

الکترواستاتیک و الکترومغناطیس

مقدماتی تا پیشرفته

محمد غریب شاهی

باشگاه ورزشکاران جوان و نخبگان
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

شیراز

۱۳۹۶

آوند اندیشه

سرشناسه	: غریب‌شاهی، محمد، ۱۳۶۲ -
عنوان و نام پدیدآور	: الکترواستاتیک و الکترومغناطیس: مقدماتی تا پیشرفته / محمد غریب‌شاهی.
مشخصات نشر	: شیراز: آوند اندیشه، ۱۳۹۶
مشخصات ظاهری	: ۴۵۶ ص. مصور.
شابک:	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۳۱-۹۱-۳
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتاب حاضر راهنمایی بر کتاب «الکترودینامیک کلاسیک» اثر جان دیوید جکسون است.
یادداشت	: کتاب‌نامه: ص ۴۵۵.
موضوع	: الکترودینامیک -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: Electrostatics -- Study and teaching (Higher)
موضوع	: الکتروستاتیک -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
موضوع	: Electrostatics -- Problems, exercises, etc (Higher)
موضوع	: الکترومغناطیس -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
موضوع	: Electromagnetism -- Problems, exercises, etc. (Higher)
شناسه افزوده	: جکسون، جان دیوید، ۱۹۲۸ - م. الکترودینامیک کلاسیک
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۶ ۱۷۲۵ الف ۸ ج ۶۳۱ / QC
رده‌بندی دیویی	: ۵۳۷/۶
شماره‌ی کتابشناسی ملی	: ۴۶۴۵۶۳۳

الکترواستاتیک و الکترومغناطیس: مقدماتی تا پیشرفته

محمد غریب‌شاهی

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

چاپ اول / ۱۳۹۶ / ۵۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۳۱-۹۱-۳

قیمت: ۴۰۰۰۰ تومان

حق چاپ برای انتشارات آوند اندیشه محفوظ است.



آدرس: شیراز، هدایت غربی، کوچه ۷، پلاک ۲۲۸، تلفن: ۰۷۱۱-۲۳۵۸۸۴۱ / ۰۷۱۷۷۰۰۲۰۷۴

پخش شیراز: خوارزمی ۲۳۳۵۲۹۶ / شهر کتاب ۲۳۰۶۹۰۷ / پخش کتاب شیراز ۶۴۸۰۶۰۹

پخش تهران: انتشارات نوپردازان ۶۶۴۹۴۴۰۹

فهرست مطالب

۱۱	مقدمه
۱۳	فصل اول / الکترواستاتیک
۱۴	۱-۱. قانون کولمب و شدت میدان الکتریکی
۱۸	۲-۱. میدان الکتریکی ناشی از توزیع پیوسته‌ی بار
۲۶	قانون گاوس
۲۷	کاربردهای قانون گاوس
۳۲	پتانسیل الکتریکی
۳۶	روابط بین میدان (E) و پتانسیل الکتریکی (V)
۳۸	دوقطبی الکتریکی و حیطه‌ی شا
۴۰	چگالی انرژی در میدان‌های "الکترواستاتیک"
۴۳	مسائل
۵۷	خازن
۵۹	خازن مسطح
۶۰	خازن استوانه‌ای
۶۰	خازن کره‌ای
۶۴	انرژی الکترواستاتیکی یک توزیع بار پیوسته
۶۵	نیروها، گشتاور نیروها و نیروی وارد بر توزیع بار
۶۹	اصل جابه‌جایی مجازی
۷۸	تقارن تابع گرین
۹۱	فصل دوم / مسائل مقدار مرزی در الکترواستاتیک I
۹۱	۲-۱. روش تصاویر
۹۳	۲-۲. بار نقطه‌ای در حضور یک کره رسانا
۱۰۰	۲-۳. بار نقطه‌ای در حضور یک کره رسانای باردار عایق‌بندی شده
۱۰۳	۲-۴. بار نقطه‌ای نزدیک یک کره‌ی رسانا در پتانسیل ثابت

- ۱۰۴ ۵-۲. کره رسانا در یک میدان الکتریکی یکنواخت با روش تصاویر
- ۱۱۰ ۶-۲. جواب عمومی برای پتانسیل با به کار بردن تابع گرین
- ۱۱۵ ۷-۲. کره‌ی رسانا با نیم کره‌هایی در پتانسیل‌های مختلف
- ۱۱۸ ۸-۲. محاسبه پتانسیل در مختصات کروی
- ۱۱۹ ۹-۲. جعبه رسانا
- ۱۲۰ ۱۰-۲. مسئله پتانسیل دو بعدی
- ۱۲۴ ۱۱-۲. میدان‌ها و جگالی‌های بار در گوشه‌های دو بعدی و در امتداد لبه‌ها
- ۱۲۴ مسائل مقدار مرزی در مختصات استوانه‌ای
- ۱۲۶ مسائل

