



1492VN



دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی هسته ای

اندازه گیری آلودگی پرتوزا در آب های زیرزمینی استان تهران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای

گرایش کاربرد پرتوها

دانشجو:

سوسن بیات

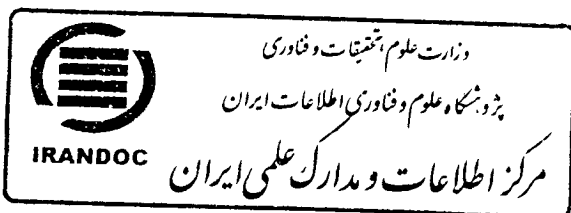
استاد راهنما:

دکتر مجید شهریاری

مهندس محمد صادق ناصری

استاد مشاور:

مهندس بهجت قاسمی



تیر ماه ۱۳۸۹

ت

۱۴۹۳۷۸

۱۳۸۹/۱۰/۱۹



دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ
شماره
پیوست

بسمه تعالی

تهران ۱۹۸۳۹۶۳۱۱۳ اوین " صورتجلسه دفاع از پایان نامه دانشجویان دوره کارشناسی ارشد "

تلفن: ۲۹۹۰۱

بازگشت به مجوز دفاع شماره ۱۶۸۰/۲۰۰/د مورخ ۱۳۸۹/۴/۲۶ جلسه هیات داوران ارزیابی
پایان نامه خانم سوسن بیات به شماره دانشجویی: ۸۶۴۳۰۰۱۱ به شماره شناسنامه: ۳۹۱۱ صادره
از: تبریز متولد: ۱۳۶۲ دانشجوی دوره کارشناسی ارشد پیوسته/ناپیوسته رشته: مهندسی هسته ای
(کاربردپرتوها)
با عنوان:

اندازه گیری آلودگی های پرتوزای آب های زیرزمینی استان تهران

به راهنمایی:

آقای دکتر مجید شهریاری
آقای مهندس محمدصادق ناصری

طبق دعوت قبلی در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۲۸ تشکیل گردید و بر اساس رای هیات داوری و با عنایت
به ماده ۲۰ آیین نامه کارشناسی ارشد مورخ ۷۵/۱۰/۲۵ پایان نامه مزبور با نمره ۱۹,۵ و
درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

۱- استاد راهنما: آقای دکتر مجید شهریاری

۲- استاد راهنما: آقای مهندس محمدصادق ناصری

۳- استاد مشاور: خانم مهندس بهجت قاسمی

۴- داور داخلی و نماینده تحصیلات تکمیلی: آقای دکتر فریدون عباسی دوانی

۵- داور خارجی: آقای دکتر محمد رضا کاردان

کاربرد

شکر و قدردانی:

﴿نت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قرمت و بشارت اندرش فرید نعمت﴾

اکنون که این رساله به پایان رسیده است، لازم می‌دانم از زحمات بیشمار افرادی که در به تحقق رساندن آن مرایاری نمودند شکر نمایم.
لذا به این وسیله

از اساتید محترم راهبنا در این رساله، جناب آقای دکتر شیریاری و جناب آقای مهندس ناصری که همواره با حمایت های علمی و معنوی خود اینجانب را در انجام این پروژه یاری رسانده اند کمال شکر و قدردانی را دارم.

از استاد مشاورم، سرکار خانم مهندس قاسمی که در طول این پروژه اینجانب را همراهی نمودند صمیمانه سپاسگزارم.

از کلیه کارکنان محترم پژوهشگاه فیزیک کاربردی بویره آقای مهندس عینیان که در این پروژه مرا همراهی نمودند بسیار سپاسگزارم.

از همکاری اعضای محترم بخش حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی ایران جناب آقای دکتر کاروان و جناب آقای مهندس عطاری را شکر می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر ناصری استاد محترم دانشکده زمین شناسی بستان راهبنا بی دریغ شان سپاسگزارم.

