



نشر اندرز

چاپ دوم

به انضمام فناوری نانو

فیزیک

از آغاز تا امروز

همراه با نظریه CPH

تدوین و تألیف:

حسین جوادی

افسانه جوادی

پیشگفتار چاپ اول کتاب:

این که نیوتن با مشاهده سقوط سیب، قانون جهانی گرانش را کشف کرد، داستانی تخیلی بیش نیست. اما اگر گفته شود که نیوتن تنها کسی بود که وجه مشترک سقوط سیب و گردش ماه به دور زمین را درک کرد، واقعیتی انکار ناپذیر است. اندیشه‌های مربوط به قانون جهانی گرانش، سال‌ها قبل از تولد نیوتن نیز وجود داشت و برخی نظریه‌های ارائه شده توسط دیگر فیزیک‌دانان با دست آورد نیوتن، تنها گامی فاصله داشت و آن ذره‌ای فرض کردن زمین و خورشید بود و این گام مهم را نیوتن برداشت. روند مشابهی در پیدایش مکانیک کوانتوم و نسبیت نیز مشاهده می‌شود. زمینه‌های فکری نسبیت را می‌توان در کارهای لورنتس مشاهده کرد و آنگاه خواهیم دید که چگونه اینشتین گام نهایی را برداشت و با نفی دستگاه مطلق اتر، انسان را با دنیایی جدید آشنا کرد که در آن فضا مستقل از ماده نیست و زمان با فضا در آمیخته است. مکانیک کوانتوم نیز آن‌طور که ماکس پلانک ارائه داده بود، قادر به توجیه پدیده‌های زیر اتمی نبود و چند گام مناسب توسط اینشتین، بور، کمپتون و دوپروی و ... برداشته شد تا سرانجام توسط شرودینگر، دیراک و فاینمن و ... مکانیک کوانتوم جدید شکل گرفت. با این وجود هنوز مکانیک کوانتوم نیاز بکارهای زیادی دارد تا بتواند مشکلات و ابهامات موجود در فیزیک ذرات را برطرف کند.

کتاب حاضر برای مشخص کردن این گام‌ها و توضیح نحوه‌ی اندیشیدن به پدیده‌های فیزیکی به‌رشته‌ی تحریر در آمده است. هرچند که سعی شده رویدادهای تاریخی فیزیک در تحریر کتاب فیزیک از آغاز تا امروز نیز مد نظر قرار گیرد، اما این کتاب، تاریخ فیزیک نیست. اما در این کتاب چنان به‌روند تکامل علم فیزیک توجه شده است که زمینه‌ی رشد اندیشه‌های منجر به کشفیات فیزیکی تشریح گردد. بحث‌های فلسفی در کنار رویدادهای تاریخی مطرح شده است تا فلسفه‌ی علم فیزیک، زینت بخش محتوای علمی آن گردد. با این وجود نمی‌توان این کتاب را فلسفی قلمداد کرد. درک عمیق دانش فیزیک، بدون توجه به‌روند تاریخی و نگرش‌های فلسفی آن، از جذابیت این دانش بنیادی می‌کاهد. به‌همین دلیل هر جا که لازم دیده شد، محتوای علمی کتاب با تاریخ و فلسفه فیزیک در هم آمیخته است تا زوایای تاریک و مبهم فیزیک برای خواننده روشن گردد.

کتاب در سطحی تهیه شده است که برای همه‌ی گروه‌های سنی با هر پایه‌ای از معلومات فیزیکی، مفید واقع شود. با این وجود کتاب حاضر برای دانشجویان رشته‌های فیزیک، ریاضی و مهندسی مناسب‌تر است. تلاش شده جهت‌گیری مطالب کتاب به‌گونه‌ای باشد که انگیزه پژوهش دانشجویان و دانش‌آموزان عزیز را تقویت کند. اگر دانشجویان و دانش‌آموزان، مطالب این کتاب

را متناسب با مطالب درسی انتخاب و مطالعه کنند، مطالب کتب درسی بیشتر قابل لمس و درک خواهد شد. علاوه بر آن، خواننده کتاب درگیر اندیشه‌های منجر به نظریه‌های علمی می‌شود و پس از مدتی می‌تواند موشکافانه نظریه‌های فیزیکی را با نگاهی نقادانه مورد مطالعه قرار دهد.

