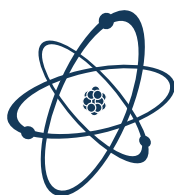


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

nstp.nstri.ir

حفاظت در برابر اشعه در صنایع

(در کاربرد سنجش گره‌های پرتوی، چاه‌پیمایی، آنالیز مواد)

تألیف

انسیه روح‌الهی

عنوان اصلی: حفاظت در برابر اشعه در صنایع (در کاربرد سنجش گرهای پرتوی، چاه پیمایی، آنالیز مواد)
نام مؤلف: انسیه روح‌الهی
مشخصات نشر: تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سال ۱۳۸۹، پروانه نشر ۹۵۸۳.
مشخصات ظاهری: ۲۷۷ ص. ج.: جدول، نمودار
شابک: (ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۶۳-۷)
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا، چاپ اول سال ۱۴۰۰
موضوع: کتابنامه، پرتونگاری صنعتی، پیش‌بینی‌های ایمنی، اشعه‌ی ایکس، پیش‌بینی‌های ایمنی
رده‌بندی کنگره: TA۴۱۷/۲۵
رده‌بندی دیویی: ۶۲۰/۱۱۲۷۲۰۲۸
شماره‌ی کتابخانه ملی: ۸۷۶۳۶۳۶



انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

nstp.nstri.ir

حفاظت در برابر اشعه در صنایع

(در کاربرد سنجش گرهای پرتوی، چاه پیمایی، آنالیز مواد)

مؤلف: انسیه روح‌الهی

ناظر علمی - فنی: محدثه گلشنیان

ویراستار ادبی - فنی: مهدیه‌السادات عامل‌ابراهیمی

طراح جلد و صفحه‌آرایی: شادی معماری‌آذر

طراح حروف: پروانه‌الهی

چاپ و صحافی: دیجیتال آبنوس

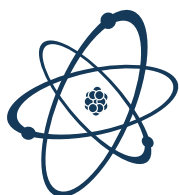
وزیری، ۲۷۷ صفحه، ۳۰ نسخه، چاپ اول، زمستان ۱۴۰۰

کلیه‌ی حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای است.

بها: ۱۰۰۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-7414-63-7

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۶۳-۷



پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

پیشگفتار ناشر

انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

یک ناشر تخصصی دولتی است که از سال ۱۳۸۶ فعالیت خود را آغاز کرده است و با توجه به تخصصی بودن موضوع، بیش تر کتب در حوزه‌ی علوم تئوری و تجربی، به‌ویژه آن‌هایی که به علوم و فنون هسته‌ای مربوط می‌شوند، منتشر می‌کند.

از سوی دیگر، انتشارات همتش را بر انتشار کتب به زبان فارسی، اعم از ترجمه، تألیف و گردآوری و تدوین معطوف ساخته است تا از این راه هم دانش هسته‌ای برای فارسی زبان‌ها به آسانی در دسترس و قابل استفاده باشد و هم با نشر واژه‌های معادل فارسی برای واژگان لاتین حوزه‌ی علوم و فنون هسته‌ای به غنای این زبان کمک کند.

اهداف مهم، انتشارات پژوهشگاه را می‌توان در چند محور بیان کرد:

- اعتلای دانش هسته‌ای کشور و ایجاد تعامل سازنده میان پژوهشگران، انتشار کتب تخصصی و ترویجی مرتبط با علوم و فنون هسته‌ای؛
- انتشار کتبی که از دیدگاه تاریخ علم اهمیت دارند؛
- انتشار کتب مشاهیر و دانشمندان بزرگ علوم و فنون هسته‌ای، از جمله برندگان جوایز نوبل و ...؛
- انتشار کتب در حوزه‌های مرتبطی که به هر دلیل در زبان فارسی مورد غفلت قرار گرفته است یا از آن‌ها یاد نشده است.

همچنین انتشارات در نظر دارد شماری از کتب را با حفظ حقوق مؤلفان و مترجمان، به صورت الکترونیکی، ارزان‌قیمت یا رایگان، در اختیار خوانندگان بگذارد. همه‌ی این اهداف تنها به‌کمک مؤلفان و مترجمان خبره و علاقه‌مند ممکن است که انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای از همکاری ایشان استقبال می‌کند.

