

מבוא לאסטרופיזיקה - תרגיל בית מס' 2

23 במרץ 2023

שאלה מס' 1

1. נתון מקור שהרדשיפט הקוסמולוגי שלו ביחס לכדור הארץ הוא z_1 . בנוסף, למקור יש מהירות ביחס לקואורדינטות קומובינג שמתאים להסחת דופלר z_2 (כלומר הסחה זו לא נובעת מהתפשטות היקום). מהו ה-redshift הכולל למקור? רשמו את הביטוי המקורב כאשר $z_1, z_2 \ll 1$.

2. נתון שהמהירות האופיינית של גלקסיה עקב כוחות הכבידה שפועלים עליה היא כ-500 ק"מ לשנייה (מהירות זו נקראת peculiar velocity והיא מהירות ביחס לקואורדינטות קומובינג, כלומר מתאימה ל- z_2 מהסעיף הקודם). כיצד עובדה זו משפיעה על הדיוק של המדידה שלנו את חוק האבל ביקום הקרוב?

שאלה מס' 2

1. נתון גז יחסותי (אינדקס אדיאבטי $\frac{4}{3}$) המוכל בתוך כדור ברדיוס R . הכדור מתפשט באופן אדיאבטי. מצאו כיצד משתנה צפיפות האנרגיה וכיצד משתנה האנרגיה האופיינית לחלקיק כתלות ברדיוס הכדור.

2. רשמו ביטוי לטמפרטורה כפונקציה של הרדיוס. הניחו כי ההתפשטות מתחילה במצב של שיווי משקל תרמי וכי ברגע זה מתקיים

$$u = aT^4$$

והראו כי לאורך ההתפשטות מתקיים

$$u(R) = a(T(R))^4.$$

שאלה מס' 3

פרדוקס אולבר הוא האבחנה כי בהנתן אחיד יקום בעל מימדים וגיל אינסופיים, שמי הלילה לא יהיו חשוכים. נניח כי כוכבים ברדיוס R מפוזרים באופן שווה אך אקראי (כלומר אם נמצע על נפחים גדולים מספיק, נקבל את אותה צפיפות, ללא תלות במיקום הנפח) ברחבי היקום עם הפרדה ממוצעת l .

1. הראו כי לאורך כל קו ראייה, נצפה בכוכב במרחק ממוצע

$$d \sim \frac{l^3}{R^2}.$$

2. נניח כי לכל הכוכבים בהירות L . השתמשו בעובדה שהגודל הזוויתי של כוכב במרחק D הוא $\frac{\pi R^2}{D^2}$ כדי להראות שהשטף ליחידת זווית מרחבית $\left(\frac{\text{Energy}}{\text{Time} \cdot \text{Area} \cdot \text{Solid Angle}}\right)$ אינו תלוי ב- D . הניחו כי $L = L_\odot$ והשתמשו במרחק השמש מכדור הארץ כדי לחשב פי כמה יותר בהירים יהיו שמי הלילה (והיום) מהמצב במציאות.

3. ביקום שלנו, צפיפות המסה הממוצעת היא בערך אטום מימן אחד למ"ק. בהנחה כי המסה הזו נמצאת כולה בכוכבים, וכי הם כולם זהים במסה וברדיוס לשמש שלנו, הראו כי

$$d \approx 10^{39} \text{m}.$$

כמה שנים יקח לאור לחצות את המרחק הזה?

שאלה מס' 4

קבלו הערכת סדר גודל לשטח שנידרש לכסות בפאנלים סולריים באיכות המקובלת כיום (ניתן לגגל גדלים כמו יעילו אופיינית) כדי לספק את כל החשמל של ישראל. על מנת להעריך את צריכה החשמל של ישראל, השתמשו בחשבון החשמל האחרון שלכם. או קראו את ההספק הרשום על גבי מכשיר חשמלי ביתי לבחירתכם. האם זה ריאלי לבנות כזה שטח של פאנלים סולריים בישראל? התחשבו בפיתרון ליעילות של הפאנלים, מספר ימי שמש בשנה, זווית השמש וכו'.