هریک از فصول کتاب تکمیل کننده فصل قبلی است، بنابراین پیشنهاد می‌شود کتاب با فصل‌بندی ارائه شده مطالعه شود تا پیوستگی و ارتباط نظریه‌های فیزیکی و اهمیت آنها مشخص شود. در این صورت خواننده مشاهده خواهد کرد که هیچ نظریه‌ای کامل نیست و هر نظریه جدیدی با اشکالات و ابهامات خاص خود رو به‌رو است که زمینه‌ی اندیشه و پژوهش‌های بعدی را فراهم می‌سازد.

در پایان لازم است از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران، به‌ویژه آقای دکتر فرشید فروزبخش که با مساعدت خویش، تدوین و تکمیل کتاب را امکان‌پذیر کردند، تشکر و قدردانی شود. از راهنمایی ارزنده آقایان دکتر بهزاد مشیری و دکتر حسن زند سپاس گزاریم. همچنین از استاد عزیز آقای دکتر محمود قرآن نویس که در تدوین رئوس اصلی کتاب به‌ویژه بخش پلاσμα راهنمایی‌های ارزنده‌ای مبذول داشتند و استاد گرامی آقای دکتر پرویز تاجداری که همواره از راهنمایی و همکاری ایشان در جهت انتشار کتاب برخوردار بوده ایم، سپاس‌گزاری می‌شود. از آقایان نوید علیزاده، مهندس رشید معموری و سید امین مرادی سالاری که در تدوین صفحات و تصاویر کتاب همکاری داشتند، سپاس‌گزاری می‌شود.

امید است این گام کوچک مورد قبول جامعه‌ی علمی کشور عزیزمان قرار گیرد و زمینه انتشار آثار ارزشمند و غنی‌تری را فراهم سازد. همچنین از خوانندگان عزیز تقاضا می‌شود نقطه نظرهای خود را همراه با ذکر نارسایی‌های کتاب یادآور شوند تا در چاپ‌های بعدی رعایت گردد. هرگونه نظر و انتقاد و پیشنهاد یا ذکر غلط‌های تحریری کتاب با کمال میل پذیرفته می‌شود و موجب سپاس‌گزاری است. مطالب بیشتری در زمینه مباحث این کتاب را می‌توانید در آدرس زیر ملاحظه کنید.

<http://cph-theory.persianguig.com>

با آرزوی بهروزی

حسین جوادی javadi_hossein@hotmail.com

افسانه جوادی

فهرست مطالب:

پیشگفتار	۱۵
فصل ۱: فیزیک، پیش از قرون وسطی	۱۷
۱-۱ فیزیک ماقبل تاریخ	۱۸
۲-۱ فیزیک یونانی	۲۲۲
۳-۱ بن‌بست فیزیک یونانی	۲۹
فصل ۲: نگهداری و تکامل علوم یونانی	۳۷
۱-۲ عصر تاریکی و دوره‌ی انتقال اول	۳۸
۲-۲ فیزیک در ایران	۳۹
۳-۲ محمد بن موسی خوارزمی	۴۰
۴-۲ ابن سینا	۴۲
۵-۲ ابن هیثم	۴۵
۶-۲ ابوریحان بیرونی	۴۸
۷-۲ خیام	۵۱
۸-۲ خواجه نصیرالدین توسی	۵۳
فصل ۳ زمینه رنسانس علمی در اروپا	۵۹
۱-۳ ظهور و پیدایش رنسانس	۶۰
۲-۳ فیبوناتچی و بوزجانی	۶۲