از تمامی اساتید محترم دانشکده مهندسی هسته ای که افتخار شاگردیشان را داشته ام، بالخصوص جناب آقای دکتر عباسی که زحمات داور این پروژه را بر عهده گرفتند، شکر و قدردانی می‌نمایم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع

این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهید بهشتی

می باشد.

نام و نام خانوادگی: سوسن بیات

عنوان پایان نامه: اندازه‌گیری آلودگی پرتوزا در آب‌های زیرزمینی استان تهران

استاتید راهنما: جناب آقای دکتر مجید شهریاری و جناب آقای مهندس ناصری

اینجانب سوسن بیات تهیه کننده پایان نامه کارشناسی ارشد حاضر خود را ملزم به حفظ امانت داری و قدردانی از زحمات سایر محققین و نویسندگان بنا بر قانون Copyright می دانم. بدین وسیله اعلام می نمایم که مسئولیت کلیه مطالب درج شده با اینجانب می باشد و در صورت استفاده از اشکال؛ جداول، و مطالب سایر منابع، بلافاصله مرجع آن ذکر شده و سایر مطالب از کار تحقیقاتی اینجانب استخراج گشته است و امانتداری را به صورت کامل رعایت نموده ام. در صورتی که خلاف این مطلب ثابت شود، مسئولیت کلیه عواقب قانونی با شخص اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: سوسن بیات

امضاء و تاریخ:

تقدیم بہ

پدر عزیز

مادر مہربانم

چکیده	
نام و نام خانوادگی : سوسن بیات	
عنوان پایان نامه : اندازه‌گیری آلودگی پرتوزا در آب‌های زیر زمینی استان تهران	
استاد راهنما : دکتر مجید شهریاری- مهندس محمد صادق ناصری	استاد مشاور : مهندس بهجت قاسمی
درجه تحصیلی : کارشناسی ارشد	تاریخ فراغت از تحصیل : ۸۹/۴/۲۸
رشته : مهندسی هسته‌ای	گرایش : کاربرد پرتوها
دانشگاه : شهید بهشتی	دانشکده: مهندسی هسته‌ای
کلید واژه ها : مواد پرتوزا در منابع آب، پرتوزایی آلفا - بتا، تریتیم، شمارش سوسوزن مایع، طیف نگاری آلفا	
<p>چکیده :</p> <p>با توجه به اهمیت سلامت آب مصرفی، اندازه‌گیری مواد پرتوزا در کنار بررسی آلودگی‌های شیمیایی و میکروبی ضروری و لازم است. این امر به طور متداول در آزمایشگاه‌های معتبر دنیا با اندازه‌گیری اولیه پرتوزایی کلی آلفا و بتا انجام می‌گیرد. در این پایان‌نامه به منظور بررسی سلامت منابع آب مصرفی استان تهران، ۳۱ نمونه آب زیر زمینی با روش نمونه‌برداری سامان یافته جمع‌آوری شده است. اندازه‌گیری پرتوزایی آلفا و بتا کلی توسط آشکارساز تناسبی گازی انجام می‌گیرد که به این منظور نمونه‌ها به روش تبخیر آماده‌سازی می‌شوند. از آنجایی که اندازه‌گیری پرتوزایی بتای تریتیم با این روش ممکن نمی‌باشد، نمونه‌ها تحت فراوری تقطیر قرار گرفته و برای شمارش توسط سیستم شمارنده سوسوزن مایع Quantulus آماده می‌شوند. به دلیل خطر بهداشتی حضور ذرات آلفا گسیل در منابع آب مصرفی، اندازه‌گیری دقیق‌تر پرتوزایی آلفا کل و تعیین پرتوزایی رادیونوکلئیدهای حاصل از سری واپاشی اورانیوم-۲۳۸ و توریم-۲۳۲ که نیمه‌عمر طولانی دارند توسط سیستم طیف نگاری آلفا مجهز به آشکارساز نیمه رسانا PIPS انجام می‌گیرد.</p> <p>با توجه به کمینه پرتوزایی قابل آشکارسازی و دقت سیستم‌های اندازه‌گیری چنین استنباط می‌شود که پرتوزایی آلفا و بتا کلی، میزان تریتیم و گسیلنده‌های طبیعی آلفا در نمونه‌های آب زیر زمینی استان تهران در حد مجاز است. بنابراین وجود آلودگی تأیید نمی‌شود.</p>	

