

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**OLY TA‘LIM TIZIMI PEDAGOG VA RAHBAR KADRLARINI QAYTA
TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI OSHIRISHNI TASHKIL
ETISH BOSH ILMIY - METODIK MARKAZI**

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG
KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI
OSHIRISH TARMOQ (MINTAQAVIY) MARKAZI**



**“KOMPAKT VA NOYOB ASTROFIZIK OBYEKTAR”
moduli bo‘yicha
O‘QUV–USLUBIY MAJMU‘A**

Toshkent 2022

Modulning ishchi o‘quv dasturi O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2020 yil 7-dekabrdagi 648-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan namunaviy o‘quv reja va dasturlar asosida ishlab chiqilgan.

Tuzuvchilar:

O‘zMU professori, O‘zR FA
Astronomiya instituti bo‘lim
mudiri **K.T. Mirtadjiyeva**

Taqrizchi:

S.P. Ilyasov (f.-m.f.d., O‘zR FA
Astronomiya instituti)
Katsuxiro Nakamuro,
O‘zMUning fizika fakulteti
hamda Osaka shaxar
universitetining nafaqadagi
professori (**Yaponiya**)

**O‘quv - uslubiy majmua Bosh ilmiy-metodik markaz Ilmiy metodik
Kengashining qarori bilan nashrga tavsiya qilingan
(2021 yil “30” dekabrdagi 5/4-sonli bayonnoma)**

MUNDARIJA

| | |
|--|------------|
| I. ISHCHI DASTUR..... | 3 |
| II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTREFAOL TA‘LIM METODLARI..... | 9 |
| III. NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI..... | 12 |
| IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI | 62 |
| V. KEYSLAR BANKI..... | 62 |
| VI. MUSTAQIL TA‘LIM MAVZULARI | 65 |
| VII. GLOSSARIY..... | 66 |
| VIII. ADABIYOTLAR RO‘YXATI | 811 |

I. ISHCHI DASTUR

Mazkur dastur rivojlangan xorijiy davlatlarning oliy ta'lim sohasida erishgan yutuqlari hamda orttirgan tajribalari asosida "Astronomiya" qayta tayyorlash va malaka oshirish yo'nalishi uchun tayyorlangan namunaviy o'quv reja hamda dastur mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo'lib, u zamonaviy talablar asosida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarining mazmunini takomillashtirish hamda oliy ta'lim muassasalari pedagog kadrlarining kasbiy kompetentligini muntazam oshirib borishni maqsad qiladi.

Jamiyat taraqqiyoti nafaqat mamlakat iqtisodiy salohiyatining yuksakligi bilan, balki bu salohiyat har bir insonning kamol topishi va uyg'un rivojlanishiga qanchalik yo'naltirilganligi, innovatsiyalarning tadbiiq etilganligi bilan ham o'lchanadi. Demak, ta'lim tizimi samaradorligini oshirish, pedagoglarni zamonaviy bilim hamda amaliy ko'nikma va malakalar bilan qurollantirish, chet el ilg'or tajribalarini o'rganish va ta'lim amaliyotiga tadbiiq etish bugungi kunning dolzarb vazifasidir. "Kompakt va noyob astrofizik obyektlar" moduli aynan mana shu yo'nalishdagi masalalarni hal etishga qaratilgan.

«Kompakt va noyob astrofizik obyektlar» kursining maqsadi tinglovchilarni hozirda mavjud bo'lgan zamonaviy yangiliklar, so'nggi xorijiy adabiyotlar bilan tanishtirish va ana shu yangiliklardan mahorat bilan foydalanish malakasini shakllantirishdir.

Modulning maqsadi va vazifalari

"Kompakt va noyob astrofizik obyektlar" **modulining maqsadi:** pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish kursi tinglovchilarini kompakt va noyob astrofizik obyektlar xamda astrofizika sohasidagi so'nggi yangiliklar, zamonaviy eksperimental texnologiyalar va xorijiy adabiyotlar haqidagi bilimlarini takomillashtirish, bu boradagi muammolarni aniqlash, tahlil etish va baholash. Shuningdek ular da ilg'or tajribalarni o'rganish va amalda qo'llash ko'nikma va malakalarini shakllantirish.

"Kompakt va noyob astrofizik obyektlar" **modulining vazifalari:**

- Tinglovchilarga ta'lim-tarbiya masalalari bo'yicha ilg'or ta'lim texnologiyalarining konseptual asoslari, kelib chiqish tarixi to'g'risida ma'lumotlar berish, zamonaviy modulli texnologiyalardan foydalanib tinglovchilarni mazkur yo'nalishda malakasini oshirishga ko'maklashish;

- Ta'lim-tarbiya jarayonida modulli yangiliklarni qo'llashning afzalliklarini yoritish va tinglovchilarda ulardan foydalanish mahoratini shakllantirish;

- Yuksak malakali mutaxassis kadrlar tayyorlash borasidagi islohotlarni amalga oshirish jarayonida ilg'or tajribasini o'rganish va ulardan samarali foydalanish mahoratini oshirish.

Modul bo'yicha tinglovchilarning bilimi, ko'nikmasi, malakasi va kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar

“Kompakt va noyob astrofizik obyektlar” modulini o‘zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida:

Tinglovchi:

- Kompakt va noyob astrofizik obyektlar xamda astrofizikadagi asosiy yangiliklar va zamonaviy adabiyotlar;

- so‘nggi yillardagi aniqlangan qonuniyatlar, kashfiyotlar va tamoyillar;

- hozirgi zamon eksperiment va kuzatuvlardan samarali foydalanish *haqida bilimlarga ega bo‘lishi;*

Tinglovchi:

- pedagogik faoliyat jarayonini modullashtirish;

- nazorat jarayonini tez va samarali o‘tkaza olish;

- nazoratning turli shakllaridan samarali foydalanish;

- interaktiv metodlarni maqsadli ravishda to‘g‘ri tanlash va foydalanish

ko‘nikmalarini egallashi;

Tinglovchi:

- o‘quv kursining modulini tuzish;

- yuqori energiyalar fizikasi va astrofizika modulini strukturalashtirish;

- talabalarning mustaqil amaliy faoliyatini tashkil etish;

- talabalar bilimining nazoratini tashkil etish va erishilgan natijalarini tahlil etish;

- interaktiv metodlardan foydalanish

malakalarini egallashi;

Tinglovchi:

- o‘z sohasiga oid axborotni mantiqiy bloklarga ajratish va aniq, ravon xamda tushunarli ravishda bayon etish;

- modulli yondashuv asosida o‘quv jarayonini tashkil etish;

- tajriba texnologiyalariga yondashuv asosida ta‘lim va tarbiya jarayonini boshqarish;

- kommunikativlikni va mustaqil faoliyatni tashkil etish yuzasidan

kompetensiyalarni egallashi lozim.

Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar

“Kompakt va noyob astrofizik obyektlar” moduli ma‘ruza, amaliy va ko‘chma mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

Kursni o‘qitish jarayonida ta‘limning zamonaviy metodlari, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:

- ma‘ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalardan foydalanish;

- o‘tkaziladigan amaliy mashg‘ulotlarda texnik vositalardan, ekspress-so‘rovlar, test so‘rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, va boshqa interaktiv ta‘lim usullarini qo‘llash;

- ko‘chma mashg‘ulotlarda zamonaviy ilmiy tajriba qurilmalari va kuzatuv asboblari bilan bevosita tanishish

nazarda tutiladi.

Modulning o‘quv rejadagi boshqa modullar bilan bog‘liqligi va uzviyligi

“Kompakt va noyob astrofizik obyektlar” moduli o‘quv rejadagi birinchi blok va mutaxassislik fanlarining barcha sohalarini bilan o‘zviy bog‘langan holda pedagog xodimlarning umumiy tayyorgarlik darajasini oshirishga xizmat qiladi.

Modulning oliy ta’limdagi o‘rni

Modulni o‘zlashtirish orqali tinglovchilarning ta’lim jarayonini tashkil etishda texnologik yondashuv asoslarini va bu boradagi ilg‘or tajribani o‘rganadilar, ularni tahlil etish, amalda qo‘llash va baholashga doir kasbiy kompetentlikka ega bo‘ladilar.

Modul bo‘yicha soatlar taqsimoti

| № | Modul mavzulari | Tinglovchining o‘quv yuklamasi, soat | | | | | |
|----|---|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------|--------------------|-----------------|
| | | Umumiy soat | Jami auditoriya soati | Auditoriya o‘quv yuklamasi | | | Mustaqil ta’lim |
| | | | | Jumladan | | | |
| | | | | Nazariy | Amaliy | Ko‘chma mashg‘ulot | |
| 1. | Kompakt astrofizik obyektlar xossalari | 4 | 4 | 2 | 2 | - | - |
| 2. | Pulsarlar xossalari va zamonaviy modeli. Oq mittilar fizikasi | 4 | 4 | 2 | 2 | - | - |
| 3. | Yangi va o‘tayangi yulduzlar fizikasidagi yutuqlar | 8 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4. | Qizil gigant va planetar tumanliklar | 4 | 4 | 2 | 2 | | - |
| 5. | Protogalaktikalar va yadrosi aktiv galaktikalar | 10 | 8 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| | Jami: 30 soat | 30 | 26 | 10 | 12 | 4 | 4 |

NAZARIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI

1-Mavzu: Kompakt astrofizik obyektlar xossalari

Kompakt va noyob astrofizik obyektlar fanining maqsadi va vazifalari. Kompakt astrofizik obyektlar xossalari, turlari va zamonaviy fizik xarakteristikalari buyicha farqlari. Noyob astrofizik xolatlar va obyektlar. Qora o‘ralarning fizik xarakteristikalari va sinflari.

2-Mavzu: Pulsarlar xossalari va zamonaviy modeli. Oq mittilar fizikasi

Zamonaviy astrofizikaning noyob obyektlarini evolyusiya jarayoni tufayli biridan biriga o‘tish sabablari. Oq mittilar fizikasi.

3-Mavzu: Yangi va o‘tayangi yulduzlar fizikasidagi yutuqlar

Yangi va o‘ta yangi yulduzlar fizikasidagi yutuqlar. Zamonaviy kosmogoniya - kosmologiya natijalari va muammolar. Yulduzlarning kuchli chaqnashi – portlashi oqibatida noyob holat vujudga kelib, xususan, yangi va o‘tayangi yulduzlar vujudga kelishi. Ushbu yulduzlar fizikasi bo‘yicha qo‘lga kiritilgan yutuqlar.

4-Mavzu: Qizil gigant va planetar tumanliklar

Qizil gigant va planetar tumanliklar holatlari. Pulsarlarning fizik xarakteristikalari va noyob modeli. Qora o‘ralarning fizik xarakteristikalari va sinflari. Yulduzlar evolyusiyasining oxirgi bosqichlari, yulduz bosh ketma-ketlikdan qizil gigantlar holatiga borishi.