۲ فیزیک از آغاز تا امروز

- ۳-۳ نصیرالدین توسی، کوپرنیک و مساله حرکت زمین ----- ۶۲
- ۳-۴ نیکولاس کوپرنیک ----- ۶۴
- ۳-۵ پس از کوپرنیک ----- ۶۷
- ۳-۶ تیکو براهه ----- ۶۸
- ۳-۷ یوهان کپلر ----- ۶۹
- ۳-۸ تاثیر قوانین کپلر بر اندیشه انسان ----- ۷۳
- فصل ۴ گسترش نوآوری و مقاومت جزم اندیشان ----- ۷۵**
- ۴-۱ فلسفه علم ----- ۷۶
- ۴-۲ جردانو برونو ----- ۷۷
- ۴-۳ گالیله ----- ۸۰
- ۴-۴ تجربه‌گرایی در علوم تجربی ----- ۸۲
- ۴-۵ دکارت: می اندیشم، پس هستم ----- ۸۷
- ۴-۶ آماده‌سازی زیرساخت‌های مکانیک کلاسیک ----- ۹۱
- ۴-۷ روش استقرایی و حساب دیفرانسیلی ----- ۹۲
- فصل ۵ مفاهیم بنیادی فضا و زمان ----- ۹۵**
- ۵-۱ فضا چیست؟ ----- ۹۶
- ۵-۲ سیر تحول تاریخی مفهوم فضا ----- ۹۷
- ۵-۳ زمان ----- ۱۰۱
- ۵-۴ زمان فیزیکی ----- ۱۰۲
- ۵-۵ اشکال مفهوم فیزیکی زمان ----- ۱۰۵
- ۵-۶ زمان زیست‌شناختی ----- ۱۰۸
- فصل ۶ مکانیک نیوتنی ----- ۱۱۷**
- ۶-۱ دکارت و مفهوم حرکت ----- ۱۱۸
- ۶-۲ مکانیک گالیله‌ای ----- ۱۲۲

فهرست مطالب کتاب ۳

۱۲۴	۳- ۶ اهمیت قوانین نیوتن
۱۲۶	۴- ۶ اسحق نیوتن
۱۲۸	۵- ۶ قوانین نیوتن
۱۳۳	۶- ۶ مسیر اجرام به دور خورشید
۱۳۵	۷- ۶ زمینه تاریخی قانون گرانش نیوتن
۱۳۶	۸- ۶ دستگاه مرجع و نسبیت گالیله‌ای
۱۴۱	۹- ۶ تبدیلات گالیله
۱۴۲	۱۰- ۶ هموردایی مکانیک کلاسیک در تبدیلات گالیله
۱۴۳	۱۱- ۶ نقد قوانین نیوتن
۱۴۶	۱۲- ۶ رهیافتی به مکانیک کلاسیک
۱۴۷	۱۳- ۶ من فرضیه نمی‌سازم
۱۴۹	۱۴- ۶ روش استقرایی و فلاسفه جدید
۱۵۰	۱۵- ۶ بررسی اصول موضوعه
۱۵۳	فصل ۷ هندسه فضا و ریاضی فیزیک
۱۵۴	۱- ۷ اصطلاحات بنیادی ریاضیات
۱۵۳	۲- ۷ اشکالات وارد بر هندسه اقلیدسی
۱۵۶	۳- ۷ هندسه‌های نااقلیدسی
۱۶۱	۴- ۷ انحنا، سطح یا انحنا، گائوسی
۱۶۳	۵- ۷ مفهوم و درک انحنا، فضا
۱۶۴	۶- ۷ گروه و میدان
۱۶۳	۷- ۷ فضای برداری
۱۶۸	۸- ۷ عملگرها در فیزیک
۱۷۳	۹- ۷ عملگرها در مکانیک کوانتوم
۱۷۷	۱۰- ۷ هندسه مانیفولد
۱۸۴	۱۱- ۷ تانسورها

۴ فیزیک از آغاز تا امروز

۱۸۹	۱۲-۷ فضای ریمانی
۱۹۵	فصل ۸ نور
۱۹۶	۱-۸ اتاقتک تاریک
۱۹۷	۲-۸ محاسبه سرعت نور
۱۹۹	۳-۸ طبیعت نور
۲۰۰	۴-۸ پیروزی نظریه موجی نور
۲۰۳	۵-۸ اصل فرما و نور شناخت جدید
۲۰۴	۶-۸ نور هندسی
۲۰۹	۷-۸ فیزیک لیزر
۲۱۳	۸-۸ چشم
۲۱۵	۹-۸ ماهیت نور
۲۱۷	فصل ۹ معادلات ماکسول و بحران فیزیک کلاسیک
۲۱۸	۱-۹ الکتریسیته ساکن
۲۲۰	۲-۹ قانون کولن
۲۲۱	۳-۹ پیل ولتا
۲۲۳	۴-۹ اثر مغناطیسی جریان الکتریکی
۲۲۶	۵-۹ جریان الکتریکی
۲۲۷	۶-۹ قانون القای فاراده
۲۳۰	۷-۹ معادلات ماکسول و امواج لکترومغناطیس
۲۳۳	۸-۹ تولید امواج الکترومغناطیسی
۲۴۰	۹-۹ دستگاه اتر و معادلات ماکسول
۲۴۲	۱۰-۹ آزمایش مایکلسون و آغاز بحران فیزیک کلاسیک
۲۴۵	۱۱-۹ بحران فیزیک کلاسیک
۲۵۳	فصل ۱۰ زیربنای فیزیک مدرن

