



دانشگاه کاشان
دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

پایان نامه :

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک هسته ای

عنوان:

مطالعه برخی اثرات محیطی بر دزیمتر فزیک

و بررسی ارتباط بین توزیع دز و چگالی

اساتید راهنما:

دکتر مهدی نصری نصرآبادی

دکتر محمد میرزایی

ارائه دهنده:

مرضیه محسنی کوپائی

بهمن ماه 1386



تاریخ :

شماره :

پیوست :

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: مرضیه محسنی کوپایی شماره دانشجویی: ۸۴۱۳۳۲۰۰۰۳

رشته: فیزیک

دانشکده: علوم

عنوان پایان نامه: مطالعه برخی از اثرات محیطی بر دزیمتر فزیک و بررسی ارتباط بین توزیع دز و چگالی

این پایان نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارایه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۸۶/۱۱/۹ مورد تأیید و ارزیابی هیأت داوران قرار گرفت و با نمره به عدد: ۱۹/۴۱ و درجه عالی به تصویب رسید.

به حروف: نوزده و چهار و یک و سه صد

اعضاء هیأت داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. اساتید راهنما:	دکتر مهدی نصری نصرآبادی دکتر محمد میرزایی	استادیار استادیار	
۲. استاد مشاور:	مهندس هادی فتح‌اللهی	مربی	
۳. متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه:	دکتر مصطفی زاهدی‌فر	استادیار	
۴. متخصص و صاحب نظر خارج از دانشگاه:	دکتر حسین صادقی	استادیار	
۵. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه:	دکتر امیرحسین چیت‌سازیان	استادیار	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فدايا:

به هر کس دوست می داری بیاموز که عشق از زندگی کردن بهتر است و به هر کس دوست تر می داری بپشان که دوست داشتن از عشق برتر است.

تقدیم به:

وجودنازنین مادرم
دست های رنج کشیده پدرم
و مضمور سبز همسرم

محسنی

چکیده:

مهمترین کمیتی که در پرتودهی مواد با آن مواجه می شویم، دز جذب شده در نمونه پرتو دیده است. بنابراین به منظور کسب نتایج دقیق و قابل اعتماد، انتخاب روشی جهت کنترل فرآیند و تضمین کیفیت آن، ضروری است از آنجاییکه دزیمتری مطمئن ترین و آسانترین روش برای تحقق این امر می باشد. لذا برای کار با هر سیستم پرتودهی و انجام مراحل پرتودهی، لزوم اعمال کالیبراسیون و دزیمتری مناسب براساس استاندارد ضروری می نماید.

- در این طرح با اتخاذ روش استاندارد ASTM و بکارگیری سیستم دزیمتری مرجع فریک میزان آهنگ دز، دز انتقالی، نسبت یکنواختی و توزیع دز، در اتاقک پرتودهی دستگاه پرتودهی مدل Gamma Cell Issleodovatel PX-30 مورد ارزیابی قرار گرفته و توزیع دز برای محیط های مختلف با چگالی مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفت.

- همچنین در این طرح به بررسی تأثیر برخی از فاکتورهای محیطی مانند تغییرات نور، تغییرات دمای نگهداری محلول قبل و پس از پرتودهی، پایداری شیمیایی محلول دزیمتری با تغییر مدت زمان نگهداری قبل و پس از پرتودهی پرداخته و نتایج مربوطه حاصل شد.

فهرست مطالب

عنوان.....	صفحه.....
1- فصل اول : مقدمه و کلیات	1
2- مقدمه:.....	2
1-1- دز سنج های شیمیایی:	4
1-2- ویژگیها و مزیت های یک دزسنج شیمیایی:	5
1-3- دزیمتر سولفات آهن (FRICKE).....	6
1-4- ترکیب شیمیایی و مکانیزم واکنش:.....	6
1-5- آماده سازی محلول دزیمتری:.....	6
1-6- اسپکتروفوتومتری:.....	8
1-7- کاربرد سیستم دزیمتری فریک.....	10
1-8- مفاهیم و کمیت های استفاده شده در فرآیند دزیمتری	13
1-9- فاصله، زمان و حفاظ گذاری:.....	17
1-10- تغییرات آهنگ دز چشمه های گاما زای خارجی بر حسب فاصله:.....	17
1-11- اندازه گیری دز جذب شده: اصل براگ- گری	18
فصل دوم : اصول حاکم بر سیستم های دز سنج شیمیایی	20
1-2- اسپکتروفوتومتری جذبی:.....	21
2-2- برهم کنش تابش با ماده:.....	34
2-3- واپاشی بتای منفی (b^-).....	47
2-4- فرآیند دز سنجی سولفات آمونیاکی آهن	50
2-5- استانداردهای لازم در استفاده از سیستم دزیمتری فریک.....	61

