شماره‌پایان نامه ۱۵۸۰

دانشگاه تهران

دانشکده داروسازی

پایان نامه

برای دریافت درجه دکتری از دانشگاه تهران

موضوع : جستجوی استرونسیوم ۹۰ در شیر

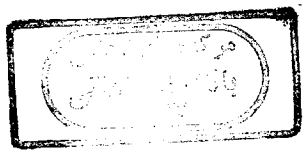
براهنمائی :

استاد ارجمند جناب آقای دکتر رستم مقصودی

نگارش

احمد نیاکی

سال تحصیلی ۴۷-۱۳۴۸



۱۳۶

تقدیم به :

پـــدر ومادر بـــزرگوارم

ازجناب آقای دکترمقصودی استاد محترم دانشکده داروسازی که راهنمائی این پایان نامه را پذیرفتند وباکمك های علمی ارزنده‌خود درانجام این مهم صمیمانه مساعدت فرمودند بینهایت سپاسگزارم.

ازجناب آقای‌دکتر قلمسیاه استاد محترم دانشکده علوم که ازاطلاعات علمی وفنی ایشان حداکثر استفاده رانموده ام ونیزازکلیه کادرعلمی و کارشناسان بخشهای مختلف مرکز اتمی دانشگاه‌تهران که کلیه لوازم علمی مورد نیاز را برای انجام تحقیقات مربوط به کار این رساله دراختیار اینجانب قرارداده اند تشکروسپاسگزاری‌میشود

تقدیم به :

استاد ارجمند جناب آقای دکتر رستم مقصودی

" فهرست مطـالـــب "

موضـــوع	صفحـه
۱ــ مقدمه	
۲ــ رادیو اکتیویته	۱
۳ــ تهیه رادیوایزوتوپها	٤
٤ــ کنترل کیفیت بیولوژیکی ، پزشکی وشیمیائی رادیوایزوتوپهای تهیه شده در پزشکی	٦
٥ــ تعیین میزان پرتوگیری	۸
٦ــ کنترل پرتوگیری	۱۱
۷ــ حدود مجاز اشعه	۱۲
۸ــ بررسی وتحقیق آلودگی شیربه مواد رادیواکتیو	۱٥
۹ــ تعیین مقدار استرونسیوم ۹۰ در شیر	۲۱
۱۰ــ معرفهای مورد نیاز	۲۲
۱۱ــ روش عمل	۲۳
۱۲ــ جدول ۱	۲٦
۱۳ــ جدول ۲	۲۷
۱٤ــ جدول ۳	۲۸
۱٥ــ منابع و مآخذ	۲۹

مقدمه

عوارض وخطرات آلودگی زمین ومواد خوراکی به ^{90}Sr

آزمایشهای متعدد بمب های اتمی تا حدود زیادی سلامت بشر را تهدید میکند اجسامی که در این انفجارات بوجود میآیند (استرنسیوم ۹۰) وارد بدن انسان شده ودر بافت استخوانی متمرکزمیشوند واین موضوع در مناطقی که به محل انفجارنزدیکتر هستند اهمیت بیشتری دارد . درصورت وقوع یك جنگ اتمی خطرات حاصل از انفجارات هسته ای نسل بشر راسریعا به نابودی میکشاند ولی آنچه برای ما اهمیت دارد خطراتی است که ازدز های اندك و ممتد استرنسیوم ۹۰ بوجود میآید. مطالعات متعدد نشان دادکه استرنسیوم ۹۰ برروی انسان اثرات سوئی بشرح زیردارد :

۱ــ تقلیل عمروایجاد پیری زودرس

۲ــ ازدیاد سرطان استخوان وخون

۳ــ افزایش بیماریهای عفونی

٤ــ تولید بیماریهای عصبی

٥ــ اثر ژنتیك وموتاسیون

. . . .

