱ مقدمه	۱-۱
۱۰	..... ۲-۱ اندازه‌گیری فضا و زمان: پگاها و ابعاد	۲-۱
۱۹	..... ۳-۱ بردارها	۳-۱
۲۶	..... ۴-۱ ضرب اسکالر	۴-۱
۳۱	..... ۵-۱ ضرب برداری	۵-۱
۳۴	..... ۶-۱ مثالی از ضرب برداری: گشتاور یک نیرو	۶-۱
۳۵	..... ۷-۱ ضرب‌های سه‌گانه	۷-۱
۳۷	..... ۸-۱ تغییر دستگاه مختصات: ماتریس تبدیل	۸-۱
۴۳	..... ۹-۱ مشتق بردار	۹-۱
۴۴	..... ۱۰-۱ بردار مکان ذره: سرعت و شتاب در مختصات راستگوشه	۱۰-۱
۵۰	..... ۱۱-۱ سرعت و شتاب در مختصات قطبی مسطح	۱۱-۱
۵۳	..... ۱۲-۱ سرعت و شتاب در مختصات استوانه‌ای و کروی	۱۲-۱
۶۳	..... ۲ مکانیک نیوتنی: حرکت راست خط ذره	۲
۶۳	..... ۱-۲ قوانین حرکت نیوتن: مقدمه تاریخی	۱-۲
۷۹	..... ۲-۲ حرکت مستقیم‌الخط: شتاب یکجوارخت تحت نیروی ثابت	۲-۲
۸۲	..... ۳-۲ نیروهای وابسته به مکان: مفاهیم انرژی جنبشی و پتانسیل	۳-۲
۸۹	..... ۴-۲ نیروهای وابسته به سرعت: مقاومت شاره و سرعت حد (نهایی)	۴-۲
۹۶	..... ۵-۲° سقوط قائم در شاره: حل عددی	۵-۲°
۱۰۵	..... ۳ نوسان	۳
۱۰۵	..... ۱-۳ مقدمه	۱-۳
۱۰۷	..... ۲-۳ نیروی بازگرداننده خطی: حرکت هماهنگ	۲-۳
۱۱۸	..... ۳-۳ ملاحظات مربوط به انرژی در حرکت هماهنگ	۳-۳
۱۲۲	..... ۴-۳ حرکت هماهنگ میرا	۴-۳
۱۳۳	..... ۵-۳° فضای فاز	۵-۳°
۱۴۲	..... ۶-۳ حرکت هماهنگ واداشته: تشدید	۶-۳
۱۵۶	..... ۷-۳° نوسانگر غیر خطی: روش تقریب‌های متوالی	۷-۳°
۱۶۲	..... ۸-۳° نوسانگر غیرخطی: حرکت آشوبناک	۸-۳°

