

تمرین سری هفتم نجوم مقدماتی (جبرانی)
تحول ستارگان، کیهان‌شناسی رصدی و دینامیک کهکشان
مهلت تحویل: جلسه امتحان پایانی

رابطه تولی-فیشر

۱- یک فرم برای پتانسیل گرانشی پیدا کنید که برای دورتر از یک فاصله مشخص از مرکز کهکشان، منحنی گردش ثابت (مستقل از فاصله) را ایجاد کند. می‌توانید به توزیع چگالی در هاله به صورت تابعی از R فکر کنید، به صورتی که سرعت دورانی ثابت ایجاد کند.

۲- یک کهکشان Sb Type با قدر ظاهری ۱۱ و زاویه تمایل ۳۰ درجه نسبت به راستای دید رصد شده است. بیشینه سرعت دورانی محاسبه شده برای این کهکشان با استفاده از اثر دوپلر 200 km/s است. با استفاده از رابطه تولی فیشر فاصله این کهکشان را بر حسب مگاپارسک تخمین بزنید.

۳- اگر در کهکشانی تابعیت چگالی به صورت $\rho = \frac{\rho_0}{1 + \left(\frac{r}{a}\right)^2}$ باشد (دقت کنید که این چگالی در سه بعد است) آنگاه سرعت

مدار دایروی ستاره‌ای که در فاصله r در حال گردش به دور مرکز کهکشان است را به دست آورید و نشان دهید در شعاع‌های زیاد این سرعت به مقدار ثابتی میل می‌کند.

نسبت جرم به درخشندگی در خوشه کهکشانی

برای یک خوشه کهکشانی با شعاع ۱ مگاپارسک و سرعت پخشی 1500 km/s با استفاده از قضیه ویریال جرم کل خوشه را به دست آورید. اگر این خوشه شامل ۲۰۰ کهکشان هر کدام شامل ۱۰۰ میلیارد ستاره خورشید گون باشد، نسبت M/L برای هر کهکشان چقدر خواهد بود؟ آیا در این محاسبه نقصی وجود دارد؟ آن را بیان کنید.

اصطکاک دینامیکی در کهکشان

در کهکشان‌ها نیروهای مختلفی به یک ستاره وارد می‌شود که بعضی از آنان می‌توانند در خلاف جهت سرعت ستاره نیز باشند که به این نیروها اصطکاک دینامیکی می‌گوییم.

الف) اگر سرعت مداری دایروی ستارگان در همه جای کهکشان ثابت باشد، با استفاده از قانون دوم نیوتن تابعیت چگالی را در این کهکشان بر حسب فاصله از مرکز کهکشان به دست آورید.

ب) با فرض این که نیروی اصطکاک دینامیکی به سرعت دورانی ستاره، چگالی کهکشان، جرم ستاره و ثابت جهانی گرانش بستگی داشته باشد، با تحلیل ابعادی تابعیت این نیرو را به دست آورید.

ج) مدت زمانی را که طول می‌کشد تا ستاره از شعاع اولیه r به علت این اصطکاک به مرکز کهکشان بیفتد را حساب کنید. (در کل مسیر سقوط ستاره سرعت را ثابت و عمود بر شعاع در نظر بگیرید. از تعریف گشتاور استفاده کنید!)

ستارگان تپنده

ستاره‌ای کاملاً همگن و در تعادل هیدرواستاتیکی را در نظر بگیرید که ناگهان دچار اختلال شده و شعاعش به اندازه ΔR تغییر می‌کند. نشان دهید شعاع ستاره مانند نوسانگر هماهنگ حول مقدار R (شعاع در زمان تعادل) نوسان می‌کند و دوره تناوب این نوسان را به دست آورید. (چون این دوره تناوب نوسانی نسبتاً کوچک است می‌توان ستاره را در حالت "تپش" بی‌دررو در نظر گرفت)

ستارگان تبهگن

الف) با استفاده از تحلیل ابعادی، رابطه‌ای برای فشار مرکز یک ستاره، بر حسب چگالی مرکز، جرم ستاره و ثابت جهانی گرانش پیدا کنید.

ب) می‌دانیم که برای یک گاز فرمیونی تبهگن شده رابطه‌ی فشار بر حسب چگالی در حالت غیر نسبیتی متناسب با $\rho^{5/3}$ و برای حالت غیر نسبیتی متناسب با $\rho^{4/3}$ است. حال ابتدا فرض کنید که ستاره از گاز تبهگن غیر نسبیتی تشکیل شده است، با برابر گذاشتن فشارها، رابطه‌ی بین حجم و جرم ستاره به دست آورید.

ج) حال فرض کنید ستاره از گاز تبهگن نسیتی تشکیل شده است، مجدداً با برابر گذاشتن فشارها رابطه‌ای برای جرم ستاره به دست آورید. (این جرم را جرم چاندراسخار می‌نامیم)

د) حال با استفاده از روابط دقیق (به کتاب مراجعه کنید)، برآوردی از جرم چاندراسخار به دست آورید.

* توجه: در صورت تحویل این تمرین تا جلسه امتحان، نمره آن جایگزین یک سری از تمرینات پیشین می‌شود، و در صورت عدم تحویل، نمره حل تمرین درس نجوم مقدماتی از میانگین شش سری تمرین قبلی محاسبه می‌گردد.