به نامِ خدا

دانش‌گاهِ صنعتی‌ِ اصفهان ـ دانش‌کده‌ی فیزیک

تمرین سری ۴ـ فصل چهار

سه شنبه ۱ خرداد ۱۳۹۷

---

۱. محدودیت‌های انتقال غیرفعال

بیشتر سلول‌های یوکاریوت در حدود $10\mu m$ قطر دارند. اما تعداد اندکی سلول نیز در بدن شما وجود دارد که حدود یک متر طول دارند. این سلول‌ها در واقع نورون‌هایی هستند که از نخاع تا پاهای شما ادامه یافته‌اند. این سلول‌ها یک بدنه با اندازه‌ی عادی یک سلول دارند که قسمت‌هایی به نام «آکسون» از آن بیرون زده است.

حضور بسیاری از مولکول‌ها در انتهای یک آکسون ضروری است،برای مثال پروتئین‌ها در بدنه‌ی سلول سنتز می‌شوند و به صورت وزیکول (کیسه) یا دیگر ذرات بسته‌بندی می‌شوند. حتی اندامک‌های بزرگ سلولی نظیر میتوکندری نیاز است تا از مکان‌هایی درون بدنه‌ی سلول که در آن ساخته می‌شوند به محیط پیرامون و سطح بدن انتقال یابند.

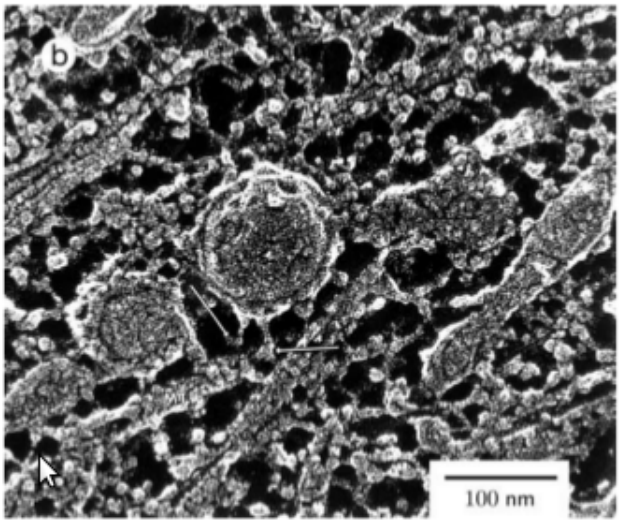
بخش 2.3.2 بیان می‌کند که این اجسام و اندامک‌ها همگی توسط موتورهای مولکولی و در طول آکسون انتقال پیدا می‌کنند. ممکن است اینطور به نظر برسد که یک جایگزین جذب کننده برای این اجسام وجود دارد تا آنها با یک پخش ساده به مکان خود برسند اما بخش 4.4.1 ادعا می‌کند که این مکانیزم بسیار کند و آهسته است. بیایید نگاهی بیندازیم.

یک آکسون را به صورت یک لوله‌ی یک متری مدل کنید. در یک انتهای آکسون برخی فرآیندهای سنتزی اجسامی را مشابه با شکل 2.9 صفحه‌ی ۵۶ می‌سازند. و آنها را در چگالی c_0 نگه می‌دارد(ما به مقدار عددی c_0 نیازی نداریم).

ذراتی که در حال رسیدن به پایانه‌ی آکسون هستند فورا توسط فرآیندهای دیگری به دام می‌افتند و بلعیده می‌شوند. بنابراین چگالی در این انتها صفر است.

- از رابطه‌ی استوکس و اینشتین برای تخمین ثابت پخش D برای یک جسم به اندازه‌ی یک وزیکول(کیسه) در شکل $2.19b$ استفاده کنید.
- مقدار شار پخشی j_{diffus} این جسم در طول آکسون چقدر است؟
- فرض کنید در میکروسکوپ اندامک‌ها و دیگر اجسام با سرعت حدود $400mm$ بر روز در حال حرکت باشند. این سرعت را به شار پخشی دیگری، j_{obs} تبدیل کنید و دوبارهعدد چگالی c_0 را تخمین بزنید.
- نسبت $\frac{j_{diffus}}{j_{obs}}$ را پیدا کرده و توضیح دهید.

۲. طراحی رگ



شکل ۱: شکل $2.19b$

خون، اکسیژن را به بافت‌های بدن شما منتقل می‌کند. برای سادگی در این مساله نقش و اثر گلبول‌های قرمز را نادیده بگیرید و فرض کنید که اکسیژن در خون حل شده است و از طریق دیواره‌ی مویرگی بخاطر وجود اختلاف غلظت پخش می‌شود. یک مویرگ به طول L و شعاع r در نظر بگیرید و انتقال اکسیژن آن را توسط یک ثابت نفوذ(عبور) P در نظر بگیرید.

- اگر خون جریان نداشته باشد، غلظت اکسیژن داخلی به صورت نمایی به مقدار خارجی،همانند مثال درس،نزدیک می‌شود.

$$c_{in}(t) = c_{out} - (c_{out} - c_{in}(0)) \exp -\frac{t}{\tau} \qquad (۱)$$

نشان دهید که ثابت زمانی مربوطه برابر $\tau = \frac{r}{2P}$ خواهد بود.

- در حقیقت خون جریان دارد. برای انتقال بهینه، زمانی که خون در حال جریان در مویرگ باقی می‌ماند، باید حداقل $\tau \approx$ باشد. درغیر این صورت خون ممکن است اکسیژن اولیه و ورودی را به خارج بافت حمل کند(بعد از اینکه به مویرگ وارد شد). با استفاده از این محدودیت، یک فرمول برای ماکزیمم سرعت جریان خون در مویرگ پیدا کنید. می‌توانید غلظت اکسیژن در بیرون مویرگ را صفر در نظر بگیرید. فرمول عددی خود را با استفاده از مقادیر $L = 0.1cm$ ، $r = 4\mu m$ ، $P = 3\mu m^{-1}$ ارزیابی کنید و با مقدار واقعی سرعت $V = 400\mu ms^{-1}$ مقایسه کنید.

«موفق باشید»