فهرست مطالب کتاب ۵

۲۵۴	۱-۱۰	ماکس پلانک
۲۵۵	۲-۱۰	تابش جسم سیاه
۲۶۱	۳-۱۰	نسبیت و مکانیک کوانتوم
۲۶۲	۴-۱۰	اینشتین
۲۶۴	۵-۱۰	مقاله‌های اینشتین و فیزیک نوین
۲۶۵	۶-۱۰	جمع نسبیتی سرعت‌ها
۲۶۶	۷-۱۰	اتساع زمان
۲۶۸	۸-۱۰	متریک نسبیت خاص
۲۷۰	۹-۱۰	کار با نمودارهای مینکوفسکی
۲۷۵		فصل ۱۱ نتایج نسبیت خاص
۲۷۶	۱-۱۱	از اتساع زمان تا انقباض فضا
۲۸۰	۲-۱۱	نقش و اهمیت تبدیلات لورنتس
۲۸۶	۳-۱۱	جرم و هم‌ارزی جرم و انرژی
۲۸۹	۴-۱۱	نسبیت و قانون دوم نیوتن
۲۹۲	۵-۱۱	تأیید تجربی نسبیت خاص
۲۹۵		فصل ۱۲ حرکت براونی و پدیده فوتوالکتریک
۲۹۵	۱-۱۲	حرکت براونی
۲۹۷	۲-۱۲	تغییر تصادفی و توزیع احتمال
۳۰۰	۳-۱۲	توزیع نرمال
۳۰۲	۴-۱۲	توضیح حرکت براونی توسط اینشتین
۳۰۴	۵-۱۲	پدیده فوتوالکتریک
۳۰۵	۶-۱۲	توجیه کوانتومی پدیده فوتوالکتریک توسط اینشتین
۳۰۶	۷-۱۲	بررسی اثر فوتوالکتریک
۳۱۱		فصل ۱۳ ساختار اتم

- ۱۳- ۱ اندازه‌گیری بار الکتریکی و جرم الکترون ----- ۳۱۱
- ۱۳- ۲ آزمایش تامسون- محاسبه نسبت بار به جرم الکترون ----- ۳۱۲
- ۱۳- ۳ اندازه‌گیری بار الکترون توسط میلیکان ----- ۳۱۷
- ۱۳- ۴ پروتون، نوترون و طیف اتمی ----- ۳۲۲
- ۱۳- ۵ نمای کلی فیزیک هسته‌ای ----- ۳۲۶
- ۱۳- ۶ طیف اتمی ----- ۳۲۸
- ۱۳- ۷ رابطه ریذبرگ-بالمر ----- ۳۳۰
- ۱۳- ۸ مدل‌های اتمی ----- ۳۳۳
- ۱۳- ۹ مدل اتمی بور ----- ۳۳۵

فصل ۱۴ انرژی ----- ۳۴۳

- ۱۴- ۱ مفهوم کار در فیزیک ----- ۳۴۳
- ۱۴- ۲ انرژی و گرما ----- ۳۴۴
- ۱۴- ۳ قضیه کار-انرژی ----- ۳۴۹
- ۱۴- ۴ انواع انرژی ----- ۳۵۰
- ۱۴- ۵ قوانین بقا در فیزیک ----- ۳۶۰
- ۱۴- ۶ تجزیه و تحلیل قانون بقای انرژی ----- ۳۶۳
- ۱۴- ۷ انرژی گرمایی مظهر انرژی‌ها ----- ۳۶۵
- ۱۴- ۸ گاز فوتون ----- ۳۶۸