مسئولیت صحت مطالب این کتاب بر عهده‌ی نگارندگان آن است

مقدمه

در جهان امروز، کاربرد منابع پرتو در بسیاری از مراکز صنعتی رو به افزایش است. با پیشرفت سریع تکنولوژی پرتوی، کنترل مخاطرات بالقوه‌ی این منابع و جنبه‌های حفاظت و ایمنی در برابر پرتوها نگرانی‌هایی را به دنبال داشته است. خصوصاً اثرات زیان‌بار پرتوهای یونساز ناشی از چشمه‌های پرتوزا که کاربرد آن‌ها در تجهیزات موجود در صنایع مختلف و کارخانه‌ها مفید به نظر می‌رسد؛ ولی عدم رعایت نکات ایمنی هنگام کار با آن‌ها می‌تواند خطرات جدی برای کارکنان، مردم و محیط زیست به همراه داشته باشد.

در هر کشور با هدف کاهش این خطرات، قوانینی توسط دولت با توجه به سیاست‌های ملی و براساس توصیه‌ها و استانداردهای مراجع بین‌المللی ایمنی پرتو وضع می‌شود. در اکثر کشورها برای استفاده از منابع پرتو، به وسیله‌ی مجموعه‌های ذی‌صلاح مجوزی با عنوان پروانه‌ی اشتغال صادر می‌شود. دارندگان این پروانه باید برای ایمنی مردم و کاهش پرتوگیری شغلی کارکنان خود، تمهیدات لازم را مطابق با الزامات واحد قانونی به‌کار گیرند. از جمله این تمهیدات، طراحی یک «برنامه‌ی حفاظت در برابر اشعه» براساس توصیه‌ها و الزامات حفاظتی است که اجرای مفاد آن ایمنی مردم و کارکنان را تضمین کند. از آنجا که آموزش حفاظت در برابر اشعه به کارکنان مراکز کار با پرتو اهمیت زیادی دارد، در اغلب کشورها یکی از الزامات قانونی است. همه‌ی پرتوکاران قبل از کار با منابع پرتو باید علاوه بر آشنایی کامل با کاربرد ایمن تجهیزات، متناسب با فعالیت پرتوی مربوطه آموزش‌های لازم در زمینه‌ی حفاظت در برابر اشعه را کسب کرده و برای اخذ «گواهینامه‌ی دوره‌ی آموزشی حفاظت در برابر اشعه» اقدام کنند.

این کتاب با ذکر نکات آموزشی حفاظت در برابر پرتوهای یونساز در مراکز صنعتی پیشنهاداتی را جهت نحوه‌ی آموزش و سرفصل دروس آموزشی ارائه می‌دهد. همچنین سعی دارد راهنمایی‌های لازم را جهت تنظیم یک برنامه‌ی حفاظت در برابر اشعه منطبق با مقررات واحد قانونی، به مسئولین مراکز کار با پرتو ارائه کند.

در مطالب تخصصی این کتاب، از نحوه‌ی تدریس دوره‌های حفاظت در برابر اشعه در چند کشور دیگر و جزوات آموزشی در کشورهایی مانند کانادا، استرالیا، ایالت‌های آمریکا (کالیفرنیا، لوئیزیانا، ماساچوست، نیویورک، ...) استفاده شده است که در بیان مطالب کتاب تأثیرگذار بوده و شیوه‌ی جدیدی را در مقایسه با روش آموزش فعلی در کشورمان ارائه می‌کند.

همچنین با توجه به عدم امکان بازدید از فعالیت‌های مختلف پرتوی و آرایه‌ی آموزش عملی در دوره‌های آموزشی، مطالب به صورت مصور و با استفاده از تصاویر ساده، ارائه شده است تا به درک مفاهیم کمک کند.

