

بسم الله الرحمن الرحيم

مسابی و حرکات (جلد اول)

(مکانیک و حرارت)

مؤلفین

امیر هوشنگ رمضانی

حسین میقانی

اعضای هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران غرب

سرشناسه	:	رمضانی، امیر هوشنگ، ۱۳۵۱ -
عنوان و نام پدیدآور	:	مبانی فیزیک (مکانیک و حرارت) / مولف امیر هوشنگ رمضانی، حسین میقانی.
وضعیت ویراست	:	ویراست ۲.
مشخصات نشر	:	تهران: گسترش علوم پایه، -۱۳۹۱
مشخصات ظاهری	:	ج.: مصور، جدول؛ ۲۲×۲۹ س.م.
شابک	:	۱۴۰۰۰۰ ریال: ج. ۱: 978-964-490-551-3
وضعیت فهرست نویسی	:	فیا
یادداشت	:	چاپ دوم.
یادداشت	:	چاپ قبلی کتاب تحت عنوان "مبانی فیزیک (مکانیک - حرارت)" بصورت تکجلدی توسط همین انتشارات در سال ۱۳۸۹ منتشر شده است.
عنوان دیگر	:	مبانی فیزیک (مکانیک - حرارت).
موضوع	:	فیزیک - راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	:	فیزیک - مسائل، تمرین ها و غیره (عالی)
موضوع	:	فیزیک - آزمون ها و تمرین ها (عالی)
شناسه افزوده	:	میقانی، حسین، ۱۳۴۶ -
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۱ م ۱۷۵/۱۷۵ QC۳۲
رده بندی دیویی	:	۵۳۰/۰۷۶
شماره کتابشناسی ملی	:	۳۰۵۳۹۵۵

نام کتاب: مبانی فیزیک (مکانیک و حرارت) - جلد اول
 مؤلفین: امیر هوشنگ رمضانی، حسین میقانی
 ویراستار علمی: مهناز ترابی
 ناشر: انتشارات گسترش علوم پایه
 مدیر فنی: مهدی زنگنه
 حروفچینی: قاسمی (رها)
 طراحی جلد: حاتمی کیا
 لیتوگرافی: توس
 چاپخانه: مهر
 سال نشر: ۱۳۹۱
 نوبت چاپ: اول
 شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
 قیمت کتاب: ۱۴۰۰۰۰ ریال
 شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۹۰-۵۵۱-۳ ISBN: 978-964-490-551-3

حق چاپ و نشر محفوظ و مخصوص ناشر می باشد.

دفتر انتشارات و پخش شهرستان: میدان انقلاب، ابتدای کارگر جنوبی، کوچه مهدیزاده، پلاک ۱ طبقه همکف

تلفن: ۱۵ ~ ۶۶۹۰۵۳۱۲ تلفکس: ۰۲۱-۶۶۹۰۵۳۱۶

E-mail: Gostaresh_op@yahoo.com
www.Gostaresh-pub.com

دفتر سفارشات تهران: خ آزادی، خ جمالزاده جنوبی، خ دیلمان، پلاک ۱۴ واحد ۲

تلفن: ۱۴ ~ ۶۶۵۹۵۵۱۳

فروشگاه فجر تهران: خ انقلاب، بین فروردین و اردیبهشت، پ ۱۴۶۲ - ۶۶۴۰۴۹۸۳ (۰۲۱)

فروشگاه سخنکده: ضلع جنوب شرقی میدان انقلاب، بازار بزرگ کتاب طبقه زیرین پلاک ۲، ۶۶۴۵۳۰۰۲ (۰۲۱)

www.ajansketab.com

این مورد ما را در صورت عدم وجود هولوگرام مطلع سازید.
 (توجه) فروشنده و خواننده گرامی: این کتاب دارای برچسب اصالت کالا (هولوگرام) در روی جلد است که ضمن دقت در
 با تشکر از همکاری شما



فهرست مطالب

۲۹	۹-۲. ضرب بردارها.....
۳۰	۱۰-۲. تعیین زاویه بین دو بردار.....
۳۱	مسائل نمونه حل شده.....
۳۲	خلاصه فصل.....
۳۴	مسائل.....