"رادیو اکتیویته"

رادیو اکتیویته توسط هانری بکرل فرانسوی کشف و متعاقبا بوسیله ماری کوری نام گذاری شد. بکرل و پدرش به موضوع فلوئورسانس علاقمند بودند و در این دامنه فیزیك تحصیل میکردند. بکرل مقداری نمك دوگانه سدیم، اورانیوم بدست آورده مشغول مطالعه خاصیت فلوئورسانس آن بود. او یك صفحه عکاسی را در کاغذ سیاهی پوشانده و بر روی آن قطعه ای از نمك اورانیوم قرار داد و بعد از مدتی این صفحه عکاسی را ظاهر کرد و با کمال تعجب مشاهده کرد در محلی که نمك اورانیوم قرار گرفته بود کاغذ سیاه شده است. در گزارشی که او در سال ۱۸۹۶ منتشر کرد ذکر نمود که از املاح اورانیوم پرتوهائی خارج میشود که مانند پرتوهای ایکس دارای خاصیت یونیزاسیون محیط است.

بکرل در فرانسه و دانشمندان دیگر در کشورهای دیگر در سال ۱۸۹۹ انحراف این پرتوها را در میدان مغناطیسی مشابه انحراف اشعهٔ کاتدی مطالعه کردند این مطالعه نشان داد که پرتوهای حاصل از اورانیوم شامل ذرات الکتریکی با بار منفی است، تجزیه پرتوهائی که از مواد رادیو اکتیو خارج میشوند به سه نوع پرتوهای آلفا و بتا و گاما در رساله دکترای ماری کوری در سال ۱۹۰۳ بیان شده است. پرتوهای بتا دارای بار منفی، پرتوهای آلفا دارای بار مثبت هستند و پرتوهای

گاما خنثی میباشند ، تجزیه وتحلیل های بعدی نشان داد که پرتوهای بتا از الکترون و پرتوهای آلفا از هسته های هلیوم تشکیل شده و پرتوهای گاما مانند پرتوهای ایکس از نوع پرتوهای الکترومانیتیک باطول موج فوق العاده کوتاه است .

رادیو اکتیویته طبیعی موجود درجو زمین از یک رشته اعمال شیمیی فیزیک طبیعی سرچشمه میگیرد ، قریب ۲۵ سال است که به این رادیو اکتیویته طبیعی رادیو اکتیویته حاصل از انفجارات اتمی و عناصر رادیو اکتیو مصنوعی نیز افزوده شده است . بعلت خطری که ممکن است از آلودگی مداوم آبهای سطحی ، گیاهان و مواد غذائی پیش آید لازم است که همواره میزان رادیو اکتیویته جو کنترل واندازه گیری شود .

درممالکی که تحقیقات اتمی و استعمال مواد رادیو اکتیو جنبه پیشرفته تری دارد اندازه گیری رادیو اکتیویته هوا ازمسائل بهداشت عمومی بشمار میرود .

باید دانست که بجز موارد استثنائی ناشی از حوادث غیرمترقبه که ممکن است در آزمایشگاههائی که درآنجا با مواد رادیو اکتیو قوی بتا و یا گاما کار میکنند پیش آمد کند معمولا خطر رادیو اکتیو شدن خارجی از راه هوا بمراتب کم اهمیت تر از خطر رادیو اکتیو شدن داخلی است . دروضع کنونی با تکمیل وسایل ، مراقبت وتکنینکهای اندازه گیری دقیق وسریع افرادی که دراین شرایط کار میکنند بسرعت از یک حادثه غیرمترقبه خبردار

شده وچاره جوئی میکنند بنابراین خطرراد یو اکتیو شدن خارجی کاملا محدود است خطراحتمالی ناشی ازآلودگی هوا اساسا بعلت رادیو اکتیوشدن داخلی است بدین معنی که آلودگی هوا مستقیما باعث آلودگی بدن ازراه تنفس میشود واین آلودگی متضمن آب آشامیدنی ،گیاهان ،آب باران ،زمین ،شیروسایرمواد غذائی نیز هست چند حادثه مهم ومتجاوز از ۲۰۰ انفجاراتمی درسالهای اخیرمیزان رادیواکتیویته جو را بطورمتوسط کمی بالاتر ازحد طبیعی برده است . رادیواکتیویته هوا برحسب مبداء تولید به چهارصورت ظاهرمیشود .