فهرست عناوین:

فصل اول: پرتوزایی در منابع آب

۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ آلودگی منابع آبی
۲	۳-۱ مواد پرتوزا
۲	۱-۳-۱ منابع پرتوزایی
۳	۲-۳-۱ پرتوزایی طبیعی
۴	۳-۳-۱ پرتوزایی مصنوعی
۴	۴-۱ پرتوزایی در منابع آب
۶	۵-۱ استانداردهای آب آشامیدنی
۹	۶-۱ تریتم
۱۰	۱-۶-۱ خطرات تریتم
۱۰	۲-۶-۱ منابع تولیدی تریتم
۱۰	۱-۲-۶-۱ تریتم طبیعی
۱۱	۲-۲-۶-۱ تریتم مصنوعی
۱۳	۷-۱ مروری بر فعالیت‌های انجام گرفته در راستای آنالیز آلفا - بتا و تریتم در نمونه‌های آبی برخی از نقاط جهان
۱۳	۱-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی آب در آسیاتیا
۱۴	۲-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی آب در مکزیک
۱۵	۳-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی آب در یونان
۱۵	۴-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی تریتم در منابع آبی کشور اسپانیا
۱۶	۵-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی تریتم در آب‌های سطحی کشور روسیه
۱۷	۶-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی تریتم آب‌های محیطی در کشور برزیل
۱۸	۷-۷-۱ اندازه‌گیری تریتم در آب‌های سطحی و زیرزمینی کشور لهستان
۱۹	۸-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی آب‌های نوشیدنی بطری شده در اروپا
۱۹	۹-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی آب نوشیدنی در کشور ایتالیا
۲۰	۱۰-۷-۱ تعیین رادیوایزوتوپ‌های اورانیوم در نمونه آب آشامیدنی کشور لهستان

۲۰	۱۱-۷-۱ تعیین پرتوزایی اورانیوم در آب‌های زیرزمینی کشور بزرگ
۲۰	۱۲-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی اورانیوم در آب‌های سطحی کشور اسپانیا
۲۱	۱۳-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی آب در کشور ترکیه
۲۱	۱۴-۷-۱ اندازه‌گیری پرتوزایی آب آشامیدنی شهر تهران
۲۲	۱۵-۷-۱ اندازه‌گیری رادیونوکلئیدهای مطرح در چشمه‌های شمال البرز

فصل دوم : روش‌های اندازه‌گیری

۲۵	۱-۲ مقدمه
۲۵	۲-۲ اندازه‌گیری تریتم
۲۵	۱-۲-۲ اندازه‌گیری تریتم در هوا
۲۶	۲-۲-۲ اندازه‌گیری تریتم در سطح
۲۶	۳-۲-۲ ارزیابی پزشکی تریتم
۲۶	۴-۲-۲ اندازه‌گیری تریتم در نمونه‌های محیطی
۲۶	۵-۲-۲ اندازه‌گیری تریتم در آب
۲۶	۳-۲ روش پایش تریتم در آب
۲۷	۱-۳-۲ شمارش سوسوزن مایع
۲۸	۲-۳-۲ کوکتل‌های سوسوزن مایع غیر قابل اختلاط با آب
۲۹	۳-۳-۲ شمارش سوسوزن جامد
۲۹	۱-۳-۳-۲ آشکارساز سوسوزن پلاستیکی به شکل صفحات نازک
۳۱	۲-۳-۳-۲ سوسوزن جامد در سلول L شکل
۳۱	۴-۲ روش نمونه برداری تریتم در آب
۳۲	۵-۲ روش شمارش سوسوزن مایع
۳۳	۱-۵-۲ نقش حلال
۳۳	۲-۵-۲ نقش مواد حل شونده نورزا
۳۴	۶-۲ عملکرد شمارنده سوسوزن مایع
۳۵	۱-۶-۲ مدرج سازی سیستم
۳۵	۲-۶-۲ ارزیابی عملکرد سیستم شمارنده سوسوزن مایع
۳۶	۷-۲ بهینه سازی عملکرد سیستم شمارنده سوسوزن مایع

