

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



انتشارات
۸۳۴

مقدمه‌ای بر ابرسانایی

ویراست دوم

دکتر شعبان‌رضا قربانی
استاد دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه:	قربانی، شعبان‌رضا، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پدیدآور:	مقدمه‌ای بر ابررسانایی / شعبان‌رضا قربانی؛ ویراستار ادبی هانیه اسدیپور فعال مشهد.
وضعیت ویراست:	ویراست ۲.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری:	۲۵۲ ص.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۸۳۴.
شابک:	ISBN: 978-964-386-527-6
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیپا.
یادداشت:	چاپ قبلی: دانشگاه تربیت معلم سبزواری، معاونت پژوهشی، ۱۳۹۰.
یادداشت:	کتابنامه: ص. [۲۳۵]-۲۳۷.
یادداشت:	نمایه.
موضوع:	ابررسانایی
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره:	QC۶۱۱/۹۲
رده‌بندی دیویی:	۵۳۷/۶۲۳
شماره کتابشناسی ملی:	۸۹۰۷۵۶۲
	Superconductivity

مقدمه‌ای بر ابررسانایی (ویراست دوم)

پدیدآورنده: دکتر شعبان‌رضا قربانی
ویراستار ادبی: هانیه اسدیپور فعال مشهد
مشخصات: وزیری، ۱۰۰ نسخه، چاپ اول، پاییز ۱۴۰۱
چاپ و صحافی: چاپخانه دقت
بها: ۱/۲۰۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.



انتشارات
۸۳۴

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
مؤسسه کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست
گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir

تقدیم به همسر مهربانم و
فرزندان عزیزم که صبر و
همراهی‌شان نوشتن این
کتاب را تسهیل کرد.

press.um.ac.ir

press.um.ac.ir

فهرست

پیشگفتار	۷
فصل ۱. تاریخچه ابرسانایی	۹
۱-۱ مقدمه	۹
۲-۱ مدل های ابرسانایی	۱۵
فصل ۲. رساناهای کامل	۱۹
۱-۲ مقدمه	۱۹
۲-۲ معادله اول لندن	۲۵
فصل ۳. مدل های کلاسیکی ابرسانایی	۳۵
۱-۳ مقدمه	۳۵
۲-۳ معادله دوم لندن	۳۵
۳-۳ ابرساناهای ناهمسان گرد	۴۰
۴-۳ دیامغناطیس کامل	۴۳
۵-۳ تعلیق مغناطیسی	۴۸
۶-۳ مدل دوستالی	۵۲
مسائل	۵۵
فصل ۴. مدل کوانتوم ماکروسکوپی ابرسانایی	۵۷
۱-۴ مقدمه	۵۷
۲-۴ معادله شرودینگر و جریان های احتمال	۵۷
۳-۴ جریان های کوانتومی ماکروسکوپی	۶۱
۴-۴ کوانتش شار مغناطیسی	۶۵
مسائل	۶۹
فصل ۵. ابرساناهای نوع II	۷۱
۱-۵ مقدمه	۷۱
۲-۵ گردشاره ها	۷۳
۳-۵ معادله اصلاح شده دوم لندن	۷۹
۴-۵ ترمودینامیک ابرساناها	۸۷
۵-۵ میدان های بحرانی	۹۳
۶-۵ گردشاره داخل ابرساناهای ناهمسان گرد	۱۰۱
مسائل	۱۱۱

۱۱۳	فصل ۶. دینامیک گردشاره‌ها
۱۱۳	۱-۶ مقدمه
۱۱۴	۲-۶ برهم‌کنش بین گردشاره‌ها
۱۲۲	۳-۶ شبکه گردشاره‌ها
۱۲۸	۴-۶ توزیع جریان انتقالی و شار مغناطیسی در داخل ابرساناها
۱۳۱	۵-۶ شارش شار مغناطیسی در حضور جریان‌های خارجی
۱۴۰	۶-۶ میخ‌کوبی گردشاره‌ها
۱۶۱	۷-۶ روش‌های اندازه‌گیری خواص مغناطیسی
۱۶۳	مسائل
۱۶۵	فصل ۷. پدیده تونل‌زنی و پیوندگاه‌های جوزفسون
۱۶۵	۱-۷ مقدمه
۱۶۶	۲-۷ تونل‌زنی در پیوندگاه فلز-عایق-فلز (N-I-N)
۱۶۹	۳-۷ تونل‌زنی در پیوندگاه‌های رسانا-عایق-ابرسانا (N-I-S)
۱۷۱	۴-۷ تونل‌زنی در پیوندگاه ابررسانا-عایق-ابرسانا (S-I-S)
۱۸۴	۵-۷ تداخل کوانتومی ماکروسکوپی
۲۰۶	مسائل
۲۰۷	فصل ۸. نظریه گینزبرگ-لاندائو ابرسانایی
۲۰۷	۱-۸ مقدمه
۲۰۸	۲-۸ نظریه گینزبرگ-لاندائو
۲۱۷	۳-۸ معادلات گینزبرگ-لاندائو
۲۲۳	مسائل
۲۲۵	فصل ۹. نظریه میکروسکوپی ابررسانایی BCS
۲۲۵	۱-۹ مقدمه
۲۳۰	۲-۹ نظریه BCS
۲۳۱	۱-۲-۹ حالت پایه نظریه BCS
۲۳۶	۲-۲-۹ حالت‌های برانگیخته BCS در $T = 0$
۲۳۸	۳-۲-۹ نظریه BCS در دمای غیرصفر
۲۴۴	۴-۲-۹ مقاومت الکتریکی صفر و جریان دائمی
۲۴۴	مسائل
۲۴۵	مراجع
۲۴۹	نمایه

