**به نام آن که جان را فکرت آموخت**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **آزمایشگاه افق** | **گزارش هفتگی** | **شماره 1** |
| تاریخ: 13/9/1394 | مطالعه پیرامون:محدودیت تابش در فرکانس تراهرتز | محقق: زهرا حاجی­زاده |

**هدف و پرسش اصلی تحقیق (پروژه) من چیست؟**

مطالعه­ پیرامون "محدودیت تابش (حداکثر شدت میدان الکتریکی مجاز) در بافت­های زیستی (جزیی­ترین مقیاس) در فرکانس­های تراهرتز"

**مطالعات انجام شده:**

1. مرور دوباره­ی! فصل هفتم رساله­ی پیشنهادی با عنوان "طرح معیارهایی نظری برای محدودیت تابش در فرکانس­های تراهرتز (منبع پیشنهادی اول)

2. ادامه­ی مطالعه­ی مقاله­ی مروریِ Non-thermal Biological Effects of Microwaves (منبع پیشنهادی دوم)

نوشته­های این قسمت برگرفته از منبع اول است... با اندکی دخل و تصرف:

پرسشی که در اینجا تلاش شده است تا پاسخی برای آن یافت شود، این است:

حدود امن مجاز برای تشعشع منابع در باند تراهرتز چقدر است؟

با توجه به ساخت مدل­های الکترومغناطیسی از بافت براساس روش همگن­سازی[[1]](#footnote-1)، ذرات حیاتی بسیار کوچکی در بافت هستند که به دلیل نسبت حجمی ناچیزی که دارند، در این مدل­ها در نظر گرفته نمی­شوند. پرسشی که مطرح می­شود این است که حداکثر چگالی توان قابل جذب در این ذره چقدر می­تواند باشد و آیا امکان این که این جذب چند برابر جذب زمینه باشد وجود دارد یا نه؟

برای بررسی حداکثر توان جذب­شده توسط بافت، ذره­ی مجهول درون بافت را با کره­یb مدل کرده و آن را در محیط a در میدان الکتروشبه­ استاتیک فرض می­کنند. به این طریق میدان ثابتی درون کره ایجاد می­شود.



با افزایش فرکانس یک حالت گذر رخ می­دهد. قبل از فرکانس گذر، میدان با کسری از رسانایی­ها متناسب است و بعد از فرکانس گذر، حد نهایی میدان با حقیقی متناسب خواهد بود. در فرکانس­های بسیار بالا، آرایش میدان منطبق بر حالت عایقی کره و محیط است.

حداکثر جذب ذره­ی مجهول به صورت زیر حاصل می­شود.

با مشتق­گیری نسبت به خواص الکتریکی ذره، حداکثر توان جذب­شده در ذره به صورت زیر خواهد بود.



K ضریب جذب نامیده شده و مقدار محدودی است. پس یک ذره نمی­تواند به طور نامحدود از میدان موجود در محیط توان جذب کند.

رفتار جذب ذره (چگالی جذب در دسترس) به ازای ترکیب­های مختلف خواص محیط و ذره در شکل زیر نشان داده شده است.

چگالی جذب در دسترس ذره­ی مجهول برابر با توان در دسترس در واحد حجم آن است.

// گذردهی یکی از مهمترین ویژگی‌های [دی‌الکتریک‌ها](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%AF%DB%8C%E2%80%8C%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9) و بیانگر توانایی دی‌الکتریک در ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی است. گذردهی را می‌توان میزان [قطبیت‌پذیری](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D8%B7%D8%A8%DB%8C%D8%AA%E2%80%8C%D9%BE%D8%B0%DB%8C%D8%B1%DB%8C) یک ماده دانست. اگر ماده‌ای گذردهی بالاتری نسبت ماده­ی دیگری داشته باشد، در [میدان الکتریکی](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%85%DB%8C%D8%AF%D8%A7%D9%86_%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9%DB%8C) یکسان، می‌تواند [بار الکتریکی](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%A7%D8%B1_%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%DB%8C%DA%A9%DB%8C) بیشتری در خود ذخیره کند. از دید فیزیکی گذردهی بیان می‌دارد که که ماده تا چه حد تحت تأثیر میدان الکتریکی قرار می‌گیرد و چه تأثیری روی آن می‌گذارد.// هر چه گذردهی ذره­ی مجهول به گذردهی ماده­ی زمینه نزدیک­تر باشد، چگالی جذب در دسترس ذره­ی مجهول کمتر خواهد بود.

