



دانشگاه پیام نور

شیمی هسته‌ای

(رشته شیمی)

دکتر سعید محمدی دکتر زرین اسحق

سرشناسه	: محمدی، سعید، ۱۳۳۷.
عنوان و پدید آور	: شیمی هسته‌ای (رشته شیمی) / مؤلفان: سعید محمدی، زرین اسحق؛ ویراستار: محسن افتاده.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری	: دوازده، ۲۵۰ ص.
فروست	: دانشگاه پیام نور؛ ۱۵۱۵، گروه شیمی: (۹۸ / ۱) سری انتشارات آزمایشی متون درسی
شابک	: 978 - 964 - 387 - 545 - 9
یادداشت	: فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۴۷.
یادداشت	: واژه نامه.
موضوع	: شیمی هسته‌ای - راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: شیمی هسته‌ای - آموزش برنامه‌ای.
شناسه افزوده	: اسحق، زرین
شناسه افزوده	: افتاده، محسن، ۱۳۴۶ -، ویراستار
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۸ ش ۹ م / ۴ QD۶۰۴
رده بندی دیویی	: ۵۴۱/۳۸۰.۷۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۶۸۷۸۳۳



دانشگاه پیام نور

شیمی هسته‌ای

مؤلفان: دکتر سعید محمدی - دکتر زرین اسحق

ویراستار علمی: دکتر محسن افتاده

طراح جلد: سپیده سادات مدنی

حروفچینی، نمونه خوانی: مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول شهریور ۱۳۸۸

شابک: ۹ - ۵۴۵ - ۳۸۷ - ۹۶۴ - ۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 387 - 545 - 9

(کلیه حقوق برای دانشگاه پیام نور محفوظ است)

قیمت: ۲۰۰۰۰ ریال

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و کمک درسی (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی

فهرست

پیشگفتار	بازده
فصل اول. هسته و پرتوزایی	۱
۱-۱ هسته	۱
۲-۱ واپاشی بتا (β)	۳
۳-۱ واپاشی آلفا (α)	۷
۴-۱ واپاشی گاما (γ)	۷
۵-۱ شکافت خودبخود	۸
۶-۱ شکافت القایی	۹
۷-۱ قانون واپاشی	۱۱
۸-۱ پرتوزایی (اکتیوینته)	۱۳
۹-۱ حامل‌ها	۱۵
۱۰-۱ مسائل	۱۵
فصل دوم. منابع رادیو ایزوتوپ‌ها	۱۹
۱-۲ تعیین جرم و فراوانی ایزوتوپ‌ها	۱۹
۲-۲ نسبت‌های ایزوتوپی در طبیعت	۲۱
۳-۲ رادیو ایزوتوپ‌های طبیعی	۲۳
۱-۳-۲ عناصر پرتوزای ایجاد شده توسط تابش کیهانی	۲۴
۲-۳-۲ عناصر پرتوزا با نیمه عمر طولانی و سری‌های پرتوزا	۲۶
۳-۳-۲ عناصر پرتوزای ایجاد شده توسط بشر	۳۷
۴-۲ عمرسنجی پرتوزا	۴۰
۱-۴-۲ عمرسنجی با استفاده از ^{14}C	۴۱

۴۲	۲-۴-۲ عمرسنجی با استفاده از ^{40}K
۴۳	۵-۲ فرآیندهای جداسازی ایزوتوبی
۴۴	۲-۵-۱ تولید آب سنگین
۴۵	۲-۵-۲ غنی‌سازی اورانیوم
۴۶	۲-۶ کاربردهای ایزوتوپ‌ها
۴۹	۲-۷ مسائل

۵۱	فصل سوم. اتلاف انرژی و نفوذ تابش در ماده
۵۱	۳-۱ برهمکنش تابش با ماده
۵۳	۳-۲ برد متوسط
۵۴	۳-۲-۱ برد ذرات آلفا
۵۶	۳-۲-۲ برد الکترون و پوزیترون
۵۷	۳-۲-۳ برد پرتوهای گاما
۶۱	۳-۲-۴ بُرد نوترون‌ها
۶۱	۳-۳ برهم‌کنش‌های فوتون‌ها با ماده
۶۲	۳-۳-۱ اثر فوتوالکتریک
۶۲	۳-۳-۲ پراکندگی کامپتون
۶۷	۳-۳-۳ تولید زوج
۶۷	۳-۳-۴ تابش ترمزی و تابش چرنکوف
۶۹	۳-۴ مسائل

۷۱	فصل چهارم. اندازه‌گیری و آشکارسازی تابش
۷۱	۴-۱ مقدمه
۷۱	۴-۲ آشکارسازهای گازی
۷۴	۴-۳ انواع آشکارسازهای گازی
۷۶	۴-۴ اندازه‌گیری زمان تفکیک
۷۸	۴-۵ آشکارسازهای سوسوزن
۷۹	۴-۵-۱ کریستال‌های آلی
۷۹	۴-۵-۲ پلاستیک‌های آلی
۷۹	۴-۵-۳ کریستال‌های معدنی
۸۱	۴-۵-۴ مایعات آلی
۸۱	۴-۶ شمارشگرهای سوسوزن مایع
۸۲	۴-۷ عملکرد یک شمارشگر سوسوزن مایع
۸۵	۴-۸ محلول‌های سوسوزن مایع
۸۹	۴-۹ آماده‌سازی نمونه
۹۱	۴-۱۰ کانال‌های شمارش

