به نام خدا

تمرین شماره ۱ اخترفیزیک دوره تیم

امیررضا قدیانی

تابستان ۱۴۰۰

۱- در نزدیکی قطب شمال قطعه یخی خاص با چگالی ۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ضریب شکست ۱.۶۸ وجود دارد که قسمت خارج از آب آن به شکل نیم کره به شعاع ۳۷ متر است. آب این ناحیه اقیانوس ۲۴۰ متر عمق دارد و چگالی و ضریب شکست آن به ترتیب ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ۱.۳۳ اند. با قایقی به جرم تقریبی ۱۰ تن به فاصله ۱۸ متری از لبه این قطعه یخ می رویم.

الف) اگر فرض کنیم تمام جرم قطعه یخ را می توانیم در مرکز آن فرض کنیم، نیروی گرانشی که قطعه یخ بر قایق وارد می کند را محاسبه کنید.

ب) اگر با استفاده از لیزر، پرتو نوری با زاویه ۲۰ درجه با سطح آب بتابانیم به طوری که تصویر حرکت پرتو بر روی سطح آب منطبق بر خط واصل قایق و مرکز یخ باشد، فاصله محل برخورد پرتو با کف اقیانوس با قایق را بیابید.

۲- می‌خواهیم برای یک اکتشاف به نزدیکی یک کوتوله سفید سفر کنیم که فشار آن فشار الکترون های تبهگن غیر نسبیتی است و همچنین به دلیل چگالی زیاد و وجود رسانش زیاد بین ذرات کوتوله را هم دما فرض می‌کنیم. از محاسبات داده ای رابطه ای بین دما و فشار و چگالی استخراج کرده ایم که بدین شرح است:

$$\rho^{\beta} = \frac{\alpha T^{۳}}{P^{۴}}$$

که α و β دو ثابت اند و می‌دانیم $\alpha = ۲/۸۲ \times ۱۰^{۷}$ و واحد آن کاملا SI است. همچنین برای کوتوله سفید مورد نظر در ناحیه ای که فشار برابر $۱/۴۵ \times ۱۰^{۱۸}$ اتمسفر است مقدار چگالی ۵×۱۰^{۶} گرم بر سانتی متر مکعب است. یک کوتوله سفید نوعی با جرم خورشید شعاعی به اندازه شعاع زمین دارد. برای انجام اکتشاف سفینه را وارد یک مدار دایروی با شعاع ۰/۸ واحد نجومی می‌کنیم و مقدار شتاب گرانشی که در آنجا احساس می‌کنیم به صورت مطلق (تاثیر دوران داده شده و نیازی نیست در محاسبات شتاب آنرا تاثیر دهید.) برابر $۷/۸۴ \times ۱۰^{-۳} \frac{m}{s^{۲}}$ است. می‌توانیم این کوتوله سفید را جسم سیاه فرض کنیم و دمای سطحی موثر تابش این جسم سیاه با دقت قابل قبولی یک هزارم دمای همگن داخلی است. این کوتوله در تعادل قرار دارد. اگر بخواهیم مصرف برق عمومی سفینه را توسط پنل های خورشیدی با بازده ۹۱ درصد و با استفاده از تابش کوتوله تامین کنیم حداقل چند مترمربع پنل نیاز داریم؟ مصرف برق عمومی سفینه ۱۸۰ کیلووات است. آیا این کار به صرفه است؟

۳- فرض کنید جو یک سیاره گاز همگن و ایده آل به چگالی $۱ \frac{kg}{m^۳}$ و ارتفاع هزار کیلومتر باشد. ذرات تشکیل دهنده جو هم اکسیژن هستند(ضریب جذب را تقریبا $۱ \frac{m^۲}{kg}$بگیرید). فرض کنید در ابتدای مساله دمای جو زمین و سطح سیاره یکسان باشد.(مقدار آن را $T.$ بگیرید). در شروع این مساله به صورت نگهان نور ستاره نزدیک این سیاره(که از قضا فاصله و درخشندگی آن مثل خورشید است!) به سیاره می تابد.

الف) برای محدوده ای از جو که تحت نور مستقیم و بدون زاویه خورشید قرار دارد بعد از زمان t میزان افزایش دما را محاسبه کنید. در این بخش المان حجم را استوانه ای بگیرید و از اختلاف زمانی رسیدن نور به ابتدا و انتهای جو صرف نظر کنید.

ب) با در نظر گرفتن میزان جذب جو سیاره و با تقریب جسم سیاه بودن خود سیاره، افزایش دمای سطح سیاره را محاسبه کنید.

ج) در حالت بخش ب اختلاف دمای سطح و جو را محاسبه کنید.

د) اگر سیاره هم تابش داشته باشد میزان افزایش دمای جو سیاره که حاصل از تابش است را محاسبه کنید. چه نسبتی از افزایش دمای جو حاصل از تابش سیاره است؟

ه) آیا جو و سطح سیاره دوباره هم دما خواهند شد؟ اگر میشوند این اتفاق در چه زمانی رخ میدهد.

نکته: فرض میکنیم سیاره چرخش ندارد. همچنین تمامی محاسبات مربوط که گاز جو را برای المان مستقیم اولیه میگیریم و از اختلاف دمای ایجاد شده در نقاط مختلف جو صرف نظر میکنیم.

۴- یک لوحه ی بینهایت از گاز (infinite slab of gas) را در نظر بگیرید (شبیه به آن چه در دیسک کهکشان های مارپیچی می بینیم که ابعاد دیسک در مقایسه با ضخامت آن بسیار بزرگتر است) که در تعادل هیدورستاتیکی کامل قرار داشته و self-gravitating است. فرض کنید که این گاز کاملا همدما (isothermal) است و چگالی آن تنها در راستای z (محور عمود بر سطح این لوحه :z: height above the midplane) تغییر می کند. رابطه چگالی این لوحه نسبت به فاصله از محور z را بدست بیاورید($\rho(z)$)؟ فرض کنید $\rho(z = 0) = \rho_0$

۵- ستاره ای در کهکشان ابر ماژلانی بزرگ که در فاصله $d = 50\ kpc$ قرار گرفته است، رصد می شود. میزان خاموشی این ستاره در کهکشان میزبانش $A_V = 2\ mag$ است (توجه کنید نور ستاره از گاز و غبار میان ستاره ای کهکشان راه شیری و کهکشان میزبانش عبور می کند). فرض کنید قدر مطلق این ستاره $M_J = 5\ mag\ , M_H = 3.5\ mag, M_K = 3.2\ mag$ باشد (برای حل مساله اگر نیاز به پارامتری داشتید که در اینجا آورده نشده، می تونید از سایت های نجومی کمک بگیرید. همچنین رابطه $m_\lambda = M_\lambda + 5\log_{10}\left(\frac{d}{10pc}\right) + A_\lambda$ است که A_λ خاموشی است.)

- با استفاده از منحنی های خاموشی دو کهکشان (در انتهای سوالات آورده شده است) قدر ظاهری ستاره در طول موج های $J = 1.25\ \mu m, H = 1.65\mu m, K = 2.2\mu m$ بدست آورید ($R_V = 3.1$).
- فرض کنید قدر مطلق ستاره در طول موج $0.125\ \mu m$ ، $M = 2\ mag$ است. قدر ظاهری چقدر است؟
- شار در این طول موج ها با چه فاکتوری کاهش پیدا می کند (فاکتور کاهش بر اثر میزان خاموشی)؟