ترجمه‌ی بخش‌هایی از منابع زیر، در تکمیل مفاهیم علمی در فصل‌های تخصصی، نقش مؤثری داشته است:

۱. اسلایدها و کتاب‌های آموزشی حفاظت و ایمنی پرتو، تدوین شده در دپارتمان‌های بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در برخی دانشگاه‌ها (مانند کلارکسون در نیویورک، آلبرتا در کانادا، نورت‌وسترن در شیکاگو، مریلند، دانشگاه کالیفرنیا و کنکتیکات در آمریکا) که در حال حاضر در مراکز صنعتی و آزمایشگاه‌ها جهت کاهش پرتوگیری شغلی مورد استفاده‌ی پرتوکاران در این کشورها قرار می‌گیرد.
 ۲. متون منتشرشده از طرف آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA)، که شامل مجموعه‌های مربوط به حفاظت پرتوی در مراکز صنعتی و کتاب‌های آموزشی مربوط به آنها است.
 ۳. اسلایدهای مربوط به دوره‌های آموزشی حفاظت در برابر اشعه در صنایع که توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی برگزار شده است.
 ۴. ضوابط اخذ مجوز کار با منابع پرتو، راهنمای ایمنی و ضوابط کار با پرتو^۱، منتشر شده در دپارتمان‌های مربوطه در برخی کشورها.
- سرفصل و ترتیب مطالب این کتاب، براساس بخش چهارم^۲ TCS^{۱۸} (استاندارد منتشرشده در سال ۲۰۱۹ به وسیله‌ی سازمان بین‌المللی انرژی اتمی) تنظیم شده است.

1. Safety Guides & Codes of Practice

2. Postgraduate Educational Course in Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources, Standard Syllabus; TRAINING COURSE SERIES No. 18

(Rev. 1), IAEA, 2019

در فصل‌های نخست، با فرض اینکه دانش اولیه‌ای از علوم پایه در حد دیپلم متوسطه وجود دارد، با یادآوری اصطلاحات و مفاهیم پایه در مورد ساختار اتم و پرتوزایی، به معرفی انواع پرتوهای یونساز و تعریف کمیت‌های پرتوسنجی پرداخته‌ایم. همچنین با معرفی منابع پرتو، اثرات بیولوژیکی و روش‌های آشکارسازی پرتوها را شرح داده و روش‌های حفاظت در برابر پرتوگیری‌های داخلی و خارجی را بیان کرده‌ایم. در فصل‌های بعدی با شرح تخصصی فعالیت‌های پرتوی در صنایع شامل سنجش‌گرهای پرتوی، چاه‌پیمایی و آنالیز مواد، به خطرات پرتوگیری شغلی و اقدامات حفاظتی در هر یک از این فعالیت‌ها پرداخته‌ایم.

امید است چاپ این اثر با رویکرد جدید در نحوه‌ی تدریس، نقش مؤثری در کمک به آموزش حفاظت در برابر اشعه و فراگیری بهتر کارکنان در مراکز صنعتی داشته و گامی در جهت کاهش پرتوگیری شغلی در کشورمان باشد.

انسیه روح‌الهی

زمستان ۱۴۰۰

فهرست

فصل اول

- ۱..... مفاهیم فیزیکی پایه
- ۱-۱..... ساختار اتمی
- ۲-۱..... پرتو و پرتوزایی
- ۱-۲-۱..... ماهیت پرتو
- ۲-۲-۱..... واپاشی
- ۳-۲-۱..... کمیّت پرتوزایی یا فعالیت (رادیواکتیویته)
- ۴-۲-۱..... نیمه عمر ($T_{1/2}$)
- ۳-۱..... فرایند تبدیل داخلی
- ۴-۱..... گیراندازی الکترون مداری

