



# مواد مغناطیسی اصول و کاربردها

(ویرایش دوم)

نیکلاس ام. اسپالدین

ترجمه

سید حمید رضا مداح حسینی

الهام باقرزاده

سمیه سوری



مؤسسه انتشارات علمی  
دانشگاه صنعتی شریف

۳۵۰

مواد مغناطیسی: اصول و کاربردها (ویرایش دوم)

*Magnetic Materials: Fundamentals and Applications* (Second ed.)

by: Nicola A. Spaldin

Cambridge, 2010

تألیف نیکلا ای. اسپالدین

ترجمه دکتر سید محمد رضا مدنی حسینی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف)،

دکتر الهام باقرزاده، دکتر سمیه سوری

مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، تهران

چاپ اول: ۱۳۹۸

شمارگان: ۳۰۰

بها: ۳۸۰۰۰ تومان

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 978-964-208-221-6

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۸-۲۲۱-۶

فایل pdf حل تمرین‌های برگزیده را از [book.sharif.ir](http://book.sharif.ir) دریافت کنید.

تألیف: ۶۶۰۱۳۱۲۹-۶۶۱۶۴۰۷۲-۶۶۱۶۴۰

دفتر مرکزی: خیابان آزادی - دانشگاه صنعتی شریف

دفتر فروش: میدان انقلاب - خیابان شهید مئیری جاوید (اردیبهشت) - ساختمان بهمن - پلاک ۱۷ - طبقه چهارم - واحد ۴۰۲

تلفن: ۶۶۴۰۵۱۳۳-۶۶۹۶۷۸۹۶

فروش اینترنتی: [book.sharif.ir](http://book.sharif.ir)

پست الکترونیکی: [publishing@sharif.ir](mailto:publishing@sharif.ir)

موضوع: مواد مغناطیسی

magnetic materials موضوع:

موضوع: ماشین‌های الکترونیک - مواد

electronic apparatus and appliances - materials موضوع:

شناسه افزوده: مداح حسینی، حمیدرضا ۱۳۴۶-، مترجم

شناسه افزوده: باقرزاده، الهام، ۱۳۴۶-، مترجم

شناسه افزوده: سوری، سمیه، ۱۳۴۴-، مترجم

شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی

Sharif University of Technology, Institute of

Scientific Publications

رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۸ م ۷۸۷/۱۵/الف

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۳۴

شماره کتابشناسی ملی: ۵۶۵۰۵۰۴

سرشناسه: اسپالدین، نیکلا، آن، ۱۹۶۹-م

Spaldin, Nicola A. (Nicola Ann) 1969

عنوان و نام‌پدیدآور: مواد مغناطیسی: اصول و کاربردها/ تألیف نیکلا ای. اسپالدین؛

ترجمه سیدحمیدرضا مداح حسینی، الهام باقرزاده، سمیه سوری

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۹۸

مشخصات ظاهری: ۲۸۴ص: مصور، جدول

شابک: 978-964-208-221-6

وضعیت فهرست نویسی: فیا

یادداشت: عنوان اصلی:

*Magnetic Materials: Fundamentals and Applications*

(Second ed.)