فصل سوم / مسائل میدان‌های الکترواستاتیک II

- ۱۹۱ ۱-۳. معادله لاپلاس در مختصات کروی
- ۱۹۴ ۲-۳. معادله‌ی لژاندر و چند جمله‌ای‌های لژاندر
- ۲۰۴ روابط بازگشتی
- ۲۰۷ ۳-۳. مسائل مقداری با تقارن سمتی
- ۲۱۴ ۴-۳. رفتار میدان‌ها در یک حفره‌ی مخروطی یا نزدیک یک نقطه تیز
- ۲۱۸ ۵-۳. توابع لژاندر وابسته و هماهنگ‌های کروی $Y_{lm}(\theta, \phi)$
- ۲۱۹ سینوس و کسینوس
- ۲۲۰ مختصات قطبی کروی
- ۲۲۲ هماهنگ‌های کروی
- ۲۲۶ ۶-۳. معادلات لاپلاس در مختصات استوانه‌ای: توابع بسل
- ۲۳۳ اتحادهایی برای تابع‌های بسل
- ۲۳۵ شکل حدی انواع مختلف توابع بسل
- ۲۳۵ توابع متعامد
- ۲۳۷ ۷-۳. مسائل مقدار مرزی در مختصات استوانه‌ای
- ۲۴۰ ۸-۳. بسط تابع گرین در مختصات کروی
- ۲۴۳ ۹-۳. بسط تابع گرین در مختصات استوانه‌ای
- ۲۴۶ مسائل

فصل چهارم / میدان الکترواستاتیک، چندقطبی‌ها، دی‌الکتریک‌ها

۳۴۱	۱-۴. بسط چندقطبی
۳۴۵	۲-۴. تفسیر گشتاورها
۳۴۸	۳-۴. میدان دوقطبی
۳۴۹	۴-۴. انرژی توزیع بار
۳۵۰	۱-۴-۴. انرژی‌های دوقطبی
۳۵۱	۲-۴-۴. انرژی چهارقطبی
۳۵۲	۵-۴. دوقطبی‌ها در طبیعت: دائمی و القا شده
۳۵۲	۴-۶-۱. دوقطبی دائمی
۳۵۲	۴-۶-۲. دوقطبی القایی
۳۵۵	۶-۴. مواد دی‌الکتریک
۳۵۵	۴-۶-۱. مکعبی‌ها
۳۵۷	۷-۴. الکترواستاتیک، اگر، سکویا: دی‌الکتریک‌ها
۳۶۲	۴-۷-۱. جایه‌جایی الکتریکی
۳۶۴	۴-۷-۲. جمع بندی و بحث
۳۶۷	۸-۴. مسائل مقدار مرزی در دی‌الکتریک‌ها
۳۶۸	۴-۸-۱. بار نقطه‌ای نزدیک یک مرز
۳۷۲	۴-۸-۲. کره‌ی دی‌الکتریک در یک میدان یکنواخت
۳۷۵	۴-۸-۳. مسئله‌ی معکوس
۳۷۵	۴-۸-۴. معادله‌ی کلاسیوس موساتی
۳۷۷	۹-۴. انرژی الکترواستاتیک در دی‌الکتریک‌ها
۳۷۹	۴-۹-۱. نیروی روی یک دی‌الکتریک
۳۸۱	۴-۹-۲. نیروی روی یک دی‌الکتریک تجدیدپذیر
۳۸۹	۴-۱۰. بسط چندقطبی‌ها با هارمونیک‌های کروی
۳۹۵	مسائل

پیوست الف

کاربرد تابع دلتای دیراک در حل مسائل الکترواستاتیک

پیوست ب

مسئله: بار نقطه‌ای در حضور یک کره رسانای زمین شده

انتگرال گیری از توابع گویا

کره رسانا با نیم کره‌هایی در پتانسیل‌های مختلف

توابع همبسته بسط‌ها

تمامیت ویژه تابع‌ها (توسعه به ریاضی فیزیک)

انتگرال فوریه - دیراک

تعیین تابع دلتای دیراک

معادله لاپلاس سه بعدی

منابع و مآخذ

مقدمه

فضل خدای را که توفیق بخشید
یا کست آنکه سگرگی از خزار کرد
توحید کوی او نبی آدم اندوس
هر بلبل که ز زمزم بر شاخدار کرد

سپاس فراوان از پرهیزگاران ما را تندرستی بخشید تا به کوشش بپردازیم. آنچه انسان را از سایر موجودات متمایز می‌سازد، قدرت تفکر و تعقل اوست. انسان به کمک اندیشه قادر است در مقابل مسائل و مشکلات، مناسبی را انتخاب نماید. اما آنچه انسان‌ها را از هم متمایز می‌سازد میزان آگاهی آن‌هاست. هر کس در موردی آگاه‌تر از دیگران باشد در آن مورد پرتوان‌تر از دیگران خواهد بود. کسی نمی‌تواند بگوید که در حیطه‌ای پرتوان‌تر از کسانی است که از او آگاه‌ترند. کشوری که مردم ناآگاه دارد نیز اداری نادرستی‌اش پوچ و بی‌اساس است. دنیای امروز دنیای آگاهی و اطلاعات است، به عبارت دیگر دنیای علم و دانش است. تمام عقب‌افتادگی‌ها در اثر ناآگاهی و عدم اطلاع است. مردم ناآگاه را می‌توان به راحتی تحت سلطه قرار داد، در حالی که تسلط بر مردم آگاه به آسانی میسر نیست و اگر هم ممکن پذیر باشد موقتی و کوتاه مدت است. آگاهی تنها با علم و دانش قابل دسترسی است. بشر را باید به این مسئله پی برده و در ارتقای آموزش علم و دانش همواره در تکاپو و تقلا بوده است.

