

ابزارهای ریاضی در فیزیک پایه ۱

سید وحید موسوی

سرشناسه	: موسوی، سید وحید، ۱۳۵۹
عنوان و نام پدیدآور	: ابزارهای ریاضی در فیزیک پایه ۱ / سید وحید موسوی.
مشخصات نشر	: تهران: نیاز دانش، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ح، ۲۳۴ ص.
شابک	: 978-600-7724-99-6
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
موضوع	: مکانیک - الگوهای ریاضی
موضوع	: Mechanics—Mathematical models
رده‌بندی کنگره	: QA۸۰۵/م۸۰۵/۱۳۹۶
رده‌بندی دیویی	: ۵۳۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۸۵۹۴۰۶



نام کتاب	: ابزارهای ریاضی در فیزیک پایه ۱
مؤلف	: سید وحید موسوی
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	: حمیدرضا محمد شیرازی - محمد شمس
ناشر	: نیاز دانش
صفحه‌آرا	: واحد تولید انتشارات نیاز دانش
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۶
شمارگان	: ۱۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۳۰۰۰۰ ریال

ISBN:978-600-7724-99-6

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۷۲۴-۹۹-۶

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیه‌ی CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است، متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

آدرس انتشارات: تهران، میدان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، تقاطع وحید نظری، پلاک ۲۵۵، طبقه ۱، واحد ۲
 ۰۲۱-۶۶۴۷۸۱۰۶-۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۲۱۰۶۷۰۹ - ۹۱۲

فهرست مطالب

پیشگفتار

ج

۱	اول	ابزارهای ریاضی و نظریه‌ی مکانیک نیوتنی
۳	۱	روش‌های تقریب، بردارها، دستگاه‌های مختصات و سینماتیک حرکت
۳	۱.۱	مقدمه
۴	۲.۱	نمادگذاری مجموع یا سیگما \sum
۶	۳.۱	روش‌های تقریب ریاضی
۱۱	۴.۱	بردارها
۱۵	۵.۱	ضرب بردارها در همدیگر
۱۵	۱.۵.۱	ضرب اسکالر یا نقطه‌ای
۱۷	۲.۵.۱	ضرب خارجی
۱۸	۳.۵.۱	ضرب‌های سه‌گانه
۱۹	۶.۱	مشتق برداری
۲۰	۱.۶.۱	مشتق‌های معمولی بردارها
۲۱	۲.۶.۱	مشتق‌های جزئی بردارها
۲۲	۳.۶.۱	دیفرانسیل بردار
۲۳	۷.۱	عملگرهای دیفرانسیلی برداری
۲۳	۱.۷.۱	عملگر برداری دیفرانسیلی گرادینان ∇

۲۵	عملگر برداری دیورژانس $\nabla \cdot$	۲.۷.۱
۲۵	کول یا چرخش $\nabla \times$	۳.۷.۱
۲۶	انتگرال گیری برداری	۸.۱
۲۶	انتگرال های خطی	۱.۸.۱
۲۷	انتگرال های سطحی	۲.۸.۱
۲۷	انتگرال های حجمی	۳.۸.۱
۲۸	مختصات منحنی الخط	۹.۱
۲۹	بردارهای یکه	۱.۹.۱
۳۲	المان های طول کمان، المان های سطح و المان حجم	۲.۹.۱
	گرادیان، دیورژانس و کول در	۱۰.۱
۳۳	دستگاه های مختصات منحنی الخط	
۳۴	دستگاه های مختصات منحنی الخط متعامد خاص	۱۱.۱
۳۴	مختصات استوانه ای (ρ, ϕ, z)	۱.۱۱.۱
۳۶	مختصات قطبی کروی (r, θ, ϕ)	۲.۱۱.۱
۳۷	مشتق زمانی یک بردار	۱۲.۱
۴۰	سینماتیک حرکت	۱۳.۱
۴۲	سرعت نسبی و شتاب	۱.۱۳.۱
۴۴	حرکت در مختصات قطبی	۱۴.۱
۴۷	نگاهی کوتاه به مکانیک نیوتنی	۲
۴۷	مقدمه	۱.۲
۴۸	دینامیک ذره	۲.۲
۴۸	قوانین حرکت نیوتن	۱.۲.۲
۵۲	چند نیروی خاص	۳.۲
۵۳	گرانش و وزن	۱.۳.۲
۵۸	نیروی الکتروستاتیکی	۲.۳.۲
۵۹	نیروهای تماسی (کشش نخ، اصطکاک، عمودی سطح و چسبندگی)	۳.۳.۲

۴۰۲	نحوه‌ی کاربرد قوانین نیوتن برای حل مسائل	۶۱
۵۰۲	کار، توان و انرژی جنبشی	۶۲
۱۰۵۰۲	قضیه‌ی کار-انرژی جنبشی	۶۴
۶۰۲	نیروهای پایستار، انرژی پتانسیل و پایستگی انرژی	۶۵
۷۰۲	ضربه‌ی یک نیروی وابسته به زمان	۶۹
۱۰۷۰۲	نوسان‌های کوچک در سیستم‌های مقید	۷۳
۲۰۷۰۲	دینامیک سیستم ذرات	۷۴