یادداشت: واژه‌نامه

یادداشت: نمایه

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

| هفت | پیشگفتار مترجمان                        |
|-----|-----------------------------------------|
| ۱   | بخش اول. اصول و مبانی                   |
| ۳   | فصل ۱. مروری بر مفاهیم اولیه مغناطیسی   |
| ۴   | ۱-۱ میدان مغناطیسی                      |
| ۱۱  | ۲-۱ گشتاور مغناطیسی                     |
| ۱۳  | ۳-۱ تعریف‌ها                            |
| ۱۳  | تمرین‌ها                                |
| ۱۵  | فصل ۲. مغناطش و مواد مغناطیسی           |
| ۱۵  | ۱-۲ القای مغناطیسی و مغناطش             |
| ۱۶  | ۲-۲ چگالی شار                           |
| ۱۷  | ۳-۲ پذیرفتاری و تراوایی                 |
| ۲۰  | ۴-۲ حلقه‌های پسماند                     |
| ۲۱  | ۵-۲ تعریف‌ها                            |
| ۲۱  | ۶-۲ یکاها و تبدیل‌ها                    |
| ۲۲  | تمرین‌ها                                |
| ۲۵  | فصل ۳. منشأ اتمی مغناطیس                |
| ۲۶  | ۱-۳ حل معادله شرودینگر برای یک اتم آزاد |
| ۳۱  | ۲-۳ اثر بهنجار زیمان                    |
| ۳۴  | ۳-۳ اسپین الکترون                       |
| ۳۵  | ۴-۳ تعمیم به اتم‌های چند الکترونی       |
| ۳۶  | ۵-۳ جفت‌شدگی اسپین-اوربیتال             |
| ۴۲  | تمرین‌ها                                |

۴۳  
۴۳  
۴۴  
۴۷  
۴۸  
۴۸  
۵۳  
  
۵۵  
۵۶  
۶۰  
۶۲  
۶۳  
۷۱  
۷۲  
۷۲  
  
۷۵  
۷۶  
۸۰  
۸۴  
۸۹  
۹۰  
  
۹۱  
۹۱  
۹۳  
۹۸  
۹۹  
۱۰۵

#### فصل ۴. دیامغناطیس

- ۱-۴ مشاهده اثر دیامغناطیس
- ۲-۴ پذیرفتاری دیامغناطیسی
- ۳-۴ مواد دیامغناطیس
- ۴-۴ کاربردهای مواد دیامغناطیس
- ۵-۴ ابررسانایی
- تمرین

#### فصل ۵. پارامغناطیس

- ۱-۵ نظریه لانگوین در پارامغناطیس
- ۲-۵ قانون کوری وایس
- ۳-۵ فرونشانی ذرات پیریهام اورتالی
- ۴-۵ پارامغناطیس پائری
- ۵-۵ اکسیژن پارامغناطیس
- ۶-۵ کاربرد مواد پارامغناطیس
- تمرین‌ها

#### فصل ۶. برهم‌کنش در مواد فرومغناطیس

- ۱-۶ نظریه میدان مولکولی وایس
- ۲-۶ منشأ میدان مولکولی وایس
- ۳-۶ نظریه جمعی الکترون در فرومغناطیس
- ۴-۶ خلاصه
- تمرین‌ها

#### فصل ۷. حوزه‌های فرومغناطیس

- ۱-۷ مشاهده حوزه‌ها
- ۲-۷ چرا حوزه‌ها به وجود می‌آیند
- ۳-۷ دیواره‌های حوزه
- ۴-۷ مغناطش و پسماند
- تمرین‌ها

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۱۰۹ | فصل ۸. آنتی فرومغناطیس                       |
| ۱۱۰ | ۱-۸ پراش نوترونی                             |
| ۱۱۴ | ۲-۸ نظریه وایس در آنتی فرومغناطیس            |
| ۱۲۱ | ۳-۸ چه چیزی میدان مولکولی منفی ایجاد می کند؟ |
| ۱۲۴ | ۴-۸ کاربردهای مواد آنتی فرومغناطیس           |
| ۱۲۶ | تمرین ها                                     |

|     |                               |
|-----|-------------------------------|
| ۱۲۹ | فصل ۹. فری مغناطیس            |
| ۱۳۰ | ۱-۹ نظریه وایس در فری مغناطیس |
| ۱۳۷ | ۲-۹ فریت ها                   |
| ۱۴۲ | ۳-۹ گارتهای                   |
| ۱۴۳ | ۴-۹ آنتی فرومغناطیس و سلفز    |
| ۱۴۵ | تمرین ها                      |