۱ــ رادن و تورن که ازتجزیه رادیوم وتوریوم طبیعی موجود درخاك بوجود آمده اززمین متصاعد میشوند وپایهٔ رادیو اکتیویته طبیعی جو را تشکیل میدهند رادیو اکتیویته طبیعی برحسب شرایط جوی بسیارمتغیر است ،مثلا درسطح زمینهای رسوبی که رادیو اکتیویته آنهاکم است از ۰/۰۱ تا ۱ پیکروکوری درهرلیترهوا تغییر میکند ،غلظت طبیعی آن بطورمتوسط درهوای آزاد درحدود ۰/۱ پیکروکوری درلیتر است ودرفضاهای بسته مخصوصا معادن ،غلظت آن خیلی بیشترمیباشد .

تغییرات غلظت رادن درجو تابع نظرمعینی نیست وغلظت آن درهوای آرام افزایش مییابد . سرعت متصاعدشدن رادن اززمین بستگی به تغییرات درجه‌حرارت و میزان رطوبت محیط دارد . شدت وجهت وزش باد نیز درغلظت رادن‌هوابی تاثیر نیست.

۲ــ مشتقات جامد رادن وتورن (مواد جامد حاصل ازمتلاشی شدن رادن‌وتورن) که به آئروسل های موجود درهوا می پیوندند رادن وتورن ومشتقات آنها قسمت اعظم رادیو اکتیویته جو راتشکیل میدهند .

۳ــ ذرات جامد عناصر رادیواکتیومصنوعی که قطرآنهابین ۰/۵ تا ۳ میکرون است وبین آنها عناصرخطرناکی مانند ^{90}Sr دهندهٔ اشعهٔ بتابانیمه عمر۲۸ سال یافت میشود .

٤ــ به این سه دسته اشعه میتوان مواد رادیواکتیو دیگری رااضافه کرد که در اثر برخورد اشعهٔ کیهانی به هسته اتمهای موجود درهوابوجود میآیند مانند کربن۱٤ وبریلیوم وتری‌تیوم. اندازه گیری منظم رادیواکتیویته محیط چه طبیعی وچه مصنوعی از نظرمقایسه باحداکثر دز مجاز بسیارلازم است .

تهیه رادیو ایزوتوپها

هرساله انواع رادیوایزوتوپها ومشتقات مختلف آن باذکرمشخصات و قیمت بصورت مجموعه ای توسط سازندگان مختلف در دسترس مصرف کنندگان قرارمیگیرد . بطورکلی متجاوز ازچند هزار رادیو ایزوتوپ مختلف درجهان تهیه میشود که موارد استعمال آنها گوناگون بوده ولی میتوان بطورکلی مصارف آنهارادرسه قسمت دسته بندی کرد .

اول درپزشکی : رادیو ایزوتوپهائی که ازخاصیت پرتوهای یونساز آنها استفاده میشود ازسالیان دراز درراد یوتراپی بکارمیرود . اخیرا تکنیك کاربرد بعضی از رادیو- ایزوتوپها بعنوان ردیاب درتشخیص بیماریها کاربرد فراوانی پیدا نموده است. کاربرد روزافزون این مواد دانش پزشکی هسته ای را پایه گذاری نموده است .