5-Mavzu: Protogalaktikalar va yadrosi aktiv galaktikalar

Yadrosi aktiv galaktikalarning turlari: protogalaktikalar, kvazarlar va radiogalaktikalar. Protogalaktikalar - radioastronomiyaning noyob obyektatlari. Protogalaktika bosqichidan galaktikalarning paydo bo‘lishi. Faol galaktikalar - kvazarlar, radiogalaktikalar, latsertidalar va seyfert galaktikalari. Ularning modellari. Qo‘shaloq qora tuynuklar.

AMALIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI

1-Amaliy mashg‘ulot: Kompakt astrofizik obyektlar xossalari

Birlamchi yadroviy reaksiyalar, xususan deytron, geliy va litiy yadrolarining hosil bo‘lishi reaksiyalar energiyalarini xisoblash. Xabbl doimiysini hisoblash bo‘yicha masalalar yechish.

2-Amaliy mashg‘ulot: Pulsarlar xossalari va zamonaviy modeli. Oq mittilar fizikasi

Yulduzlarning aylanish burchak momenti, inersiya momenti, massasi, ulargacha bo‘lgan masofa va boshqa turli fizik kattaliklarini baholash.

3-Amaliy mashg'ulot: Yangi va o'tayangi yulduzlar fizikasidagi yutuqlar
Kuzatishlarga mo'ljallangan teleskoplar va uskunalari. Xabbl va Chandra teleskoplari. Maydanak teleskopi va uning yordamida yechiladigan vazifalar.

4-Amaliy mashg'ulot: Qizil gigant va planetar tumanliklar
Qizil gigantlar, planetar tumanliklar va shukabi boshqa astrofizik obyektlarning fizik parametrlarini baxolash bo'yicha masalalarni yechish.

5-Amaliy mashg'ulot:
Protogalaktikalar va yadrosi aktiv galaktikalar
Astrofizikadagi kompakt obyektlarning gravitatsion radiusini aniqlash bo'yicha masalalar yechish. Gravitatsion to'lqinlar bo'yicha masalalarni qarash. GW150914 obyektining gravitatsion to'lqinlar orqali ilk bor qayd etilishi.

KO'CHMA MASHG'ULOT

Ko'chma mashg'ulotlar modullarning xususiyatlarini inobatga olgan holda quyidagi shakllarda tashkil etiladi:

- O'zbekiston Milliy universitetining qoshidagi Amaliy fizika instituti ilmiy-laboratoriya xonalarida;
- O'zRFA Astronomiya instituti va boshqa markazlar bilan tuzilgan shartnomalari asosida tashkil etiladi hamda o'rnatilgan tartibda rasmiylashtiriladi.

MUSTAQIL TA'LIM

Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni

Tinglovchi mustaqil ishni muayyan modulning xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanib tayyorlashi tavsiya etiladi:

- o'quv va ilmiy adabiyotlardan foydalanish asosida modul mavzulari bilan tanishish va o'rganish;
- tarqatma materiallar bo'yicha ma'ruzalar qismini o'zlashtirish;
- amaliy mashg'ulotlarda berilgan topshiriqlarni bajarish;
- avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazorat qiluvchi dasturlar bilan ishlash;
- maxsus adabiyotlar bo'yicha modul bo'limlari va mavzulari ustida ishlash.

O'QITISH SHAKLLARI

Mazkur modul bo'yicha quyidagi o'qitish shakllaridan foydalaniladi:

- ma'ruzalar, amaliy mashg'ulotlar (yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning zamonaviy holati asoslarini o'zlashtirish, bu sohadagi bilimlarni amaliy qo'llash malakasini egallash, yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning o'rnini anglash, o'zlashtirilgan bilimlarni uzluksiz ravishda sinab va mustahkamlab borish);
- amaliy tajribalar va ularni muhokamalari (yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning zamonaviy holatiga oid amaliy tajribalar o'tkazish, natijalarni

muhokama etish, nazariy va amaliy bilimlarni o'quv va ilmiy tadqiqotlarda qo'llay olish malakasini egallash);

- o'zlashtirilgan bilimlarni tahlil etish va mustahkamlash (ma'ruzalar va amaliy mashg'ulotlar bo'yicha o'zlashtirilgan bilimlarni yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning zamonaviy holati nuqtai nazaridan tahlil qilish, zarur hollarda qo'shimcha adabiyotlar materiallari bilan boyitish, chuqurlashtirish va yanada mukamallashtirib borish ko'nikmasini egallash).

BAHOLASH MEZONI

| № | O'quv-topshiriq turlari | Maksimal ball | Baholash mezon | | |
|----|---------------------------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| | | 0.9 | "a'lo" | "yaxshi" | "o'rta" |
| 1. | O'quv-loyiha ishlarini bajarish | 0.9 | 0.77-0.9 | 0.64-0.76 | 0.49-0.63 |

II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTREFAOL TA’LIM METODLARI.

“SWOT-tahlil” metodi.

Metodning maqsadi: mavjud nazariy bilimlar va amaliy tajribalarni tahlil qilish, taqqoslash orqali muammoni hal etish yo‘llarni topishga, bilimlarni mustahkamlash, takrorlash, baholashga, mustaqil, tanqidiy fikrlashni, nostandart tafakkurni shakllantirishga xizmat qiladi.

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| S – (strength) | • кучли томонлари |
| W – (weakness) | • заиф, кучсиз томонлари |
| O – (opportunity) | • имкониятлари |
| T – (threat) | • тўсиқлар |

“Assesment” metodi

Metodning maqsadi: mazkur metod ta’lim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o‘zlashtirish ko‘rsatkichi va amaliy ko‘nikmalarini tekshirishga yo‘naltirilgan. Mazkur texnika orqali ta’lim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo‘nalishlar (test, amaliy ko‘nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil, simptomlarni aniqlash) bo‘yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

“Assesment” lardan ma’ruza mashg‘ulotlarida talabalarning yoki qatnashchilarning mavjud bilim darajasini o‘rganishda, yangi ma’lumotlarni bayon qilishda, seminar, amaliy mashg‘ulotlarda esa mavzu yoki ma’lumotlarni o‘zlashtirish darajasini baholash, shuningdek, o‘z-o‘zini baholash maqsadida individual shaklda foydalanish tavsiya etiladi. Shuningdek, o‘qituvchining ijodiy yondashuvi hamda o‘quv maqsadlaridan kelib chiqib, assesmentga qo‘shimcha topshiriqlarni kiritish mumkin.

Namuna. Har bir katakdagi to‘g‘ri javob 5 ball yoki 1-5 balgacha baholanishi mumkin.



Test

1. Kuchsiz o'zaro ta'sirni tashuvchi zarralarni ko'rsating

- A. W-bozon
- B. foton
- C. glyuon



Qiyosiy tahlil

Fundamental o'zaro tasir kuchalrini aniqlang



Tushuncha tahlili

- W –Bozon tshunchasini izohlang



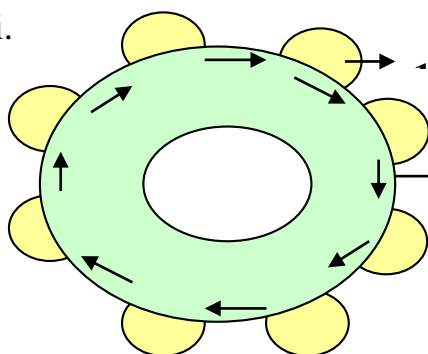
Amaliy ko'nikma

- Zarrachaning energiyasini hisoblang

“Davra suhbatl” metodi

Aylana stol atrofida berilgan muammo yoki savollar yuzasidan ta'lim oluvchilar tomonidan o'z fikr-mulohazalarini bildirish orqali olib boriladigan o'qitish metodidir.

“Davra suhbatl” metodi qo'llanilganda stol-stullarni doira shaklida joylashtirish kerak. Bu har bir ta'lim oluvchining bir-biri bilan “ko'z aloqasi”ni o'rnatib turishiga yordam beradi. Davra suhbatining og'zaki va yozma shakllari mavjuddir. Og'zaki davra suhbatida ta'lim beruvchi mavzuni boshlab beradi va ta'lim oluvchilardan ushbu savol bo'yicha o'z fikr-mulohazalarini bildirishlarini so'raydi va aylana bo'ylab har bir ta'lim oluvchi o'z fikr-mulohazalarini og'zaki bayon etadilar. So'zlayotgan ta'lim oluvchini barcha diqqat bilan tinglaydi, agar muhokama qilish lozim bo'lsa, barcha fikr-mulohazalar tinglanib bo'lingandan so'ng muhokama qilinadi. Bu esa ta'lim oluvchilarning mustaqil fikrlashiga va nutq madaniyatining rivojlanishiga yordam beradi.



Белгилар:

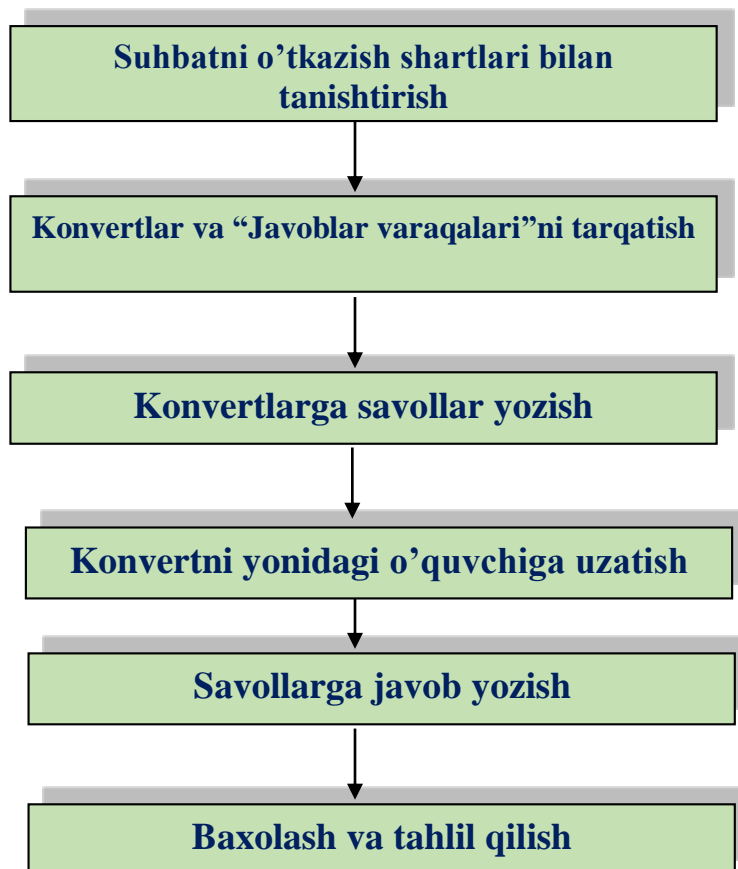
1-Ta'lim oluvchilar

2-aylana stol

Davra stolining tuzilmasi

Yozma davra suhbatida stol-stullar aylana shaklida joylashtirilib, har bir ta'lim

oluvchiga konvert qog‘ozi beriladi. Har bir ta’lim oluvchi konvert ustiga ma’lum bir mavzu bo‘yicha o‘z savolini beradi va “Javob varaqasi”ning biriga o‘z javobini yozib, konvert ichiga solib qo‘yadi. Shundan so‘ng konvertni soat yo‘nalishi bo‘yicha yonidagi ta’lim oluvchiga uzatadi. Konvertni olgan ta’lim oluvchi o‘z javobini “Javoblar varaqasi”ning biriga yozib, konvert ichiga solib qo‘yadi va yonidagi ta’lim oluvchiga uzatadi. Barcha konvertlar aylana bo‘ylab harakatlanadi. Yakuniy qismda barcha konvertlar yig‘ib olinib, tahlil qilinadi. Quyida “Davra suhbatlari” metodining tuzilmasi keltirilgan



“Davra suhbatlari” metodining afzalliklari:

- o‘tilgan materialining yaxshi esda qolishiga yordam beradi;
- barcha ta’lim oluvchilar ishtirok etadilar;
- har bir ta’lim oluvchi o‘zining baholanishi mas’uliyatini his etadi;
- o‘z fikrini erkin ifoda etish uchun imkoniyat yaratiladi.