۳۶	۱-۷-۲ بهینه سازی ناحیه شمارش
۳۶	۲-۷-۲ اندازه و نوع ویال
۳۷	۳-۷-۲ انتخاب کوکتل
۳۷	۴-۷-۲ زمان شمارش
۳۷	۵-۷-۲ کاهش زمینه
۳۸	۸-۲ عوامل تداخلی در شمارش سوسوزن مایع
۳۸	۱-۸-۲ منابع زمینه
۴۰	۱-۸-۲ از زمینه حاصل از دستگاه
۴۰	۲-۱-۸-۲ زمینه حاصل از ویال
۴۲	۳-۱-۸-۲ زمینه حاصل از کوکتل
۴۲	۲-۸-۲ فرونشانی
۴۲	۳-۸-۲ حضور چندین هسته پرتوزا
۴۴	۴-۸-۲ نورتابی
۴۴	۵-۸-۲ باز ساکن
۴۵	۶-۸-۲ اثر دیواره
۴۵	۹-۲ روش های کاهش زمینه
۴۵	۱-۹-۲ افزایش حفاظ غیر فعال
۴۶	۲-۹-۲ آشکار سازهای محافظ فعال
۴۶	۳-۹-۲ الکترونیک تبعیض پالس
۴۶	۱-۳-۹-۲ تحلیلگر شکل پالس
۴۶	۲-۳-۹-۲ مقایسه دامنه پالس
۴۷	۴-۹-۲ کاهش زمینه در محیط شمارشی
۴۸	۱۰-۲ روش های تصحیح فرونشانی در شمارش سوسوزن مایع
۴۸	۱-۱۰-۲ روش استاندارد داخلی
۴۸	۲-۱۰-۲ روش های توصیفی طیف نمونه
۴۸	۱-۲-۱۰-۲ نسبت کانال های نمونه
۴۹	۲-۲-۱۰-۲ ترکیب روش استاندارد داخلی و نسبت کانال های نمونه
۴۹	۳-۲-۱۰-۲ فاکتورهای مشخصه فرونشانی طیف نمونه
۴۹	۳-۱۰-۲ روش استاندارد خارجی

۴۹	۴-۱۰-۲ روش DPM مستقیم
۴۹	۱۱-۲ اندازه‌گیری آلفا و بتا
۵۰	۱-۱۱-۲ سیستم‌های آشکارسازی آلفا
۵۰	۱-۱۱-۲-۱ اتاقک یونیزاسیون گازی
۵۰	۲-۱-۱۱-۲ شمارنده تناسبی گازی
۵۰	۳-۱-۱۱-۲ شمارنده سوسوزنی
۵۱	۴-۱-۱۱-۲ آشکارساز نیمه‌رسانا
۵۱	۲-۱۱-۲ آشکارسازهای اندازه‌گیری بتا
۵۲	۳-۱۱-۲ اندازه‌گیری مجموع آلفا - بتا توسط شمارنده تناسبی
۵۳	۱-۳-۱۱-۲ عوامل تداخلی در اندازه‌گیری آلفا و بتا توسط آشکارساز تناسبی
۵۴	۴-۱۱-۲ آشکارسازهای سیلیکونی ذرات باردار
۵۵	۱-۴-۱۱-۲ عوامل موثر در بازدهی و قدرت تفکیک
۵۵	۲-۴-۱۱-۲ عوامل موثر بر آلودگی آشکارساز و چشمه

