به نامِ خدا

دانش‌گاهِ صنعتی‌ِ اصفهان ـ دانش‌کده‌ی فیزیک

تمرین سری ۵ـ فصل پنج

سه شنبه ۱ خرداد ۱۳۹۷

---

۱. روش آرچی‌بالد

«ته‌نشینی» یک ابزار تحلیل کلیدی در آزمایشگاه برای مطالعه‌ی مولکول‌های بزرگ است. یک ذره به جرم m و حجم V در یک سیال با چگالی ρ_m و ویسکوزیته‌ی η را در نظر بگیرید.

(آ) فرض کنید یک لوله‌ی آزمایش درون یک صفحه در امتداد یکی از «پره‌های چرخ» می‌چرخد. میدان گرانشی مصنوعی در سانتریفیوژ یکنواخت نیست بلکه در یک انتهای لوله نسبت به سایر جاها قوی‌تر است. بنابراین نرخ ته‌نشینی نیز یکنواخت نخواهد بود. فرض کنید یک انتهای لوله به فاصله‌ی r_1 از مرکز قرار دارد و انتهای دیگر در فاصله‌ی $r_2 = r_1 + l$ قرار دارد. سانتریفیوژ در فرکانس زاویه‌ای ω می‌چرخد. فرمول $V_{drift} = gs$ (معادله ۵,۳ صفحه‌ی ۱۶۰) را بدست آورید و فرمولی مشابه برای سرعت سوق بر حسب s بدست آورید.

در نهایت فرآیند ته‌نشینی متوقف خواهد شد و نشانه‌های تعادل ظاهر خواهد شد. این امر ممکن است مدت زمان زیادی طول بکشد تا کل لوله‌ی آزمایش به توزیع تعادلی برسد. در این صورت معادله‌ی ۵,۲ صفحه‌ی ۱۶۰ دیگر برای اندازه‌گیری پارامتر جرم m_{net} (و بنابراین جرم واقعی) مناسب نخواهد بود. «روش آرچی‌بالد» ازین حقیقت استفاده می‌کند که انتهای لوله‌ی آزمایش سریع‌تر به تعادل می‌رسند.

(ب) هیچگونه جریانی از ماده در انتهای (سرهای) تیوب وجود نخواهد داشت. بنابراین قانون فیک باید هرگونه جریانی را که شما در (آ) پیدا می‌کنید از بین ببرد. یک معادله بنویسید بیانگر این امر در دوانتهای تیوب باشد.

(ج) عبارت زیر را برای پارامتر جرم بر حسب غلظت و گرادیان آن در یک انتهای تیوب بدست آورید.

$$m_{net} = (stuff).\frac{dc}{dr}|_{x=r_1}$$

و یک فرمول دیگر برای انتهای دیگر بنویسید (stuff) یکی ازفاکتورهایی است که در آن پیدا می‌کنید. غلظت و گرادیان آن می‌توانند به صورت فوتومتریکی با اندازه‌گیری m_{net} قبل از اینکه کل تیوب به تعادل برسد در آزمایشگاه اندازه گرفته شود.

۲. سر خوردن در اعداد رینولدز پایین

در این فصل دیدیم که اجسام کوچک به طور معمول وقتی آنها را هل می‌دهیم در یک زمان متوقف می‌شوند.

(آ) یک باکتری را به عنوان یک کره‌ی ایده‌آل با شعاع $1\mu m$ که با سرعت $1\mu m^{-1}$ حرکت می‌کند را در نظر بگیرید. در زمان صفر باکتری به طور ناگهانی شناکردن را متوقف می‌کند و تا وقتی بایستد،طبق قانون حرکت نیوتن با نیروی پسرو استوکس سر می‌خورد. چه مسافتی طی می‌شود تا متوقف شود؟ نظر خود را بیان کنید.

(ب) بحث قبلی ما درباره حرکت براونی فرض کرده است که هر گام تصادفی از گام قبلی‌اش مستقل است. بنابراین برای مثال ما احتمال اینکه یک مقدار سرعت رانش از گام های قبلی باقی مانده باشد را نادیده گرفتیم. با توجه به قسمت (آ) بگویید که آیا این فرض برای یک باکتری صدق می‌کند و منطقی است؟

---

۳. جریان خون

قلب شما خون را به سمت آئورت پمپاژ می‌کند. بیشینه‌ی نرخ جریانی که به آئورت وارد می‌شود $500cm^3s^{-1}$ است. فرض کنید قطر آئورت $2.5cm$ و جریان ورقه‌ای(نه با دقت خیلی زیاد) است و خون یک سیال نیوتنی است که ویسکوزیته‌ای حدودا برابر آب دارد.

(آ) افت فشار در واحد طول در یک آئورت را پیدا کنید. پاسخ خود را در واحد SI بیان کنید. افت فشار را در طول یک بخش $10cm$ از آئورت را با فشار اتمسفر (10^5Pa) مقایسه کنید.

(ب) قلب چه میزان توان مصرف می‌کند تا فقط خون را در یک بخش $10cm$ از آئورت بفرستد و هل دهد؟ این مقدار را با میزان متابولیسم پایه‌ی خود، حدود $100w$ ، مقایسه کنید و نظر دهید.

(ج) سرعت سیال در جریان ،ورقه‌ای لوله در کنار دیواره‌ها صفر و در مرکز لوله بیشینه است. سرعت را به عنوان تابعی از فاصله‌ی r از مرکز رسم کنید. سرعت را در مرکز بیابید.[توجه: نرخ جریان حجمی کل که به شما داده می‌شود، برابرست با $\int v(r)2\pi r dr$]

«موفق باشید»