74	2-6- اثرات فاکتورهای محیطی بر سیستم‌ای دزیمتری با مقادیر دز بالا
81	فصل سوم: بررسی شرایط بهینه نگهداری سیستم دزیمتر فریک
82	3-1- مراحل آماده سازی سیستم دزیمتری فریک
88	3-2- کالیبراسیون و دزیمتری دستگاه پرتو دهی گاماسل
95	3-3- بررسی تکرارپذیری سیستم دزیمتر مرجع فریک
98	3-4- نقشه توزیع دز، در چگالیهای مختلف
114	3-5- تعیین دز محوری در میدان پرتو دهی گاماسل در حضور چگالیهای مختلف
134	توزیع دز محوری در میدان پرتو دهی دستگاه گاماسل (در هوا)
135	توزیع دز در اتاقک پرتو دهی برای چگالی های متفاوت
136	3-6- بررسی تأثیرات عوامل محیطی بر پاسخ سیستم دزیمتری فریک
157	نتیجه گیری و پیشنهادات:
165	منابع و مأخذ

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
1-2- ترتیب آزمایش برای اندازه گیری جذب ذرات بتا	35
2-2- منحنی جذب ذرات بتا	36
3-2- منحنی های برد انرژی	37
4-2- منحنی های برد انرژی	38
5-2- پراکندگی کامپتون	41
6-2- نمودار پراکندگی کامپتون	43
7-2- ضریب پراکندگی جزئی	43
8-2- طرحواره واپاشی کبالت 60	49
1-3- غلاف پلکسی گلاس	82
2-3- ویال های دزیمتری	83
3-3- بورت مخصوص	86
4-3- نازل دستگاه جوش اکسیژن	87
5-3- روش بستن در ویال ها	87
6-3- ویال های آماده شده	88
7-3- دستگاه اسپکتروفوتومتر	89
8-3- سل کوارتزی	90
9-3- محفظه داخلی دستگاه	90
10-3- چیدمان ویال ها	98
11-3- قرارگیری ویال ها در اتاقک پرتو دهی	99
12-3- چیدمان ویال ها در توزیع دز عمقی در جو	104
13-3- قرارگیری ویال ها در اتاقک پرتو دهی	104
14-3- چیدمان ویال ها در توزیع دز محوری در جو	115

فهرست جداول

عنوان:	صفحه
جدول 3-1- محدوده پاسخ دهی و آهنگ دز	94
جدول 3-2- تعیین نرخ دز در شرایط جدید	97
جدول 3-3- دز عمقی در هوا در ارتفاع 19 سانتی متر	100
جدول 3-4- دز عمقی در هوا در ارتفاع 12/2 سانتی متر	101
جدول 3-5- دز عمقی در هوا در ارتفاع 3 سانتی متر	102
جدول 3-6- میانگین دز جذبی در هوا	103
جدول 3-7- توزیع دز عمقی در هوا	103
جدول 3-8- دز عمقی در جو در ارتفاع 19 سانتی متر	106
جدول 3-9- دز عمقی در جو در ارتفاع 12/2 سانتی متر	107
جدول 3-10- دز عمقی در جو در ارتفاع 3 سانتی متر	108
جدول 3-11- میانگین دز جذبی در جو	109
جدول 3-12- توزیع دز در جو	109
جدول 3-13- دز عمقی در آب در ارتفاع 19 سانتی متر	111
جدول 3-14- دز عمقی در آب در ارتفاع 12/2 سانتی متر	112
جدول 3-15- دز عمقی در آب در ارتفاع 3 سانتی متر	113
جدول 3-16- میانگین دز جذبی در آب	114
جدول 3-17- توزیع دز عمقی در آب	114
جدول 3-18- دز محوری در هوا	117
جدول 3-19- توزیع میانگین دز محوری در هوا	120