فصل سوم: سیستم‌های اندازه‌گیری

۵۷	۱-۳ مقدمه
۵۷	۲-۳ سیستم اندازه‌گیری تریتم
۵۸	۱-۲-۳ مدار همزمانی
۵۸	۲-۲-۳ مدار تحلیلگر شکل پالس
۵۹	۳-۲-۳ مدار مقایسه کننده دامنه پالس
۵۹	۴-۲-۳ پردازش پالس
۵۹	۳-۳ سیستم اندازه‌گیری همزمان آلفا - بتا
۶۰	۱-۳-۳ مدرج سازی شمارنده تناسبی
۶۲	۲-۳-۳ تنظیم سطح خودکار آلفا
۶۲	۳-۳-۳ بازبینی زمینه شمارنده
۶۲	۴-۳ سیستم طیف نگاری آلفا
۶۳	۱-۴-۳ مدرج سازی انرژی سیستم طیف نگاری آلفا
۶۵	۵-۳ محاسبه کمترین پرتو زایی قابل آشکارسازی

۶۹	۶-۳ محاسبات کمینه پرتوزایی قابل آشکارسازی سیستم‌های اندازه‌گیری
۷۱	۷-۳ محاسبه پرتوزایی آلفا-بتا
۷۲	۸-۳ محاسبه پرتوزایی تریتم
فصل چهارم روش تحقیق	
۷۵	۱-۴ مقدمه
۷۵	۲-۴ انواع روش‌های نمونه برداری
۷۵	۱-۲-۴ نمونه برداری کامل
۷۵	۲-۲-۴ نمونه برداری تجربی
۷۶	۳-۲-۴ نمونه برداری تصادفی ساده
۷۶	۴-۲-۴ نمونه برداری سامان یافته
۷۷	۵-۲-۴ نمونه برداری طبقه بندی شده
۷۸	۳-۴ نمونه برداری
۷۸	۱-۳-۴ نحوه انتخاب مناطق نمونه برداری
۸۱	۲-۳-۴ ملاحظات نمونه برداری
۸۱	۱-۲-۳-۴ ظروف نمونه برداری
۸۱	۲-۲-۳-۴ نگهداری نمونه
۸۱	۳-۲-۳-۴ تصفیه نمونه
۸۲	۳-۳-۴ مراحل نمونه برداری
۸۳	۱-۳-۳-۴ نحوه جمع آوری نمونه ها
۸۳	۴-۴ فراوری و آماده‌سازی نمونه‌های مورد آنالیز تریتم
۸۳	۱-۴-۴ روش فراوری نمونه
۸۴	۲-۴-۴ روش تقطیر
۸۶	۳-۴-۴ تهیه استاندارد بازدهی
۸۶	۱-۳-۴-۴ مراحل ساخت چشمه استاندارد بازدهی
۸۹	۲-۳-۴-۴ تهیه نمونه‌های استاندارد بازدهی
۸۹	۴-۴-۴ تهیه چشمه استاندارد راندمان تقطیر
۹۰	۱-۴-۴-۴ مراحل ساخت چشمه استاندارد راندمان تقطیر

۹۰	۲-۴-۴-۴ تهیه نمونه‌های استاندارد محاسبه راندمان تقطیر
۹۰	۵-۴-۴ آماده‌سازی نمونه جهت آنالیز آلفا-بتا
۹۱	۱-۵-۴-۴ روش آماده‌سازی نمونه
۹۳	۲-۵-۴-۴ محاسبه بازدهی روش تبخیر
۹۴	۳-۵-۴-۴ مدرج سازی بازدهی بر حسب ضخامت سطحی نمونه‌های آلفا

فصل پنجم: نتایج اندازه‌گیری

۹۷	۱-۵ مقدمه
۹۷	۲-۵ آنالیز ترتیم
۱۰۱	۳-۵ اندازه‌گیری پرتوزایی کل آلفا و بتا در سیستم تناسبی
۱۰۸	۴-۵ اندازه‌گیری پرتوزایی آلفا توسط سیستم طیف نگاری
۱۱۸	۵-۵ نتیجه گیری
۱۱۹	۶-۵ پیشنهادات

۱۲۰	پیوست (۱)
۱۲۲	مراجع

فهرست شکل‌ها:

۴	شکل (۱-۱): منابع پرتوزایی و توزیع متوسط پرتوگیری
۸	شکل (۲-۱): طرح آنالیز آلفا و بتا
۲۰	شکل (۱-۲): آشکارساز سوسوزن پلاستیکی صفحه‌ای شکل
۲۳	شکل (۲-۲): اندرکنش تابش پرتوزا و کوکتل سوسوزنی و ثبت شمارش
۲۴	شکل (۳-۲): مراحل جذب انرژی ذره پرتوزا توسط مولکول حلال تا بازگسیل فوتون نوری
۲۷	شکل (۴-۲): وابستگی کمینه حد آشکارسازی به حجم اختلاط کوکتل و آب
۲۸	شکل (۵-۲): تغییر کمینه حد آشکارسازی تریتم با افزایش زمان شمارش در نمونه‌ای به حجم ۱۰ میلی‌لیتر در سیستمی به بازدهی ۳۵٪
۴۰	شکل (۶-۲): پالس نوعی حاصل از رخداد الف) غیرقابل فرونشانی و ب) قابل فرونشانی
۴۱	شکل (۷-۲): ویال‌های ۲۰ میلی‌لیتری پلی اتیلنی با روکش تفلونی
۴۲	شکل (۸-۲): ویال ۲۰ میلی‌لیتری شیشه‌ای با پتاسیم پایین
۴۳	شکل (۹-۲): زمان تاثیر عوامل فرونشانی رنگ و شیمیایی در فرایند سوسوزنی
۴۳	شکل (۱۰-۲): تغییرات طیف انرژی نمونه‌ای استاندارد با افزایش مقدار فرونشانی
۴۴	شکل (۱۱-۲): تداخل طیف انرژی تریتم و کربن-۱۴
۴۷	شکل (۱۲-۲): نمایش مقایسه‌گر دامنه پالس
۵۳	شکل (۱۳-۲): طیف دیفرانسیلی ارتفاع پالس و منحنی شمارش چشمه مخلوط آلفا - بتا در آشکارساز تناسبی
۵۸	شکل (۱-۳): حفاظ فعال و غیر فعال سیستم WALLAC QUANTULUS
۶۱	شکل (۲-۳): نمونه‌ای از منحنی مدرج سازی بازدهی بتا بر حسب ولتاژ کار
۶۳	شکل (۳-۳): سیستم طیف نگاری آلفا
۶۷	شکل (۴-۳): توزیع مقادیر N_s : الف) هیچ پرتوزایی موجود نباشد و ب) پرتوزایی واقعی موجود باشد. L_C حد بحرانی را نشان می‌دهد.
۷۶	شکل (۱-۴): نمونه برداری تصادفی ساده
۷۷	شکل (۲-۴): نمونه برداری سامان یافته
۷۹	شکل (۳-۴): نقاط انتخاب شده اولیه در استان تهران به همراه نقاط نمونه برداری نهایی

