



امواج

(رشته فیزیک)

www.ketab.ir

محمود جنوبی دکتر عبدالرسول قرائتی

سرشناسه	جنوبی، محمود
عنوان و پدید آور	امواج / مؤلفان: محمود جنوبی، عبدالرسول قرآنی جهرمی.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	دوازده، ۴۵۹ ص.
فروست	دانشگاه پیام نور، ۱۷۴۷. گروه فیزیک: ۱۷۴۱.
شابک	978-964-387-789-7
وضعیت فهرست نویسی	فیبا.
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	امواج - آموزش برنامه ای.
موضوع	امواج - راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	حرکت (فیزیک) - آموزش برنامه ای.
موضوع	حرکت (فیزیک) - راهنمای آموزشی (عالی)
شناسه افزوده	قرآنی جهرمی، عبدالرسول، ۱۳۲۸ -
شناسه افزوده	دانشگاه پیام نور.
رده بندی کنگره	۸ الف ۱۶۱/ج ۹ QC
رده بندی دیویی	۵۳۱/۱۱۳۳-۴
شماره کتابشناسی ملی	۲۳۰۲۲۸۶



امواج

مؤلفان: محمود جنوبی - دکتر عبدالرسول قرآنی جهرمی

ویراستار علمی: دکتر مهدی سودمند

تهیه و تولید: مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۴۰۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول خرداد ۱۳۹۰

شابک: ۷-۷۸۹-۳۸۷-۹۶۴-۹۷۸

ISBN: 978-964-387-789-7

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش

آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید

(کلیه حقوق نشر اعم از چاپی، الکترونیکی، تصویری، صوتی و اینترنتی برای دانشگاه پیام نور محفوظ است)

قیمت: ۵۶۰۰۰ ریال

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک‌درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی نمونه کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود. متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و کمک‌درسی (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

پیشگفتار	یازده
فصل اول. نوسانات آزاد دستگاه‌های ساده	۱
۱-۱ حرکت هماهنگ ساده	۲
۲-۱ نوسانات آزاد با یک درجه آزادی	۵
۳-۱ پارامترهای حرکت نوسانی هماهنگ ساده	۷
۱-۳-۱ دامنه	۷
۲-۳-۱ بسامد	۷
۳-۳-۱ نیروی برگردان و لختی	۸
۴-۳-۱ رفتار نوسانی	۹
۵-۳-۱ معنی فیزیکی ω	۹
۴-۱ نوسانگر هماهنگ: خواص و مثال‌ها	۱۰
۵-۱ مثال‌ها	۱۱
۱-۵-۱ آونگ ساده	۱۱
۲-۵-۱ نوسان‌های قائم	۱۵
۳-۵-۱ آونگ مرکب	۱۶
۴-۵-۱ آونگ پیچشی	۱۷
۵-۵-۱ آب در لوله U شکل	۱۸
۶-۵-۱ نوسان اجسام شناور	۲۰
۶-۱ خطی بودن و واصل بر هم‌نهی	۳۲
۷-۱ معادلات دیفرانسیلی همگن خطی	۳۳
۸-۱ نوسانات آزاد دستگاه‌های با دو درجه آزادی	۳۶
۹-۱ دو آونگ جفت شده	۴۷
۱-۹-۱ برهم‌نهی مدهای طبیعی	۵۰
۲-۹-۱ مختصات طبیعی	۵۴
۱۰-۱ مختصات طبیعی، درجه آزادی و مدهای طبیعی ارتعاش	۵۶
۱۱-۱ پاسخ خودآزمایی‌ها داخل متن	۶۰

