

V. KOINOT TUZILISHI.

Osmonda ko'rinayotgan yulduzlarning katta qismi Galaktika deb nomlanuvchi sistemani tashkil etadi. Galaktika sharsimon to'dalar bilan o'ralgan, undan katta masofalarda, uzoqroqda boshqa galaktikalar – gigant yulduz sistemalari joylashgan.

Galaktikagadi va undan tashqaridagi obyektlargacha bo'lgan masofani aniqlash uchun ko'pincha $M=m+5-5\lg r$ formula ishlatiladi. Bizdan o'ta uzoqlashgan sharsimon to'dalar va yaqin galaktikalar (20-30 million yorug'lik yil chegarasida) gacha masofalar bu yulduzli sistemalarda absolyut kattaliklar va ravshanliklari o'zgarish davrlari orasida bog'lanishlar mavjud bo'lgan sefeidlar kuzatilganda aniqroq topiladi (XII bobga qaralsin).

Juda olisdagi (>100 million yorug'lik yili) galaktikalargacha bo'lgan masofa Habbl qonuniga asosan aniqlanadi: galaktika bizdan qanchalik uzoq bo'lsa, uning tezligi shuncha katta bo'ladi:

$$v = H \cdot R,$$

bu yerda H – Habbl doimiysi, uning zamonaviy qiymati $H \in [50; 100]$ km/(sek·Mps) intervalda joylashgan. Turli usullar yordamida topilgan qiymatlarining o'rtachasi 71 km/(sek·Mps) ni bersada, quyida masalani tez va kerak bo'lsa og'zaki yechish maqsadida shartli ravishda $H=100$ km/(sek·Mps) deb olish mumkin.

Galaktikaning uzoqlashish tezligini Dopler effektidan aniqlaymiz. Bunda klassik formulasi (Nyuton mexanikasi doirasida)

$$\frac{v}{c} = z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

($\Delta\lambda$ - galaktika spektrida chiziqning siljishi), yoki relyativistik formuladan foydalanamiz:

$$z = \sqrt{\frac{1+v/c}{1-v/c}} - 1.$$

Bu yerda z kattalik qizilga siljish deb ataladi va u kuzatuvlardan topiladi.

1 - namuna. 10000 km/s tezlik bilan uzoqlashayotgan galaktikada o'tayangi yulduz chaqnadi (18^m). Galaktikagacha bo'lgan masofa, uning absolyut yulduz kattaligi va yorqinligi nimaga teng?

$v=10000$ km/s	<p><i>Yechimi:</i></p> <p>Habbl doimiysini $H=100$ km/(s·Mps) deb olib, galaktikagacha bo'lgan masofani aniqlaymiz.</p> <p>$r=v/H=133,3$ Mps=$1,3 \cdot 10^8$ ps.</p> <p>$M=m+5-5\lg r = -17,57^m$</p> <p>$\lg L=0,4(4,8-M)=8,95$, $L \approx 8,9 \cdot 10^8$</p> <p><i>Javob:</i> $r=1,3 \cdot 10^8$ ps; $M_{gal}=-17,57^m$; $L=8,9 \cdot 10^8$</p>
$m=18^m$	
$r=?$	
$M=?$	
$L=?$	

2 - namuna. Koinotda nima ko'p – protonlarmi yoki relikt fotonlarmi? Koinotdagi moddaning o'rtacha zichligi 10^{-30} gr/sm³. Relikt nurlanishning harorati 2,7 K.

$\rho = 10^{-30}$ gr/sm ³ $T = 2,7$ K	<i>Yechimi:</i>
$\frac{n_p}{n_f} = ?$	Hajm birligidagi fotonlar soni $n_f = \frac{4\pi}{c} \int_0^\infty \frac{B_\nu(T)}{h\nu} d\nu = \frac{8\pi}{c^3} \int_0^\infty \frac{\nu^3}{e^{h\nu/kT} - 1} d\nu.$

$x = h\nu/kT$ ifodani qo'yish orqali quyidagini hosil qilamiz:

$$n_f = 8\pi \left(\frac{k}{ch} \right)^3 CT^3, \text{ bu yerda } C = \int_0^\infty \frac{x^2 dx}{e^x - 1}. \text{ Shunday qilib, } n_f \propto T^3,$$

$$C = \int_0^\infty \frac{x^2 e^{-x} dx}{1 - e^{-x}} = \int_0^\infty x^2 e^{-x} (1 + e^{-x} + e^{-2x} + \dots) dx = 2 \left(1 + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{3^3} + \dots \right) = 2\zeta(3) = 2 \cdot 1,202$$

Bu yerda argumenti $s=3$ bo'lgan Riman dzeta-funksiyasi uchun $\zeta(s) = 1 + \frac{1}{2^s} + \frac{1}{3^s} + \dots$ ifoda ishlatiladi.

Shunday qilib, $n_f = 20T^3$. Binobarin, 1 sm³ hajmda $n_f = 400$.

(Xuddi shu narsani boshqacharoq olish mumkin: teng muvozanatli nuriy energiya zichligi $u = aT^4$, $a = 7,56 \cdot 10^{-15} \frac{\text{erg}}{\text{sm}^3 \text{K}^4}$ - nurlanish zichligi doimiysi. Fotonning o'rtacha energiyasi $\overline{E_f} = 2,7kT$, demak $n_f = \frac{a}{2,7k} T^3$).

Agar Koinotning o'rtacha zichligiga qo'shiladigan asosiy ulush vodorodniki bo'lsa, unda 1 cm³ dagi protonlarning o'rtacha konsentratsiyasi $n_p = \frac{\rho}{m_p} = \frac{10^{-30}}{1,7 \cdot 10^{-24}} = 6 \cdot 10^{-7}$ va undan ham kichik bo'ladi.