دوم درصنعت : کاربردهای صنعتی رادیوایزوتوپها بیشتر بعلت استفاده ازپرتو آنهاست که درتکنیك گامارادیوگرافی مواردا ستعمال زیادی دارد . درسالهای اخیر بعضی ازرادیوایزوتوپها رابعنوان ردیاب دراندازه گیریهای دقیق فیزیکی مانند ضخامت ، دانسیته ومقاومت فلزات بکارمیبرند چون مواردا ستفاده رادیوایزوتوپها در صنعت خیلی بیشتراز پزشکی است ازاینرو لازم است که درمراقبت های بهداشتی ومخصوصا حفاظتی توجه خاص نمود .

سوم ، کاربردهای مختلف درتحقیقات : کاربرد رادیوایزوتوپها درمسائل کشاورزی و هیدرولوژی بسیاروسیع ودامنه دارمیباشد . امروزه دراثرازدیاد روزافزون جمعیت دنیا لازم است که بااستفاده ازرادیوایزوتوپها دربهبود ازدیاد تولیدات کشاورزی کوشید این امرهم اکنون درکشورهای پیشرفته برای مطالعهٔ کودهای شیمیائی کشاورزی وخاك دردست اجراست.

همچنین بررسی واندازه گیری آبهای زیرزمینی درنقاط کم آب بااستفاده ازبعضی

رادیو ایزوتوپها امکان‌پذیراست . رادیو ایزوتوپها ابزاری دقیق‌ووسیله ای مطمئن برای انجام اکثر پژوهشهای مختلف علمی هستند . ازهمه مهمتربدون شك کاربرد روز افزون این مواد درپزشکی است که میتوان گفت ۵۰ درصد مجموع رادیو ایزوتوپهای مصرفی را تشکیل میدهند .

کنترل کیفیت بیولوژیکی ، پزشکی وشیمیائی رادیوایزوتوپهای تهیه شده درپزشکی

رادیو ایزوتوپهای تهیه شده برای مصارف پزشکی باید ازنظرکیفیت بیولوژیکی ، پزشکی وشیمیائی کنترل شود تابتوان آنهارا به بیماران خورانید یاتزریق نمود . ازاینرو بطورخلاصه به بحث دراین باره می پردازیم .

الف ـ خلوص رادیو ایزوتوپها :

هرگاه نمونه مورد بمباران دارای ناخالصی های شیمیائی باشد یاآنکه هنگام ایراد یاسیون ، واکنشهای‌هسته ای‌دیگری غیرازآنچه مورد نظراست بوقوع بپیوندد یا آنکه هنگام عملیات شیمیائی درمحفظه مخصوص ، نمونه آلودگی پیدانماید نمیتوان گفت که رادیو ایزوتوپ تهیه شده کاملا خالص است . اگر ناخالصی ها منتشرکننده پرتو گاما باشند میتوان به سهولت بوسیله اسپکترومتری گاما وجودآنهارا مشخص نمود

زیرا انرژی گامای این ناخالصی ها با انرژی گامای رادیوایزوتوپ تهیه شده متفاوت بوده واین تفاوت کاملا در دستگاه مشهود است.

اگر ناخالصی ها پرتو دهندهٔ بتا باشند میتوان انرژی های مربوطه را بوسیله جذب پرتوها برروی صفحات باضخامت مختلف سنجید و به درجه خلوص رادیو ایزوتوپ تهیه شده پی برد. گاهی کروماتوگرافی بوسیله کاغذ کمك به تشخیص بعضی ناخالصیهای رادیو ایزوتوپ تهیه شده مینماید. درجه خلوص رادیوایزوتوپ تهیه شده باید بیش از ۹۹ درصد باشد. ازاین رو مطالعه طیف بتا وگاما ودقت درتعیین نیمه عمر رادیو ایزوتوپ تهیه شده کاملا لازم است.