۴ مکانیک تحلیلی

۳-۹ * نیروی محرک غیر سینوسی: سری فوریه ۱۶۹

۴ حرکت کلی ذره در سه بعد ۱۸۱

۱-۴ مقدمه: اصول کلی ۱۸۱

۲-۴ تابع انرژی پتانسیل در حرکت سه بعدی: عملگر دل ۱۸۸

۳-۴ نیروهای از نوع جداپذیر: حرکت پرتابی ۱۹۴

۴-۴ نوسانگر هماهنگ در دو و سه بعد ۲۰۷

۵-۴ حرکت ذرات باردار در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ۲۱۳

۶-۴ حرکت مفید ذره ۲۱۷

۵ دستگاه‌های مرجع ناخست ۲۲۷

۱-۵ دستگاه‌های مرجع استاندارد و نیروهای لختی ۲۲۷

۲-۵ دستگاه‌های مختصات چرخان ۲۳۳

۳-۵ دینامیک ذره در دستگاه مختصات چرخان ۲۴۰

۴-۵ اثرات چرخش زمین ۲۴۶

۵-۵ حرکت پرتابه در استوانه چرخان ۲۵۲

۶-۵ آونگ فوکو ۲۵۹

۶ گرانش و نیروهای مرکزی ۲۶۷

۱-۶ مقدمه ۲۶۷

۲-۶ نیروی گرانشی بین یک کره بکناخت و یک ذره ۲۷۲

۳-۶ قوانین حرکت سیاره‌ای کپلر ۲۷۵

۴-۶ قانون دوم کپلر: مساحت‌های مساوی، پایداری تکانه زاویه‌ای ۲۷۷

۵-۶ قانون اول کپلر: قانون بیضی‌ها ۲۸۰

۶-۶ قانون سوم کپلر: قانون هماهنگی ۲۹۱

۷-۶ انرژی پتانسیل در میدان گرانشی: پتانسیل گرانشی ۲۹۸

۸-۶ انرژی پتانسیل در میدان مرکزی عمومی ۳۰۵

۹-۶ معادله انرژی مدار در میدان مرکزی ۳۰۶

۱۰-۶ انرژی‌های مداری در میدان عکس مجذوری ۳۰۶

۱۱-۶ حدود حرکت شعاعی: پتانسیل مؤثر ۳۱۳

۱۲-۶ مدارهای تقریباً دایره‌ای در میدان‌های مرکزی: پایداری ۳۱۷

۱۳-۶ نقاط اوج و حضیض و زوایای اوجی - حضیضی در مدارهای تقریباً دایره‌ای ۳۱۹

۱۴-۶ حرکت در میدان دافه عکس مجذوری: پراکندگی ذرات آلفا ۳۲۲

۷ دینامیک سیستم‌های ذرات ۳۳۵

۱-۷ مقدمه: مرکز جرم و تکانه خطی سیستم ۳۳۵

۲-۷ تکانه زاویه‌ای و انرژی جنبشی سیستم ۳۳۸

۳-۷ حرکت در جسم برهمکنش کننده: جرم کاهش یافته ۳۴۴

۴-۷* مسئله جسمی محدود شده ۳۴۹

۵-۷ برخورد ۳۶۷

۶-۷ برخوردهای مایل و پراکندگی، مقایسه مختصات آزمایشگاهی و مختصات مرکز جرم ۳۷۱

۷-۷ حرکت جسم با جرم متغیر حرکت موشک ۳۷۹

۸ مکانیک اجسام صلب، حرکت در صفحه ۳۹۳

۱-۸ مرکز جرم یک جسم صلب ۳۹۳

۲-۸ چرخش جسم صلب حول محور ثابت: گشتاور لختی ۳۹۸

۳-۸ محاسبه گشتاور لختی ۴۰۰

۴-۸ آونگ فیزیکی ۴۱۰

۵-۸ تکانه زاویه جسم صلب در حرکت پوسته‌ای ۴۱۷

۶-۸ مثال‌هایی از حرکت پوسته‌ای جسم صلب ۴۲۱

۷-۸ ضربه و برخورد در اجسام صلب ۴۲۸

۹ حرکت اجسام صلب در سه بعد ۴۳۷

۱-۹ چرخش جسم صلب حول محوری دلخواه: گشتاورها و حاصل ضرب‌های لختی - تکانه زاویه‌ای و انرژی جنبشی ۴۳۷

۲-۹ محوره‌های اصلی جسم صلب ۴۴۸

۳-۹ معادلات اویلر حرکت جسم صلب ۴۶۱

۴-۹ چرخش آزاد جسم صلب: توصیف هندسی حرکت ۴۶۲

۵-۹ چرخش آزاد جسم صلب با یک محور تقارن: بحث تحلیلی ۴۶۴

۶-۹ توصیف چرخش جسم صلب نسبت به دستگاه مختصات ثابت: زوایای اویلر ۴۷۱

۷-۹ حرکت فرفره ۴۷۸

۸-۹ معادله انرژی و رقص محوری ۴۸۳

۹-۹ قطب‌نمای زیروسکوپی ۴۸۹

۱۰-۹ چرا دو چرخه لانس آرمسترانگ (اساساً) نمی‌افتد؟ ۴۹۲

۱۰ مکانیک لاگرانژی ۵۰۳

- ۱-۱۰ اصل وردشی هامیلتون: یک مثال ۵۰۵
- ۲-۱۰ مختصات تعمیم یافته ۵۱۰
- ۳-۱۰ محاسبه انرژی‌های جنبشی و پتانسیل بر حسب مختصات تعمیم یافته: یک مثال ۵۱۳
- ۴-۱۰ معادلات حرکت لاگرانژ برای سیستم‌های پایتار ۵۱۷
- ۵-۱۰ کله‌دهای معادلات لاگرانژ ۵۱۹
- ۶-۱۰ نکات‌های تعمیم یافته: مختصات حذف شدنی ۵۲۷
- ۷-۱۰ نیروهای قیدی: ضرایب لاگرانژ ۵۳۴
- ۸-۱۰ اصل دالامبر: نیروهای تعمیم یافته ۵۳۹
- ۹-۱۰ تابع هامیلتونی: معادلات هامیلتون ۵۴۷

۱۱ دینامیک سیستم‌های نوسانی ۵۶۱

- ۱-۱۱ انرژی پتانسیل و تعادل پایداری ۵۶۱
- ۲-۱۱ نوسان سیستمی با یک درجه آزادی حول وضعیت تعادل پایدار ۵۶۶
- ۳-۱۱ نوسانگرهای هماهنگ جفت شده: مختصات بهنجار ۵۶۹
- ۴-۱۱ نظریه کلی سیستم‌های ارتعاشی ۵۹۳
- ۵-۱۱ ارتعاش نخ باردار با آرایه خطی از نوسانگرهای هماهنگ جفت شده ۵۹۹
- ۶-۱۱ ارتعاش سیستم پیوسته: معادله موج ۶۰۷

- ضمیمه A ۶۱۹
- ضمیمه B ۶۲۲
- ضمیمه C ۶۲۵
- ضمیمه D ۶۲۸
- ضمیمه E ۶۳۰
- ضمیمه F ۶۳۲
- ضمیمه G ۶۳۴
- ضمیمه H ۶۳۶
- ضمیمه I ۶۴۲
- پاسخ مسائل برگزیده ۶۵۱

مقدمه

این کتاب برای درس مکانیک کلاسیک دوره کارشناسی دانشجویان رشته فیزیک، علوم فیزیکی یا مهندسی تدوین شده است. فرض بر این بوده است که دانشجویان دوره یک ساله فیزیک عمومی مبتنی بر حساب دیفرانسیل و انتگرال و دوره یک ساله درس حساب دیفرانسیل و انتگرال را گذرانده است. پیشنهاد می‌کنیم که دانشجویان درس معادلات دیفرانسیل و جبر ماتریسی را به صورت پیش‌نیاز یا هم‌نیاز با این درس بگذرانند.