III. NAZARIY MASHG'ULOT MATERIALLARI

1-MAVZU: KOMPAKT ASTROFIZIK OBYEKTAR XOSSALARI

REJA:

- 1.1. *Kompakt va noyob astrofizik obyektlar fanining maqsadi va vazifalari.*
- 1.2. *Kompakt astrofizik obyektlar tavsifi va turlari.*
- 1.3. *Qora o'ralarning fizik xarakteristikalarini va sinflari.*

Tayanch iboralar: *Kompakt va noyob astrofizik obyektlar, oq mittilar, neytron yulduzlar, qora o'ralar.*

1.1. Kompakt va noyob astrofizik obyektlar fanining maqsadi va vazifalari

Bugungi kunda, yulduzlar evolyusiyasining oxirgi bosqichlari nazariy jihatdan va kuzatuv ma'lumotlari asosida ancha chuqur o'rganilgan. Bu bosqichlar fizikasi yulduz yadrosida termoyadro reaksiyasi turlari va umuman moddaning yonish jarayoni tugaganligi sababli u soviy boshlab, bosim va temperaturaning kamayib borishi bilan xarakterlanadi. Natijada yulduzning yadrosi tinimsiz ravishda siqiluvchan bo'lib qoladi. Siqilish jarayonining yakuni va yulduz taqdiri doimo uning massasiga bog'liq. Yulduz massasi katta yoki kichik ekanligiga qarab, oxirgi bosqichda u, asosan, quyidagi uch holatdan biriga o'tishi mumkin: oq mitti, neytron yulduz va qora o'ra. Bular Galaktikamizning eng noyob obyektlaridan ham hisoblanadi. Biz o'rganayotgan ushbu fanning maqsadi aynan shu noyob obyektlarning vujudga kelishi, kuzatuvdan olingan zamonaviy fizik xossalari va asosiy parametrlari hamda oldimizda turgan muammolar haqida ma'lumotlar berish va mavjud ilmiy fikrni muhokama qilishdan iborat.

Xozirgi zamon astrofizikasining asosiy muammolari bu Yerdagi laboratoriyalarda yaratib bo'lmaydigan sharoitlardagi: o'ta yuqori energiyalar, yuqori zichliklar, yuqori temperaturalar, kuchli magnit va gravitatsion maydonlar mavjud ekstremal xolatlarda moddaning xossalari o'rganishdan iboratdir¹.

Koinotdagi fizik jarayonlarni o'rganish astrofizikaning asosiy predmeti hisoblanadi. Oy, planetalar va Quyosh sistemasining kichik jismlarini bevosita

¹ Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.

kosmonavtika uslublari orqali tadqiq etishlarni xisobga olmasak, kosmik obyektlar xaqida ma'lumotlar asosan elektromagnit nurlanishlar orqali yetib keladi. Shuning uchun astrofizikaning asosiy masalasi bu kosmik obyektlardan keluvchi elektromagnit nurlarning intensivlik, spektr, polyarizatsiya va x.k. kuzatuv xarakteristikalarini bilan bog'liqligini modellashtirishdan iboratdir.

Xozirgi zamon astrofizikasi XX asrning o'rtalaridan boshlab rivojlandi. Kuzatuv nuqtai nazardan bu qayd etiluvchi elektromagnit nurlanishning spektral diapazonining kengayishi bilan bog'liq. Ilgari astrofizika nisbatan tor diapazondagi – optik diapazondagi astronomik kuzatuvlarga asoslangan edi. Shuning uchun olimlarning diqqat markazida asosan Koinotdagi ko'rinuvchi yorug'lik nurini tarqatuvchi obyektlar – yulduzlar, tumanliklar, galaktikalar – bo'lgan. Ularning nurlanish mexanizmlari Yer sharoitida olingan ilmiy natijalarga asoslangan edi. Xozirgi paytda astrofizikada radioto'lqinlardan tortib gamma-nurlargacha bo'lgan keng diapazondagi kuzatuv natijalariga asoslangan xolda tadqiqotlar olib boriladi. Astronomiyaning keng diapazondagi kuzatuvlarga o'tishi bilan ma'lum obyektlar to'g'risida batafsilroq ma'lumotlar olish bilan bir qatorda yangi obyektlarni, xususan, ekstremal xolatda joylashgan obyektlarni kashf etish imkoniyatlari paydo bo'ldi². Ushbu ta'kidlangan sharoitlarda modda yangi fizik xossalarga ega bo'lib qoladi. Koinot rivojlanishining dastlabki davrlaridagi moddaning yuqori zichliklarga ega bo'lishi; neytron yulduzlar ichki qismidagi va qora tuynuklar atrofidagi fizik jarayonlar; oq mittilar va neytron yulduzlardagi kuchli gravitatsion xamda magnit maydonlar bularga misol bo'ladi. Aynan shunday ekstremal xolatdagi obyektlarni tadqiqot soxalari xozirgi zamon yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning asosiy va dolzarb muammolari hisoblanadi.

Ta'kidlash joizki, mavjud zamonaviy texnologiyalar ekstremal xolatdagi moddaning makroskopik xossalarini faqatgina astrofizik obyektlarni kuzatuvini orqali tadqiq etish imkonini beradi. Shu jixatdan zamonaviy astrofizika ilg'or fan soxasi hisoblanadi va u "Yerdagi fizika"ning kuchi yetmaydigan fundamental xodisa va jarayonlarni tadqiqoti bilan shug'ullanadi. Masalan, Yerdagi laboratoriya sharoitida olingan magnit maydonlarning kuchlanganligi oq mittilar magnit maydonlari kuchlanganliklaridan (10^7 - 10^9 Gs) bir necha o'n marta, neytron yulduzlarning magnit maydonlaridan (10^{12} Gs) esa bir necha yuz ming marta kichikdir.

² T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I, Cambridge University Press, 2010.



Ma'lumki, teleskop va observatoriya astronom ishining ajralmas qismidir. Xozirgi zamon teleskoplari o'zlarining ajdodlaridan ancha ilgarilab ketgan. Xususan, ko'zgularning o'lchamlari kattalashgan, tayyorlash aniqligi oshgan, kosmik teleskoplar xam keng qo'llanilmoqda, va eng muhimi kuzatuvlar olib borish elektromagnit to'lqinlar diapazoni kengaydi. Chunki inson ko'ra oladigan optik diapazon Koinotda nurlanadigan elektromagnit to'lqinlar shkalasining juda tor qismidir. Koinotdagi optik diapazondan tashqarida juda ko'p xodisalar ro'y beradi. Shuning uchun yerdagi va kosmosdagi radioto'lqin, infraqizil, ultraviolet, rentgen va boshqa diapazonlarda ishlaydigan teleskoplarning qurilishi Koinotdagi yangi qonuniyatlar va obyektlarni kashf etish imkoniyatlarini ochib beradi.

Zamonaviy teleskop bu – zarur dasturlarga ega bo'lgan kompyuter teleskopidir. Xozirgi zamon teleskoplari masofadan turib boshqarish, ma'lumotlarni sonli usulda yozib olish va taxlil etish va yuqori aniqlikda kuzatuvlar olib borish imkoniyatlariga ega.



Shu o‘rinda 2016 yilning sentabrida ishga tushgan Xitoyning dunyodagi eng ulkan radioteleskopini ta’kidlab o‘tish joiz. Ushbu radioteleskopning diametri 500 m va uning yordamida galaktikalarning paydo bo‘lishi va evolyusiyasi, qorong‘i modda va astrofizikaning boshqa fundamental muammolari bilan shug‘ullanadi.

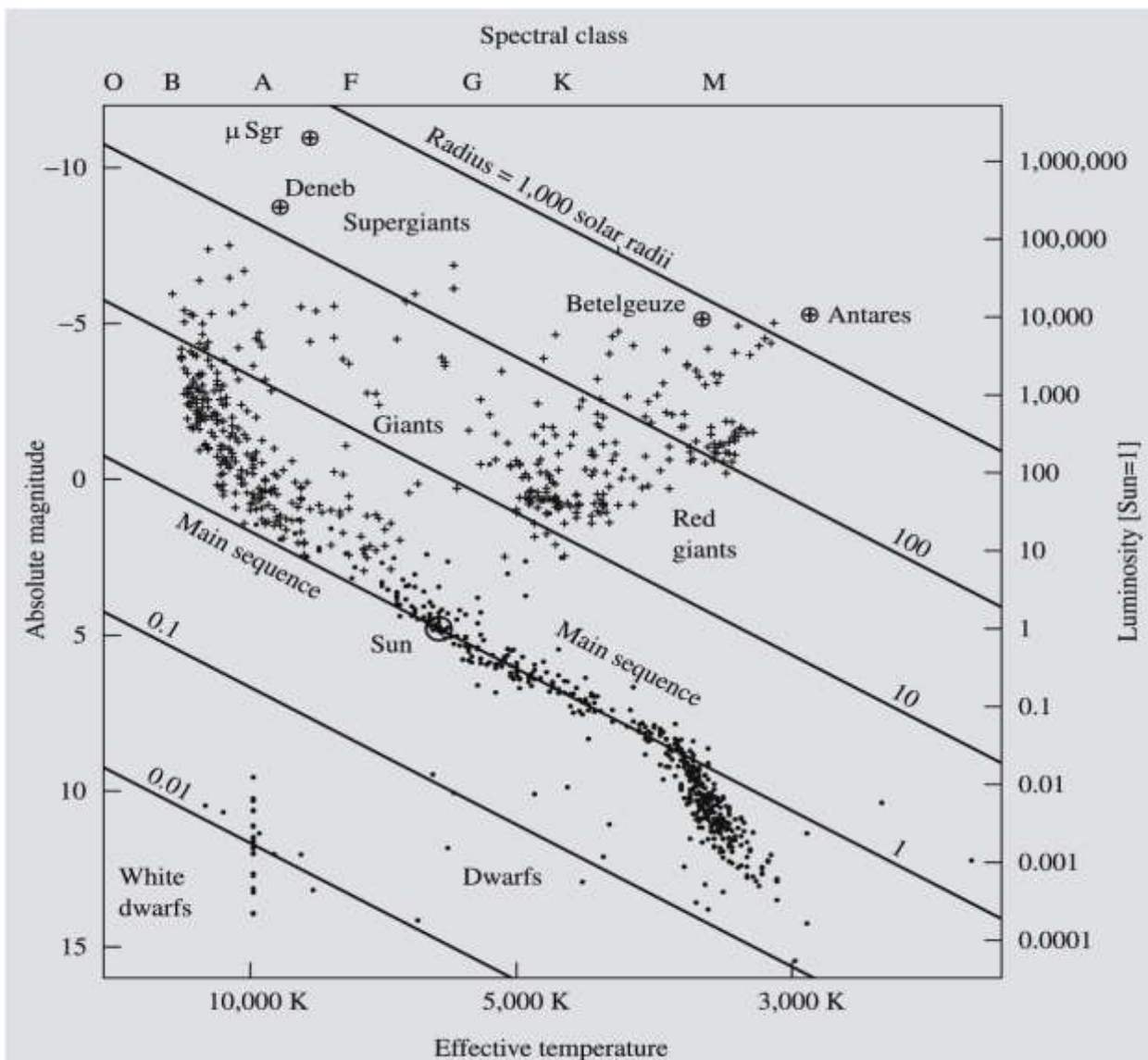
1.2. Kompakt astrofizik obyektlar tavsifi va turlari