۶۷	۱۲-۱ خودآزمایی‌های نهایی
۶۹	۱۳-۱ پرسش‌ها
۷۰	۱۴-۱ مسائل
۷۹	فصل دوم. نوسانات آزاد دستگاه‌های با چند درجه آزادی
۸۰	مقدمه
۸۱	۱-۲ امواج ایستاده مدهای طبیعی هستند
۸۲	۱-۲-۱ مدهای N نوسانگر جفت شده
۸۳	۲-۲ مدهای عرضی تار پیوسته
۹۸	۳-۲ تحلیل فوریه و حرکت عمومی یک تار پیوسته
۱۰۱	۴-۲ تحلیل فوریه در عمل
۱۰۶	۵-۲ تعریف سری فوریه در حالت عمومی
۱۰۹	۶-۲ تحلیل فوریه یک تابع تناوبی از زمان
۱۱۱	۷-۲ مدهای یک دستگاه گسسته با N درجه آزادی
۱۲۵	۸-۲ پاسخ خودآزمایی‌های داخل متن
۱۲۷	۹-۲ خودآزمایی‌های نهایی
۱۳۱	۱۰-۲ پاسخ خودآزمایی‌ها نهایی
۱۳۲	۱۱-۲ پرسش‌ها
۱۳۲	۱۲-۲ مسائل
۱۴۱	فصل سوم. برهم‌نهی نوسان‌های هماهنگ
۱۴۲	مقدمه
۱۴۲	۱-۳ اصل برهم‌نهی و خطی بودن
۱۴۳	۲-۳ برهم‌نهی دو نوسان هماهنگ هم خط
۱۴۵	۳-۳ نمایش بردار چرخان
۱۵۱	۴-۳ پدیده زنش
۱۵۴	۵-۳ برهم‌نهی دو نوسان هماهنگ عمود برهم
۱۵۹	۶-۳ نوسانات با بسامد متفاوت
۱۶۵	۷-۳ برهم‌نهی چندین نوسان هماهنگ
۱۷۳	۸-۳ پاسخ خودآزمایی‌های داخل متن
۱۷۶	۹-۳ پرسش‌ها
۱۷۷	۱۰-۳ مسائل
۱۸۱	فصل چهارم. نوسان‌های واداشته
۱۸۲	مقدمه
۱۸۲	۱-۴ نوسان‌های میرای دستگاه با یک درجه آزادی
۱۹۲	۱-۴-۱ زمان آرامش
۱۹۳	۱-۴-۲ ضریب کیفیت یا مقدار Q

۱۹۹	۲-۴ نوسانگر نامیرا با اعمال نیروی محرک هماهنگ
۲۰۳	۳-۴ نوسان‌های واداشته با میرایی
۲۰۵	۴-۴ تحلیل رفتار حالت پایای نوسانگر واداشته میرا
۲۱۵	۵-۴ حل عمومی و تحلیل حالت گذرای نوسانگر واداشته میرا
۲۱۸	۶-۴ توان جذب شده در نوسان‌های واداشته
۲۲۳	۷-۴ تشدید در مدارهای الکتریکی
۲۲۵	۸-۴ نمونه‌های تشدید
۲۲۶	۱-۸-۴ تشدید نورشناختی
۲۲۶	۲-۸-۴ تشدید هسته‌ای
۲۲۷	۳-۸-۴ تشدید مغناطیس هسته‌ای
۲۲۷	۹-۴ پاسخ خودآزمایی‌های داخل متن
۲۳۱	۱۰-۴ مسائل
۲۳۹	فصل پنجم. امواج پیشرونده
۲۴۰	مقدمه
۲۴۱	۱-۵ امواج پیشرونده هماهنگ یک‌بعدی و سرعت فاز
۲۵۳	۲-۵ معادله کلاسیک موج
۲۵۵	۳-۵ سرعت موج در محیط‌های پیوسته
۲۵۵	۴-۵ سرعت امواج عرضی در یک ریسمان کشیده
۲۵۶	۵-۵ پایداری مشخصه یک ریسمان در مقابل امواج عرضی
۲۵۸	۶-۵ ارتعاشات طولی یک میله و سرعت ارتعاشات در آن
۲۶۲	۷-۵ ارتعاشات ستون هوا و سرعت ارتعاش
۲۶۵	۱-۷-۵ فرمول نیوتن
۲۶۶	۲-۷-۵ تصحیح لاپلاس
۲۶۸	۸-۵ پایداری آکوستیکی
۲۶۹	۹-۵ امواج جریان و ولتاژ در خطوط انتقال الکتریکی
۲۷۱	۱۰-۵ پایداری مشخصه خط تراگیسل آرمانی
۲۷۲	۱۱-۵ امواج الکترومغناطیسی
۲۷۳	۱۲-۵ سرعت امواج الکترومغناطیسی در فضای آزاد
۲۷۶	۱۳-۵ انتقال انرژی به وسیله امواج پیشرونده
۲۷۶	۱-۱۳-۵ انرژی مکانیکی در یک تار مرتعش
۲۸۰	۱۴-۵ انتقال انرژی به وسیله امواج پیشرونده
۲۸۰	۱-۱۴-۵ امواج عرضی در یک تار مرتعش
۲۸۴	۱۵-۵ امواج دوبعدی
۲۸۵	۱۶-۵ معادله موج در دو بعد: غشاء کشیده
۲۸۸	۱۷-۵ امواج سه‌بعدی
۲۹۷	۱۸-۵ پاسخ خودآزمایی‌های داخل متن
۳۰۱	۱۹-۵ مسائل