فصل ۳- سینماتیک حرکت یک بعدی..... ۳۷

۳۷	۱-۳. جابجایی.....
۳۸	۲-۲. سرعت متوسط و تندی متوسط.....
۳۹	۳-۲. سرعت لحظه‌ای و تندی.....
۴۰	۳-۴. شتاب.....
۴۱	۲-۵. نمودار مکان - زمان.....
۴۳	۳-۶. نمودار سرعت - زمان.....
۴۴	۳-۷. حرکت یک بعدی با شتاب ثابت.....
۴۶	۳-۸. حرکت سقوط آزاد.....
۴۸	مسائل نمونه حل شده.....
۵۰	خلاصه فصل.....
۵۰	مسائل.....

فصل ۴- حرکت در دو و سه بعد..... ۵۵

۵۵	۴-۱. بردار موقعیت و سرعت.....
۵۶	۴-۲. بردار شتاب.....
۵۷	۴-۳. حرکت پرتابی.....
۶۰	۴-۴. حرکت دایره‌ای یکنواخت.....
۶۱	۴-۵. حرکت دایره‌ای غیریکنواخت.....
۶۱	۴-۶. حرکت نسبی.....
۶۱	مسائل نمونه حل شده.....
۶۳	خلاصه فصل.....
۶۴	مسائل.....

۷	پیشگفتار.....
---	---------------

مقدمه - فیزیک چیست؟..... ۹

۹	الف) شاخه‌های فیزیک کلاسیک.....
۹	ب) رابطه بین فیزیک و سایر علوم.....
۹	ج) روش تجربی.....

فصل ۱- اندازه‌گیری..... ۱۱

۱۱	۱-۱. اندازه‌گیری.....
۱۲	۱-۲. نظام جهانی یکاها.....
۱۲	۱-۳. تبدیل یکاها.....
۱۳	۱-۴. طول.....
۱۳	۱-۵. زمان.....
۱۴	۱-۶. جرم.....
۱۵	۱-۷. زاویه مسطحه.....
۱۵	۱-۸. زاویه فضایی.....
۱۶	۱-۹. چگالی.....
۱۶	مسائل نمونه حل شده.....
۱۸	خلاصه فصل.....
۱۹	مسائل.....

فصل ۲- بردار..... ۲۱

۲۱	۲-۱. بردار و نرده‌ای.....
۲۱	۲-۲. قواعد جمع بردارها.....
۲۱	۲-۳. تعیین اندازه بردار حاصل جمع.....
۲۳	۲-۴. تفریق دو بردار.....
۲۴	۲-۵. تجزیه بردارهای دو بعدی.....
۲۷	۲-۶. جهت برداری.....
۲۸	۲-۷. بردارهای یک دستگاه مختصات.....
۲۸	۲-۸. نمایش یک بردار بر حسب بردارهای یکه.....

فصل ۸ - حرکت دورانی ۱۳۹

- ۱-۸. متغیرهای حرکت دورانی ۱۳۹
- ۲-۸. کمیت‌های دورانی برداری ۱۴۱
- ۳-۸. حرکت دوران با شتاب زاویه‌ای ثابت ۱۴۲
- ۴-۸. ارتباط بین متغیرهای حرکت خطی و حرکت دورانی ۱۴۲
- ۵-۸. انرژی جنبشی دورانی ۱۴۳
- ۶-۸. لختی دورانی جسم صلب ۱۴۴
- ۷-۸. گشتاور نیرو ۱۴۶
- ۸-۸. قانون دوم نیوتن برای حرکت دورانی ۱۴۷
- ۹-۸. کار و انرژی در حرکت دورانی ۱۴۹
- مسائل نمونه حل شده ۱۵۰
- خلاصه درس ۱۵۲
- مسائل ۱۵۳