Koinotda kompakt astrofizik obyektlar turli tuman. Lekin ular ichida batafsil chuqur o‘rganilganlari bugungi kunda uch xil bo‘lib, bu darhaqiqat oq mittilar, neytron yulduzlar va qora o‘ralardir. Ularning asosiy tavsifi quyidagicha.

Oq mitti yulduzlar. Yorqinligi va yulduz kattaligi juda kichik, xira, temperaturasi esa, aksincha, yuqori bo‘lgan yulduzlar oq mittilar deyiladi. Ularning absolyut vizual kattaligi $+10^m$ bilan $+15^m$ oralig‘ida, spektral sinflari B - F oralig‘iga mos keladi. Bu yulduzlar Gersshprung- Ressel (G-R) diagrammasida (1-rasm)³ VII ketma-ketligini hosil qiladi. Kichik yorqinlikka, lekin yuqori temperaturaga ega bo‘lgan yulduzning o‘lchami albatta kichik bo‘lishi kerak. Demak, ularni rangiga ko‘ra, asosan, oq rangli, o‘lchamlariga ko‘ra esa mitti yulduzlar desa bo‘ladi. Quyoshga nisbatan oq mitti yulduzlarning o‘lchami kamida 100 marta kichikdir. Oq karlik massasi o‘rta hisobda $0,6m_{\text{Quyosh}}$ ga, ichki zichligi 400 kg/sm^3 ga teng. Bunday yulduzlarning yadro qismi 1 sm^3 hajmda kamida 1 tonnaga yaqin modda bo‘lishi kerak.⁴

³ H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007, 215 p.

⁴ С.Н. Нуритдинов, Сомон Йўли, “Фан”, 1989, 28 - бет.



1-rasm. Gersshprung-Ressel (G-R) diagrammasi.

Neytron yulduzlar. Agar yulduzning massasi $0,6m_{\text{Quyosh}}$ dan katta bo'lsa, tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, gravitatsion siqilish jarayoni jadallik bilan ro'y berib, natijada o'lchami oq mittidan ham kichik, ichki holati ancha o'ta zich bo'lgan yulduz paydo bo'ladi. Bunda o'rta hisobda 1 m^3 hajmda 10^{15} tonna massa yig'ilgandan so'nggina gravitatsion siqilish jarayoni to'xtaydi. Bu holatni biz faqat atom yadrosidagi zichlik bilan taqqoslashimiz mumkin. Farqi shundaki, boshida massiv bo'lgan yulduz o'lchami endi atigi 10-20 km ni tashkil qiladi, xolos. Ma'lumki, bunday o'ta zich holatda elektron va protonlar qo'shilib ketib, neytronlarni vujudga keltiradilar. Natijada yulduzning tarkibi, asosan, neytronlardan iborat bo'lib qoladi. O'ta zich moddada neytronlarning hosil bo'lishi jarayonini L.D. Landau 1932 yilda nazariy jihatdan o'rganib, u Koinotda neytron yulduz albatta bo'lishi kerakligini alohida ta'kidlab o'tgan. Darhaqiqat, 1967 yili, ya'ni 35 yil o'tgach, inglialik radioastronomlar tomonidan bunday yulduz birinchi bor kuzatilgan. Afsuski, fizika fanida haligacha o'ta zich materiyani fizikasi ishlayu chiqilmagan. Shu sababli,

neytron yulduzlar massasining yuqoridan chegaralangan qiymatini aniq hisoblash ancha mushkul masala. Bu qiymat qaralayotgan yulduz moddasining holat tenglamasiga bog‘liq. Lekin, hisob-kitoblarga ko‘ra, neytron yulduz massasining maksimal qiymati 2-3 m_{Quyosh} oralig‘ida bo‘lishi kerak.⁵

1.3. Qora o‘ralarning fizik xarakteristikalari va sinflari

Agar Yerni qattiq siqishning iloji bo‘lganda, uni o‘lchami bir necha santimetrga yetguncha siqsak, u umuman ko‘rinmay qolib, qora o‘raga aylanib ketgan bo‘lar edi. Lekin, massasi katta bo‘lgan yulduzlar evolyusiyasining oxirgi bosqichlaridan birida, bunday o‘ta zich holat tabiiy ravishda sodir bo‘la oladi. Aniqrog‘i, o‘z evolyusiyasining oxirgi bosqichlaridan oldin yulduz massasi ko‘pi bilan 3 m_{Quyosh} dan katta bo‘lsa, u o‘zining markazi tomonga gravitatsion siqilib, unda relyativistik kollaps jarayoni yuz beradi. Natijada bunday yulduz tez vaqt ichida qora o‘raga aylanib, bevosita umuman ko‘rinmas bo‘lib qoladi, chunki uning sirtidan nur zarrachalari ham chiqa olmay, balki har qanday nur yoki yaqinidagi jismlarni bemalol yutaveradi.

Osmon mexanikasidan ma‘lumki, massasi m va raidusi R bo‘lgan ixtiyoriy gravitatsion sferik jism sirtidagi nuqta uchun kritik tezlik quyidagicha topiladi:

$$v = \sqrt{\frac{2Gm}{R}} \quad (1.1)$$

Tabiatda fizik ma‘noga ega bo‘lgan eng maksimal tezlik qiymati nur tezligi s ga teng. Shu sababli quyidagi savolni qo‘yish mumkin. Agar berilgan jism massasini o‘zgarmas deb qarajak, uning radiusining qaysi qiymatida ushbu sferik jism uchun kritik tezlik nur tezligiga aniq teng bo‘ladi? Berilgan savolga javob topish uchun (1.1) formulaga $v=c$ ni qo‘yib, undan R ni ifodasini keltirib chiqarish kerak, xolos. Natijada

$$R = \frac{2Gm}{c^2} \equiv R_g \quad (1.2)$$

hosil bo‘ladi. Ilmiy adabiyotda R_g jismning gravitatsion radiusi deyiladi. Ushbu R_g radiusli sfera esa ko‘pincha Shvarsschild sferasi deb yuritiladi. Demak, kritik tezlik ma‘nosiga ko‘ra, jismdan ajralib chiqishi kerak bo‘lgan zarra (foton) tezligi nur tezligi s dan hech qachon katta bo‘la olmasligi sababli boshida nurlanayotgan jism gravitatsion siqilish oqiyuatida radiusi R_g ga teng yoki undan kichik bo‘lgan jismda nimalar bo‘layotganini ko‘ra olmaydi. Lekin bu obyekt yaqinidagi fazoda gravitatsion maydon juda kuchli bo‘lganligi sababli, u o‘z atrofidagi hamma narsani “yutishga” intiladi. Uning sirtiga tushgan nurlar, gaz, chang va boshqa jismlar hech qachon qaytmaydi, shu sababli unga qora o‘ra nomi berilgan. (1.2) formula yordamida ixtiyoriy samo jismi uchun uning

⁵ С.Н. Нуриддинов, Сомон Йўли, “Фан”, 1989, 29 - бет.

gravitatsion radiusini osongina hisoblab chiqish mumkin. Masalan, Quyosh uchun $R_g = 3$ km, Yer uchun esa $R_g = 1$ sm. Quyosh va Yer kabi jismlar hech qachon qora o'raga tabiiy yo'l bilan aylana olmaydi. Sun'iy ravishda ham bunday ulkan massani siqa oluvchi texnikani kelajakda yaratish insoniyat qo'lidan kelmasa kerak.

Astrofiziklarning qora o'ra fizikasiga qiziqishlari bir necha o'n yillardan beri ma'lum. Ayniqsa, samoda o'ta zich obyektlardan pulsarlarni kashf qilinishi mutaxassislarni qora o'ra bo'yicha tadqiqotlarini aktivlashtirib, uni ham keyinchalik bor ekanligini kuzatuvlar tasdiqlay olishi mumkinligiga ishonch tug'dirdi.

Ma'lumki, yulduz energiya zahirasi juda katta bo'lishiga qaramay bu energiya vaqt o'tishi bilan bosqichma-bosqich yaroqsizlashib boradi. Yulduzlar xuddi insonlarga o'hshab yashaydi, qariydi va o'ladi. Ularning yashash vaqti-paydo bo'lganidan to yadro yonilg'i resurslari yulduz bo'lib nur sochib turishiga yetarli bo'lmay qolishigacha bo'lgan vaqtdir. Bu vaqt har bir yulduzning massasiga bog'liqdir. Xususan, eng yaqin yulduz- bu 5 milliard yillardan beri yadro sintezi jarayoni xisobiga xozirda o'zining aktiv bosqichida bo'lgan Quyoshdir va uning yonilg'i zahirasi yana 5 milliard yilga yetadi⁶. Quyosh o'z yonilg'isini sarflab tugatayotgan bosqichda o'zining gravitatsiyasi hisobidan Yer sayyorasi o'lchamidan katta bo'lmagan o'lchamgacha siqiladi. Bunda u xosil bo'lgan elektron gaz bosimi bilan muvozanatlashgandan so'ng siqilishdan to'htab oq mittiga aylanadi. Massasi Quyosh massasidan 3-5 marta katta bo'lgan Yulduzlar o'z umrini boshqacha-neytron yulduzlarga aylangan holda yakunlaydi, bunda gravitatsiya shunday kuchliki elektronlarni atom yadrosiga joylashtiradi. Endi ichki bosim kuchi elektron gaz bosimi emas balki neytronlar bosimi xisobiga gravitatsiya kuchlarini muvozanatlaydi va 10 km gacha siqilib boradi.

