

بسمه تعالی

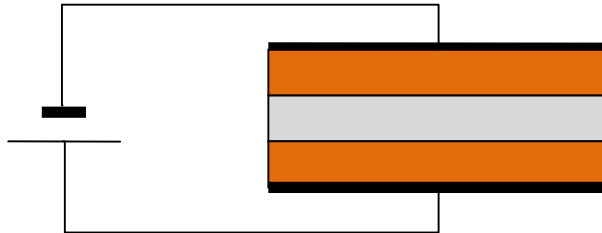
دانشکده مهندسی پزشکی	فصل سوم:	تمرین تفکر شماره ۴
مدرس: دکتر مهرداد ساویز	خواص الکتریکی بافت های زیستی	درس بیوالکتر و مغناطیس

۱- در این مسئله می‌خواهیم ببینیم در تحریک فراجمعه‌ای با جریان ثابت (tDCS) توزیع میدان در یک ناحیه بسیار کوچک که سه لایه بافت مختلف در کنار هم هستند چگونه می‌تواند داشته باشد. فرض کنیم میدان الکتریکی نسبتاً یکنواخت این ناحیه کوچک را بتوانیم با میدان درون یک خازن مدل کنیم. (در این مسئله پدیده قطبش الکتروود وجود ندارد - فرض کنیم الکتروود و مواد می‌توانند تبادل بار نمایند.)

در یک خازن که به ولتاژ ثابت باتری متصل است، یک قالب شامل سه لایه ماده قرار می‌دهیم. دو ماده بالا و پایین دارای خواص  $\epsilon_r' = 60, \sigma = 1 S.m^{-1}$  فرض می‌شوند. اگر خواص ماده وسطی غیر متغیر با فرکانس و برابر با  $\epsilon_r = 9$  فرض شود، میزان بار مقید القا شده و نیز بار آزاد انباشته شده در سطوح فاصل بین ماده ها را به دست آورید.

اگر ماده ما قدری رسانا فرض شود،  $\epsilon_r' = 9, \sigma = 0.1 S.m^{-1}$  آن‌گاه میزان بار آزاد جمع شده در سطوح بالا و پایین ماده وسطی چه می‌شود؟ بار مقید چطور؟

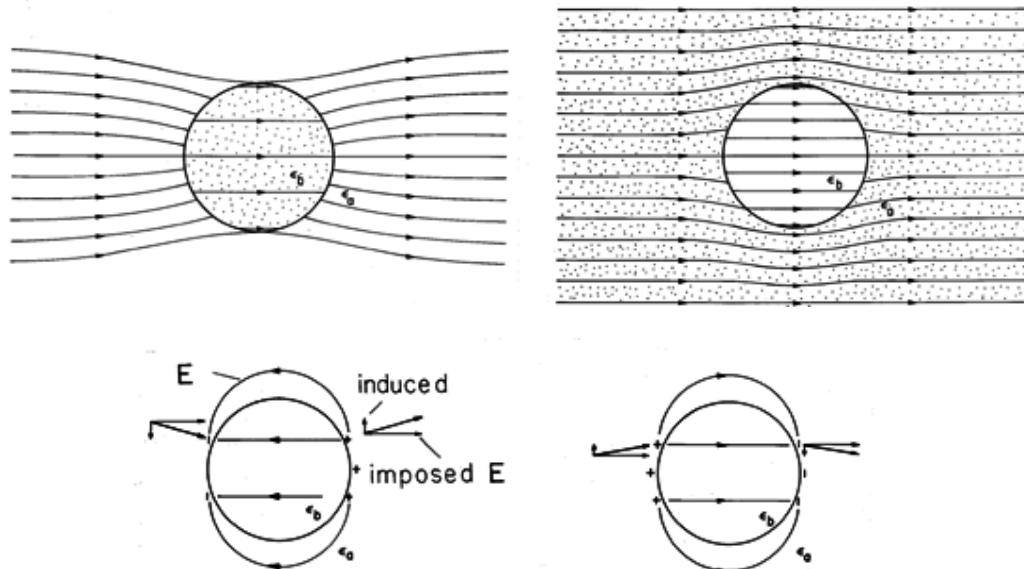
در این حالت جریان و میدان الکتریکی و تلف حرارتی هر لایه نسبت به حالت قبل (نارسانا) چه تغییری می‌کند؟ در کدام لایه بیشتر از همه حرارت تولید می‌شود؟



۲- یک ذره کوچک (مثلاً یک قطره) با نماد b در محیط a وارد می‌شود. در محیط a میدان الکتریکی  $E_{inc}$  که به صورت سینوسی با فرکانس  $f$  تغییر می‌کند برقرار است. ابعاد ذره به قدری کوچک است که از فرکانس ۱ هرتز تا ۱ گیگاهرتز شرایط شبه استاتیکی برقرار است. رابطه زیر میدان درون ذره را (با فرض کروی بودن) به دست می‌دهد.