فصل ۱۵ فرایندهای پیچیده در مکانیک ----- ۳۷۱

- ۱۵- ۱ انرژی درونی ----- ۳۷۱
- ۱۵- ۲ مکانیک آماری ----- ۳۷۶
- ۱۵- ۳ نظریه اختلال ----- ۳۸۱
- ۱۵- ۴ اثر زیمان ----- ۳۸۳
- ۱۵- ۵ اثر استارک خطی ----- ۳۸۵

فهرست مطالب کتاب ۷

فصل ۱۶ گازها و قوانین ترمودینامیک ----- ۳۸۷

- ۱۶- ۱- دما و اندازه‌گیری دما ----- ۳۸۷
۱۱۶- ۲- تابع دماسنجی ----- ۳۹۱
۱۶- ۳- قوانین گازها ----- ۳۹۲
۱۶- ۴- تعیین تجربی ظرفیت‌های گرمایی ----- ۳۹۸
۱۶- ۵- معادله حالت یک گاز کامل ----- ۳۹۹
۱۶- ۶- ترمودینامیک ----- ۴۰۰

فصل ۱۷ انتالپی و انتروپی ----- ۴۱۱

- ۱۷- ۱- انتالپی (انتالپی) ----- ۴۱۱
۱۷- ۲- حالت‌های ماده ----- ۴۱۲
۱۷- ۳- تبادل حرارتی و تغییر حالت ----- ۴۱۶
۱۷- ۴- تغییر حالات آب ----- ۴۱۷
۱۷- ۵- انتروپی ----- ۴۲۰

فصل ۱۸ خواص و رابطه موجی ذرات ----- ۴۲۷

- ۱۸-۱- مکانیک کوانتوم جدید ----- ۴۲۷
۱۸- ۲- رابطه دو بروی در تابش الکترومغناطیسی ----- ۴۲۹
۱۸- ۳- اصل مکملی ----- ۴۳۳
۱۸- ۴- اصل مکملی و گریه شرودینگر ----- ۴۳۵
۱۸- ۵- دیدگاه‌های مختلف درباره جایگاه نظریه‌ها در علم ----- ۴۳۹
۱۸- ۶- آزمایش افشار، آیا تفسیر کپنهاکی بی‌اعتبار می‌شود؟ ----- ۴۴۲

فصل ۱۹ اسپین ذرات بنیادی ----- ۴۴۹

- ۱۹- ۱- دلیل مطرح شدن اعداد کوانتومی ----- ۴۵۰
۱۹- ۲- عدد کوانتومی مغناطیسی اسپینی ----- ۴۵۵

- ۱۹- ۳ اسپین الکترون ----- ۴۵۶
- ۱۹- ۴ اصل طرد پائولی ----- ۴۵۷
- ۱۹- ۵ عملگرها و اسپین ----- ۴۵۹
- ۱۹- ۶ آیا اسپین الکترون ثابت است؟ ----- ۴۶۲
- فصل ۲۰ کنش فوتون و ماده، اثر کمپتون و عدم قطعیت ----- ۴۶۵**
- ۲۰- ۱ اثر کامپتون ----- ۴۶۶
- ۲۰- ۲ نظریه کلاسیک پراکندگی امواج ----- ۴۶۷
- ۲۰- ۳ نظریه کوانتومی پراکندگی امواج ----- ۴۶۷
- ۲۰- ۴ اصل عدم قطعیت ----- ۴۷۰
- ۲۰- ۵ اینشتین و مکانیک کوانتوم ----- ۴۷۵
- ۲۰- ۶ شکست اینشتین توسط نسبیت عام ----- ۴۸۰
- ۲۰- ۷ اینشتین، پودلسکی و روزن ----- ۴۸۳
- ۲۰- ۸ فیزیک مدرن و عقل سلیم ----- ۴۸۴
- فصل ۲۱ نسبیت عام و معادلات کیهان‌شناختی ----- ۴۸۹**
- ۲۱- ۱ نسبیت عام ----- ۴۹۰
- ۲۱- ۲ انحنای فضا ----- ۴۹۱
- ۲۱- ۳ معادله میدان اینشتین ----- ۴۹۷
- ۲۱- ۴ گرانش و هندسه فضا ----- ۴۹۸
- ۲۱- ۵ اهمیت نسبیت عام در زندگی روزمره ----- ۵۰۰
- ۲۱- ۶ نسبیت عام و سیاه چاله‌ها ----- ۵۰۲
- ۲۱- ۷ شعاع شوارتس شیلد ----- ۵۰۶
- ۲۱- ۸ انواع سیاهچاله ----- ۵۰۹
- ۲۱- ۹ سیاهچاله‌های هاوکینگ ----- ۵۱۱
- ۲۱- ۱۰ نسبیت عام و کیهان‌شناختی ----- ۵۱۳