|     |                                                   |
|-----|---------------------------------------------------|
| ۱۴۷ | فصل ۱۰. خلاصه ای از مفاهیم اولیه                  |
| ۱۴۷ | ۱-۱۰ مروری بر انواع نظم مغناطیسی                  |
| ۱۴۸ | ۲-۱۰ مروری بر مبانی فیزیکی تغییر کند نظم مغناطیسی |
| ۱۵۱ | بخش دوم. پدیده های مغناطیسی                       |

|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| ۱۵۳ | فصل ۱۱. ناهمسانگردی              |
| ۱۵۳ | ۱-۱۱ ناهمسانگردی مغناطیس         |
| ۱۵۷ | ۲-۱۱ ناهمسانگردی شکلی            |
| ۱۵۹ | ۳-۱۱ ناهمسانگردی مغناطیسی القایی |
| ۱۶۲ | تمرین ها                         |

|     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| ۱۶۳ | فصل ۱۲. نانو ذرات و لایه های نازک |
| ۱۶۳ | ۱-۱۲ خواص مغناطیسی ذرات کوچک      |
| ۱۷۰ | ۲-۱۲ مغناطیس در لایه های نازک     |

|     |                                          |
|-----|------------------------------------------|
| ۱۷۵ | فصل ۱۳. مقاومت مغناطیسی                  |
| ۱۷۶ | ۱-۱۳ مقاومت مغناطیسی در فلزات معمولی     |
| ۱۷۷ | ۲-۱۳ مقاومت مغناطیسی در فلزات فرومغناطیس |
| ۱۸۴ | ۳-۱۳ مقاومت مغناطیسی بسیار بزرگ          |
| ۱۸۸ | تمرین ها                                 |

|     |                                                                      |
|-----|----------------------------------------------------------------------|
| ۱۹۱ | فصل ۱۴. بایاس تبادلی                                                 |
| ۱۹۳ | ۱-۱۴ مشکلات سازوکار ساده طرح‌واره                                    |
| ۱۹۶ | ۲-۱۴ ناهمسانگردی تبادلی در صنعت                                      |
| ۱۹۷ | بخش سوم. کاربرد در دستگاه‌ها و مواد نوین                             |
| ۱۹۹ | فصل ۱۵. ذخیره‌سازی مغناطیسی داده                                     |
| ۱۹۹ | ۱-۱۵ مقدمه                                                           |
| ۲۰۳ | ۲-۱۵ رسانه‌های مغناطیسی                                              |
| ۲۰۶ | ۳-۱۵ نوک‌های نوشتن                                                   |
| ۲۰۷ | ۴-۱۵ نیت‌های خواندن                                                  |
| ۲۱۰ | ۵-۱۵ آینده ذخیره مغناطیسی داده‌ها                                    |
| ۲۱۳ | فصل ۱۶. اپتیک مغناطیسی                                               |
| ۲۱۳ | ۱-۱۶ اصول اپتیک مغناطیسی                                             |
| ۲۱۷ | ۲-۱۶ ثبت با اپتیک مغناطیسی                                           |
| ۲۲۳ | فصل ۱۷. نیمه‌رساناها و عایق‌های مغناطیسی                             |
| ۲۲۵ | ۱-۱۷ برهم‌کنش‌های تبادلی در نیمه‌رساناها و عایق‌های مغناطیسی         |
| ۲۲۸ | ۲-۱۷ نیمه‌رساناهای مغناطیسی رقیق‌شده $(Zn, Mn)Se$ - I - VI           |
| ۲۳۳ | ۳-۱۷ نیمه‌رساناهای مغناطیسی رقیق‌شده $(Ga, Mn)As$ - III - V          |
| ۲۳۸ | ۴-۱۷ نیمه‌رساناهای مغناطیسی رقیق‌شده پایه اکسید                      |
| ۲۳۹ | ۵-۱۷ عایق‌های فرومغناطیس                                             |
| ۲۴۵ | ۶-۱۷ خلاصه                                                           |
| ۲۴۷ | فصل ۱۸. مولتی‌فروبیکی‌ها                                             |
| ۲۴۸ | ۱-۱۸ مقایسه فرومغناطیس و سایر انواع نظم‌های فروبیکی                  |
| ۲۵۳ | ۲-۱۸ مولتی‌فروبیکی‌هایی که مغناطیس و فروالکتریسیته را باهم می‌آمیزند |
| ۲۶۱ | ۳-۱۸ خلاصه                                                           |
| ۲۶۳ | منابع و مراجع                                                        |
| ۲۶۹ | واژه‌نامه                                                            |
| ۲۷۱ | فهرست راهنما                                                         |