$$E_b = E_{inc} \left( \frac{3(\sigma_a + j\omega\epsilon_a)}{(2\sigma_a + \sigma_b) + j\omega(2\epsilon_a + \epsilon_b)} \right)$$

الف. اگر ذره و محیط رسانایی نداشته و تنها گذردهی داشتند، اندازه میدان درون کره نسبت به میدان بیرون  $E_{inc}$  را در دو حالت  $\epsilon_b' < \epsilon_a'$  و  $\epsilon_b' > \epsilon_a'$  در نظر بگیرید. آیا می‌توان این رفتار را بر اساس میدان الکتریکی ثانویه ناشی از منابع جدید میدان (بار کل القا شده که در مرزهای کره ایجاد می‌شود، که در اینجا تماماً از نوع بار مقید است  $(\hat{n} \cdot (\vec{P}_a - \vec{P}_b))$ ) توضیح داد؟



ب. اگر در هر دو محیط گذردهی حقیقی یکسان و رسانایی‌ها تفاوت داشته باشند این مقایسه را تکرار نمایید.

ج. در حالت کلی که هم گذردهی و هم رسانایی وجود دارند هم بارهای آزاد و هم مقید در تنظیم میدان نقش دارند. در چه فرکانس‌هایی بارهای آزاد نقش غالب را دارند؟ در چه فرکانس‌هایی بارهای مقید (گذردهی حقیقی) نقش اصلی را دارند؟ مرز این دو ناحیه فرکانسی کجاست؟

۳- عبارت زیر را نقد کنید:

اگر خواص سیتوپلاسم و مایع بیرون سلولی را متفاوت بدانیم، علاوه بر فرکانس  $f_{\beta}$  یک افت دیگر نیز در اختلاف پتانسیل القا شده بر غشا در فرکانسی بالاتر از آن پیش‌بینی می‌شود که با  $\omega_{relax} = \frac{2\sigma_{ecm} + \sigma_{cyto}}{2\epsilon_{ecm} + \epsilon_{cyto}}$  داده می‌شود. (از سوال قبلی (شماره ۲) می‌توان استفاده کرد. سپس می‌توانید مقاله تحلیل اختلاف پتانسیل غشایی در سایت درس را بررسی نمایید.)

۴- مسئله مدل‌سازی بافت: با استفاده از منابع یا کد و نرم‌افزار مدل‌سازی خواص الکتریکی مواد، خواص بافت خون را تخمین می‌زنیم: (ابعاد سلول‌ها و نسبت آب به مواد خشک را با جستجو در منابع به دست آوریم. برخی مقالات سایت درس می‌تواند کمک کند.)

الف. محلول آب و نمک کلرید سدیم ۱۴۰ میلی‌مولار (این غلظت، حدود غلظت طبیعی نمک محلول در سرم خون است). اطلاعات لازم می‌تواند از داده‌های مقاله اندازه‌گیری خواص محلول‌های کلرید سدیم (موجود روی سایت) استخراج شود.

ب. سرم خون با غلظت املاح فوق و غلظت پروتئین ۷/۲ گرم بر دسی‌لیتر (چگالی جرمی متوسط برای یک درشت مولکول پروتئینی حدوداً ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب است (جالب است اگر نتیجه با آب مقایسه شود + توجه داریم که یک سانتی‌متر مکعب معادل یک میلی‌لیتر است). از فرکانس ۱ کیلوهرتز تا فرکانس ۵۰ گیگاهرتز.

ج. خون کامل که شامل سرم خون و گلبول‌های قرمز و سفید فرض می‌شود از فرکانس ۱ کیلوهرتز تا فرکانس ۵۰ گیگاهرتز. شاید در یک تقریب اولیه (که تقریب قابل توجهی است!) بتوانیم از وجود اندامک‌های غشادار در درون سلول صرف نظر کرده خواص سیتوپلاسم و مایع بیرون سلولی (سرم) را نیز تقریباً مشابه فرض نماییم. اگر بخواهیم اندامک‌ها را لحاظ کنیم چه می‌کنیم؟

د. با خواص اندازه‌گیری شده خون مقایسه نماییم. (مقاله خواص اندازه‌گیری شده در سایت موجود است. فرمول داده شده را در محیط Matlab به نمودار تبدیل کرده و برهم‌نهی آن را با خواص مدل‌سازی شده رسم می‌کنیم. درباره دلایل عدم تطابق های موجود بین مدل و داده های اندازه‌گیری بحث می‌کنیم. آیا می‌توان مدل دقیق تری ارائه نمود؟)