ماده­ی زمینه: محیط آب­زیستی با رسانایی یونیS/m 1 و دمای 37درجه­ی سانتی­گراد برای ذره­ای مکبعی به طول 1میکرومتر.



در فرکانس­های پائین ، حداکثر توان قابل جذب برابر است با:

که به این معنی است که ذره در بیشترین حد ممکن 125/1 برابر چگالی جذب محیط، امکان جذب دارد.

نسبت چگالی حجمی جذب در دسترس ذره به چگالی حجمی جذب محیط برای تمام باند فرکانسی به صورت زیر بیان شده

و با نمودار زیر نشان داده شده است:



جذب همگن

با توجه به شکل امکان جذب غیرمنتظره­ی ذره­ی مجهول نسبت به زمینه در فرکانس­های بالاتر بیشتر است.( این نسبت در فرکانس 45/2 گیگاهرتز به ده برابر جذب همگن می­رسد!)

لازم است بدانیم که با دور شدن شکل ذره­ی مورد بررسی از حالت کروی، میدان­های القایی در برخی نقاط حساسِ هندسی تا چندین مرتبه بالاتر از این میدان­ها هم می­توانند باشند.

**تخمین حدود مجاز برای شدت میدان الکتریکی مجاز درون بافت:**

در پاسخ به این پرسش از ۲ تحلیل در تعیینِ مقدار مجاز شدت میدان الکتریکی در بافت (در جزئی­ترین مقیاس) استفاده شده است. رویکرد اول تحلیل­هایی است که مبتنی بر فرضیه­های جذب حرارتی صورت گرفته است و رویکرد دوم متناسب با آثار غیرحرارتی این امواج بر روی بافت است.

1. درنظرگرفتن ملاحظات حرارتی

فرضیه­ها:

- توان جذب­شده در ذره­ی مجهول تنها صرف بالابردن دما می­شود و در تحریک، برهم­کنش­های فیزیکی یا واکنش­های شیمیایی مصرف نمی­گردد.

- توان جذب شده در ذره تنها در خود ذره مصرف می­گردد. (فرض تبادلِ حرارتیِ ناچیز؛ متناسب با تحلیل در بدترین حالت ممکن)

تخمینی از افزایش دمای ذره­ی مجهول:

شرط لازم برای عدم افزایش دما به میزانی بیش از TΔ:



tΔ بازه­ی زمانی قرار گرفتن ذره در معرض میدان

برای حد بالای شدت میدان برابر است با:

شکل زیر این حدود را برای زمان­های تشعشع­دهی مختلف نشان می­دهد.



با توجه به شکل روشن است که هر چه بازه­ی زمانی در معرض میدان قرار گرفتن بیشتر باشد، حداکثر میدان تابشی مجاز کمتر خواهد بود. // شاید به همین دلیل باشد که هر چه زمان در معرض قرار گرفتن و صحبت­کردن با تلفن همراه طولانی­تر باشد (افزایش ) روند گرم­شدن یا درد در ناحیه­ی بالایی بدن به خصوص نواحی اطراف گوش بیش­تر می­شود//

در فرکانس 1گیگاهرتز برای محیط و ذره­ی آبی و با فرض جذب زمینه­ی معادل با 2Watt/Kg (استاندارد تلفن همراه)، ذره­ای با خواص جذب حداکثر در ذره­ی مورد بررسی، افزایش دمای 3/2 درجه در ده دقیقه انتظار می­رود.