فصل ششم. بازتاب امواج

۳۰۵	مقدمه
۳۰۵	۱-۶ بازتاب و تراگیل امواج عرضی در مرز بین دو ریسمان مختلف
۳۰۶	۲-۶ بازتاب و تراگیل انرژی در مرز دو محیط
۳۱۰	۳-۶ امواج ایستاده در ریسمانی به طول ثابت
۳۱۲	۴-۶ مد ارتعاشات
۳۱۴	۵-۶ نسبت موج ایستاده
۳۱۶	۶-۶ بازتاب و تراگیل امواج طولی (صوت) از مرز بین دو محیط
۳۱۸	۷-۶ انرژی صوت بازتابیده و تراگیلیده
۳۲۰	۸-۶ امواج ایستاده در لوله‌ها
۳۲۱	۹-۶ امواج ایستاده در لوله‌های بسته
۳۲۲	۱۰-۶ امواج ایستاده در لوله‌های باز
۳۲۴	۱۱-۶ بازتاب و تراگیل امواج از خط تراگیل الکتریکی
۳۲۶	۱۲-۶ خط تراگیل اتصال کوتاه شده (پاگیری صفر)
۳۲۸	۱۳-۶ امواج ایستاده در خط تراگیل اتصال کوتاه شده
۳۲۸	۱۴-۶ پاسخ خودازمایی‌های داخل متن
۳۳۰	۱۵-۶ پرسش‌ها
۳۳۰	۱۶-۶ مسائل

فصل هفتم. مودولاسیون، گروه‌های موج و تپ‌های موج

۳۳۵	مقدمه
۳۳۵	۱-۷ سرعت گروه و سرعت فاز
۳۳۶	۲-۷ سرعت گروه
۳۳۹	۳-۷ سرعت فاز
۳۴۱	۴-۷ رابطه بین سرعت فاز و سرعت گروه
۳۴۱	۵-۷ پاشندگی و سرعت گروه
۳۴۲	۶-۷ نمایش سرعت گروه به وسیله امواج سطحی آب
۳۴۳	۷-۷ امواج الکترومغناطیسی در خلأ
۳۴۴	۸-۷ امواج عرضی در ریسمان
۳۴۵	۹-۷ امواج صوتی در یک گاز
۳۴۵	۱۰-۷ تپ‌های موج
۳۴۶	۱۱-۷ ایجاد یک تپ با برهم‌نهی N نوسان هماهنگ، قضیه پهنای نوار
۳۴۸	۱۲-۷ قضیه پهنای نوار
۳۵۲	۱۳-۷ نمایش انتگرال فوریه یک تپ
۳۵۳	۱۴-۷ طیف بسامد
۳۵۴	۱۵-۷ تحلیل فوریه یک تپ
۳۵۵	۱۶-۷ تپ با طیف بسامد مربعی
۳۵۵	۱۷-۷ طیف بسامد یک تپ مربعی
۳۵۷	

۳۵۹	۱۸-۷ پاسخ خودآزمایی‌های داخل متن
۳۶۳	۱۹-۷ پرسش‌ها
۳۶۴	۲۰-۷ مسائل
۳۶۹	فصل هشتم. دستگاه‌های غیرخطی و آشوبناک
۳۶۹	مقدمه
۳۷۰	۱-۸ حرکت غیرخطی در یک بعد
۳۷۷	۲-۸ تحلیل کیفی - نمودارهای فاز و چرخه‌های حدی
۳۹۰	۳-۸ آونگ ساده با دامنه بزرگ
۳۹۲	۴-۸ نوسانگرهای واداشته با نیروی بازگرداننده غیرخطی
۳۹۲	۵-۸ دستگاه‌های آشوبناک
۳۹۸	۶-۸ چرخنده ضربه‌ای (نگاشت استاندارد)
۴۰۳	۷-۸ بررسی سیستم‌های آشوبناک به روش محاسبه توان لیاپانوف
۴۰۴	۸-۸ مسائل
۴۰۷	فصل نهم. امواج منفرد و سالیتون‌ها
۴۰۸	مقدمه
۴۰۹	۱-۹ دستگاه‌های خطی و غیرخطی
۴۱۲	۲-۹ دستگاه‌های انگرال پذیر
۴۱۳	۱-۲-۹ دستگاه‌های با درجات آزادی محدود
۴۱۸	۲-۲-۹ دستگاه‌ها با درجات آزادی نامحدود
۴۲۲	۳-۹ امواج منفرد و سالیتون‌ها
۴۲۴	۴-۹ تعریف سالیتون
۴۲۷	۵-۹ معادله کورته وگ و دوریس
۴۳۳	۶-۹ معادله دیفرانسیل غیرخطی شرودینگر
۴۳۶	۷-۹ معادله سینوسی گوردون
۴۳۷	۱-۷-۹ استخراج معادله از زنجیره آونگ‌ها
۴۳۹	۲-۷-۹ پاسخ‌های تک سالیتونی
۴۴۳	۸-۹ مسائل
۴۴۵	پیوست الف. سری تیلور
۴۵۰	پیوست ب. مروری بر ریاضیات
۴۵۴	پیوست ج. جداول
۴۵۷	واژگان انگلیسی به فارسی
۴۵۹	منابع