فصل دوم

- ۱۱..... انواع پرتو
- ۱-۲..... پرتوهای یونساز و غیریونساز
- ۲-۲..... انواع اصلی پرتوهای یونساز
- ۱-۲-۲..... ماهیت ذره α و برهم کنش آن با ماده
- ۲-۲-۲..... کاربردهای صنعتی و خطر پرتوگیری با ذره α
- ۳-۲-۲..... ذره بتا و قدرت نفوذ آن در ماده
- ۴-۲-۲..... تابش ترمزی در برخورد ذره بتا با ماده
- ۵-۲-۲..... کاربردهای صنعتی و خطر پرتوگیری با ذره بتا
- ۶-۲-۲..... پرتوهای ایکس و گاما
- ۱-۶-۲-۲..... ماهیت پرتوی گاما
- ۲-۶-۲-۲..... کاربردهای صنعتی و خطر پرتوگیری با پرتوی گاما
- ۳-۶-۲-۲..... تولید پرتوی ایکس
- ۴-۶-۲-۲..... کاربردهای صنعتی و خطر پرتوگیری با پرتوی ایکس

- ۲۲..... ۵-۶-۲-۲ برهمکنش پرتوهای ایکس و گاما با ماده.
- ۲۳..... ۶-۶-۲-۲ تضعیف پرتوهای ایکس و گاما در ماده.
- ۲۵..... ۷-۶-۲-۲ سخت‌شدگی پرتو.....
- ۲۶..... ۷-۲-۲ تولید و کاربرد نوترون.....
- ۲۷..... ۱-۷-۲-۲ برخورد نوترون با ماده و خطر پرتوگیری با آن.....

فصل سوم

- ۳۱..... کمیت‌های پرتوسنجی و دزسنجی.....
- ۳۱..... ۱-۳ پرتوگیری.....
- ۳۲..... ۲-۳ دز و دزیمتری پرتو.....
- ۳۲..... ۱-۲-۳ جذبی دز.....
- ۳۳..... ۲-۲-۳ ضریب‌وزنی پرتو.....
- ۳۴..... ۳-۲-۳ ضریب وزنی بافت.....
- ۳۴..... ۴-۲-۳ معادل دز.....
- ۳۵..... ۵-۲-۳ مؤثر دز.....
- ۳۶..... ۶-۲-۳ دز معادل جمعی و دز مؤثر جمعی.....

فصل چهارم

- ۳۷..... منابع پرتو.....
- ۳۸..... ۱-۴ منابع پرتوزای طبیعی.....
- ۳۸..... ۱-۱-۴ پرتوهای کیهانی.....
- ۳۸..... ۲-۱-۴ مواد پرتوزای طبیعی در زمین.....
- ۳۹..... ۳-۱-۴ گاز رادن.....
- ۴۰..... ۴-۱-۴ پرتوزایی طبیعی داخلی (در بدن انسان).....
- ۴۰..... ۲-۴ منابع پرتوزای مصنوعی.....
- ۴۰..... ۱-۲-۴ منابع پرتوزای پزشکی.....
- ۴۰..... ۲-۲-۴ آزمایشات هسته‌ای و پراکندگی اتمسفری مواد پرتوزای مصنوعی.....
- ۴۱..... ۳-۲-۴ محصولات مصرفی.....

۴۱	۴-۲-۴ تأسیسات هسته‌ای.....
۴۱	۴-۲-۵ چشمه‌های پرتوزای بسته.....
۴۵	۴-۲-۶ چشمه‌های پرتوزای باز.....

فصل پنجم

۴۷	تأثیر بیولوژیکی پرتوهای یونساز.....
۴۸	۱-۵ تقسیم‌بندی اثرات بیولوژیکی پرتوها.....
۴۸	۱-۱-۵ اثرات ژنتیک و سوماتیک.....
۴۸	۲-۱-۵ اثرات قطعی و تصادفی.....
۴۹	۲-۵ ساختار سلول و آسیب‌پذیری آن در برابر پرتوها.....
۵۰	۱-۲-۵ اثرات مستقیم و غیرمستقیم پرتوها.....
۵۰	۳-۵ عوامل مؤثر در ایجاد اثرات بیولوژیکی پرتوها.....
۵۱	۱-۳-۵ دز آهنگ.....
۵۱	۲-۳-۵ دز کل دریافتی.....
۵۲	۳-۳-۵ انتقال خطی انرژی پرتو.....
۵۲	۴-۳-۵ حساسیت فردی.....
۵۲	۵-۳-۵ ناحیه‌ای از بدن که در معرض پرتو قرار می‌گیرد.....
۵۳	۶-۳-۵ حساسیت سلولی.....
۵۳	۴-۵ پاسخ اندام‌ها به پرتو.....
۵۳	۱-۴-۵ پوست.....
۵۴	۲-۴-۵ چشم.....
۵۴	۳-۴-۵ اندام‌های جنسی.....
۵۴	۵-۵ پرتوگیری جنین.....
۵۵	۶-۵ اثرات پرتو بر خون.....
۵۵	۷-۵ اثرات پرتوگیری تمام بدن.....
۵۶	۱-۷-۵ سندروم خونسازی.....
۵۷	۲-۷-۵ سندروم گوارشی.....
۵۷	۳-۷-۵ سندروم عصبی.....