2. با درنظرگرفتن ملاحظات غیرحرارتی

فرض: جذب انرژی چه به صورت حرارت و چه به صورت تغییرات شیمیایی با rε مدل می­شود.

مطرح کردن معیاری که تحت آن، انرژی جذب شده در ابعاد یک ساختار زیستی بایستی از ضریب معینی از نویز حرارتی محیط مولکولی کوچک­تر باشد.



n چه تعداد تغییر بالقوه در مولکول زیستی در واحد حجم قابل قبول شمرده می­شوند.

با فرض n کمتر از 10 درصد در بافت شکل نمونه­ی زیر حاصل می­شود.

شکل زیر نمایانگر معیارهای به دست آمده با هر دو تحلیل برای زمان 20 ثانیه در باند تراهرتز است.

تا اینجا به محاسبه­ی حدود شدت میدان مجاز درون بافت پرداخته شده بود. حال توجه خود را به بدست­آوردن حدودی برای شدت میدان الکتریکی تابشی بر بافت متمرکز می­کنیم.

در نظر گرفتن مدل نیم­فضا (هوا در بالا و بافت در پایین سطح مرزی) و تابش موج تخت از هوا با ضریب عبور (f)τ به درون بافت.

حد شدت میدان تابشی (نسبت حداکثر میدان تابشی مجاز در بافت به حداکثر میدان تابیده­شده) با درنظرگرفتن حداکثر ضریب عبور ممکن به ازای تمامی زوایای تابش در هر فرکانس به صورت زیر است.



(شاید دلیل انتخاب قرنیه در اینجا به دلیل زیر باشد(به نقل از wikipedia)

یکی از آثار تشعشعات مایکروویو، اثرات گرمایش دی­الکتریک است که در آن هر جسم عایق (مانند بافت موجود زنده) توسط حرکت مولکول‌های قطبی که در میدان الکترومغناطیسی قرار دارند گرم می‌شود. وقتی که فردی از گوشی همراه استفاده می‌کند، بیشتر اثرات گرمایشی در اطراف سطح سر او به وجود می‌آیند و باعث می‌شود که دمای سر حدود کسری از درجه افزایش پیدا کند. این دما کمتر از گرمایی است که در اثر تابش مستقیم خورشید بوجود می‌آید. در این هنگام، جریان (انتقال خون) مغز قادر است با بیشتر کردن جریان خون در آن قسمت گرما را به جاهای دیگر منتشر کند. اما قرنیه چشم این سامانه­ی تعدیل­سازیِ دما را ندارد و آزمایش تابش ۲ الی ۳ ساعته در چشم‌های خرگوش‌ها در مقیاس SAR ۱۰۰-۱۴۰ W/kg که دمایی موضعی 40 الی 41 درجه سانتی­گراد را تولید کرده باعث بوجود آمدن آب مروارید در آنها شده‌است.)





**بحث و بررسی پیرامون نتایج به دست آمده:**

در این مطالعه تلاش شده بود تا مفهوم جذب توسط ذره­ی مجهول درون بافت از دیدگاه حرارتی (متناظر با افزایش دما) و دیدگاه غیرحرارتی (متناظر با تغییرات بالقوه­ی شیمیایی) بررسی شود.

معیار غیرحرارتی برای فرکانس­های فراتر از باند تراهرتز مناسب­تر از معیار حرارتی است زیرا ترازهای ارتعاشی، کم­انرژی­تر و ترازهای مرتبط با تغییر ساختار و عملکرد (مرتبط با جذب غیرحرارتی) پرانرژی­ترند.

باند تراهرتز اولین ناحیه­ی فرکانسی است که در آن انرژی فوتون­ها به سطح نویز حرارتی می­رسد و بنابراین با ده برابرکردن این فرکانس، این انرژی به اندازه­ی یک مولکولATP خواهد رسید.

**جمع­بندی**:

حد بالای شدت میدان الکتریکی زمینه با دیدگاه حرارتی (عدم افزایش دما بیش از 1 درجه در ذره­ی مجهول موجود در بافت) و دیدگاه غیرحرارتی (محدود ماندن توان جذب­شده به ضریبی از سطح نویز حرارتی در ذره­ی مجهول) در 20ثانیه تشعشع­دهی به صورت زیر است.