پیشگفتار

این کتاب به عنوان یک درس سه واحد نظری، در بین دروس اختیاری، برای دانشجویان رشته فیزیک منظور شده است. دانشجویانی که این درس را انتخاب می‌کنند قبلاً با حساب دیفرانسیل و انتگرال و قوانین بنیادی مکانیک آشنا شده‌اند. علی‌رغم این، نهایت سعی شده است که اگر به روش‌های پیشرفته‌ای از سری‌های زمانی، اعداد مختلط و معادلات دیفرانسیل نیاز بوده مسئله به‌طور مشروع بیان گردد و به‌گونه‌ای کاملاً خودآموز و قابل فهم باشد. از دستگاه مختصات قائم و یکاهای بین‌المللی آحاد (SI) در طول کتاب استفاده شده است.

کتاب دارای نه فصل است. هفت فصل اول کتاب به نوسانات خطی و دو فصل آخر به نوسانات غیرخطی می‌پردازد. سعی شده است از روش‌های تحلیلی بهره‌گرفته شود. بیان نظریه‌ها را با مثال‌هایی از پدیده‌های طبیعی و از زندگی روزمره آسان‌تر کرده‌ایم. هر فصل از کتاب دارای مثال‌های متعدد حل شده است. دانشجویان عزیز می‌توانند میزان یادگیری خود را با پاسخ دادن به خودآزمایی‌های کتاب و نیز حل کردن مسائل آخر کتاب بیازمایند.

در فصل اول کتاب نوسانات آزاد دستگاه‌های ساده که دارای یک درجه آزادی هستند، حرکت هماهنگ ساده، انواع دستگاه‌هایی که دارای حرکت هماهنگ ساده هستند مانند آونگ ساده، نوسان افقی و قائم یک جرم متصل به یک فنر، نوسان طولی یک جرم متصل به دو فنر، آونگ مرکب، پیچشی و نوسان آب در لوله، نوسان اجسام

شناور و نوسان بار الکتریکی در یک دستگاه الکتریکی، مدهای طبیعی نوسان طولی و عرضی و مختصات طبیعی بیان شده است.

در فصل دوم، نوسانات آزاد دستگاه‌های با چند درجه آزادی، مدهای N نوسان نوسانگر جفت شده، معادله کلاسیک موج در یک ریسمان پیوسته، مدهای طبیعی یک تار پیوسته، نسبت پاشندگی، مدهای طبیعی N نوسانگر جفت شده توضیح داده شده است.

در فصل سوم به بحث برهم‌نهی نوسان‌های هماهنگ، اصل برهم‌نهی و خطی بودن، برهم‌نهی دو نوسان هماهنگ، روش‌های تحلیلی این برهم‌نهی، برهم‌نهی دو نوسان هماهنگ متعامد، منحنی‌های لیسازو و برهم‌نهی چند نوسان هماهنگ و کاربرد آن پرداخته‌ایم.

نوسان‌های واداشته، نوسان‌های میرا و حالت‌های مختلف آن و نوسانگر میرا با نیروی محرک هماهنگ و نوسان‌های واداشته با میرایی و نمونه‌های تشدید مختلف: نورشناختی، هسته‌ای و مغناطیسی هسته‌ای در فصل چهارم مورد بحث قرار داده‌ایم.

فصل پنجم به امواج گذرا یا پیشرونده یک بعدی در یک ریسمان و یک فنر متراکم شده، سرعت موج در محیط‌های پیوسته، ارتعاشات عرضی یک میله، پاگیری آکوستیکی، انتقال انرژی به وسیله موج پیشرونده و امواج دو و سه بعدی اختصاص داده‌ایم.

بازتاب و تراگیل امواج عرضی و طولی در مرز بین دو محیط، انرژی موج بازتابیده و تراگیلیده و انرژی صوت بازتابیده و تراگیلیده در مرز دو محیط را در فصل ششم تشریح کرده‌ایم.

سرانجام بحث مودولاسیون، گروه‌های موج و تب‌های موج، سرعت گروه و سرعت فاز و رابطه بین آن‌ها، امواج پاشنده و ناپاشنده، تب‌های موج، نمایش انتگرال فوریه یک تب و تحلیل فوریه را در فصل هفتم بیان کرده‌ایم. دو فصل آخری کتاب به مباحث مربوط به نوسانات غیرخطی می‌پردازد.

اگر چه نهایت سعی خود را کرده‌ایم مطالب آورده شده دور از هر نوع خطا و ابهام باشد ولی با وجود این نظرات شما دانشجوی گرامی می‌تواند در چاپ‌های محتمل بعدی مفید و سازنده باشد.

محمود جنوبی - دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی

بهمن ماه ۱۳۸۹