۵-۸ سرطان‌زایی پرتو ۵۷

فصل ششم

استانداردها و الزامات حفاظت در برابر اشعه	۵۹
۱-۶ استانداردهای پایه‌ی حفاظت در برابر اشعه	۵۹
۱-۱-۶ کاربرد استانداردهای پایه‌ی حفاظت در برابر اشعه	۶۰
۲-۱-۶ اصول استانداردهای پایه‌ی حفاظت در برابر اشعه	۶۱
۲-۶ مقررات و حدود پرتوگیری در BSS	۶۱
۱-۲-۶ وظایف و مسئولیت‌ها در شرایط کار و پرتوگیری شغلی	۶۱
۲-۲-۶ حد دز	۶۴
۳-۶ قانون حفاظت در برابر اشعه و آیین‌نامه‌ی اجرایی آن	۶۴
۴-۶ ساختار برنامه‌ی حفاظت در برابر اشعه براساس BSS	۶۶

فصل هفتم

آشکارسازی و دزیمتری پرتوها	۶۷
۱-۷ آشکارسازهای گازی	۶۷
۱-۱-۷ اتاقک یونش	۶۹
۲-۱-۷ آشکارساز تناسبی	۷۰
۳-۱-۷ آشکارساز گایگر-مولر	۷۰
۲-۷ آشکارسازهای سوسوزن (ستیل‌اسیون)	۷۰
۳-۷ آشکارسازهای نوترون	۷۱
۴-۷ آشکارساز ردپای هسته‌ای	۷۲
۵-۷ وسایل اندازه‌گیری و پایش آهنگ دز	۷۳
۱-۵-۷ کاربرد شمارنده‌ی گایگر-مولر	۷۵
۲-۵-۷ هشداردهنده‌های فردی	۷۷
۶-۷ دستگاه پایش آلودگی سطحی پرتوزا	۷۹
۷-۷ دزیمترهای پرتو	۸۰
۱-۷-۷ دزیمترهای فردی با قرائت مستقیم	۸۱

۸۱	۱-۱-۷-۷ دزیتر قلمی
۸۲	۲-۱-۷-۷ دزیتر جیبی دیجیتال
۸۴	۲-۷-۷ دزیترهای فردی - قرائت غیرمستقیم
۸۴	۱-۲-۷-۷ دزیتر فیلم بچ
۸۵	۲-۲-۷-۷ دزیتر ترمولومینسانس TLD
۸۸	۳-۲-۷-۷ دزیتر نوتر ایران

فصل هشتم

۸۹	پرتوگیری خارجی
۸۹	۱-۸ عوامل مؤثر در کنترل پرتوگیری خارجی
۸۹	۱-۱-۸ زمان
۹۱	۲-۱-۸ فاصله
۹۲	۱-۲-۱-۸ محاسبه‌ی آهنگ دز در فاصله‌ای معین از یک چشمه‌ی نقطه‌ای گاما
۹۳	۳-۱-۸ حفاظ
۹۴	۱-۳-۱-۸ حفاظ پرتوی آلفا
۹۴	۲-۳-۱-۸ حفاظ پرتوی بتا
۹۵	۳-۳-۱-۸ حفاظ ذرات نوترون
۹۵	۴-۳-۱-۸ حفاظ ذرات گاما و ایکس
۹۸	۵-۳-۱-۸ پوشش حفاظتی