ب ـ خلوص شیمیائی :

ماده ای که بعنوان هدف بکارمیرود باید کاملا ازنظرشیمیائی خالص باشد، ازاینرو نمونه هائی را که برای بمباران بکارمیبرند باید کاملا خالص باشند مخصوصا رادیوداروئی هاکه برای مصرف بیماران بکارمیروند، باید بادقت وتوجه بیشتری تهیه شوند. ازاینرو بوسیله تکنیك پلاروگرافی میتوان به درجه خلوص بعضی فلزات سنگین پی برد. در بعضی موارد مانند وجود تلور درید ۱۳۱ (مسبب سمیت این رادیو ایزوتوپ) و یا وجود آرسنیك دربیشتر رادیو داروئی ها بوسیله روش اسپکتروفتومتری عمل میشود.

ج ـ کنترل بیولوژیکی :

کنترل بیولوژیکی مربوط است به استریل نمودن، پیروژن، سمیت ومیکروبیولوژی.

درمورد استریل نمودن رادیو داروئی ها باید گفت که این امر بسیار ساده و بوسیله اتوکلاو انجام پذیراست . برای آزمایش پیروزن مقداری ازماده رادیو اکتیو را به خرگوش یاموشهای بزرگ تزریق مینمایند ودرجه حرارت بدن حیوان را اندازه‌میگیرند برای تشخیص سمیت ماده رادیو اکتیو کافیست که ازهرنمونه به پنج موش کوچك که وزن بدن آنها حدود ۲۰ گرم است تزریق نمود ، هرگاه هره موش زنده بمانند دلیل برسالم بودن ماده تهیه شده است .

تعیین میزان پرتوگیری

تشعشع میتواند دروضع یك سیستم تغییراتی ایجاد نماید که این تغییرات نتیجه مستقیم جذب انرژی پرتوها درداخل جسم میباشد که باتعیین میزان تغییرات میتوان به مقدارجذب انرژی پی برد .

مفهوم فیزیکی دز عبارت است از جذب مقدار انرژی دریك گرم ازماده ای که تحت تأثیر پرتوها قرارگرفته باشد . برای سنجش میزان دز معمولا مقدارجفت یونی که دراثرتشعشع درماده تولید میشود اندازه میگیرند ، نظربااینکه هوا وبدن انسان‌هردو ازعناصری‌که دارای عدد اتمی کم میباشد تشکیل شده اند وبعلت آنکه محیط آب وهوا برای انجام آزمایشها بسیارمناسب میباشد لذا برای سنجش تشعشعات معمولا

میزان یونسازی آنهارا در هوا مورد مطالعه قرار داده اند . واحدی که برای سنجش اشعه ایکس و اشعه گاما بکار میبرند رونتگن میباشد . یك رونتگن عبارت است از مقدار اشعه ایکس ویا اشعه گاما که بتواند در هرسانتیمترمکعب هوا در شرایط متعارفی یك واحد الکتروستاتیکی بارالکتریکی (از هرد وعلامت مثبت ومنفی) تولید نماید .

به عبارت دیگر اگرتعداد جفت یونهائی که در اثرتشعشع درجسمی بوجود میآید معادل ۹ ۰ ۱ × ۲/۰۸۳ یون باشد بارالکتریکی مجموع یونهای هم علامت معادل یك واحد الکتروستاتیك خواهد بود وباین ترتیب مقدار اشعه ای که به جسم تابیده معادل یك رونتگن اشعه میباشد وباید در نظر داشت که بنابه تعریف بالا رونتگن فقط واحد مقدار اشعهٔ الکترومغناطیسی (اشعه ایکس وگاما) میباشد که آنهم فقط از روی میزان یونسازی اشعهٔ فوق در یك سانتیمترمکعب از هوا تعیین میگردد . باید دانست که وضع یونسازی اشعه یونساز در اجسام یکسان نمیباشد ، میزان جذب انرژی برای چربی ، عضله ، استخوان و هوا موقعی که تحت تشعشع یك رونتگن اشعه قرارگیرند یکسان نمیباشد ونیزمیزان جذب انرژی در اجسام مختلف با انرژی اشعه نیزبستگی دارد.