پیشگفتار

این کتاب ویراست دوم کتاب مقدمه‌ای بر ابرسانایی است. در طی سال‌هایی که از چاپ اولین ویراست کتاب می‌گذرد بازخوردهای زیادی جهت تکمیل کتاب دریافت گردید. لذا در این ویراست سعی شده است نواقص ویراست اول برطرف و نکات مربوط به بازخوردها به کتاب اضافه شود. بنابراین، این ویراست نه تنها واضح‌تر است بلکه دارای تغییراتی نسبت به ویراست اول است که باعث درک بهتر مفاهیم ابرسانایی می‌شود.

ابرساناها یکی از مهم‌ترین مواد کشف‌شده در اوایل قرن بیستم جهت استفاده کاربردی هستند. به‌عنوان مثال، از این مواد می‌توان هم برای اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیس بسیار کوچک و هم ایجاد میدان‌های مغناطیسی دائمی بسیار بزرگ استفاده کرد. همچنین ابرسانایی با نقشی که در زمینه کاهش هزینه‌ها و افزایش بازدهی تولید و انتقال انرژی الکتریکی ایفا می‌کند، در آینده بشر نقش اساسی خواهد داشت، به‌طوری که برخی قرن ۲۱ را قرن انقلاب ابرسانایی برشمرده‌اند که به بروز تحولات بزرگی در عرصه علم و تکنولوژی منجر خواهد شد. بنابراین درک دقیق خصوصیات این مواد هم از لحاظ نظری و هم تجربی بسیار حائز اهمیت است. این امر نیز مستلزم دسترسی به متون آموزشی مناسب می‌باشد. از آنجایی که جهت آموزش ویژگی‌های ابرساناها متون درسی متناسب با سرفصل درس ابرسانایی اندک است، کتاب حاضر براساس تجربیات آموزشی خودم در دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد فیزیک به‌نگارش درآمد. در این کتاب سعی شده است تا ضمن حفظ سیر تاریخی کشف ابرسانایی در مواد مختلف، سیر تکاملی نظریه‌های اولیه ابرسانایی نیز به‌همراه مبانی نظری آن‌ها ارائه شود. در فصل ۱ تاریخچه ابرسانایی و مفاهیم اولیه آن مرور می‌شود. در فصل ۲ رسانایی کامل و تفاوت آن با ابرسانایی بررسی می‌گردد. در فصل ۳ مدل‌های کلاسیکی ارائه می‌شود. فصول ۴ تا ۷ به مدل کوانتومی ماکروسکوپی جهت توصیف خواص ابرسانایی شامل کوانتس شار مغناطیسی، ابرسانایی نوع II، برهم‌کنش بین گرد شاره‌ها، میخ‌کوبی شار مغناطیسی و پیوندگاه جوزفسون اختصاص یافته است. در فصل ۸ نظریه پدیده شناختی گینزبرگ-لاندائو ارائه می‌شود. سرانجام در فصل ۹ نظریه میکروسکوپی ابرسانایی، BCS، مورد بحث قرار می‌گیرد.

جهت تدوین و گردآوری این کتاب از بعضی یادداشتهای درسی پروفیسور اوستن رپ^۱، استاد بازنشسته دانشگاه KTH استکهلم سوئد و استاد راهنمای رساله دکتری این جانب استفاده شده است. بنابراین از پروفیسور رپ به خاطر اجازه استفاده از یادداشتهای درسی ایشان تشکر ویژه می‌کنم. از بازخوردهای تمام افرادی که ویراست قبلی را مطالعه کرده‌اند، تشکر ویژه دارم. از تمام افرادی که ویراست حاضر را مطالعه خواهند کرد نیز متشکر می‌شوم که مرا از نظرها و پیشنهادهای خود در جهت بهبود و تکمیل کتاب آگاه کنند. در پایان از سرکار خانم مریم همایی، کارشناس ارشد گروه فیزیک دانشگاه حکیم سبزواری که زحمت حروف چینی اولیه متن کتاب (ویراست اول) را برعهده داشتند، کمال تشکر را دارم.

شعبان‌رضا قربانی

استاد فیزیک ماده چگال دانشگاه فردوسی مشهد

بهار ۱۴۰۱