فصل نهم

۹۹	پرتوگیری داخلی
۱۰۰	۱-۹ راه‌های ورود مواد پرتوزا به بدن
۱۰۰	۱-۱-۹ بلع مواد پرتوزا
۱۰۰	۲-۱-۹ استنشاق مواد پرتوزا
۱۰۱	۳-۱-۹ جذب مواد پرتوزا از راه پوست یا زخم
۱۰۱	۲-۹ جلوگیری از ورود آلودگی به بدن
۱۰۲	۳-۹ رفتار مواد پرتوزا پس از ورود به بدن

- ۴-۹ عمر مواد پرتوزا در بدن ۱۰۳
- ۵-۹ برآورد آلودگی پرتوزا در داخل بدن ۱۰۴

فصل دهم

- سنجش گر پرتوی ۱۰۷
- ۱-۱۰ اساس کار سنجش گرهای هسته‌ای ۱۰۸
- ۲-۱۰ استفاده از سنجش گرهای هسته‌ای در صنایع ۱۱۰
- ۳-۱۰ سنجش گرهای ثابت و قابل حمل ۱۱۱
- ۴-۱۰ ساختمان داخلی سنجش گرهای پرتوی ۱۱۴
- ۵-۱۰ کاربردهای مختلف سنجش گرهای پرتوی در صنعت ۱۱۵
- ۱-۵-۱۰ سنجش سطح ۱۱۵
- ۱-۱-۵-۱۰ تعیین کمترین و بیشترین سطح مایع ۱۱۸
- ۲-۱-۵-۱۰ پایش پیوسته‌ی ارتفاع مایع ۱۱۸
- ۲-۵-۱۰ سنجش ضخامت ۱۲۱
- ۱-۲-۵-۱۰ تعیین ضخامت آبکاری و لایه‌ی پوششی روی سطح جسم ۱۲۴
- ۳-۵-۱۰ سنجش چگالی مواد ۱۲۵
- ۴-۵-۱۰ سنجش رطوبت ۱۳۰
- ۱-۴-۵-۱۰ رطوبت‌سنجی در مخازن و سیلوها ۱۳۱
- ۲-۴-۵-۱۰ رطوبت‌سنج قابل حمل ۱۳۶
- ۶-۱۰ پرتوگیری شغلی در کاربرد سنجش گرهای پرتوی ۱۴۰
- ۱-۶-۱۰ پرتوگیری عادی در کار با سنجش گرهای پرتوی ۱۴۱
- ۲-۶-۱۰ پرتوگیری غیرعادی و سوانح پرتوی در کار با سنجش گرهای پرتوی ۱۴۵

فصل یازدهم

- کاربرد پرتوی ایکس در صنعت ۱۴۹
- ۱-۱۱ دستگاه‌های تولید پرتوی ایکس ۱۴۹
- ۲-۱۱ روش‌های تولید پرتوی ایکس ۱۵۲
- ۱-۲-۱۱ شتاب‌دهنده‌ها ۱۵۲

۱۵۲.....	۱-۲-۱۱ اساس کار شتاب‌دهنده
۱۵۳.....	۲-۱-۲-۱۱ واندوگراف
۱۵۳.....	۳-۱-۲-۱۱ شتاب‌دهنده‌ی خطی
۱۵۵.....	۴-۱-۲-۱۱ سیکلوترون
۱۵۷.....	۵-۱-۲-۱۱ بتاترون
۱۵۸.....	۶-۱-۲-۱۱ سینکروترون
۱۵۸.....	۲-۲-۱۱ تیوب پرتوی ایکس