در قرون اخیر علوم جدید به‌ویژه علم فیزیک با به کار گرفتن ریاضیات و تجربه، قوانینی را کشف و صورت‌بندی کرده‌اند که زندگی بشر را دگرگون ساخته است. امری که دیگر همه‌ی علوم تجربی پایه‌ای در علم فیزیک دارند و اعتبار بسیاری از نظریه‌های این علوم از همین فیزیک ناشی می‌شود. به عنوان مثال پیشرفت‌های اخیر علم پزشکی بدون وجود ابزارهای مدرن و دقیقی که بر اساس نظریات فیزیکی طراحی و ساخته شده‌اند، غیر قابل تصور است.

اهمیت موضوع الکترودینامیک در رشته فیزیک بر کسی پوشیده نیست و لازم است که دانشجویان این رشته از ابتدا در جهت درک عمیق مفاهیم و نظریه‌های این حیطه تلاش کنند. کتاب حاضر نتیجه تحقیق و مطالعه در زمینه تشریح مطالب و مسائل در چهار فصل کتاب الکترودینامیک جکسون است. هدف اصلی ساده‌سازی و نوسازی مطالب بوده است. تجربه بسیاری از کاربران کتاب الکترودینامیک جکسون حکایت از آن دارد که دنبال کردن گام به گام رابطه‌های ریاضی به دست

آمده در بسیاری از قسمت‌های کتاب به خاطر پیچیدگی زیاد مشکل است. بنابراین در کتاب حاضر سعی شده است این مطلب روشن و واضح بیان و مرحله به مرحله تشریح شود تا خوانندگان از سردرگمی نجات یابند. مثلاً فصل‌های مربوط به مسائل مقدار مرزی ۱ و ۲ به صورت ساده‌تری بازنویسی شده است. افزون بر آن بیان توابع بسل و به کار بردن این توابع در چند مرحله باعث شد تا فرمول‌های کاربردی ریاضی به صورت ساده‌تری به دست آیند تا جایی برای مطالب تازه باز شود.

درباره ویژگی‌های این کتاب به چند نکته اشاره می‌کنیم:

۱. فرض بر این است که خواننده‌ی این کتاب برنامه ریاضی کارشناسی را فرا گرفته است و آمادگی درک مطالبی در سطح بالاتر و عمیق‌تر را دارد.
۲. در این کتاب روش‌هایی به کار گرفته شده است که در کتاب‌های کارشناسی یا به آن‌ها پرداخته شده است، یا به صورت اجمالی و سطحی به آن‌ها اشاره است.
۳. چه در مورد مطالب و چه در مورد مسائل کوشش شده است که هم تازه باشند و هم تفصیلی و کلی تا خواننده عادت کند. چون این که میان انبوه مسائل مختلف سردرگم شود، با جالب‌ترین و ضروری‌ترین (مسائل مناسب) آن‌ها آشنایی پیدا کند.
۴. هیچ کوششی برای منظم کردن مسائل از این جهت که مسائل مشابه در ردیف هم قرار گیرند نشده است زیرا به این ترتیب خواننده نمی‌تواند ذوق و استعداد خود را در حل مسائل الکترومغناطیس و الکترواستاتیک مبنی بر الکترواستاتیک ارزیابی کند.
۵. اجباراً بعضی از مطالب در چند جا تکرار شده است. ولی کوشش شده است مثال‌ها و راه حل‌ها متفاوت و متمایز باشند.
۶. در بسیاری از مسائل سعی بر آن بوده است که شکلی مسئله توضیح داده شود بنابراین از ارائه راه حل‌های کوتاهی که با مفاهیم فیزیکی یا با موضوع هم‌بستگی بی‌ارتباط باشد، اجتناب شده است.

امید است کتاب حاضر که با صرف هزاران ساعت وقت به تشریح مطالب و حل مسائل پرداخته است، مورد استفاده دانش‌پژوهان عزیز قرار گیرد و این تلاش بتواند دانشجویان رشته‌های فیزیک، مهندسی برق و دیگر علاقه‌مندان را در یادگیری مفاهیم اساسی الکترواستاتیک و الکترومغناطیس یاری نموده و درک مفاهیم فصل‌های باقیمانده کتاب الکترواستاتیک و الکترومغناطیس را برای آنان تسهیل نماید. کتاب دیگری نیز بر اساس باقیمانده کتاب الکترواستاتیک و الکترومغناطیس در حال آماده‌سازی است که امیدوارم در آینده نزدیک انتشار یابد.

محمد غریب‌شاهی

زمستان ۱۳۹۵