فصل ۹ - غلتش و اندازه حرکت زاویه‌ای ۱۵۹

- ۱-۹. انرژی جنبشی جسم غلتان ۱۵۹
- ۲-۹. غلتش بدون لزش ۱۶۰
- ۳-۹. اندازه حرکت زاویه‌ای ۱۶۲
- ۴-۹. اندازه حرکت زاویه‌ای و سرعت زاویه‌ای ۱۶۲
- ۵-۹. پایداری اندازه حرکت زاویه‌ای ۱۶۳
- مسائل نمونه حل شده ۱۶۴
- خلاصه فصل ۱۶۵
- مسائل ۱۶۶

فصل ۱۰ - تعادل و کشسانی ۱۷۱

- ۱-۱۰. تعادل اجسام صلب ۱۷۱
- ۲-۱۰. شرایط تعادل ۱۷۱
- ۳-۱۰. مرکز گرانی ۱۷۲
- ۴-۱۰. کشسانی ۱۷۳
- مسائل نمونه حل شده ۱۷۶
- خلاصه فصل ۱۷۸
- مسائل ۱۷۸

فصل ۱۱ - گرانش ۱۸۳

- ۱-۱۱. قانون گرانش ۱۸۳
- ۲-۱۱. قانون گرانش نیوتن ۱۸۴
- ۳-۱۱. آزمایش کاوندیش ۱۸۵
- ۴-۱۱. تعیین فاصله خورشید با سیارات ۱۸۵
- ۵-۱۱. میدان گرانشی ۱۸۶
- ۶-۱۱. شتاب گرانشی ۱۸۶

فصل ۵ - قوانین نیوتن و کاربردهای آن (دینامیک) ۶۹

- ۱-۵. نیرو، سنجش از بر هم کنش اجسام ۶۹
- ۲-۵. تغییر شکل الاستیک ۷۰
- ۳-۵. نیرو بردار است ۷۰
- ۴-۵. قوانین نیوتن ۷۱
- ۵-۵. انواع نیرو ۷۴
- ۶-۵. گشتاور نیرو ۸۲
- ۷-۵. تعادل اجسام صلب ۸۳
- ۸-۵. دینامیک حرکت دایره‌ای یکنواخت ۸۵
- ۹-۵. نیروهای وابسته به زمان ۸۶
- مسائل نمونه حل شده ۸۷
- خلاصه فصل ۹۰
- مسائل ۹۱

فصل ۶ - کار و انرژی ۹۷

- ۱-۶. انرژی جنبشی ۹۷
- ۲-۶. کار نیرو ۹۷
- ۳-۶. توان ۹۹
- ۴-۶. قضیه کار و انرژی جنبشی ۱۰۰
- ۵-۶. انرژی پتانسیل ۱۰۱
- ۶-۶. انرژی مکانیکی ۱۰۲
- ۷-۶. پایداری انرژی ۱۰۲
- ۸-۶. انرژی پتانسیل گرانشی ۱۰۲
- ۹-۶. انرژی پتانسیل کشسانی فنر ۱۰۲
- ۱۰-۶. نقدی بر مفهوم انرژی ۱۰۵
- مسائل نمونه حل شده ۱۰۶
- خلاصه فصل ۱۰۹
- مسائل ۱۰۹

فصل ۷ - مرکز جرم و اندازه حرکت خطی ۱۱۵

- ۱-۷. مرکز جرم ۱۱۵
- ۲-۷. حرکت مرکز جرم ۱۲۲
- ۳-۷. اندازه حرکت خطی ذره ۱۲۲
- ۴-۷. اندازه حرکت خطی سیستم ذرات ۱۲۲
- ۵-۷. پایداری اندازه حرکت خطی ۱۲۳
- ۶-۷. سیستم‌های با جرم متغیر (اختیاری) ۱۲۵
- ۷-۷. ضربه (تکان) ۱۲۹
- ۸-۷. برخورد ۱۲۹
- مسائل نمونه حل شده ۱۳۲
- خلاصه فصل ۱۳۴
- مسائل ۱۳۵