فهرست مطالب کتاب ۹

۲۱- ۱۱ معادله فریدمان و قانون هابل ----- ۵۱۶

۲۱-۱۲ آشکارسازی امواج گرانشی ----- ۵۱۷

فصل ۲۲ مبانی انقلاب‌ها در فیزیک و مکانیک موجی ----- ۵۲۲

۲۲- ۱ مبانی فکری انقلاب‌ها در فیزیک ----- ۵۲۳

۲۲- ۲ نظریه‌های انقلابی و تجربه گرایان نوین ----- ۵۲۴

۲۲- ۳ نقش متقابل ریاضیات و فیزیک ----- ۵۲۶

۲۲- ۴ مکانیک موجی ----- ۵۲۸

۲۲- ۵ معادله دیراک ----- ۵۳۵

۲۲- ۶ هسته و مدل‌های هسته‌ای ----- ۵۳۷

۲۲- ۷ نیم عمر ----- ۵۴۰

۲۲- ۸ مدل‌های هسته اتم ----- ۵۴۲

فصل ۲۳ نظریه انفجار بزرگ ----- ۵۴۷

۲۳- ۱ اثر دوپلر ----- ۵۴۸

۲۳- ۲ زمینه پیدایش نظریه انفجار بزرگ ----- ۵۵۰

۲۳- ۳ جهان در ابتدا ----- ۵۵۳

۲۳- ۴ تابش زمینه کیهانی ----- ۵۵۵

۲۳- ۵ جهان تخت، باز و بسته ----- ۵۵۶

۲۳- ۶ فضا- زمان قبل از انفجار بزرگ ----- ۵۶۲

۲۳- ۷ نظریه تورم ----- ۵۶۳

۲۳- ۸ پژوهش‌های WMAP ----- ۵۶۶

فصل ۲۴ انرژی تاریک و ماده تاریک ----- ۵۷۱

۲۴- ۱ انرژی تاریک ----- ۵۷۱

۲۴- ۲ جاذبه دلیل وجود ماده تاریک ----- ۵۷۵

۱۰ فیزیک از آغاز تا امروز

- ۲۴- ۳ ذره - پادذره و معمای پادماده ----- ۵۸۱
- ۲۴- ۴ به دنبال پادجهان ها ----- ۵۸۶
- ۲۴- ۵ پروازهای آینده ----- ۵۸۹
- ۲۴- ۶ نوترینو و معمای انفجار بزرگ ----- ۵۹۰
- ۲۴- ۷ جرم نوترینو ----- ۵۹۳
- ۲۴- ۸ نوترینوها و انرژی تاریک ----- ۵۹۵

فصل ۲۵ الکترودینامیک و کرومودینامیک کوانتومی ----- ۶۰۱

- ۲۵- ۱ گرانش ----- ۶۰۲
- ۲۵- ۲ الکترودینامیک کوانتومی ----- ۶۰۴
- ۲۵- ۳ ذرات تبادل ----- ۶۰۹
- ۲۵- ۴ مدل ذرات بنیادی ----- ۶۱۱
- ۲۵- ۵ کرومودینامیک کوانتومی یا الکترودینامیک رنگی ----- ۶۱۶
- ۲۵- ۶ الکتروضعیف ----- ۶۱۹
- ۲۵- ۷ مغناطیس لحظه‌ای ----- ۶۲۴
- ۲۵- ۸ وحدت بزرگ ----- ۶۲۸
- ۲۵- ۹ ابر تقارن، ابر گرانش و ابر وحدت ----- ۶۳۱