- جدول 3-20- نسبت توزیع دز محوری در هوا..... 121
- جدول 3-21- دز محوری در جو..... 124
- جدول 3-22- توزیع میانگین دز محوری در جو..... 127
- جدول 3-23- نسبت توزیع دز محوری در جو..... 128
- جدول 3-24- دز محوری در آب..... 129
- جدول 3-25- توزیع میانگین دز محوری در آب..... 132
- جدول 3-26- نسبت توزیع دز محوری در آب..... 133
- جدول 3-27- تغییرات دمای قبل از پرتو دهی..... 138
- جدول 3-28- تغییرات دمای قبل از پرتو دهی در شرایط جدید..... 139
- جدول 3-29- تغییرات دمای پس از پرتو دهی..... 142
- جدول 3-30- تغییرات دمای پس از پرتو دهی در شرایط جدی..... 143
- جدول 3-31- مدت زمان نگهداری قبل از پرتو دهی..... 146
- جدول 3-32- مدت زمان نگهداری بعد از پرتو دهی..... 151
- جدول 3-33- تغییرات نور..... 155
- جدول 3-34- تغییرات نور در شرایط جدید..... 155

فصل اول:

مقدمه و کلیات

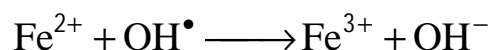
مقدمه:

در فرآیند پرتو دهی مواد و همچنین مطالعه تأثیر پرتو بر آنها لازم است مقدار انرژی جذب شده در ماده، دقیقاً اندازه گیری شود. اما اندازه گیری دز جذبی با بکارگیری یک سیستم دزیمتری مناسب امکان پذیر است. بطور کلی، هدف فرایند پرتو دهی، استفاده از پرتوهای یوننده به عنوان منبع انرژی، جهت پرتو دهی انواع مختلف محصولات در سطوح دز لازم، به طور ایمن و سازگار از لحاظ اقتصادی، در یک دستگاه پرتو دهی می باشد و موفقیت آن وابسته به توانایی پرتوکار در اعمال مناسب دز جذبی و اندازه گیری دقیق آن در ماده هدف، تعیین توزیع دز در کل ماده و کنترل فرآیند از زمان شروع تا پایان آن می باشد.

تابش در برخی مواردیکسری تغییرات شیمیایی به بار می آورد. یکی از دستگاههای آشکارسازی شیمیایی که به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است دز سنج فریک (Fricke) است، که در آن یونهای آهن موجود در یک محلول سولفات در اثر برهم کنش تابش اکسیده می شوند.

در تمام دز سنجهای شیمیایی آبی، در اثر برهم کنش تابش با آب رادیکال های آزاد (مثلاً H^\bullet و OH^\bullet) که بسیار واکنش پذیرند، تشکیل می شوند.

برای مثال، رادیکال OH^\bullet می تواند مستقیماً یون آهن را اکسید کند:



پس از بر تابش، دز سنجهای شیمیایی آبی را می توان از طریق عیار سنجی یا در آشامی

نور مورد واكافت قرار داد.

گستره حساسیت مفید دز سنج فریک از محدوده $4 \times 10^3 \text{ rad}$ تا $4 \times 10^4 \text{ rad}$ است. اندازه گیری‌های دز توسط این وسیله، دقیق و مطلق است. ترکیب اتمی دستگاههای آشکار سازی آبی تقریباً مشابه ترکیب اتمی بافت نرم بدن است. سایر دستگاههای دزسنجی شیمیایی، مبتنی بر استفاده از سولفات سدیم، اسیدازالیک، یا ترکیبی از سولفات آهن و سولفات مس هستند. مقادیری از دز تابش را که از مرتبه بزرگی 10 rad است، می توان به طریق شیمیایی به وسیله برخی هیدروکربن‌های لکه دار، مانند کلروفرم (CHCl_3) اندازه گرفت. در برخی دستگاهها، مقادیر بزرگتر دز سبب بروز تغییرات رنگی می‌شود. [1]

1-1 - دز سنج های شیمیایی :

دز سنج شیمیایی براساس تعیین دز تابشی ناشی از تغییرات شیمیایی تولید شده در یک محیط پرتودهی شده (سیستم شیمیایی) پایه گذاری شده است.