هرچند که برای سنجش میزان تشعشع اغلب از واحد رونتگن استفاده میشود ولی بعلت آنکه این واحد فقط در مورد اشعه الکترومغناطیسی قابل استفاده است لذا برای سنجش سایر اشعه یونساز مناسب نمیباشد ولزوما باید واحد اساسی دیگری برای

سنجش میزان تشعشع درنظرگرفته شود . این واحد "راد" است وبنابه‌تعریف جذب ۱۰۰ ارگ انرژی اشعه دریك گرم ازهرجسم را یك راد می نامند .

چون دوواحد راد ورونتگن ازنظرمقدارنزدیك به هم هستند وسنجش میزان‌تشعشع برحسب رونتگن همیشه‌کمی زیادتراز سنجش میزان تشعشع برحسب راد میباشد معمولا برای اطمینان بیشتردرتعیین دز میتوان ازدستگاههائی‌که میزان تشعشع را برحسب رونتگن می سنجند برای سنجش راداستفاده نمود .

درموقعی‌که انرژی فوتونهااز ۰/۱۵ تا ۱۰ میلیون الکترون ولت باشد میزان جذب انرژی یك رونتگن اشعه گامادرچربی معادل ۰/۹۵ رادودرعضله ۰/۹۳ رادودراستخوانها معادل ۰/۸۳ راد است . این مطلب تعیین میکندکه اگر برای سنجش دز از واحدرونتگن استفاده شود نتایج چندان ازحقیقت دورنخواهد بود .

ازنقطه نظر فیزیکی سنجش دز بوسیله واحدراد بیان شد ولی بطورکلی اشکالات مرتفع نشده است زیرااثربخشی ودرنتیجه میزان اثربخشی تشعشعات مختلف یکسان نمیباشد ، مثلا اشعه گاما وذرات نوترون درچشم ایجادناراحتی منجمله آب مروارید میکند ولی دیده میشودکه اثرنوترونها برای ایجاداین عارضه ده مرتبه شدیدترازاشعه گاماست. این تفاوت آسیب های بیولوژیکی بستگی به عواملی داردکه ضریب کیفی نامیده میشود و با Q F نشان داده میشود .این ضریب

به نوع و سن سلول وهمچنین مقدارانرژی اشعه بستگی دارد .

باداشتن مقادیر ضریب کیفی برای تشعشعات مختلف به آسانی میتوان پرتو-گیری بدن یك فرد ویامقدارتشعشعی را که باعث آسیب دیدن بافتهای مختلف میشود سنجیده ومقدارآنرابرحسب Rem معلوم کرد .

دز برحسب راد × ضریب کیفی =دز برحسب رم

کنترل پرتوگیری

اشعهٔ یونساز باعث خطرات بیولوژیکی جسمانی وژنتیکی میشود . مسلماکسانیکه باراد یوایزوتوپها کارمیکنند کمی بیشترازمیزان اکتیویته طبیعی اشعه دریافت خواهند نمود . مسئولین فیزیك بهداشت میزان پرتوگیری دز اشعه راسنجیده وبرای کاهش خطرات اشعه روشهای مناسب کار راتوصیه وراهنمائی مینمایند . توصیه های مسئولین فیزیك بهداشت برپایه مقررات جهانی وملی میباشد .

برای سالم نگهداشتن محیط کار باید هریك ازکارکنان به تنهائی اطلاعات مختصری راجع به فیزیك بهداشت (یعنی مفهوم خطرات اشعه و محافظت خود و دیگران) بدست آورند ومقررات مربوط به هریك ازآزمایشگاهها راقبول واطاعت نمایند و درحفظ نظافت و نظم محیط کارخود دقت کنند .