فصل ۲۶ توسعه مکانیک و مهندسی فیزیک ----- ۶۳۷

- ۲۶- ۱ لاگرانژین و هامیلتونی ----- ۶۳۷
- ۲۶- ۲ معادله لاگرانژ ----- ۶۳۹
- ۲۶- ۳ مختصات تعمیم یافته ----- ۶۴۱
- ۲۶- ۴ هامیلتونی ----- ۶۴۲
- ۲۶- ۵ مکانیک سیالات ----- ۶۴۳
- ۲۶- ۶ مکانیک تحلیلی ----- ۶۴۶
- ۲۶- ۷ مکانیک آسمانی ----- ۶۴۶

فهرست مطالب کتاب ۱۱

۶۴۷	۲۶- ۸- سالیتون‌ها
۶۵۰	۲۶- ۹- فیزیک پزشکی
۶۵۲	۲۶- ۱۰- فیزیک شتاب دهنده‌ها
۶۶۰	۲۶- ۱۱- همجوشی هسته‌ای
فصل ۲۷ تقارن و مدل استاندارد ۶۷۳	
۶۷۳	۲۷- ۱- تقارن و وحدت در فیزیک
۶۷۶	۲۷- ۲- نظریه‌های پیمانه‌ای
۶۷۹	۲۷- ۳- نظریه وحدت الکتروضعیف
۶۸۱	۲۷- ۴- تقارن و اسپین
۶۸۳	۲۷- ۵- مدل استاندارد
۶۸۴	۲۷- ۶- کوارک‌ها و ذرات بنیادی
۶۸۶	۲۷- ۷- میدان نیروی رنگی
۶۸۹	۲۷- ۸- سطوح عمیق‌تر
۶۹۰	۲۷- ۹- آن سوی مدل استاندارد
۶۹۳	۲۷- ۱۰- ده معما
۶۹۶	۲۷- ۱۱- نظریه‌های موثر
فصل ۲۸ هیگز و آزمایشگاه‌های پیشرفته فیزیک ۶۹۹	
۶۹۹	۲۸- ۱- ذرات چگونه جرم کسب می‌کنند؟
۷۰۳	۲۸- ۲- بوزون هیگز و نتایج آن
۷۰۵	۲۸- ۳- میدان نقطه صفر
۷۰۷	۲۸- ۴- خانواده‌ها
۷۰۹	۲۸- ۵- هیگز و دورنمای آینده
۷۱۱	۲۸- ۶- برخورد کوارک‌ها
۷۱۴	۲۸- ۷- آزمایشگاهی برای دنیا

- ۲۸- ۸- کشف کوآرک سر ----- ۷۱۴
- ۲۸- ۹- آشکارسازی بوزون هیگز ----- ۷۲۲
- فصل ۲۹ تلاش برای ترکیب مدل استاندارد و نسبیت عام --- ۷۲۹**
- ۲۹- ۱- شکست تقارن لورنس و CPT ----- ۷۲۹
- ۲۹- ۲- بررسی فضا در فضا در آزمایشگاه‌های چرخان ----- ۷۳۲
- ۲۹- ۳- پادماده ----- ۷۳۷
- ۲۹- ۴- در جست‌وجوی نقض نسبیت ----- ۷۳۸
- ۲۹- ۵- نقض خودبه‌خود تقارن لورنتس ----- ۷۴۳
- ۲۹- ۶- تعمیم مدل استاندارد ----- ۷۴۴
- ۲۹- ۷- سنت‌شکنان ----- ۷۴۶
- فصل ۳۰ مرز بین تخیل و واقعیت ----- ۷۵۱**
- ۳۰- ۱- سفر در زمان ----- ۷۵۱
- ۳۰- ۲- نظریه ریسمان و گرانش کوانتومی ----- ۷۵۴
- ۳۰- ۳- نظریه ابرریسمان‌ها ----- ۷۵۸
- ۳۰- ۴- هنجارپذیری ----- ۷۶۱
- ۳۰- ۵- سفر در زمان از بعد پنجم ----- ۷۶۵
- ۳۰- ۶- کاوشگران گرانشی ----- ۷۷۲
- فصل ۳۱ فناوری نانو ----- ۷۸۵**
- ۳۱- ۱- فناوری نانو از کجا آمده است؟ ----- ۷۸۶
- ۳۱- ۲- فناوری نانو چیست؟ ----- ۷۸۸
- ۳۱- ۳- آیا فناوری نانو واقعی است؟ ----- ۷۸۹
- ۳۱- ۴- اسمبلی مولکولی چیست؟ ----- ۷۹۱
- ۳۱- ۵- چرا نوآفرینی مصنوعی مهم است؟ ----- ۷۹۲
- ۳۱- ۶- کاربردهای فناوری نانو ----- ۷۹۴