- تغییرات شیمیایی در سیستم وابسته به انرژی جذب شده در محیطی که در معرض تابش های یوننده قرار گرفته، می باشد.

این سیستم باید از تعدادی وسایل ضروری به منظور قابل استفاده بودن به عنوان یک دزسنج شیمیایی برخوردار باشد. [2]

ویژگیها و نشانه های مطلوب از یک سیستم دزسنج شیمیایی به شرح زیر است:

1- حساسیت و پایداری کافی تحت شرایط عادی قبل و بعد از پرتودهی

2- در دسترس و تکثیرپذیر بودن با داشتن مقدار خطا بین $\pm 1\%$ تا $\pm 4/5\%$

3- مستقل بودن بهره شیمیایی محصول از آهنگ دز (از کمترین مقدار یک گری در یک دقیقه تا بیشترین مقدار آهنگ دز، 10^3 گری بر ثانیه) و LET^1 تابش و دما.

4- وجود یک رابطه خطی بین مقدار محصول پرتودهی شده و مقدار دز در یک رنج وسیع حدود یک تا 10^8 گری .

5- عدم حساسیت به مقادیر کم و ناچیز ناخالصی در محیط.

6- قابلیت آسان آماده سازی و آنالیز داده های سیستم دزیمتری.

7- عدم حساسیت بهره شیمیایی محصول به مقدار اکسیژن موجود در محلول.

- به همین منظور و در همین راستا سیستم دزیمتری که تمام موارد بالا را دارا باشد، به

تنهایی وجود ندارد، زیرا به هنگام پرتودهی مواد دارای پیچیدگی های زیادی می شوند.

1 - LET : مقدار انرژی انتقالی خطی در اندازه گیری تعداد یونیزاسیون تابشی که در واحد فاصله در عمق بافت یا سلول اتفاق

می افتد.

- دزیمترسولفات آهن از تعداد بیشتری از شرایط بالارا برخوردار است و از آن به عنوان دزیمتر مرجع استاندارد، در اندازه گیری دز تابشی به طور معمول مورد استفاده قرار می گیرد.

- دزسنج های شیمیایی دارای ویژگیها و برتری های خاصی می باشند که به صورت مختصر به آنها اشاره می شود.

1-2 - ویژگیها و مزیت های یک دزسنج شیمیایی :

محلولهای شیمیایی می توانند هر شکل و حجمی از مواد را بپذیرند. بنابراین، با استفاده از یک روش نمونه ای قابل تغییر، می توان بهترین ارتباط و وابستگی بین انرژی جذب شده در دزیمتر و میانگین دز جذب شده تابشی به وسیله ماده مورد نظر را یافت.

- به علاوه ممکن است ضخامت های کم و یا حجم های کوچک از یک دزیمتر مایع در شرایط تابشی دارای تغییرات سریع و شدیدی شوند.

- بنابراین دز سنج های مایع برای حجم های کوچک دزیمتری مفید نیستند و برای حجم های بزرگ سودبخش و مفیدند.[3]

- رابطه بین بهره شیمیایی تابش در یک اندازه گیری حساس و انرژی انتقالی خطی (LET) ، در دزسنج های شیمیایی، فقط با اندازه گیری ومحاسبه میانگین انرژی جذب شده انجام پذیر نیست. بلکه کیفیت و چگونگی تابش مربوطه را نیز باید در نظر گرفت.

- اگر خطاها و عدم قطعیت مربوط به اسکپتروفوتومتر و کالیبراسیون آن، در مقایسه با سایر خطاهای سیستماتیک کوچکتر باشد، دزسنج های شیمیایی قابلیت استفاده و جذابیت بیشتری نسبت به سایر دزسنج هادر هر مرکزی را دارند.