بافتهای بدن بوسیله اشعه وارده ازخارج ازبدن آسیب می بیند وهرگاه بافت های بدن بیش ازاندازه درمعرض اشعه مانند ذرات بتا واشعه ایکس نرم قرارگرفته باشند سوختگی سطحی بدن مشاهده میشود ، ولی اگربیش ازاندازه درمعرض اشعه ایکس سخت واشعهٔ گاما ونوترونهای تند وکند قرارگیرد اثرات سوختگی عمیق نیز در برخواهد داشت .

دربعضی موارد امکان داردکه ماده رادیواکتیو جذب یکی ازبافتهای بدن شود ودراین صورت بافت مورد نظربطوردائم درداخل بدن تحت تابش اشعه قرار میگیرد تاوقتیکه عنصر رادیو اکتیوازبین برود .

رادیوایزوتوپها ممکن است ازطریق گوارش استنشاق ،ازراه پوست ویابریدگی واردبدن انسان شوند . تشخیص بین میزان دزودز کلی نیز اهمیت زیادی دارد و باید درنظرداشت که هردوباید درحدود مجاز باشند .

حدود مجاز اشعه

۱ــ منابع اشعه موجود : اشعه کیهانی ــ قشرزمین ــ حدود شغلی منابع مصنوعی بشر ــ پرتوگیری طبی ــ حدود مجاز از ریزش (Retombe) و ساعتها و تلویزیون .

۲ــ اثرات اشعه روی اشخاص زیرمورد مطالعه است :

اشخاصی که اشعه ایکس دریافت میکنند .

کارکنان نقاشی لومینسانس (شب نما)

کارکنان معدن

قربانیهای آزمایشات اتمی

نتایج حاصل ازتجربیات تأثیر اشعه روی حیوانات .

۳ــ ماکزیمم دزهای مجاز فردی : درسال ۱۹۵۸ کمیته بین المللی حفاظت رادیولوژیکی حداکثرمجازدزکلی بدن برای گروه شاغل‌را طبق رابطه (۱۸ــ N) ۵ = رم (که درآن N سن شخص برحسب سال است) توصیه کرده است . این فرمول معادل با ۶۰ رم تاسن ۳۰ سالگی میباشدکه بطور متوسط ۵ رم درسال و یا ۱/۱ رم درهفته (باشرط ۴۰ ساعت کار درهفته) میباشد .

کمیته بین المللی تا ۳ رم رادر ۱۳ هفته متوالی مجاز دانسته است با درنظرگرفتن اینکه دز سالیانه از ۵ رم تجاوز ننماید .

بعلاوه دز طول عمر نباید از ۲۰۰ رم تجاوز نماید . برای پرتوگیری محلی ازبدن درصورت لزوم حداکثر دز مجاز بیشتری اجازه داده شده است ، مثلا برای محلی از پوست حدود ماکزیمم مجاز ۸ رم در ۱۳ هفته وبرای دستهاوپاها ۲۰ رم میباشد

کلیه این اعداد حداکثر میباشند وباید درعمل ۳/۰ مقادیر فوق رابکاربرد . منظور از دز مجاز اشعه عبارت ازدزی است که با علم فعلی ، آسیب بیولوژیکی قابل‌ملاحظه‌ای درطول عمرشخص ظاهر نشود .اعداد داده شده فوق مربوط به چشمه‌های‌خارج از بدن درساعات کار وغیره ازپرتوگیری زمینه طبیعی وطبی میباشد .

حدود ماکزیمم دز مجاز برای کل‌جمعیت (غیرازگروه شاغل) بعلت خطرات ژنتیکی اشعه خیلی کمترازگروه شاغل میباشد . حدود توصیه شده توسط کمیته‌بین‌المللی درسال ۱۹۵۸ دز متوسط طول عمر برای هرشخص ۵ رم اضافه برپرتوگیری زمینه طبیعی میباشد ودرعمل اعداد پیشنهاد شده درمورد دستجات مختلف ازجمعیت بطورقابل‌ملاحظه ای کمترازمقدارفوق میباشد .

. . . . . .