۳	حرکت صفحه‌ای جسم صلب	۸۵
۱۰۳	مقدمه	۸۵
۲۰۳	انتقال و دوران و قضیه‌ی شال	۸۵
۱۰۲۰۳	حرکت صفحه‌ای یک جسم صلب	۸۷
۲۰۳	سینماتیک دورانی در دوران حول محور ثابت	۸۸
۱۰۳۰۳	دوران با شتاب زاویه‌ای ثابت	۹۰
۲۰۳۰۳	کمیت‌های دورانی به صورت برداری	۹۱
۳۰۳۰۳	رابطه‌ی میان سینماتیک انتقالی و دورانی	۹۲
۴۰۳۰۳	انرژی جنبشی دورانی جسم صلب و گشتاور لختی	۹۵
۴۰۳	دینامیک دورانی و قانون دوم نیوتن برای دوران	۹۷
۱۰۴۰۳	تکانه‌ی زاویه‌ای مداری و اسپینی	۱۰۱
۲۰۴۰۳	قانون دوم نیوتن در حرکت دورانی حول یک محور ثابت	۱۰۲
۳۰۴۰۳	قضیه‌ی کار-انرژی جنبشی دورانی و توان در دوران حول یک محور ثابت	۱۰۴
۴۰۴۰۳	حرکت صفحه‌ای کلی یک جسم صلب	۱۰۶
۵۰۳	حرکت غلتشی محض	۱۰۶
۱۰۵۰۳	نیروی اصطکاک در حرکت غلتشی	۱۰۸
۲۰۵۰۳	پایستگی انرژی مکانیکی در حرکت غلتشی محض	۱۰۹
۶۰۳	تعادل جسم صلب	۱۱۰

۷۰۳ مرکز گرانی (گرانیگاه یا مرکز ثقل) ۱۱۲

۱۱۵	مسائل	دوم
۱۱۷	۱	آهنگ تغییر تندی
۱۱۷	۲	شنا در عرض رودخانه
	۳	سرعت بر حسب مختصات در حرکت با یک تندی ثابت بر روی یک
۱۱۹		مسیر بیضوی
۱۲۱	۴	مولفه‌های مماسی و عمودی شتاب حرکت
۱۲۴	۵	حرکت قایق با یک تندی ثابت در جهت رو به یک نقطه‌ی معین
۱۲۶	۶	سقف شیروانی و حرکت پرتابه
۱۲۸	۷	بیشینه‌ی برد پرتابه بر روی سطح شیب‌دار
۱۳۰	۸	نخ و قطعه‌ی مکعبی
۱۳۲	۹	طناب آویزان
۱۳۳	۱۰	ماشین آتوود شتاب‌دار
۱۳۷	۱۱	سطح شیب‌دار متحرک
۱۴۲	۱۲	نیروی گرانشی بین میله‌ی یکنواخت و جرم نقطه‌ای
۱۴۸	۱۳	نیروی گرانشی بین حلقه‌ی یکنواخت و جرم نقطه‌ای
۱۵۰	۱۴	نیروی گرانش بین قرص یکنواخت و جرم نقطه‌ای
۱۵۳	۱۵	نیروی گرانشی بین پوسته‌ی کروی یکنواخت و جرم نقطه‌ای
۱۵۶	۱۶	نیروی گرانش بین کره‌ی توپر با توزیع جرم با تقارن کروی و جرم نقطه‌ای
۱۵۸	۱۷	مرکز جرم میله‌ی نایکنواخت
۱۵۹	۱۸	مرکز جرم نیم دایره‌ی یکنواخت
۱۶۰	۱۹	مرکز جرم نیم قرص یکنواخت
۱۶۲	۲۰	مرکز جرم قرص ناقص یکنواخت
۱۶۴	۲۱	مرکز جرم نیم پوسته‌ی کروی یکنواخت
۱۶۶	۲۲	مرکز جرم مخروط توپر یکنواخت

۱۷۰	مرکز جرم بستنی قیفی یکنواخت	۲۳
۱۷۱	لختی دورانی میله‌ی یکنواخت	۲۴
۱۷۲	لختی دورانی یک واشر (یا یک پوسته‌ی استوانه‌ای) یکنواخت	۲۵
۱۷۵	لختی دورانی یک پوسته‌ی کروی یکنواخت	۲۶
	مرکز جرم و گشتاور لختی پوسته‌ی یکنواخت محدود به ناحیه‌ی داخل	۲۷
۱۷۷	سهمی $y = x^2$ و خط $y = H$	
۱۸۱	آونگ ساده	۲۸
۱۸۵	آونگ مرکب	۲۹
۱۸۷	نوسان یک ذره با دو نیرو	۳۰
۱۹۰	غلتش یک جسم گرد بر روی یک جسم گرد ثابت بزرگتر	۳۱
۱۹۶	غلتش یک جسم گرد یکنواخت بر روی یک سطح شیبدار	۳۲
	حرکت توأم لغزشی و دورانی یک جسم گرد یکنواخت بر روی یک	۳۳
۱۹۹	سطح افقی	
۲۰۳	برخورد کاملاً ناکشسان یک قطعه و یک میله‌ی آویزان	۳۴
۲۰۵	بررسی پایستار بودن یک میدان نیرو	۳۵
۲۰۸	کار انجام شده توسط یک میدان نیرو	۳۶
۲۰۹	کار انجام شده توسط یک میدان نیروی خطی	۳۷
۲۱۱	انتگرال خطی بردار مکان در یک مسیر بسته	۳۸
۲۱۲	محاسبه‌ی توان و کار با استفاده از معادله‌ی مسیر	۳۹
۲۱۳	محاسبه‌ی موقعیت و سرعت با استفاده از انرژی پتانسیل	۴۰