فصل ۱۴.....	۲۲۳
۱-۱۴. گاز آرمانی.....	۲۲۳
۲-۱۴. خواص گاز آرمانی.....	۲۲۴
۳-۱۴. فشار، دما و جذر میانگین مربع تندی.....	۲۲۵
۴-۱۴. پویش آزاد میانگین.....	۲۲۷
۵-۱۴. توزیع تندهای مولکولی.....	۲۲۹
۶-۱۴. انرژی درونی گاز آرمانی.....	۲۳۱
۷-۱۴. ظرفیت گرمایی مولی جامدات.....	۲۳۳
۸-۱۴. ظرفیت گرمایی گاز آرمانی.....	۲۳۳
۹-۱۴. فرآیند بی‌دررو گاز آرمانی.....	۲۳۵
۱۰-۱۴. فرآیند تک دمای گاز آرمانی.....	۲۳۶
۱۱-۱۴. فرآیند حجم ثابت و فشار ثابت گاز آرمانی.....	۲۳۶
۱۲-۱۴. فرآیند انبساط آزاد.....	۲۳۶
خلاصه فصل.....	۲۴۰
مسائل.....	۲۴۱
فصل ۱۵- آنتروپی و قانون دوم ترمودینامیک.....	۲۴۷
۱-۱۵. فرآیندهای بازگشت ناپذیر و آنتروپی.....	۲۴۷
۲-۱۵. تغییر آنتروپی.....	۲۴۷
۳-۱۵. تغییر آنتروپی در فرآیندهای بازگشت ناپذیر.....	۲۴۹
۴-۱۵. قانون دوم ترمودینامیک.....	۲۵۱
۵-۱۵. آنتروپی در جهان واقعی، ماشین‌ها.....	۲۵۲
۶-۱۵. آنتروپی در جهان واقعی، یخچال‌ها.....	۲۵۵
۷-۱۵. بارده ماشین‌های واقعی.....	۲۵۷
خلاصه فصل.....	۲۵۸
مسائل.....	۲۶۰
پیوست‌ها.....	۲۶۷
نمایه نام‌ها.....	۲۶۷
منابع.....	۲۷۷

۷-۱۱. میدان گرانشی زمین.....	۱۸۶
۸-۱۱. اثر چرخش زمین بر شتاب سقوط آزاد.....	۱۸۷
۹-۱۱. انرژی پتانسیل گرانشی.....	۱۸۸
۱۰-۱۱. قوانین کپلر.....	۱۸۸
مسائل نمونه حل شده.....	۱۸۹
خلاصه فصل.....	۱۹۱
مسائل.....	۱۹۱

فصل ۱۲- استاتیک شاره‌ها.....	۱۹۷
۱-۱۲. فشار.....	۱۹۷
۲-۱۲. جوسنج جیوه‌ای.....	۱۹۸
۳-۱۲. کشش سطحی مایعات.....	۱۹۹
۴-۱۲. عدم بستگی فشار مایع به شکل ظرف.....	۲۰۰
۵-۱۲. شناوری.....	۲۰۱
۶-۱۲. نیروی شناوری و قانون ارشمیدس.....	۲۰۲
۷-۱۲. تعیین چگالی جسم جامد به کمک مایع.....	۲۰۳
۸-۱۲. قانون ارشمیدس و قانون سوم نیوتن.....	۲۰۳
مسائل نمونه حل شده.....	۲۰۴
خلاصه فصل.....	۲۰۵
مسائل.....	۲۰۵