۹۳	۱۱-۴ برآورد راندمان شمارش
۹۳	۱-۱۱-۴ روش نسبت کانال‌های نمونه (SCR)
۹۵	۲-۱۱-۴ روش نسبت کانال‌های استاندارد خارجی (ESCR)
۹۷	۱۲-۴ سوسوزن‌های گازی
۹۷	۱۳-۴ آشکارسازهای نیم‌رسانا
۱۰۰	۱۴-۴ آشکارساز چرنکوف

۱۰۵	فصل پنجم. واکنش‌های هسته‌ای
۱۰۵	۱-۵ انواع واکنش‌ها
۱۰۷	۲-۵ قوانین پایستگی و انرژی واکنش‌های هسته‌ای
۱۰۹	۳-۵ واکنش‌های مستقیم و هسته مرکب
۱۱۰	۴-۵ واکنش (α, p)
۱۱۱	۵-۵ واکنش‌های (α, n) و (α, γ)
۱۱۲	۶-۵ واکنش‌های (p, α) ، (p, d) و (p, γ)
۱۱۳	۷-۵ واکنش‌های (d, p) ، (d, n) و (d, α)
۱۱۴	۸-۵ واکنش‌های (γ, x)
۱۱۴	۹-۵ واکنش‌های (n, x)
۱۱۶	۱۰-۵ بررسی واکنش‌های هسته‌ای
۱۲۰	۱۱-۵ عناصر فرا اورانیوم - نپتونیم و پلوتونیوم
۱۲۱	۱۲-۵ عناصر فوق سنگین (SHE)
۱۲۷	۱۳-۵ مسائل

۱۲۹	فصل ششم. شکافت و شیمی راکتورهای هسته‌ای
۱۲۹	۱-۶ ویژگی‌های شکافت
۱۳۳	۲-۶ انرژی شکافت
۱۳۴	۳-۶ غنی‌سازی اورانیوم
۱۳۵	۴-۶ واکنش‌های شکافت کنترل شده
۱۳۶	۵-۶ انواع راکتورها
۱۳۷	۱-۵-۶ راکتورهای قدرت
۱۳۹	۲-۵-۶ راکتورهای تحقیقاتی
۱۴۰	۳-۵-۶ راکتورهای مبدل یا زاینده
۱۴۰	۶-۶ سموم راکتور
۱۴۲	۷-۶ چرخه سوخت هسته‌ای
۱۴۳	۸-۶ کپک زرد و نمک سبز
۱۴۵	۹-۶ حوادث راکتورهای هسته‌ای
۱۴۷	۱۰-۶ بمب‌های شکافتی

۱۴۸	۱۱-۶ راکتورهای همجوشی
۱۵۱	۱۲-۶ همجوشی خورشیدی
۱۵۴	۱۳-۶ مسائل
۱۵۵	فصل هفتم. رادیوکروماتوگرافی
۱۵۵	۱-۷ انواع رادیوکروماتوگرافی
۱۵۷	۲-۷ کروماتوگرافی لایه نازک
۱۶۰	۳-۷ رادیو کروماتوگرافی گازی
۱۶۶	۴-۷ رادیو کروماتوگرافی مایع
۱۶۸	۵-۷ تعیین فعالیت
۱۷۱	فصل هشتم. روش‌های رادیو تجزیه‌ای
۱۷۱	۱-۸ حامل‌ها و تنظیم کننده‌ها
۱۷۳	۲-۸ متدهای ساده تجزیه‌ای
۱۷۷	۳-۸ روش تجزیه رقیق سازی ایزوتوپی (IDA)
۱۸۱	۴-۸ سنجش مصونیت رادیونی (RID)
۱۸۵	۵-۸ مسائل
۱۸۷	فصل نهم. مدل‌های هسته‌ای
۱۸۸	۱-۹ انرژی بستگی هسته‌ای
۱۹۰	۲-۹ انرژی جداسازی نوکلئون‌ها
۱۹۲	۳-۹ مدل قطره مایع
۱۹۷	۴-۹ مدل لایه‌ای
۱۹۸	۱-۴-۹ پتانسیل چاه نامتناهی
۱۹۸	۲-۴-۹ پتانسیل نوسانگر هماهنگ
۱۹۸	۳-۴-۹ پتانسیل وودز-ساکسون
۲۰۳	۵-۹ مسائل
۲۰۵	فصل دهم. تهیه مواد علامت‌دار
۲۰۵	۱-۱۰ انتخاب ماده رادیواکتیو مناسب برای علامت‌گذاری
۲۰۶	۲-۱۰ مواد علامت‌دار شده با هیدروژن
۲۱۱	۳-۱۰ مواد علامت‌دار با ^{14}C
۲۱۲	۴-۱۰ مواد رادیو هالوژن‌دار
۲۱۶	۵-۱۰ سایر سنتزها
۲۱۹	فصل یازدهم. خلوص، پایداری و نگهداری مواد علامت‌دار
۲۱۹	۱-۱۱ محاسبه خلوص مواد رادیوشیمیایی