1-3 - دزیتر سولفات آهن (Fricke)

دزیتر فریک حدود نیم قرن قبل توسط فریک و شاگردانش پیشنهاد شده است. این سیستم براساس یک محلول سولفات آهن در اسید سولفوریک رقیق اشباع شده از هوا پایه گذاری می‌شود. و در آن یونهای فرو Fe^{2+} به وسیله تابش یوننده به یونهای Fe^{3+} فریک اکسید



1-4 - ترکیب شیمیایی و مکانیزم واکنش:

دزیتر فریک مرجع استاندارد شامل، 1 میلی مولار $FeSO_4$ (سولفات آهن) و یا $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ (سولفات آمونیاکی آهن) می باشد.

- به همین منظور، دزیتر فریک به عنوان یک دزیتر تکثیر پذیر، قابل دسترس و پایدار استفاده می شود.

همچنان که گفته شد در این دزیتر در نتیجه تابشهای یوننده یونهای Fe^{2+} به یونهای فریک، Fe^{3+} اکسید می شوند.

چگالی اپتیکی یونهای فریک، که در تناسب و ارتباط مستقیم با مقدار دز جذب شده است، در یک اسپکتروفوتومتر با طول موج 304 نانومتر، قابل اندازه گیری است.

1-5 - آماده سازی محلول دزیتری:

- یک لیتر از محلول دزیتر باید در یک مرحله آماده و ساخته شود. موادی که در زیر نامبرده شده باید در آب مقطر 3 بار تقطیر شده، حل شده و سپس حجم محلول به مقدار 1 لیتر، رقیق شود.

1) H_2SO_4 (98) % → 22 میلی لیتر

2) $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ → 0/39215 گرم

3) NaCl → 0/05845 گرم

- دز اندازه گیری شده در میدان تابشی ^{60}Co براساس مقدار $G(x)$ برابر 15/5 می باشد.

- مکانیزم، واکنش بین تابش گاما و محلول دزیمترفریک به شرح زیر است: [5]



دراین معادله H_2O^* مولکول آب در حالت برانگیخته می باشد. که به صورت زیر در می

آید:



یک یون فرو، Fe^{2+} به یون فریک، Fe^{3+} به وسیله رادیکال آزاد هیدروکسیل، OH^0 ،

اکسیدمی شود.



واتم هیدروژن از معادله (2) با اکسیژن، در تشکیل یک رادیکال آزاد هیدروپروکسیل،

HO_2^0 واکنش می دهد.



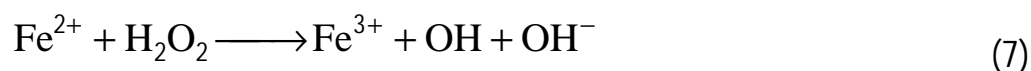
به این ترتیب یک یون دیگر فرو، Fe^{2+} طبق واکنش زیر اکسید می شود:



این واکنش منجر به تشکیل هیدروژن پراکسید در محلول می شود:



و در نهایت یون دیگری از یونهای فریک تشکیل می شود:



1-6 - اسپکتروفوتومتری:

در آنالیز داده های سیستم شیمیایی، مقدار نور جذب شده توسط محلول به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه گیری شده و طبق قانون لمبرت- بی یر، رابطه بین مقدار نور جذب شده و غلظت محلول به صورت زیر است:

$$\Delta A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = \epsilon_{\lambda} \times C \times d \quad (8)$$

در رابطه بالا ϵ_{λ} ، C ، I_0 ، d ، I به ترتیب به ضریب اکسایش مولی در طول موج λ ، غلظت محلول جاذب، شدت نور فرودی به محلول، ضخامت سل نوری و شدت نور عبوری از محلول اشاره دارند.

ضریب اکسایش مولی ϵ_{λ} برابر است با چگالی نوری در واحد طول راه نوری (1cm) و در واحد غلظت یعنی (1 مول بر لیتر) که کمیت اساسی و اصلی در اسپکتروفوتومتری می باشد.

این ضریب را می توان به وسیله اندازه گیری شیب خط نمودار چگالی اپتیکی (ΔA) بر حسب غلظت در یک طول موج معین، تعیین نمود.

- در یک دزیومتر، که پرتو دهی منجر به تغییرات شیمیایی می شود، میانگین دز جذب شده در حجم اشغال شده توسط دزیومتر، در تناسب با تغییرات چگالی اپتیکی، ΔA ، (بین محلول پرتو دهی شده و نشده) و همچنین با ضرایب اکسایش مولی مختلف، $\Delta \epsilon_{\lambda}$ در طول موج داده شده، می باشد.