ساختار ویرایش هفتم این کتاب همانند ویرایش قبلی است: تمرکز بحث کتاب بر معرفی و تشریح مکانیک نیوتنی است و موردتوجهی بشرفته‌تر لاگراژی و هامیلتونی در دو فصل پایانی ارائه شده است. در برخی از فصول موضوعات جدیدی افزوده شده و موضوعات قدیمی‌تر حذف شده‌اند. تلاش زیادی کرده‌ایم تا خطاهای چاپی آزردهنده و اشکالات غیرعمومی را برطرف کرده و بخش‌های مبهم درس را اصلاح کنیم. مفاهیم مشکل‌تر را بازتر کرده و شکل‌ها و مثال‌های زیادی را اضافه کرده‌ایم تا مفاهیم روشن‌تر و قابل فهم‌تر شوند. در چندین بخش اصلاحات گسترده‌ای انجام داده‌ایم و چند بخش جدید هم اضافه کرده‌ایم. بخش‌هایی که مستلزم کاربرد نرم‌افزارهایی نظیر متکد و متمتیکا به عنوان بخشی از راهبرد مسئله هستند ساده‌تر شده و بسیاری از جزئیات آنها به ضمایم منتقل شده است.

خلاصه کوتاه هر فصل:

فصل ۱: مقدمه‌ای کوتاه بر تحلیل ابعادی و جبر برداری؛ مفهوم سرعت و شتاب
فصل ۲: قوانین حرکت نیوتن؛ حرکت یک بعدی. بسط چارچوب‌های مرجع لخت. آشنایی با حل عددی مسائل به کمک متکد؛ سقوط قائم در شاره.

فصل ۳: حرکت هماهنگ، تشدید، نوسانگر واداشته. حل عددی مسائل نوسانگر غیرخطی
فصل ۴: حرکت ذره در سه بعد. انرژی پتانسیل و نیروهای پایستار. آشنایی با حل عددی مسائل به کمک متمتیکا.

فصل ۵: تحلیل حرکت در چارچوب مرجع نالخت و نیروهای مجازی. حل عددی حرکت پرتابی در چارچوب مرجع چرخان.

فصل ۶: گرانش. بحث مفصل نیروهای مرکزی. مقاطع مخروطی و مدارها. بحث مفصل انرژی مداری. معیارهای مدارهای پایدار. پراکندگی رادرفورد.

فصل ۷: دستگاه‌های بس‌ذره‌ای. مسئله سه جسم. حل عددی. نقاط لاگرانژی. قوانین پایستگی و برخوردها. بحث کامل حرکت مو شک.

فصل ۸: چرخش جسم حول محوری ثابت. بحث کامل حرکت لایه‌ای. گشتاورهای لختی.

فصل ۹: چرخش جسم در سه بعد. حل عددی مسائل شامل چرخش اجسام با گشتاورهای لختی اصلی متفاوت حرکت فرفره‌ها و ژيروسکوپ‌ها. پایداری چرخ چرخان دوچرخه (چرا لانس واژگون نمی‌شود).

فصل ۱۰: مکانیک لاگرانژی و هامیلتونی. اصول هامیلتون و دالامبر. قوانین پایستگی.

فصل ۱۱: نوسانگرهای جفت شده. مختصات بهنجار و مدل‌های بهنجار نوسان. مسئله ویژه مقداری. ریسمان باردادار و حرکت موجی.

مثال‌های حل شده زیادی بر این ویرایش اضافه شده است. اکثر مثال‌های حل شده در انتهای هر بخش ارائه شده‌اند. مسائلی که در بخش اول در انتهای هر فصل ارائه شده‌اند به صورت تحلیلی قابل حل‌اند. بخش دوم مسائل آخر هر فصل مستلزم استفاده از روش‌های عددی با بهره‌گیری از نرم‌افزارهایی مثل متکد و متمتیکا یا سایر نرم‌افزارهای مورد نظر دانشجویان یا استاد است.

ضمایم کتاب حاوی اطلاعات یا موضوعات مرجع است که کمک می‌کند دانشجویان در حل مسائل از مراجعه به مراجع دیگر که بسیار وقت‌گیر است بی‌نیاز باشند. پاسخ برخی از مسائل فرد برگزیده در پایان کتاب ارائه شده است.

راهنمای حل مسائل کتاب هم تهیه شده و علاقمندان می‌توانند برای تهیه آن با انتشارات دانش‌نگار تماس حاصل فرمایند.

جرج. ال. کسیدی