۲۲۱	۲-۱۱ محاسبه خلوص رادیوشیمیایی
۲۲۲	۳-۱۱ پایداری مواد علامت‌دار
۲۲۴	۴-۱۱ جنبه‌های کمی تجزیه تحت تشعشع القایی
۲۲۵	۵-۱۱ محاسبه تعیین خلوص رادیو نوکلئیدی
۲۲۷	۶-۱۱ ذخیره‌سازی مواد علامت‌دار
۲۲۸	۱-۶-۱۱ پراکندگی مواد فعال
۲۲۹	۲-۶-۱۱ دمای نگهداری
۲۲۹	۳-۶-۱۱ استفاده از گیراندازی رادیکال‌ها
۲۳۰	۴-۶-۱۱ سایر عوامل پیشگیری‌کننده

۲۳۳	فصل دوازدهم. حفاظت در برابر تابش
۲۳۳	۱-۱۲ پرتوگیری هوا از تابش‌های X و γ
۲۳۴	۲-۱۲ دُز جذب شده (D)
۲۳۸	۳-۱۲ دُز معادل (DE)
۲۴۱	۴-۱۲ اثرات شیمیایی تابش
۲۴۳	۵-۱۲ اثرات زیست‌شناختی تابش
۲۴۳	۱-۵-۱۲ اثرات حاد تابش
۲۴۴	۲-۵-۱۲ اثرات تأخیری تابش
۲۴۴	۶-۱۲ مقررات ایمنی تابش
۲۴۵	۷-۱۲ مسائل

۲۴۷	منابع
۲۴۹	واژگان انگلیسی به فارسی

پیشگفتار

بیش از یکصد و ده سال پیش از کشف پرتوزایی توسط بکرل می‌گذرد. این کشف منجر به حوزه جدیدی در علم شد که مربوط به هسته اتم بود به طوری که چهل سال بعد با کشف شکافت هسته اورانیوم توسط نوترون‌ها و به کار بردن آن در راکتورهای هسته‌ای به حداکثر اوج خود رسید.

اما دانش هسته‌ای خیلی بیشتر از این با زندگی بشر آمیخته است. از بررسی تکامل ستارگان و کیهان‌شناسی گرفته تا عمرسنجی اشیاء و باستان‌شناسی، از روش‌های بهبود و تولید مواد غذایی گرفته تا فناوری‌های پزشکی و درمانی. به دلیل منافع زیادی که انرژی هسته‌ای در اختیار بشر قرار داده است، امروزه اغلب کشورها خواهان دستیابی به آن هستند.

رادیو ایزوتوپ‌ها نقش مهمی در علوم زیستی ایفا می‌کنند. نقش فزاینده آنها در شیمی درمانی و پزشکی هسته‌ای بر هیچکس پوشیده نیست. این دانش همچنان در حال توسعه است و شیمی هسته‌ای قسمت مهمی از آن را تشکیل می‌دهد. موضوع این کتاب ریشه در شیمی و علم هسته‌ای دارد. از آنجا که هر عنصر شیمیایی را می‌توان با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای پرتوزا کرد، شیمی هسته‌ای تقریباً به تمام حوزه‌های شیمی کمک کرده است. طبق تعریف ارنست رادفورد، شیمی هسته‌ای شامل تمام تغییراتی است که توسط واکنش‌های هسته‌ای در ترکیب عناصر ایجاد می‌شود.

در این کتاب خودآموز سعی شده است تا تمام مفاهیم توضیح داده شوند و نیازی به اطلاعات قبلی در زمینه فیزیک هسته‌ای نیست. علاوه بر مثال‌ها و

خودآزمایی‌های حل شده در کتاب، پاسخ کلیه مسائل کتاب، نمونه سؤالات چندگزینه‌ای برای درک بهتر مفاهیم کتاب، خلاصه درس و همین‌طور تعدادی پیوست از جمله فهرست کامل ایزوتوپ‌ها به صورت یک CD راهنما همراه کتاب آورده می‌شود.

بدین‌وسیله از شورای تخصصی گروه شیمی دانشگاه پیام‌نور برای تصویب این کتاب به عنوان یک منبع درسی، از جناب آقای دکتر محسن افتاده به‌خاطر ویرایش علمی متن، از سرکار خانم پروا مرادی‌صالح به‌خاطر تایپ و آماده سازی متن و کلیه همکاران گروه تدوین و انتشارات دانشگاه پیام‌نور تشکر و قدردانی می‌گردد. این کتاب را تقدیم می‌کنیم به پیشگامان دانش هسته‌ای در ایران.

دکتر سید محمدی	دکتر زرین اسحاقی
دانشیار فیزیک هسته‌ای	استادیار شیمی تجزیه