- هنگامی که دزیمتری بر پایه فرایند اکسیداسیون پایه گذاری شود، کیفیت آب استفاده شده در آماده سازی محلول نکته مهم و حساس می باشد. یکی از مهمترین برتری های دزیمتر سولفات آهن، حساسیت بالای این محلول به ناخالصی های آلی می باشد.

- یونهای Cl^- (کلرین) در غیرفعال کردن ناخالصی های آلی نقش زیادی دارند و همین دلیل عمده برای اضافه کردن $NaCl$ به محلول دزیمتر فریک می باشد.

مقدار بهره شیمیایی تابش: $G(x)$ از یک محلول برابر است با نسبت $n(x)$ به مقدار ϵ داده شده به آن که $n(x)$ بیانگر مقدار ماده مخصوص (x) تولید شده ، یا از بین رفته و یا تغییر کرده به وسیله مقدار انرژی داده شده (ϵ) به محیط می باشد.

- البته تعریف معمول و رایج برای مقدار $G(x)$ به صورت $G(x) = \frac{n(x)}{\epsilon}$ است. این معادله بیانگر تعداد مولکولهای تولید شده به ازای مقدار انرژی جذب شده برای 100 eV به وسیله محلول می باشد.

- رابطه بین مقدار دز جذب شده (D) و مقدار $G(x)$ و ضریب اکسایش مولی (ϵ_λ) به صورت زیر است:

$$D = \frac{1.602 \times 10^{-17} \times Na \times \Delta A}{G(x) \times 1 \times \rho \times \epsilon_\lambda} \quad (9)$$

Na : عدد آوگادرو

ΔA : تغییرات چگالی اپتیکی محلول در یک طول موج معین (λ)

ρ : چگالی محلول دزیمتر ($\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$)

l : راه نوری (cm) که در تعیین تغییرات چگالی اپتیکی استفاده شده است. [5]

- بهره شیمیایی تابش مربوط به Fe^{3+} به شرح زیر خلاصه می شود:

بهره رادیکالهای اولیه H^{\bullet} ، OH^{\bullet} ، H_2O_2 هر رادیکال H^{\bullet} ، OH^{\bullet} ، H_2O_2 منجر به اکسیداسیون 11، 7 و 8 یون Fe^{2+} به Fe^{3+} می شوند. بنابراین هر مقدار $G(x)$ مشخص و متعلق به H^{\bullet} ، OH^{\bullet} ، H_2O_2 سهمی از مقدار G در معادله مربوط به دز معادله (9) به خود اختصاص می دهند.

- پاسخ دزیمتر شیمیایی به مقدار G و ضریب اکسایش مولی بستگی دارد. بنابراین باید این دو مقدار قبل از فرایند دزیمتری تعیین شوند.

- ضریب اکسایش مولی، ϵ_{λ} باید برای هر دستگاه اسپکتروفوتومتر جداگانه اندازه گیری شود.

- اگر چه ϵ_{λ} از نظر تئوری یک مقدار ثابت برای سیستم های شیمیایی مشخص و مخصوص در یک طول موج معین، است ولی می تواند در منحنی کالیبراسیون پاسخ دزیمتر تغییر کند. با استفاده از دستگاههای اسپکتروفوتومتر جدید و مدرن، تغییرات مقدار ϵ_{λ} منجر به خطای ابزاری، کوچکتر از تغییرات در ضریب اکسایش اندازه گیری شده با عدم قطعیت غلظت Fe^{3+} می تواند باشد. [6]

1-7 - کاربرد سیستم دزیمتری فریک

در استفاده از تکنولوژی پرتودهی و تابش، امروزه از اشعه گاما در از بین بردن تومورها و یا بی نظمی ها و اختلال های مشخصی که شیوه های دیگر بر آن تأثیر ندارد، استفاده می کنند.

همچنین در صنعت و کشاورزی نیز به شیوه های گوناگون، از تابش استفاده می کنند. بنابراین پایه پای استفاده هر چه بیشتر از پرتودهی و دزیمتری لازم است دقت در نقشه توزیع سه بعدی دز نیز افزایش یابد.