فصل دوازدهم

۱۶۵.....	روش‌های آنالیز مواد
۱۶۵.....	۱-۱۲ آنالیز مواد به روش فعال‌سازی نوترونی
۱۶۷.....	۲-۱۲ روش‌های آنالیز مواد با پرتوی ایکس
۱۶۷.....	۱-۲-۱۲ دستگاه پراش پرتوی ایکس (XRD)
۱۶۸.....	۱-۱-۲-۱۲ برخورد پرتوی ایکس به اتم‌ها - پراکندگی رایلی
۱۶۸.....	۲-۱-۲-۱۲ اصل براگ
۱۷۰.....	۳-۱-۲-۱۲ اجزای سیستم XRD
۱۷۲.....	۲-۲-۱۲ دستگاه آنالیز مواد با روش فلورسانس پرتوی ایکس XRF
۱۷۲.....	۱-۲-۲-۱۲ پرتوی فلورسانس پرتوی ایکس
۱۷۳.....	۲-۲-۲-۱۲ اساس کار و بخش‌های اصلی دستگاه XRF
۱۷۴.....	۳-۲-۲-۱۲ دستگاه XRF پرتابل
۱۷۶.....	۳-۱۲ الزامات و مقررات ایمنی پرتو در کاربرد دستگاه‌های آنالیز مواد
۱۷۶.....	۱-۳-۱۲ ایمنی پرتو در کاربرد دستگاه‌های NAA
۱۷۷.....	۲-۳-۱۲ الزامات ایمنی پرتو در کاربرد دستگاه‌های آنالیز مواد با اشعه ایکس
۱۸۰.....	۴-۱۲ مقررات ایمنی پرتو در کاربرد دستگاه‌های آنالیز مواد با اشعه ایکس
۱۸۰.....	۱-۴-۱۲ نکات ایمنی پرتو در کاربرد دستگاه‌های XRF پرتابل
۱۸۳.....	۵-۱۲ مثال‌هایی از پرتوگیری با دستگاه XRF پرتابل

فصل سیزدهم

کاربرد منابع پرتو در چاه‌پیمایی و ردیابی.....	۱۸۵
۱-۱۳ عملیات چاه‌پیمایی.....	۱۸۵
۲-۱۳ تجهیزات و عملیات چاه‌پیمایی هسته‌ای.....	۱۸۷
۱-۲-۱۳ چاه‌پیمایی با چشمه‌های پرتوزای بسته.....	۱۸۷
۱-۲-۱۳ روش DTS.....	۱۸۸
۲-۱-۲-۱۳ روش MWD.....	۱۸۹
۲-۲-۱۳ تکنیک‌های متداول در چاه‌پیمایی هسته‌ای.....	۱۹۰
۳-۲-۱۳ کاربرد چشمه‌های پرتوزا در نشانه‌گذاری.....	۱۹۲
۴-۲-۱۳ سنجش چگالی مایعات داخل چاه با استفاده از چشمه‌ی پرتوزا.....	۱۹۴
۵-۲-۱۳ کاربرد چشمه‌ی پرتوزا در کالیبراسیون ابزار چاه‌پیمایی.....	۱۹۴
۳-۱۳ کاربرد ردیاب‌های پرتوزا.....	۱۹۵
۱-۳-۱۳ کاربرد ردیاب‌های پرتوزا در نشست‌یابی لوله‌های زیرزمینی.....	۱۹۷
۴-۱۳ پرتوگیری شغلی در چاه‌پیمایی و عملیات ردیابی.....	۱۹۹
۱-۴-۱۳ پرتوگیری بالقوه در چاه‌پیمایی و عملیات ردیابی - سوانح پرتوی.....	۲۰۰

فصل چهاردهم

مواد پرتوزای طبیعی.....	۲۱۱
۱-۱۴ منشأ رادیونوکلیدهای طبیعی.....	۲۱۱
۲-۱۴ پرتوگیری با مواد پرتوزای طبیعی.....	۲۱۱
۳-۱۴ مواد پرتوزای طبیعی در صنایع نفت و گاز.....	۲۱۳
۱-۳-۱۴ پرتوزایی رسوبات در استخراج نفت و گاز.....	۲۱۳
۴-۱۴ مونیتورینگ مواد پرتوزای طبیعی.....	۲۱۴
۵-۱۴ رفع آلودگی تجهیزات از مواد پرتوزای طبیعی.....	۲۱۶
۶-۱۴ پسماند پرتوزا حاوی NORM.....	۲۱۷
۷-۱۴ حفاظت در برابر اشعه‌ی مواد پرتوزای طبیعی در صنعت نفت و گاز.....	۲۱۸
۱-۷-۱۴ اقدامات عملی در برابر پرتوگیری خارجی ناشی از NORM.....	۲۱۸
۲-۷-۱۴ اقدامات عملی در برابر پرتوگیری داخلی ناشی از NORM.....	۲۱۸