فصل ۱۳- دما، گرما، قانون اول ترمودینامیک.....	۲۰۷
۱-۱۳. دما.....	۲۰۷
۲-۱۳. تبادل گرمایی.....	۲۰۷
۳-۱۳. اندازه‌گیری دما.....	۲۰۸
۴-۱۳. انبساط گرمایی.....	۲۰۹
۵-۱۳. خواص گرمایی مواد.....	۲۱۱
۶-۱۳. روشهای انتقال گرما.....	۲۱۳
۷-۱۳. کار و گرما.....	۲۱۵
۸-۱۳. قانون اول ترمودینامیک.....	۲۱۵
مسائل نمونه حل شده.....	۲۱۶
خلاصه فصل.....	۲۱۸
مسائل.....	۲۱۹

پیشگفتار

کتاب حاضر اثر تألیفی در فیزیک (مکانیک و حرارت) است که مورد نیاز اغلب دانشجویان رشته‌های علوم پایه و فنی مهندسی می‌باشد که عموماً به عنوان یک کتاب مرجع در درس فیزیک پایه استفاده می‌شود. با توجه به نقش و اهمیت درس فیزیک پایه در درس تخصصی سعی بر آن شده که با بیانی ساده و حل مثال‌های متعدد دانشجویان در یادگیری این درس مشکلی نداشته باشد.

در اینجا لازم می‌دانم از زحمات و پشتیبانی همه جانبه جناب آقای دکتر نیکوکار و همچنین جناب آقای زنگنه در بخش انتشارات و مهندس لیلا کاظمی در بخش ویرایش تشکر و قدردانی نمایم.

در پایان از تمام اساتید و صاحب نظران و دانشجویان عزیز که کتاب را مطالعه می‌کنند تقاضا دارم اگر خطا و یا ابهامی در مطالب مشاهده کردند مراتب را به اطلاع اینجانب به آدرس Ramezani@utiaa.ac.ir ارسال نمایند تا در چاپ‌های بعدی نسبت به اصلاح آن اقدام گردد.

امیر هوشنگ رزمسانی - حسین میقانی

دپارتمان فیزیک - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب

زمستان ۱۳۹۱

هنگامی که اجسام سخت و همگن با یکدیگر تماس یابند، اجزای آنها به خوبی به هم می‌چسبند. برای توضیح این پدیده، برخی متوسل به وجود اتم‌های قلابدار شده‌اند، اما استنباط من از چسبیدن اجسام به یکدیگر این است که ذرات آنها یکدیگر را با نیرویی جذب می‌کنند. این نیرو هنگام تماس بیواسطه بسیار قوی است، اما اثر آن در فواصل دور از ذرات محسوس نیست. بنابراین در طبیعت عواملی هست که ذرات اجسام را با جاذبه‌ای نیرومند به هم می‌چسباند و کار فلسفه تجربی یافتن این عوامل است.

Optiks, Book 3, Query 31 (1703), Newton

www.ketab.ir



مقدمه

فیزیک چیست؟

واژه فیزیک از کلمه یونانی به معنی طبیعت گرفته شده است و بنابراین فیزیک باید علمی باشد که مطالعه تمام پدیده‌های طبیعی را دربرگیرد.

الف) شاخه‌های فیزیک کلاسیک

آدمی با ذهن کاوشگر خود همیشه در پی دانستن چگونگی عملکرد طبیعت بوده است. در آغاز، تنها منبع کسب اطلاعات انسان حواس او بود، از این رو پدیده‌های مشاهده شده را به همان نحو که درمی‌یافت، طبقه‌بندی می‌کرد. نور به بینایی مربوط می‌شد و اپتیک، به صورت علمی کما بیش مستقل، وابسته به بینایی گسترش یافت. صدا مربوط به شنوایی بود و آکوستیک به صورت علم مربوط به آن توسعه پیدا کرد. گرما به یکی دیگر از حواس مربوط می‌شد و سالهای متمادی مطالعه گرما (به نام ترمودینامیک) به صورت شاخه مستقل دیگر فیزیک انجام می‌پذیرفت. بدیهی است حرکت در تمام پدیده‌هایی که مستقیماً مشاهده می‌شوند، وجود دارد و علم الحركات، مکانیک، قبل از سایر شاخه‌های فیزیک پیشرفت داشته است. حرکت سیاره‌ها ناشی از برهم کنشهای گرانشی^۱، همچنین سقوط آزاد اجسام، با قوانین مکانیک به روشنی کامل تشریح شد و بدین طریق گرانش به طور سستی به مکانیک ملحق شد.