Yanada og'irroq va ko'proq vodorod yonilg'i zahirasi ega bo'lgan yulduzlar kuchli gravitatsiya kuchlari ta'siri ostida tez yonadi va yashash vaqti ham qisqa bo'ladi. Massasi jihatdan yirik bo'lgan yulduzlar tom ma'noda bir necha million yil davomida "yonib turadi", mayda yulduzlar esa yuzlab milliard yillar davomida "yashaydi". Shunday ekan, bu ma'noda bizning Quyosh "mustaxkam o'rta" likka kiradi.

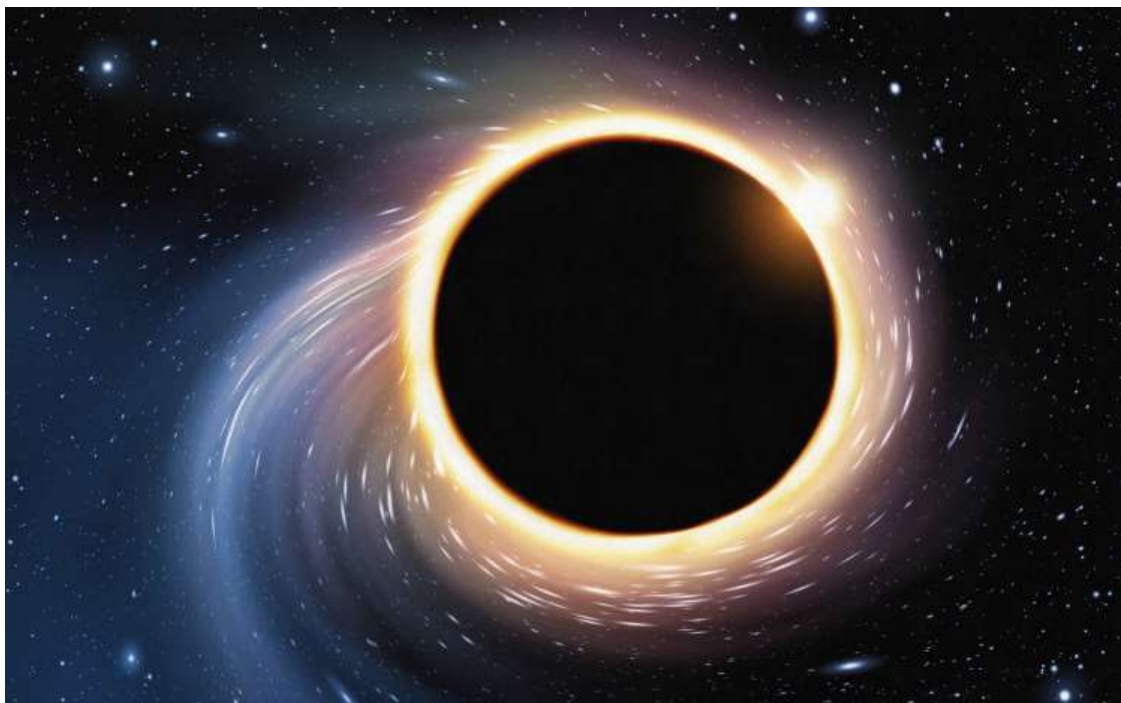
Nazariy jihatdan yulduzlar dastlabki massalariga bog'liq holda uch hil ko'rinishda hayotini yakunlaydi: 1. Agar yulduz yadrosining dastlabki massasi Chandrasekar chegarasi deb ataladigan (tahminan) 1.4 Quyosh massasidan kichik bo'lsa qisqa vaqt qizil gigant holatidan keyin oq mittiga aylanadi. Oq mitti hoida bir kecha million yillar yashab sovuq qora mittiga, ya'ni haqiqiy kosmik o'lik jism- yulduzning murdasiga aylanadi. 2. Agar yulduzning dastlabki massasi Chandrasekar chegarasidan oshib Volkov chegarasi deb

⁶ Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

ataladigan tahminan 2-3 Quyosh massasidan katta bo'lsa, yadro yonilg'isining asosiy qismi kamayishidan keyin elektron gazning bosimi qarshilik qila olmagach gravitatsiya kuchlari ta'siri ostida tashqi qatlami yulduzning markaziga tushadi. Buning natijasida yulduz hajmi 100000 marta kamayadi, uning o'rtacha zichligi shuncha marta ortadi, radiusi esa atigi 10km atrofida bo'ladi. Deyarli shu bilan birgalikda yulduzning ustki qatlami portlash natijasida 10 000 km/s tartibidagi katta tezlik bilan har tomonga otilib ketadi. Bu hodisa markazida neytron yulduz hosil bo'lishi bilan yakunlanuvchi o'ta yangi yulduzning portlashidek kuzatiladi⁷. Bu Xitoy va Yapon tarixida aytib o'tilgan 1054 yilda hozirda markazida neytron yulduz joylashgan Kraborid tumanligi o'rnida yorqin yulduz kabi yarqirab, ikki hafta davomida hattoki kunduzlari ham ko'rinib turgan. 3. Kollapsga uchrayotgan yulduzning massasi kandaydir kritik qiymatdan katta bo'lsa (3 Quyosh massasidan) gravitatsiya shunchalik katta bo'ladiki buni hech narsa to'htata olmaydi. Gravitatsiya kuchlari yulduzni tashkil qiluvchi moddalarni shunday siqib boradiki bunda yulduz o'lchami eng kichik o'lchamgacha kichrayadi.



⁷ Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.



2-rasm. Qora tuynuklarning rasmlari.

Bu uchala kompakt obyektlar oddiy yulduzlardan ikkita fundamental belgi bilan farqlanadi. Birinchidan, yadro yonilg'isini sarflab ular gravitatsion kollapsga termodinamik bosim hisobidan qarshilik ko'rsatadi. Oq mittilar gravitatsion kollapsga elektron gaz bosimi bilan qarshilik qiladi, neytron yulduzlar- neytronlar bosimi bilan. Qora tuynuklar esa- o'zining gravitatsiya kuchlariga qarshilik qila olmasdan yanoga bir nuqtagacha siqilib borgan. Uchala kompakt obyektlar Koinotning yoshi tartibidagi davrda turg'un obyektlar hisoblanidi. Ularni yulduzlarning eng oxirgi bosqichidagi obyekt deb hisoblash mumkin. Ikkinchi farqi- oddiy o'zlarining massasi tartibidagi yulduzlarning o'lchamlariga nisbatan ancha kichikligidir⁸.

Bu uchala yulduzlarning oxirgi bosqichidagi obyektlardan eng birinchi bo'lib oq mittilar astronomik kuzatishlar natijasida topilgan. Oq mitti tajribada astronomlar bunday yulduz qanday qilib nur sohib turishini tushinidan oldin topilgan. 1914 yili amerikalik astronom Adams osmonimizdagi eng yorqin yulduz bo'lgan Siriusning yo'ldoshi Sirius V ning spektrini analiz qilayotib yuqori haroratga - Sirius yulduzining haroratiga yaqin haroratga ega va massasi

⁸ L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

Quyosh massasi tartibida bo'lsa ham radiusi Yer radiusidan kichik degan hulosaga keladi⁹.

Neytron yulduzlari tarixi esa aksincha, 1934 yil Baade va Svikki neytron yulduzlar –yuqori zichlikka, kichik radiusga va boshqa oddiy yulduzlarga nisbatan kuchli gravitatsiyaga ega bo'lgan yulduzlar g'oyasini taklif qiladi. Neytron yulduzlar aslida astronomlar tomonidan kashf etilgunga qadar nazaraiyotchilar tomonidan bir asr oldin qalam uchida kashf qilingan. Ularning astronomik kuzatuvlarda topilishi bunchalik kechikishining sababi tez oradi to'liq tushinarli bo'ldi. Agar kosmik jismning radiusi 10km bo'lsa hattoki ungacha masofa eng yaqin yulduzgacha (Quyoshdan tashqari) masofaga (10 yorug'lik yili) teng bo'lsa ham uni eng qudratli teleskop yordamida ham kuzatish mumkin emas. Va hattoki neytron yulduzgacha masofa mumkin qadar kichik bo'lsa ham! Bundan kelib chiqadiki neytron yulduzlarni optik usullar bilan kuzatishlar muvofaqqiyatga uchraydi.

Va birdan kutilmagan narsa sodir bo'ldi: neytron yulduzlari topildi. Ular tamoman qidirilmagan joydan, izlamagan odamlar tomonidan topildi. 1968 yil fevralida mashhur Nature ilmiy jurnali sahifalarida taniqli ingliz astronomi Xyush va uning hamkasblari tomonidan pulsardarning kashf etilishiga bag'ishlangan maqola paydo bo'ladi. Astronomiyaning XX asrdagi eng buyuk kashfiyoti 1967 yil Kembridje Universiteti Mallard radioastronomik observatoriyasida Djosefin Bell tomonidan ochilgan tez aylanuvchi neytron yulduzlar-pulsarlarning kashf etilishi bo'lgan. Bu pulsarlar radio diapozonda urganilgan¹⁰. Ularning ochilishi sharafiga Bell, Entoni Xyushlarga 1974 yil Nobel mukofoti berildi. Hozirgacha 2000 ga yaqin pulsarlar ma'lum, keyinchalik pulsarlar rentgen diapozonida va keyinroq faqat shu diapozonda ko'rinadigan gamma-pulsarlar ham aniqlandi.

Yulduzni shunday radiusgacha siqib boramizki, bunda undan fazoga yorug'lik tarqilmaydi. Bu radius Shvarsschild radiusi deyiladi. Quyosh uchun bu 3 km atrofida. Agar Quyosh ham 3 km va undan kichik o'lchamgacha siqilsa yorug'lik nurlari Quyosh tashqarisiga chiqa olmaydi. Qora tuynukga aylangan osmon jismlari Koinotda yo'qolib ketmaydi. U o'zi haqida tashqi olamga o'zining gravitatsiyasi hisobidagina ma'lumot beraldi. Qora tuynuk yaqinidan o'tgan yorug'likni yutadi (u Shvarsschild radiusidan kichik masofalargacha yaqinlashsa) va yonidan o'tayotgan nurlarni sezilarli masofalargacha og'diradi.