فصل ۳۲ پیش فرض‌های ناسازگار با تجارب جدید در فیزیک -- ۷۹۹

- ۳۲-۱ لزوم بازنگری پیش‌فرض‌ها ----- ۷۹۹
- ۳۲-۲ تاریخچه انرژی ----- ۸۰۲
- ۳۲-۳ واقعاً کوانتای انرژی چیست؟ ----- ۸۰۴
- ۳۲-۴ چرا جرم فوتون مهم است؟ ----- ۸۰۸
- ۳۲-۵ جرم فوتون و مشکلات کیهان‌شناختی ----- ۸۱۳
- ۳۲-۶ تقابل دو نظریه جهان پایدار و بیگ بنگ ----- ۸۱۶
- ۳۲-۷ مشاهدات تلسکوپ افق رویداد و نتایج آن ----- ۸۲۰
- ۳۲-۸ کنش فوتون-فوتون ----- ۸۲۶
- ۳۲-۹ آشکارسازی نوسانات خلاء ----- ۸۲۸
- ۳۲-۱۰ ماهیت فیزیکی زمان ----- ۸۳۰
- ۳۲-۱۱ کشف فرمیون‌های وایل ----- ۸۳۲
- ۳۲-۱۲ سئوالات پیچیده در مورد کنش ذرات بنیادی ----- ۸۳۴

فصل ۳۳ مبانی نظریه سی پی اچ ----- ۸۴۵

- ۳۳-۱ واقعیت شتاب چیست؟ ----- ۸۴۷
- ۳۳-۲ تفاوت بین نیرو و انرژی ----- ۸۵۰
- ۳۳-۳ معادله کلاین - گوردون ----- ۸۵۳
- ۳۳-۴ معادله دیراک ----- ۸۵۵
- ۳۳-۵ تعمیم معادله دیراک به ساختمان فوتون ----- ۸۵۸
- ۳۳-۶ زیرکوانتوم انرژی ----- ۸۶۱
- ۳۳-۷ زیرکوانتوم انرژی و معادلات ماکسول ----- ۸۶۷
- ۳۳-۸ میدان‌های زیرکوانتومی ----- ۸۷۳
- ۳۳-۹ زیرکوانتوم انرژی و دریای دیراک ----- ۸۷۴

۳۴ - الکترودینامیک و کرومودینامیک زیرکوانتومی ----- ۸۷۹

- ۸۸۰ ----- ۱-۳۴ الکترو دینامیک زیر کوانتومی
- ۸۸۶ ----- ۲-۳۴ زیر کوانتوم انرژی و نمودارهای فاینمن
- ۸۸۸ ----- ۳-۳۴ کرومودینامیک کوانتومی زیر کوانتومی
- ۸۹۷ ----- ۴-۳۴ کنش هسته‌ای ضعیف و گرانش
- ۳۵ - پاسخ به پیچیده‌ترین معماهای فیزیک ----- ۱۹۹**
- ۹۰۰ ----- ۱-۳۵ تکنیکی گرانشی
- ۹۰۵ ----- ۲-۳۵ بازنگری معادله کیهان‌شناختی فریدمان
- ۹۰۹ ----- ۳-۳۵ فوران نسبیستی سیاه‌چاله‌های پر جرم
- ۹۱۲ ----- ۴-۳۵ ترمودینامیک زیر کوانتومی
- ۹۱۷ ----- ۵-۳۵ ماهیت فیزیکی زمان
- ۹۲۳ ----- ۶-۳۵ فرمول مینکوفسکی و *SQE*
- ۹۲۶ ----- ۷-۳۵ اطلاعات کوانتومی و درهم‌تنیدگی کوانتومی
- ۹۲۸ ----- ۸-۳۵ کلام آخر
- ۹۳۷ ----- منابع کتاب**