

- ۱- نشان دهید که با انبساط عالم، طیف تابش جسم سیاه چگونه تغییر می‌کند؟ آیا این طیف همچنان معرف جسم سیاه باقی می‌ماند یا نه؟
- ۲- الف) طول موج و فرکانس تابش زمینه کیهانی را در زمان حاضر حساب کنید. ب) طول موج و فرکانس این تابش و محدوده طیفی آن را در آخرین سطح پراکنشی (LSS) محاسبه نمایید. ج) حساب کنید این تابش در چه انتقال به سرخی در محدوده مرئی قرار داشته است؟ د) آیا عالم در زمان مورد نظر در قسمت ج، در حال حاضر قابل رؤیت است؟ چرا؟ ه) سعی کنید دما و طیف عالم و تابش زمینه کیهانی را با دما و طیف و تابش دریافتی از خورشید شبیه‌سازی کنید.
- ۳- قبلاً نشان داده‌اید که چنانچه در زمان کنونی چگالی عالم به اندازه کافی به چگالی بحرانی آن در این زمان برابر باشد، در زمانهای گذشته هم عالم تخت بوده است. (تمرین ۱ سری دوم) الف) حال مشخص کنید در آینده، برای چه مقادیری از معادله حالت، عالم تخت باقی می‌ماند. ب) بطور خاص نشان دهید عالمی که با ثابت کیهان‌شناختی غالب شود، (حتی اگر در زمان حاضر تخت هم نباشد، بعد از مدتی) با هندسه تخت به تحول خود ادامه خواهد داد.
- ۴- در حال حاضر حدوداً ۳۰ درصد عالم از مواد غیرنسبیتی و ۷۰ درصد آن از انرژی تاریک (ثابت کیهان‌شناختی) پر شده است. الف) با محاسبه مقدار چگالی بحرانی از روی مقدار مورد توافق ثابت هابل، چگالی هر کدام از مواد فوق را در حال حاضر بدست آورید. ب) در $z = 5$ ، هر کدام از این مواد چند درصد چگالی بحرانی آن دوره را تشکیل داده بودند؟ (بنظر شما آیا نیازی به استفاده از نتیجه تمرین ۳ هست؟ چرا؟) ج) در آینده، زمانی که ضریب مقیاس چهار برابر مقدار فعلی آن بشود، این درصدها چگونه خواهد بود؟ د) آیا شرطی برای پاسخ دادن به قسمت ج مورد نیاز هست؟ چرا؟ ه) چگالی ماده باریونی را در آخرین سطح پراکنشی بدست آورید. و) چگالی تابش را در آن زمان بدست آورید. ز) چگالی ثابت کیهان‌شناختی را با چگالیهای ماده باریونی و تابش در آن زمان مقایسه کنید.
- ۵- الف) تغییرات دمای تابش با زمان را در حالتی که عالم، تابش-غالب، ماده-غالب و ثابت کیهان‌شناختی-غالب باشد بدست آورید. ب) بطور مشابه، دمای ماده (غیرنسبیتی) با زمان را در حالتی فوق بررسی کنید.
- ۶- الف) با توجه به این نکته که باز ترکیبی (Recombination) در انتقال به سرخ حدود ۱۱۰۰ اتفاق افتاده است، دمای ماده غیرنسبیتی در زمان حال را بدست آورید. ب) با این وضع، بنظر شما آیا منطقی است برای دمای کل عالم، فقط دمای تابش آن را ملاک قرار دهیم؟
- ۷- همانطور که می‌دانید انتقال به سرخ می‌تواند هم منشأ داپلری و هم منشأ گرانشی داشته باشد. کهکشان متوسطی را با قطر ۱۰۰ هزار سال نوری در نظر بگیرید که نور آن بعد از ۳ بیلیون سال به ما می‌رسد. الف) انتقال به سرخ داپلری آن را (ناشی از انبساط عالم) حساب کنید. ب) مرتبه انتقال به سرخ گرانشی نور خارج شده از این کهکشان را تخمین بزنید و با قسمت الف مقایسه کنید.
- ۸- پدیده ویژه‌ای که در مورد اجسام گرم و بخاطر جنبش تصادفی ذرات مولد تابش آن اتفاق می‌افتد، به پهن شدگی داپلری (Doppler broadening) معروف است (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atomic/broaden.html>). الف) سعی کنید میزان پهن شدگی طیفی را برای ماده‌ای در دمای T استخراج نمایید. ب) این پهن شدگی را برای طول موج قله تابشی خورشید (قسمت ج تمرین ۳ سری پنجم) تخمین بزنید.
- ۹- کوازارها، هسته‌های بسیار فعال بعضی کهکشانها هستند که بدلیل شتاب بسیار زیاد ماده فروریزنده درون ابرسیاهچاله‌های بسیار پرجرم مرکزی آنها، در آسمان بشکل شبه‌ستاره‌ای با تابش محدوده گاما ولی انتقال به سرخهای نسبتاً بالا دیده می‌شوند. مشخص کنید طیف دریافتی از آنها چگونه تحت تأثیر فرآیندهای مختلف معرفی شده در تمرینهای ۷ و ۸ قرار می‌گیرد و چگونه می‌توان فاصله دقیق آنها را بدست آورد. (حتماً به منابع متنوع در این رابطه مراجعه کنید).
- ۱۰- چگالی عددی کهکشانها حدوداً برابر با $10^{-3} / Mlyrs^3$ و سرعت کاتوره‌ای آنها از مرتبه $100 km/s$ است. هر کهکشان را بصورت ذره‌ای گاز در نظر بگیرید. فشار ناشی از این چنین گازی را در عالم بدست آورید.
- ۱۱- سعی کنید با استفاده از معادلاتی که با آنها آشنا هستید، مقادیر کمیتهایی مانند انتقال به سرخ، اندازه ضریب مقیاس، مقیاس انرژی، دما و زمان را در مرزهای دوره‌های مختلف تاریخچه عالم بدست آورید.