O'ta og'ir yulduzlar oq mitti ham neytron yulduz ham bo'la olmaydi, chunki ularning ichki bosimlari gravitatsiyani kompensatsiya qilishga yetarli emas. Hattoki boshqacha ko'rinishdagi bosimlar kuchga kirgan taqdirda ham gravitatsion kollaps baribir qaytmas bo'lib qolaveradi. Gravitatsiya hal qiluvchi kuch bo'ladi, natijada yulduzning yakuniy holati (hodisalar gorizonti bilan

⁹ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

¹⁰ Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

o‘ralgan singulyar nuqta) faqtgina Eynshteynning gravitatsiya nazariyasi yordamida yoritiladi. Shunday qilib, qora tuynuklar Koinotdagi jumboqli xususiyatga ega bo‘lgan sirli obyektlardan biri. Ma’lumki, qora tuynuk fazo-vaqt sohasi deyiladi, gravitatsiya maydoni shunchalik kuchliki, hattoki yorug‘lik ham bu sohani tashlab chiqib keta olmaydi. Bu jism o‘lchami uzining gravitatsion o‘lchamidan kichik bo‘lganda sodir bo‘ladi. Gravitatsion radius Quyosh uchun 3km, Yer uchun esa 9mm otrofida. A. Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasi qora tuynuklarning ajabtovur xususiyati-qora tuynuk uchun muhim bo‘lgan xodisalar gorizonti mavjudligini ko‘rsatadi. Qora tuynuk xodisalar gorizonti ichkarisi tashqi ko‘zatuvciga ko‘rinmaydi, xamma jarayonlar xodisalar gorizonti tashqarisida sodir bo‘ladi. Shu sababdan, xodisalar gorizontiga erkin tushayotgan fazogir extimol tamoman boshqa Koinotni va hattoki o‘z kelajagini ham ko‘rishi mumkin. Bu shuni bildiradiki, qora tuynuk ichkarisida fazo va vaqt koordinatalari o‘z o‘rnini almashtiradi va biz qora tuynuk ichida (xodisalar gorizonti ichkarisida) fazo bo‘yicha emas balki vaqt bo‘yicha sayohat qilamiz.

Qora tuynuklarning bunday g‘ayri oddiy xususiyati ko‘pchilikka shunchvki fantastika bo‘lib tuyiladi va ularning mavjudligiga shubha paydo bo‘ladi. Ammo shuni ta’kidlash joizki, eng yangi kuzatuv ma’lumotlariga ko‘ra qora tuynuklar haqiqatan ham mavjud. Masalan, XXI asr bo‘sag‘asida bizning galaktikamiz markazida o‘ta og‘ir, massasi 4 million Quyosh massasiga teng bo‘lgan qora tuynuk mavjudligi topildi. Bu- qora tuynuklar va ularning xususiyatlari izlanishidagi yangi bosqich keldi va yaqin kelajakda ushbu sohada ilmiy tadqiqotlar sezilarli darajada rivojlanishga erishishimizga olib kelishi kerak degani¹¹.

Shu o‘rinda birinchi navbatda mashhur fizik, astrofizika va nazariy fizika sohasida ko‘pgina yorqin ishlar muallifi, bir vaqtlar Isaak Nyuton va Pol Diraklar raxbarlik qilgan Kembridje Universiteti kafedrasida a‘zosi Stiven Xokingni ta’kidlab o‘tish joiz. Uning izlanishlarining asosiy obyekti bu qora tuynuklar fizikasidir. Uning asarlari orasida “Vaqtning qisqacha tarixi” kitobi eng sodda tilda fizikaning qiyin va dolzarb muammolarini hammaga tushinarli qilib yozilgan. Bu Xoking haqida hammasi emas. U juda og‘ir kasal bo‘lib uning xozirda faqatgina ikkita o‘ng qo‘l barmoqlari harakati saqlab qolingani va oxirgi 30 yil davomida gapirishdan ham mahrum bo‘lgan. U atrofida bilan nutq sinezatori va kompyuter yordamida gaplashadi. Shunga qaramasdan u foal va dohiyona ilmiy izlanishlar olib bormoqda.

1974 yilda Stiven Xoking qora tuynuklar atrofida vakuumdan zarralarning paydo bo‘lishi ko‘rib chiqadi. Uning hisoblashlari shuni ta’kidlaydiki aylanuvchi qora tuynuklar nurlanadi va bu qora tuynuk aylanishini sekinlashtiradi. Bu nurlanish spektri issiqlik nurlanishiga mos kelishi aytib o‘tadi. Biroq natijalar yarim klassik usulda olingan, aslida gravitatsiya maydoni

¹¹ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

umumiy nisbiylik nazariyasi tenglamalari bilan, qora tuynuk yaqinidagi vakuum kvanlangan maydon nazariyasi bilan yoritilishi kerak¹². Ko‘pchilik olimlar Xoking ikkita nazariyani birlashtirib xatoga yo‘l quydi deb xisoblashadi. Uning qora tuynuklar uchun oldin qabul qilingan barcha qonunlarni buzadi. Keyinroq esa Xoking haq bo‘lib chiqadi va uning natijalari egrilangan vaqt-fazodasigi kvanlangan maydonlarning qonunlari ko‘rinishida rasman qobul qilindi. Shu sababdan gravitatsion, elektromagnit va boshqa turdagi nurlanishlarni kvanlangan maydonlar deb qaraladi. Boshqacha so‘z bilan aytganda to‘lqinlar qanchalik kvant mexanikasi tenglamalari bilan yoritilmasin, ular o‘zini bir vaqtning o‘zida ham to‘lqin ham zarradek tutadi.

Shuningdek, Xoking xisob kitoblari qora tuynuklarning nurlanishini ham ko‘rsatadi. Portlashdan xosil bo‘lgan yangi obyekt juda kichik haroratga ega bo‘ladi ($3 \cdot 10^{-8}$ K dan kichik), Qora tuynukning siqilishi uchun esa 10^{67} yildan ko‘proq vaqt kerak bo‘ladi. Siqilish natijasida uning harorati oshib boradi, nurlanishlar ham kuchayadi va “bug‘lanishi” tezlashadi. Nihoyat massasi bir necha million tonnagacha kamayganida va uning hodisalar gorizonti radiusi atom yadrosi o‘lchamiga teng bo‘lib, u juda katta (yuzlab million K) haroratgacha qiziydi.

Xoking xisolashlaridan yana shuni ko‘rish mumkin: agar qora tuynuk to‘liq nurlanib ketsa, uning holati to‘g‘risida ma‘lumot uzoqdagi kuzatuvchi uchun butunlay yo‘qoladi. Bu klassik nazariya doirasida to‘g‘ri. Boshqa tomondan qora tuynukning “bug‘lanishi” xisobidan yo‘qotilgan axborot kvant mexanikasining axborot mavjudligining to‘g‘risidagi unitarlik tamoyiliga zid va uni aniqlash qiyin. Faraz qilaylik, bizda ikkita o‘ng qizil paypoq va chap ko‘k paypoq bor. Agar biz chap ko‘k paypoqni qora tuynukga tashlasak va kimdir o‘ng qizil paypoqni juftisiz topib olsa va u o‘ylaydiki chap qizil paypoqni qora tuynukga tashlagan deb taxmin qiladi ya‘ni modomiki hech qanday axborot qora tuynukdan chiqib ketolmas ekan uzoqdagi kuzatuvchi uning ichida nima borligini bila olmaydi¹³.

Shunday qilib, qora jismning nurlanishi uning ichki tuzilishi to‘g‘risida hech qanday axborot olib chiqmaydi, demak Xokingning kashfiyoti ham qora tuynukga tushib qolgan jism haqida biror narsa bilishimizga yordam bera olmaydi. Boshqa so‘z bilan aytganda, Xoking takidlayotgan qora tuynukning nurlanishi uning ichki tuzilishi to‘g‘risida bizga ma‘lumot bermaydi. Bu Xoking tomonidan kiritilgan axborotni yo‘qolish paradoksi deyiladi. U shuni ta‘kidlaydiki, bizning Koinotdan axborot yo‘qolar ekan boshqa joyda paydo bo‘ladi. Lekin, kvant nazariyasiga binoan qora jismga yutilgan axborot to‘la yo‘qoladi¹⁴.

¹² T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

¹³ L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

¹⁴ Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.

Hulosa o‘rnida shuni takidlash joizki, qora tuynuklar– o‘zida ko‘plab sinoat yashirib kelayotgan Koinotning jumboqli obyektlaridir. Ko‘pgina baxs va munozalarga sabab bo‘layotgan ko‘p sonli paradoks va muammolarga qaramasdan ishonch bilan aytish mumkinki xozirda javobsiz qolayotgan savollar kelajakda o‘z javobini topadi.

Nazorat savollari:

1. Kompakt astrofizik obyektlarga nimalar kiradi?
2. Oq mitti yulduzlarni tavsiflang.
3. Neytron yulduzlarni tavsiflang.
4. Qora o‘ra nima?
5. Qora o‘ralarning fizik xarakteristikalarini.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007, 215 p.
2. M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 355 p.
3. S.N. Nuritdinov, Somon Yo‘li, “Fan”, 1989, 28 - bet.
4. E. V. Kononovich, V.I. Moroz, Obshiy kurs astronomii, Moskva, 2004.
5. Blaschke et al., Physics of Neutron stars, Springer.

Internet ma’lumotlari

1. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>

2-MAVZU: PULSARLAR XOSSALARI VA ZAMONAVIY MODELI. OQ MITTILAR FIZIKASI

PEXA:

- 2.1. *Pulsarlar va ularning xossalari.*
- 2.2. *pulsarlarning zamonaviy modeli.*
- 2.3. *Oq mittilar fizikasi.*

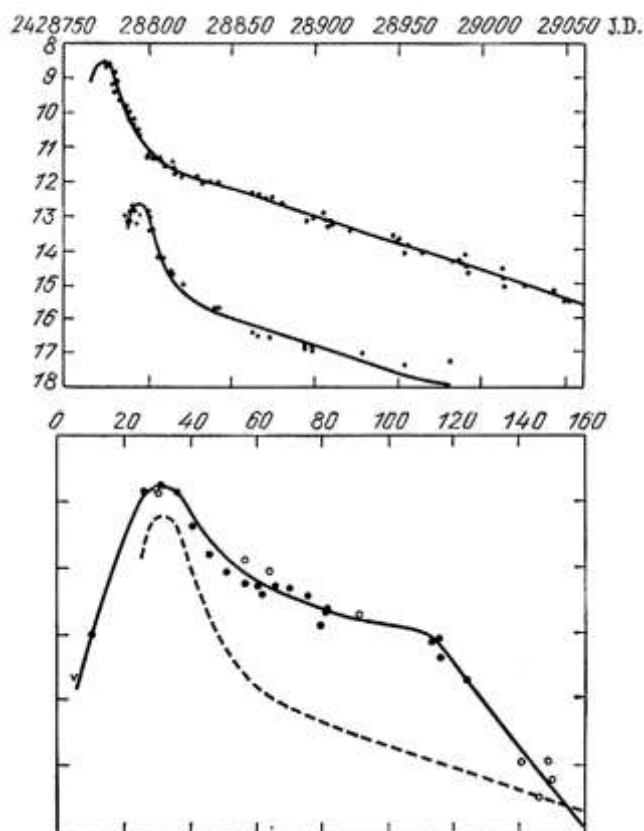
Tayanch iboralar: *pulsarlar, o'tayangi yulduzlar, pulsarlar modeli, oq mittilar.*

2.1. Pulsarlar va ularning xossalari

Kuzatuvlarga ko'ra, o'ta yangi (SN) yulduzlar portlashi natijasida vujudga keluvchi neytron yulduzlarning ko'pchiligi radiodiapazonda juda qisqa davrli impulslar tarqatishi ma'lum bo'ldi.