حد حرارتی: از 10گیگا تا 10 تراهرتز به صورت تقریبی از 100 تا 1 وات بر مترمربع

حد غیرحرارتی: سه مرتبه پایین­تر



با برگزیدن شدت میدان الکتزیکی درون بافت به عنوان معیار تشعشع در باند تراهرتز، حداکثر جذب ذره­ی مجهول در محیط آبی می­تواند 25/1 تا 3 برابر جذب زمینه­ باشد.



**در چه مرحله­ای از روند کلی پیش­بینی شده برای پروژه هستم؟(احیاناْ همراه با بازنگری در برنامه، مراحل و پیش بینی زمان):**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **مراحل** | **% پیشرفت** | **پیش بینی زمان( هر خانه یک هفته)** |
| مطالعه­ی منبع پیشنهادی اول | 100 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| رفع اشکال منبع پیشنهادی اول | 60 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| مطالعه­­ی منبع پیشنهادی دوم | 30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| رفع اشکالات منبع پیشنهادی دوم | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| زمان پشت سر گذاشته شده  | 1 | 2 | 3 | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **آذرماه 1394** |

ریزموج­ها (Microwave- MW) در محدوده­ی فرکانسی 300 مگا تا 300 گیگاهرتز قرار دارند.

**تابش تراهرتز**

امواج تراهرتز در انتهای طیف مادون قرمز و قبل از شروع طیف [ریزموج](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B1%DB%8C%D8%B2%D9%85%D9%88%D8%AC) قرار دارند.

در [فیزیک](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%81%DB%8C%D8%B2%DB%8C%DA%A9)، تابش تراهرتز قسمتی از [امواج الکترومغناطیسی](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%85%D9%88%D8%A7%D8%AC_%D8%A7%D9%84%DA%A9%D8%AA%D8%B1%D9%88%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%A7%D8%B7%DB%8C%D8%B3%DB%8C) است که در محدوده­ی [فرکانس](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%81%D8%B1%DA%A9%D8%A7%D9%86%D8%B3) ۰٫۳ تا ۳ تراهرتز و طول موج 0.1 تا 1 میلی­متر قرار دارد. اصطلاح تراهرتز به تابش الکترومغناطیسی در بازه فرکانس بین طیف فرکانسی ریزموج، ۳۰۰ [گیگاهرتز](https://fa.wikipedia.org/wiki/%DA%AF%DB%8C%DA%AF%D8%A7%D9%87%D8%B1%D8%AA%D8%B2) و طیف فرکانسی مادون قرمز، ۳۰۰۰ گیگاهرتز گفته می شود. از نقطه نظر عملی، تابش تراهرتز به دلیل نمایاندن ناحیه ای در الکترومغناطیس که فرکانس الکترومغناطیسی ان از دسترسی مستقیم دور مانده و باید توسط خصوصیات جایگزین [طول موج](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B7%D9%88%D9%84_%D9%85%D9%88%D8%AC) یا [انرژی](https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%A7%D9%86%D8%B1%DA%98%DB%8C) اندازه گیری شود، بسیار مورد توجه است. به دلایلی که گفته شد، تابش تراهرتز ناحیه ای را به ما نشان می دهد که در آن امکان تولید و سوار­سازی ( یا مدولاسیون) سیگنال­های الکترومغناطیسی همدوس توسط ابزارهای رایج برای تولید امواج رادیویی و ریزموج همدوس، وجود ندارد و بنابراین ابزارهای و روش­های جدیدی نیاز است.



1. 1روش همگن­سازی تابع نسبت حجمی مواد تشکیل­دهنده است. بنابراین ذراتی که نسبت حجمی ناچیزی دارند در این مدل به حساب نمی­آیند.(ذره­هایی با ابعاد میکرومتر و کوچک­تر) [↑](#footnote-ref-1)