فصل پانزدهم

۲۲۱	مونیتورینگ پرتوها.....
۲۲۲	۱-۱۵ مونیتورینگ محیطی.....
۲۲۳	۱-۱-۱۵ آستانه‌ی اقدام.....
۲۲۳	۲-۱-۱۵ دستورالعمل مونیتورینگ محیطی.....
۲۲۷	۳-۱-۱۵ نواحی کار در اطراف یک منبع پرتو.....
۲۲۷	۴-۱-۱۵ الزامات ناحیه‌ی تحت کنترل.....
۲۳۰	۵-۱-۱۵ پایش آلودگی پرتوزا.....
۲۳۰	۱-۵-۱-۱۵ پایش آلودگی سطحی.....
۲۳۱	۲-۵-۱-۱۵ پایش آلودگی پرتوزا در هوا.....
۲۳۲	۲-۱۵ مونیتورینگ فردی.....
۲۳۲	۱-۲-۱۵ آستانه بررسی.....
۲۳۲	۲-۲-۱۵ دستورالعمل مونیتورینگ فردی در برنامه‌ی حفاظت در برابر اشعه.....
۲۳۳	۳-۲-۱۵ نکات مهم در کاربرد فیلم‌بیج و TLD.....
۲۳۵	۴-۲-۱۵ استفاده از دزیمتر فردی قرائت مستقیم.....

فصل شانزدهم

۲۳۹	حفاظت و ایمنی منابع پرتو.....
۲۳۹	۱-۱۶ حمل و نقل منابع پرتو.....
۲۳۹	۱-۱-۱۶ بسته‌بندی.....
۲۴۰	۲-۱-۱۶ انواع بسته‌ها.....
۲۴۱	۳-۱-۱۶ طبقه‌بندی و علامت‌گذاری بسته‌ها.....
۲۴۲	۴-۱-۱۶ دستورالعمل حمل و نقل منابع پرتو در برنامه‌ی حفاظت در برابر اشعه.....
۲۴۳	۵-۱-۱۶ نکات ایمنی در نگهداری و حمل و نقل سنجش‌گرهای پرتابل.....
۲۴۳	۱-۵-۱-۱۶ انبار سنجش‌های پرتابل.....
۲۴۴	۱-۵-۱-۱۶ بسته‌بندی و وسیله‌ی نقلیه‌ی سنجش‌گرهای پرتابل.....
۲۴۶	۶-۱-۱۶ کانتینر چشمه‌های بسته.....
۲۴۸	۷-۱-۱۶ نگهداری و جابه‌جایی چشمه‌های بسته در چاه‌پیمایی و چشمه‌های باز در.....

- ۱۶-۱-۷ نکات ایمنی در جابه‌جایی چشمه‌های باز در روش‌های ردیابی..... ۲۴۹
- ۱۶-۲ امنیت و حسابرسی منابع پرتو..... ۲۵۰
- ۱۶-۲-۱ جدول ثبت و حسابرسی چشمه‌های مورد استفاده در چاه‌پیمایی..... ۲۵۱

فصل هفدهم

- مدیریت پسماند چشمه‌های پرتوزا..... ۲۵۳
- ۱-۱۷ نکات حائز اهمیت در برنامه‌ی مدیریت پسماند..... ۲۵۴
- ۱-۱-۷ تدابیر الزم جهت به حداقل رساندن پسماند..... ۲۵۴
- ۱-۱۷-۲ فهرست دقیق مشخصات پسماند..... ۲۵۵
- ۱-۱۷-۳ امکانات ذخیره‌ی پسماند قبل از انتقال..... ۲۵۵
- ۱-۱۷-۴ مدیریت پسماند قبل از دورریز..... ۲۵۶
- ۱-۱۷-۵ ثبت و بایگانی گزارش پسماند..... ۲۵۷
- ۱-۱۷-۶ حمل و نقل پسماند..... ۲۵۷
- مراجع..... ۲۵۹