۸۰	شکل (۴-۴): مناطق نمونه برداری در استان تهران
۸۰	شکل (۵-۴): مناطق نمونه برداری با نمایش مرز شهرستان ها
۸۲	شکل (۶-۴): ظروف نمونه برداری در محل چشمه
۸۲	شکل (۷-۴): افزودن اسید به نمونه آلفا - بتا
۸۳	شکل (۸-۴): اندازه گیری PH نمونه آلفا - بتا
۸۵	شکل (۹-۴): سیستم تقطیر جهت فراوری نمونه های آنالیز تریتم
۸۵	شکل (۱۰-۴): اندازه گیری وزن ویال توسط ترازو
۸۶	شکل (۱۱-۴): مخلوط نمونه و مخلول سوسوزن مانع قبل از تکان دادن
۸۷	شکل (۱۲-۴): برداشت ردیاب تریتم از ویال
۸۷	شکل (۱۳-۴): افزودن ردیاب به بالن ۲۵۰ میلی لیتری
۸۸	شکل (۱۴-۴): رقیق سازی چشمه توسط آب مقطر تقطیر شده
۸۹	شکل (۱۵-۴): چشمه های استاندارد بازدهی
۹۲	شکل (۱۶-۴): تبخیر نمونه توسط لامپ فرو سرخ
۹۳	شکل (۱۷-۴): نمونه تبخیر شده
۹۹	شکل (۱-۵): منحنی فرونشانی استاندارد خارجی
۱۰۲	شکل (۲-۵): منحنی مدرج سازی بازدهی آلفا ($\pm\sigma$) بر حسب ضخامت سطحی در آشکارساز تناسبی
۱۰۳	شکل (۳-۵): منحنی مدرج سازی بازدهی بتا ($\pm\sigma$) بر حسب ضخامت سطحی در آشکارساز تناسبی
۱۰۴	شکل (۴-۵): منحنی برازش خطای استاندارد بازدهی آلفا بر حسب بازدهی آلفا نمونه های استاندارد در سیستم آشکارساز تناسبی
۱۰۵	شکل (۵-۵): منحنی برازش خطای استاندارد بازدهی بتا بر حسب بازدهی بتا نمونه های استاندارد در سیستم آشکارساز تناسبی
۱۱۰	شکل (۶-۵): منحنی مدرج سازی بازدهی آلفا ($\pm\sigma$) بر حسب ضخامت سطحی در سیستم طیف نگاری آلفا

شکل (۵-۷): منحنی برازش خطای استاندارد بازدهی آلفا برحسب بازدهی آلفا نمونه‌های استاندارد در سیستم طیفنگاری آلفا

شکل (۵-۸): مراحل پایش پرتوزایی ذرات آلفا گسیل در آب

فهرست جدول‌ها:

۳	جدول (۱-۱): متوسط دوز حاصل از منابع پرتوزای طبیعی
۶	جدول (۲-۱): رادیونوکلئیدهای مصنوعی و طبیعی در آب آشامیدنی
۹	جدول (۳-۱): حد شاخص تریتم در چند کشور
۱۰	جدول (۴-۱): ویژگی‌های ترمودینامیکی اکسید ایزوتوپ‌های هیدروژن
۱۲	جدول (۵-۱): بهره‌ی شکافت تریتم
۱۲	جدول (۶-۱): سطح مقطع موثر واکنش نوترون با عناصر سنگ که منجر به تولید تریتم می‌شود
۱۴	جدول (۷-۱): روش تحلیل، بازدهی، زمینه، آشکارساز و کمینه پرتوایی قابل آشکارسازی
۱۵	جدول (۸-۱): پرتوایی نمونه فاضلاب MAQUIXCO
۱۶	جدول (۹-۱): پرتوایی تریتم در نمونه آب رودخانه دانوب به دو روش تقطیر و غنی‌سازی
۱۶	جدول (۱۰-۱): پرتوایی تریتم در سایر منابع آب به روش غنی‌سازی الکترولیتی
۱۸	جدول (۱۱-۱): متوسط پرتوایی تریتم در ۱۴ ایستگاه محیطی برزیل
۱۹	جدول (۱۲-۱): مجموع پرتوایی آلفا، بتا و اورانیوم در نمونه آب نوشیدنی بطری شده
۲۰	جدول (۱۳-۱): نتایج آنالیز آب‌های زیرزمینی کشور برزیل
۲۱	جدول (۱۴-۱): کمینه، بیشینه و متوسط پرتوایی ایزوتوپ‌های اورانیوم در آب سطحی اسپانیا
۲۱	جدول (۱۵-۱): پرتوایی آلفا-بتا در آب نوشیدنی کشور ترکیه
۲۲	جدول (۱۶-۱): نتایج اندازه‌گیری پرتوایی کلی آلفا و بتا در نمونه‌های آب آشامیدنی شهر تهران
۲۲	جدول (۱۷-۱): پارامترهای سیستم شمارنده سوسوزن مایع و شمارنده تناسبی
۲۳	جدول (۱۸-۱): مقایسه نتایج اندازه‌گیری آلفا و بتا به دو روش شمارش سوسوزن مایع و شمارش رسوب خشک شده توسط سیستم شمارنده تناسبی
۲۵	جدول (۱-۲): برد ذره بتا تریتم