Javob: relikt fotonlar protonlarga nisbatan ancha ko'p.

Mustaqil yechish uchun misol va masalalar

1. Yaqinda “o'tayangi” yulduzlar bo'yicha uzoq galaktikalargacha bo'lgan masofa Habbl qonunidan topiladigan masofa qiymatidan ancha katta ekani ma'lum bo'ldi. Ushbu fakt Koinot kengayishi jarayoniga qanday tuzatmalarni kiritish zarurligiga olib keladi?

2. NGC 5694 sharsimon to'dasida yulduzlarning ko'rinma yulduz kattaligi absolyut yulduz kattaligidan 18^m ga katta. Bu to'dagacha bo'lgan masofa nimaga teng?

3. Gerkulesdagi yulduz to'dasi bizdan 10,5 ming parsek masofada joylashgan. Uning burchak diametri 12' va jami yorqinligi 5^m,9 ga teng. To'daning haqiqiy diametrini va absolyut yulduz kattaligini hisoblang.

4. Habbl doimiysini $100 \text{ km}/(\text{sek} \cdot \text{Mps})$ deb hisoblab, spektrida qizilga siljishi $10000 \text{ km}/\text{sek}$ bo'lgan galaktikagacha bo'lgan masofani baholang.

5. Mess'e 3 sharsimon to'dasida joylashgan qisqa davrli sefeidning (o'rtacha davri $0^d,54$) ko'rinma fotografik yulduz kattaligi $15^m,50$ ga teng. "Davir-absolyut kattalik" egri chizig'idan foydalanib, shu to'dagacha bo'lgan masofani aniqlang.

6. Agar ayrim galaktikalarning absolyut fotografik kattaligi $M=-13^m,8$, 2,5-metrli reflektor uchun ularning chegaraviy fotografik ko'rinma yulduz kattaligi esa $m=20^m,2$ bo'lsa, shu teleskop bilan kuzatish mumkin bo'lgan eng uzoq masofa yorug'lik yillarda nimaga teng?

7. "Sefeidlar usuli" bo'yicha bir qancha spiralsimon galaktikalargacha masofalar aniqlangan edi. Keyinchalik ma'lum bo'lishicha, yulduzlararo fazodagi chang undan o'tuvchi yorug'likning bir qismini yutib olib qolarkan. Bu kashfiyot spiralsimon galaktikalarning ilgari hisoblangan diametrlariga qanday ta'sir etadi?

8. Agar barcha sharsimon to'dalarning absolyut summar yulduz karralıkları hamda chiziqiy o'lchamlari bir xil deb faraz qilsak, va bu to'dalargacha masofalar turlicha ekanligini hisobga olsak, ularning ko'rinma summar yulduz kattalıkları m va ko'rinma burchak diametrlari d qaysi formulaga asosan bog'langan bo'lishi mumkin?

9. 1987 yilda Katta Magellan Bulutida charaqlagan o'tayangi yulduzning absolyut yulduz kattaligini baholang. Uning maksimum vaqtdagi ko'rinma yulduz kattaligi 3^m atrofida bo'lgan.

10. HII sohalarining radiusi gaz zarrachalarining konsentrasiyasiga $n^{-2/3}$ ko'rinishida bog'liqligini ko'rsating.

11. Harorati $T=100000 \text{ K}$ va $R=10R_Q$ bo'lgan yulduz har sekunda nechta yulduzlararo vodorod atomlarini ionlashtiradi?

12. Astronomlar ilk bor ultranoma'lum (UN) va infranoma'lum (IN) diapazonlarda kuzatuvlar bajarishdi. UN da ular diskret manbalar topishdi, aniqlanishicha ular butun osmon sferasi bo'ylab tekis taqsimlangan ekan. IN da ham hanuzgacha noma'lum bo'lgan obyektlar topildi, bu manbalar Galaktikaning markaziga emas, balki uning diskida konsentratsiyalanishi aniqlandi. UN diapazonda kashf qilingan obyektlargacha masofalar haqida nima deyish mumkin? IN-manbalargacha masofa haqida-chi?

13. Galaktika markazigacha bo'lgan masofa va Quyoshning galaktik orbita bo'ylab harakat tezligidan Galaktika massasini baholang.

14. Juda issiq ($T=80000 \text{ K}$) yadroga ega bo'lgan planetar tumanlik mavjud. Tumanlikda yulduzdan chiqayotgan nurlanishning sezilarli qismi yutiladi. Numa uchun tumanlik uzoq galaktikalar orasidan juda yaxshi ko'rinadi?

15. $T=16000 \text{ K}$ ega yulduz yulduzlararo muhitga botgan. U nurlantirayotgan energiyaning qanday qismi yulduzlararo vodorodni ionlantirishga sarflanishini chamalang. Yulduz qora jism kabi nurlanayapti deb qabul qilinsin.

16. Asosan H_2 dan iborat, o'lchami $\sim 10 \text{ ps}$, konsentrasiyasi $\sim 10^2 \text{ sm}^{-3}$ bo'lgan molekulyar bulutning massasini baholang.

17. Ko'rish nuri bo'ylab L_α chiziq markazida sezilarli yutilishni ($\sim 10\%$) hosil qiluvchi neytral vodorodning massasini (g/sm^3 larda) chamalang. Gazning harorati

~ 100 K bo'lganda chiziq markazida bir atomga hisoblangan yutilish koeffitsienti $\kappa_0 \sim 10^{-12} \text{ sm}^2$ ga teng deb olinsin.

18. Lira yulduz turkumidagi planetar tumanlikning burchak diametri $83''$ ga teng va u bizdan 660 ps masofada joylashgan. Uning chiziqli o'lchami astronomik birliklarda nimaga teng?