## پیشگفتار مترجمان

مواد مغناطیسی یکی از قدیمی‌ترین پدیده‌های مورد علاقه انسان به‌شمار می‌آیند. هم‌اکنون این مواد به بخشی جدایی‌ناپذیر از زندگی روزمره افراد تبدیل شده‌اند و به همین دلیل شناخت بنیادی آن‌ها یک ضرورت علمی است. اغلب پژوهشگران نظری حوزه مغناطیس، فیزیکدانان هستند. از این رو کتاب‌هایی که تاکنون در این زمینه منتشر شده‌اند با رویکردی فیزیکی به بحث درباره انواع مواد مغناطیسی می‌پردازند. این در حالی است که مواد مغناطیسی در زمینه‌های مختلف علوم و فناوری کاربرد دارند و برای رده‌های وسیعی با دیدگاه بین‌رشته‌ای در این زمینه احساس می‌شود. کتاب حاضر یکی از بهترین کتاب‌های مغناطیسی موجود به‌شمار می‌آید که این ویژگی را دارد. نویسنده این کتاب، پروفیسور نیکلاس پالدر، پرهشگر برجسته نظری در حوزه مواد در دانشگاه ETH زوریخ است. ایشان در زمان نگارش کتاب در دانشگاه UCSB به تدریس و پژوهش در زمینه مواد مغناطیسی به‌ویژه مولتی‌فروئیک‌ها مشغول بوده و موفق به کسب جایزه مک‌گرویدی برای مواد نوین از انجمن فیزیک آمریکا شده است. تسلط نویسنده به مباحث مطرح‌شده به همراه سادگی و شیوایی در سبک نگارش، این کتاب را از سایر منابع موجود متمایز ساخته است.

در این ترجمه از ویرایش جدید کتاب استفاده شده است که دیدگاه‌های نوینی از مبانی پدیده‌ها و انواع جدید مواد مغناطیسی، ابزارها و کاربردها را در بر می‌گیرد. در فصل‌های مختلف، نویسنده ابتدا به بحث در زمینه انواع مواد مغناطیسی می‌پردازد و پس از معرفی جامع انواع مواد موجود، به پدیده‌های مغناطیسی اشاره می‌کند. در ادامه و در فصول پایانی نیز به زمینه‌های کاربردی این مواد پرداخته می‌شود.

با وجود تمرین‌ها و فهرست دقیق منابع و مراجع، کتاب مواد مغناطیسی می‌تواند منبع مناسبی برای تدریس در یک نیم‌سال تحصیلی برای دانشجویان مقاطع تحصیلات تکمیلی در رشته‌های مختلف علوم و مهندسی باشد. همچنین این کتاب را می‌توان به‌عنوان راهنمای خودآموز برای پژوهشگران ناآشنا با این زمینه به کار گرفت. به‌منظور دسترسی به فایل pdf حل تمرین‌های برگزیده می‌توان به وبگاه [book.sharif.ir](http://book.sharif.ir) مراجعه کرد. در ترجمه این کتاب تلاش شده است تا بیان علمی غنی و در عین حال روان نویسنده حفظ شود. امید است این اثر راهگشای دانشجویان و پژوهشگران باشد.