بدین طریق فیزیک قرن نوزدهم به چند علم یا شاخه (به نام کلاسیک) مانند مکانیک، گرما، آکوستیک، اپتیک و الکترومغناطیس، با حداقل ارتباط، یا حتی بدون آن، تقسیم‌بندی شده بود، به قسمی که مکانیک، چنانکه شایسته است، در رأس آنها قرار داشت. تا سالهای اخیر فیزیک به ترتیبی که آمد تدریس می‌شد. اخیراً، شاخه جدیدی به نام فیزیک نوین که پیشرفت‌های فیزیک قرن بیستم را در بر می‌گیرد، به این شاخه‌های «کلاسیک» افزوده شده است.

ب) رابطه بین فیزیک و سایر علوم

هدف فیزیک، توانایی بخشیدن به ما برای فهم اجزای بنیادین ماده و برهم کنش‌های متقابل آنهاست، تا بدین طریق پدیده‌های طبیعییت از جمله ویژگی‌های ماده که ای را بیان کنیم. بنا به این تعریف، مشاهده می‌شود که فیزیک اساسی‌ترین علم طبیعت است. شیمی با تعریفی که از آن می‌شود، جنبه خاصی از این برنامه عظیم را اشغال می‌کند: یعنی کاربست قوانین فیزیک در ساختن مولکول‌ها و وسایل گوناگون عملی برای تبدیل بعضی مولکول‌ها به مولکول‌های دیگر. زیست‌شناسی جهت تشریح فرایندهایی که در مورد موجود جاندار می‌گذرند تا حد زیادی به فیزیک و شیمی متکی است. کاربرد اصول فیزیک و شیمی مسائل علمی، پژوهش‌ها و همچنین فعالیتهای شغلی، منشأ وجود شاخه‌های گوناگون مهندسی شده است. کاربرد مدرن هنر مهندسی و پژوهش بدون درک عمیق از مفاهیم اساسی علوم طبیعی، غیر ممکن است.

ج) روش تجربی

فیزیک همانند سایر علوم طبیعی، نظری یا کاربردی، برای رسیدن به منظور خود، به مشاهده و تجربه بستگی دارد. مشاهده، عبارت است از بررسی دقیق یک پدیده یا یادداشت کردن و تجزیه و تحلیل عوامل و موقعیت‌های گوناگون که روی این پدیده اثر دارند. متأسفانه شرایطی که این پدیده‌ها به طور طبیعی رخ می‌دهند، بندرت سهل الحصول، و در بعضی حالات، بسیار اتفاقی‌اند، به طوری که تجزیه و تحلیل آنها روندی دشوار دارد. با توجه، همین مورد، تجربه ضروری است. تجربه یا آزمایش عبارت است از مشاهده یک پدیده در شرایطی که از پیش با دقت کافی بررسی و تنظیم شده است. بدین طریق دانشمند می‌تواند شرایط را به میل خود تغییر دهد، به طوری که به آسانی به چگونگی تغییر پدیده با توجه به شرایط جدید آگاهی یابد. بدون تجربه، علوم جدید هرگز نمی‌توانستند به این درجه از پیشرفت نایل شوند. بدین دلیل است که آزمایشگاه برای دانشمندان این اندازه اساسی و ضروری است.

1. gravitational interactions