O'tayangi chaqnashi natijasida ajralib chiqadigan energiya butun bir galaktika sochayotgan energiyaga yaqin bo'ladi. 1885 yilda Andromeda tumanligida kuzatilgan N5 6^m yulduziy kattalikka ega bo'lgan. Solishtirish uchun Andromeda tumanligi yig'ma yorug'ligi 4.4^m. Masimumda SN larni absolyut kattaligi o'rtacha $M_V = -15^m$, ya'ni yangilarnikidan 7^m birlikka yuqori. Ayrim o'ta yangilar maksimumda $M_V = -20^m$ ga yetadi bu Quyoshnikidan 10 mlrd. marta ortiq demakdir. Bizning Galaktikada oxiri 1000 yil ichida uch marta (1054 y. da Savrda, 1572 y. da Kassiopeyada, 1604 y. da Iloneltuvchida) SN chaqnagan. 1670 yilda Kasseopeyada chaqnagan o'ta yangi tasodifan qayd qilinmagan. Hozir bu yulduz atrofida gaz tumanlik kuzatiladi va kuchli radionurlanish (Cas A) sochiladi¹⁵.

¹⁵ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume II, Cambridge University Press, 2010.



3-rasm. SN I(a) va SN II(b) turdagi o'ta yangilarni yorug'ligini o'zgarish chizig'i.

Boshqa galaktikalarda ko'plab SN kuzatilgan. o'rtacha har bir galaktikada 200 yilda bitta SN chaqnaydi. 1957-61 yillarda o'tkazilgan maxsus xalqaro patrul natijasida 42 o'tayangi kashf etildi. Hozirgacha o'ta yangilar soni 500 dan oshdi.

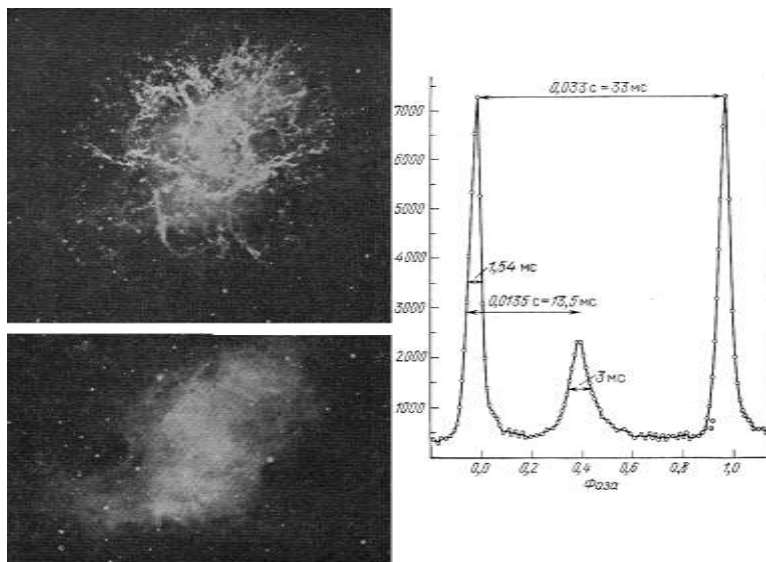
Yorug'ligini o'zgarish egrisiga ko'ra SN larni ikki turga bo'lish mumkin: SN I va SN II. SN I-maksimumi tez (bir hafta) o'tadi va undan keyingi 25 kun ichida yorug'ligi kuniga 0.1^m dan kamaya boradi. Shundan keyin yorug'ligini pasayishi sekinlashadi (3 rasm) va shu tarzda to yulduz qayd qilib bo'lmaydigan darajagacha xiralashguncha bir xil surat kuniga (0.014^m dan) bilan so'nadi. SN ni yorug'ligi eksponensial tarzda 55 kunda ikki marta kamaya boradi. Savr yulduz turkumida 1054 yilda chaqnagan yulduz maksimumida $m_V = -5^m$ kattalikka yetgan va bir oy davomida kunduzi ko'ringan, u kechasi 2 yil davomida teleskopsiz oddiy ko'zga ko'rinib turgan. SN I maksimumda $M_{Pg} = -19^m$, yorug'ligini o'zgarish amplitudasi $A = -20^m$.

SN II-ning yorqinligi pastroq: maksimumda $M_{Pg} = -17^m$, (A-noma'lum) va shu darajada bir necha vaqt (20 kun) turadi. Undan 100 kun keyin har 20 kunda 1^m birlikka kamaya boradi (3 rasmda b). SN lar galaktika tekisligi chegaralari yaqinida kuzatiladi. SN I-ixtiyoriy shakldagi galaktikalarda, SN II-faqat spiral galaktikalarda kuzatiladi.

SN I spektri yangilarnikidan butunlay farq qiladi. Spektridagi keng emission tasmalar hech bir element atomi chiziqlarga mos kelmagandan bu tasmalar chiziq emas balki tutash spektr sohalaridir. Ularni ajratib turuvchi qora sohalar kengaygan va siljigan yutilish chiziqlari degan xulosaga kelindi (E.R. Mustel, Y.P. Pskovskiy, Rossiya). Bu qora tasmalarni tekshirish natijasida SN I paytida yulduzdan massasi 0.3

moʻ boʻlgan qobugʻ ajraladi va 15 000 km/s tezlik bilan kengaya boshlaydi. Tezliklar keng oraliqni egallaydi. Qobugʻ boʻlaklarga ajralib ketgan. SN II-spektri oddiy yangi yulduzlar spektriga oʻxshash: qisqa toʻlqinli tomoniga yutilish chizigʻi yopishib turgan keng emission tasmalardan iborat. Vodород chiziqlari intensiv. SN I-vodorodi yonib tugagan yulduzlardir. SN II-esa yosh yulduzlardir¹⁶.

SN chaqnashi natijasida chaqnagan yulduz atrofida gaz tumanlik hosil boʻladi. SN 1054 -oʻrnida Qisqichbaqasimon tumanlik sifatida koʻrinadi. SN 1054 va SN 1572 (Kassiopeya) oʻrnida hozirgi kunda kuchli radionurlanish manbalari (Tau A va Cas A) joylashgan.



4-rasm. Qisqichbaqasimon tumanlik va uning ichida kuzatiladigan pulsarning intensivligini oʻzgarish chizigʻi.

Qisqichbaqasimon tumanlik 16^m kattalikdagi ichida qoʻshaloq yulduz joylashgan. Yulduzlarni bari quyi spektral sinfga mansub ikkinchisi esa juda qaynoq, kuchli ultrabinafsha rang ortiqlikka ega yulduz. Bu yulduz radio va rentgen diapozonlarda impulslar tariqasida nurlanish sochadi. Impulslar oraligʻi –davri 0.033 sek. Bu neytron yulduz boʻlib oʻq atrofida tez aylanishi (sekundiga 33 marta) natijasida pulsar sifatida koʻrinadi. NP 0532 raqam bilan roʻyxatga olingan bu pulsarni davri sistematik ravishda ortib bormoqda (aylanish tezligi kamaymoqda): 2500 yilda 2.7 marta. Bunday sekinlashuv energiyani 10^{38} erg/s ga kamayishini koʻrsatadi.

1967 yilning iyul oyida Kembridj universitetining radioastronomlari tasodifan 3,68 m toʻlqin uzunlikda har 1,33730110168 sekund davomida takrorlanuvchi impulslarni qayt qila boshlashdi. Impuls davri yil davomida oʻzgarmay, faqat ularning amplitudalari tushunarsiz ravishda oʻzgarib turar edi. 1968 yilning mart oyida xuddi shunga oʻxshash tabiatga ega boʻlgan turli uch manba avstraliyalik astronomlar tomonidan kashf qilindi. Ularga pulsarlar deb nom berilib, alohida kataloglar tuzila boshlandi. Masalan, AQShning Grin Benk radioastronomik

¹⁶ Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

observatoriyasi katalogidagi obyektga *NP*, Pushkino radioastronomlari tuzayotgan katalogi obyektiga *RR* belgilari qo'yilib, albatta shu obyektning "to'g'ri chiqishi" nomli koordinatasini ham ko'rsatib borish qabul qilindi. Bunda pulsar *RR 0943* ni olsak, uning koordinatasi 09^h43^m ga teng. Hozirgi kunda ma'lum pulsarlar soni 300 dan ortiq bo'lib, ular umuman yagona PSR belgisi bilan ifoda qilinmoqda, masalan, PSR 0943.

Pulsarlar kashf qilinishi bilan birinchi ilmiy ishlardayoq, ular o'z o'qi atrofida tez aylanuvchi va juda kuchli magnit maydonga ega bo'lgan neytron yulduzlar deb tushuntirila boshlandi. Darhaqiqat, birinchidan pulsarlardan kelayotgan impulslar davri neytron yulduzlarning o'z o'qi atrofida aylanish davri bilan bir xil, ikkinchidan, kuzatilgan o'ta yangi yulduz portlashi oqibatida markazda qolgan yulduz har safar pulsar bo'lib chiqmoqda. To'g'ri, qator pulsarlar atrofida portlash qoldig'i hisoblanuvchi tumanliklar yo'q. Gap shundaki, bu tumanliklar yoshi pulsarlarning o'rtacha yoshidan bir necha o'n marta kichik bo'lib, qisqa davr ichida fazoda tarqalib ketishga ulguradilar.