۲۸	جدول (۲-۲): بازدهی بدست آمده با استفاده از چهار نوع کوکتل سوسوزن مایع در حالت غیر اختلاط با مایع
۳۰	جدول (۳-۲): حساسیت آشکارسازهای سوسوزن پلاستیکی مختلف در اندازه‌گیری تریتم در آب
۳۱	جدول (۴-۲): کاهش کمینه پرتوزایی قابل اندازه‌گیری با افزایش مدت زمان شمارش در سلول U شکل
۳۶	جدول (۵-۲): تأثیر محدوده شمارشی، نوع و اندازه ویال در شمارش سوسوزن مایع
۶۷	جدول (۱-۳): احتمال صحت انحراف‌های بدست آمده توسط توزیع گاوسی
۸۸	جدول (۱-۴): چشمه‌های استاندارد بازدهی
۸۹	جدول (۲-۴): مشخصه نمونه‌های استاندارد بازدهی
۹۰	جدول (۳-۴): مشخصه چشمه‌های استاندارد راندمان تقطیر
۹۷	جدول (۱-۵): نتایج شمارش نمونه زمینه در بازه زمانی ۵۰ دقیقه
۹۸	جدول (۲-۵): نتایج شمارش نمونه‌های استاندارد بازدهی
۹۸	جدول (۳-۵): نتایج شمارش نمونه‌های راندمان تقطیر
۹۹	جدول (۴-۵): پارامترهای اندازه‌گیری پرتوزایی تریتم در ویال شیشه‌ای توسط سیستم سوسوزن مایع QUANTULUS
۱۰۰	جدول (۵-۵): نتایج شمارش نمونه‌های محیطی
۱۰۱	جدول (۶-۵): آهنگ شمارش زمینه و بازدهی روش تبخیر
۱۰۱	جدول (۷-۵): بازدهی نمونه‌های استاندارد الفبا با پرتوزایی برابر و ضخامت سطحی مختلف در آشکارساز تناسبی
۱۰۲	جدول (۸-۵): بازدهی نمونه‌های استاندارد بتا با پرتوزایی برابر و ضخامت سطحی مختلف
۱۰۲	جدول (۹-۵): کمینه پرتوزایی قابل آشکارسازی الفبا و بتا در سیستم تناسبی
۱۰۵	جدول (۱۰-۵): پرتوزایی کل الفبا در نمونه‌های آب زیرزمینی
۱۰۶	جدول (۱۱-۵): پرتوزایی کل بتا در نمونه‌های آب زیرزمینی

۱۰۹	جدول (۵-۱۲): محدوده کانال انرژی رادیونوکلئیدهای مورد آنالیز
۱۰۹	جدول (۵-۱۳): بازدهی نمونه‌های استاندارد آلفا با پرتوزایی برابر و ضخامت سطحی مختلف در سیستم طیف نگاری آلفا
۱۱۰	جدول (۵-۱۴): کمینه پرتوزایی قابل آشکارسازی در سیستم طیف نگاری آلفا با بیشینه بازدهی ۱۶/۰۴٪
۱۱۲	جدول (۵-۱۵): نتایج طیف نگاری آلفا
۱۱۴	جدول (۵-۱۶): پرتوزایی کلی آلفا و بتا در نمونه آب استان تهران
۱۱۶	جدول (۵-۱۷): نتایج آنالیز رادیوم-۲۲۶ در ۵ نمونه با پرتوزایی بالا
۱۱۷	جدول (۵-۱۸): بازه تغییرات پرتوزایی رادیونوکلئیدهای مورد آنالیز در آب زیرزمینی استان تهران
۱۱۷	جدول (۵-۱۹): پرتوزایی رادیوم-۲۲۶، توریم-۲۳۲، اورانیوم-۲۳۴ و ۲۳۸ در منابع آب نوشیدنی چند کشور