۲۱۷ آ رابطه‌ی بین مولفه‌های پادوردای یک بردار در دو دستگاه مختصات

۲۲۱ ب در مورد قانون اول نیوتن

پیشگفتار

کتاب‌های متعدد و متنوعی در زمینه‌ی فیزیک پایه توسط نویسندگان مختلف تألیف شده است. در کتاب‌های قدیمی‌تر تأکید بر ریاضیات و پارامتری حل کردن مسائل به مراتب بیشتر از کتاب‌های جدیدتر است که با رویکردی متفاوت و بیشتر متمایل به کاربردی کردن موضوع نوشته شده‌اند. به نظر نگارنده‌ی کتاب حاضر، رویکرد کتاب‌های جدیدتر هر چند جذاب است ولی خالی از اشکال هم نیست. دانشجویان به دلیل کار نکردن با ریاضیات، در زمینه‌ی حل مسائل مهارت‌های لازم را کسب نمی‌کنند و لذا در ادامه‌ی تحصیل و هنگام اخذ درس‌های پیشرفته‌تر به مشکل بر می‌خورند. در این کتاب که با رویکرد آموزش درست و بر اساس تجربه‌ی تدریس چندین دوره درس فیزیک پایه برای دانشجویان علوم و مهندسی به رشته‌ی تحریر در آمده است، کوشیده‌ایم قدرت روش‌های برداری، دستگاه‌های مختصات و روش‌های تقریب ریاضی را نشان دهیم و حتی‌الامکان از به کار بردن اصطلاحاتی نظیر ”به راحتی نشان داده می‌شود“ پرهیز کنیم.

بدین منظور، کتاب را در دو بخش آماده کرده‌ایم. در بخش اول ابزارهای ریاضی لازم شامل تحلیل برداری، روش‌های تقریب و دستگاه‌های مختصات منحنی‌الخط متعامد را آورده‌ایم. سپس، سینماتیک حرکت را مورد بحث قرار داده‌ایم و در انتها نگاهی هر چند کوتاه ولی دقیق به دینامیک انتقالی و دورانی داشته‌ایم. تا آن جا که ممکن بوده است، سعی کرده‌ایم مطالب را دسته بندی شده ارائه کنیم، چرا که اعتقاد داریم ارائه مطالب به این نحو باعث تسریع در یادگیری و دوام بیشتر آن می‌شود. به فراخور مطالب، از ذکر موارد جالبی که کمتر در کتاب‌های دیگر به چشم می‌خورد غافل نشده‌ایم. مثلاً با استناد به نوشتارهای موجود، به نقش این هیشم در حوزه مکانیک اشاره کرده‌ایم. در

بخش دوم، تعداد محدودی مساله حل کرده‌ایم. این مسائل با دقت و وسواس خاصی انتخاب شده‌اند تا قدرت ابزارهای ریاضی در حل آن‌ها نمود داشته باشد. گاهی یک مساله از راه‌های مختلف حل شده و وقتی یک مساله در یک حالت کلی حل شده است با استفاده از روش‌های تقریب ریاضی، حالت‌های حدی آن به عنوان موارد خاص بحث شده تا دانشجو روش برخورد با مساله را یاد بگیرد. ادعا نمی‌کنیم کار بی‌نظیری انجام داده‌ایم با این حال، اعتقاد داریم این کار در نوع خود کم‌نظیر است. این کتاب برای کلیه دانشجویان علوم و مهندسی، علی‌الخصوص دانشجویان رشته‌ی فیزیک در مقطع کارشناسی قابل استفاده است.

از سرکار خانم زکیه سادات حسینی نژاد دانشجوی ارجمند فیزیک که با تایپ مطالب، تولید شکل‌ها، خاطر نشان کردن اشکالات نگارشی و اشتباهات مختلف و همچنین متذکر شدن برخی مراجع، سهم بسزایی در ارتقای کیفی این کتاب داشتند، به طور ویژه تشکر می‌شود. در پایان از تمام عزیزانی که کتاب را استفاده می‌کنند خواهشمند است نظرات، انتقادات و پیشنهادات خود و همچنین اشکالات احتمالی کتاب را از طریق رایانامه s.v.mousavi@gmail.com به اطلاع برسانند تا در چاپ‌های بعدی کتاب مورد توجه و استفاده قرار گیرند.