2.2. Pulsarlarning zamonaviy modeli

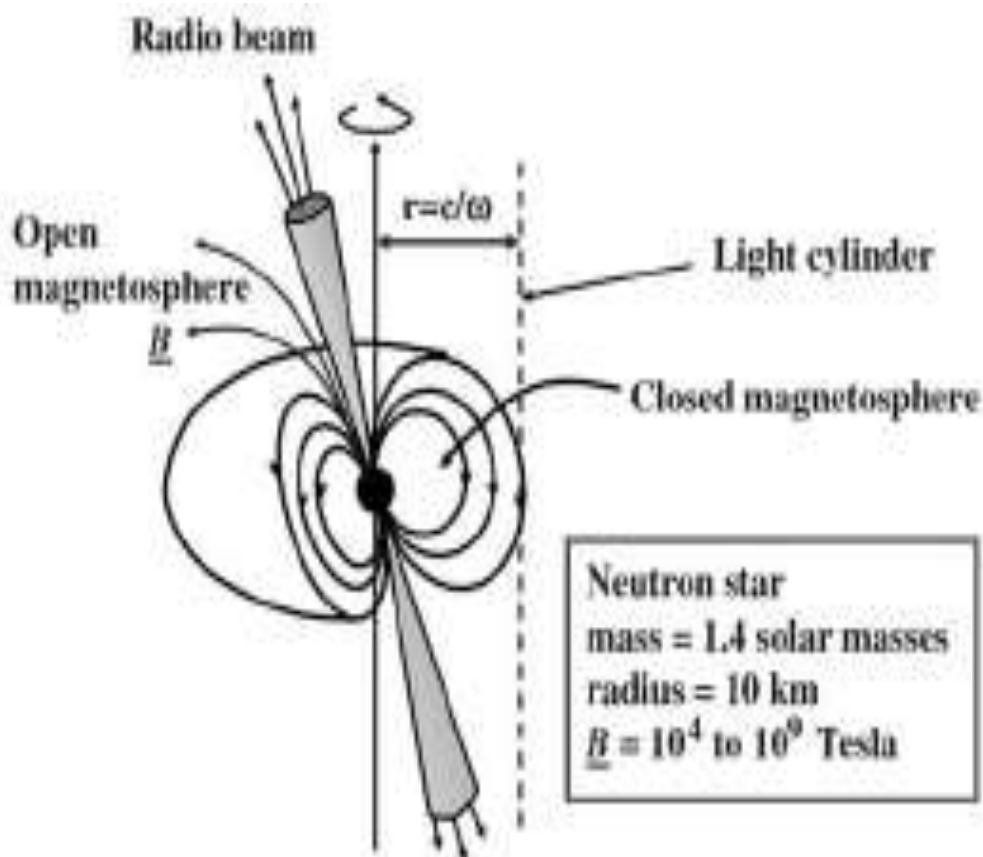
Pulsarlar juda yosh obyektlar hisoblanadi. Tadqiqotlarga ko'ra, har qanday pulsarning impulslar tarqatish davri *R* uzoq yillar davomida asta oshib boradi. Agar pulsarlar yoshi τ taxminan (10^6 - $3 \cdot 10^7$) yillar oralig'ida bo'lsa, ularning davrlari qiymati quyidagicha: $0,5 \text{ sek} < P < 2 \text{ sek}$. Bu munosabatni yanada sinchiklab o'rganib chiqib, aniq formula ham topilgan:

$$P = 2 \cdot \tau^{2/5} \quad (1.3)$$

Eng yosh pulsarlar uchun $\tau \approx 10^3 - 10^4$ yil bo'lib, ular, asosan, rentgen va gamma diapazonlarida kuchli manba hisoblanadi. Vaqt o'tgan sari bu diapazonlardagi nurlanish quvvati kamayib boradi. Buning sababi pulsarning o'z o'qi atrofida aylanish davrini ko'payib borishi bilan bog'liq. Qari pulsarlar yoshi $\tau > 10^7$ yil. Ularning hayoti yo'lida radionurlanish quvvati tugab boradi. Qisqacha aytganda, kuchli magnit maydonga ega bo'lgan neytron yulduzlarni pulsarlar deb hisoblasak, hech qachon yanglishmaymiz.

Qizig'i shundaki, pulsarlarning aylanish o'qi bilan ularning magnit o'qi ustma-ust tushmaydi. Demak, magnit o'qi fazoda aylanish o'qi atrofida uzluksiz ravishda konus chizib boradi (5-rasm). Ma'lumki, pulsarning magnit maydoni, uning magnit qutblarida juda kuchli va bu yerlarda magnit kuch chiziqlari yuzaga perpendikulyardir. Aynan ushbu qutb sohalari o'zidan elektromagnit to'lqinlarini tarqatishi kerak. Shu sababli, yuqorida ta'kidlab o'tilgan qisqa davrli radioimpulslar pulsarning magnit o'qi biz tarafga qaragan momentlarida kuzatiladi.¹⁷

¹⁷ С.Н. Нуритдинов, Сомон Йўли, "Фан", 1989, 34 - бет.



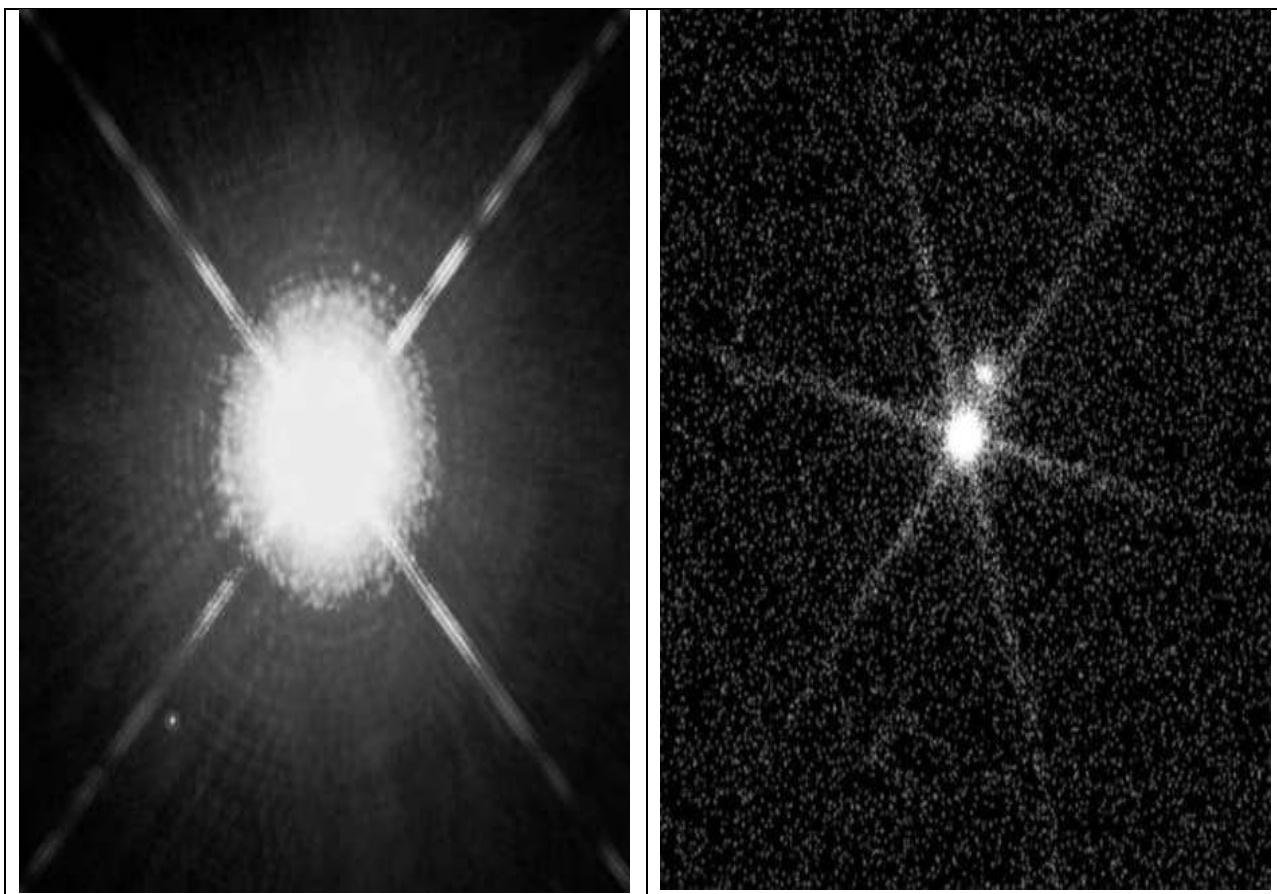
Rasm 5. Radiopulsar kuchli magnitlangan aylanuvchi, aylanish o'qiga nisbatan og'ishga ega bo'lgan dipol momentiga neytron yulduz hisoblanadi.

Kuzatuvlarning takomillashi, butun dunyo bo'ylab ko'plab olimlar bilan birgalikda, ko'proq pulsarlarni kuzatish uchun eng katta radioteleskoplarni qo'llagan holda tez sur'atlarda davom etdi va buning natijasida 1968 yilning oxiriga kelib, taxminan 20 ta pulsar aniqlandi. Bu vaqtga kelib, ushbu hodisani tushuntirishga ko'proq mos keluvchi ilgari surilgan g'oya pulsarlar tez aylanuvchi, o'ta kuchli magnit maydonga ega va energiyasini magnit maydonlari qutbidan nurlantiruvchi neytron yulduzlardir deyilganidir. Bu model "Mayoq" deb yuritiladi, ya'ni bizga kuzatilayotgan impulslar bizning ko'rish maydonimizni bir marta aylanishida kesib o'tayotgan magnit maydoni o'qi mahsulidir.

2.3. Oq mittilar fizikasi

Yuqorida aytilganidek, oddiy yulduzlarda gaz bosimi ideal gaz holat tenglamasini qanoatlantiradi. Yulduzlar ichida gaz to'la ionlashgan, ya'ni u ionlar va erkin elektronlardan iborat plazmadir. Ion va elektronlarning parsial bosimlari nurlanish bosimi bilan birga qaynoq yulduzlarda to'la bosimni berib, u gravitatsiyaga qarshi yo'nalgan bo'ladi. Yulduzlarning yadro yoqilg'isi qachon tugasa, uning ichki zichligi keskin oshib, temperatura ham qarshilik qila olmaydi. Natijada elektron aynib, ular gazi bosimi hamda ionlar va nurlanish bosimini hisobga olmaslik mumkin. Yulduz siqilib oq karlikka aylanadi.

Quyida oq karlik va neytron yulduzlar radiusi (298 bet) mavzusida tushuntirilishicha, aynigan yulduz radiusi uning massasining kub ildiziga teskari proporsional. Normal yulduzlardan farqli ravishda massa oshib borsa, radius kamayib boradi. Kashf qilingan birinchi oq karlik Sirius V bo'lib, Siriusning komponentasi bo'lgan (6-rasm). Uning noyob tabiati 1915 yili ma'lum bo'lgan, aniqrog'i uning effektiv temperaturasi nihoyatda katta ekani kashf qilingan. U xira ekani xususan uning radiusi juda kichikligini bildiradi, Yer radiusidan biroz kichikdir. Sirius V massasi, bizga ma'lumki, taxminan Quyosh massasiga teng. Demak, uning ichki zichligi keskin ravishda katta.¹⁸



6-rasm. Oq karlik Sirius V bo'lib, Siriusning komponentasi ko'rinishi.

Sirius V ning zichligi juda kattaligi uning spektral chiziqlari gravitatsion siljishi orqali dastlab 1925 yilda ko'rsatib berilgan. Natijada Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasini ham tasdiqlash bo'yicha dastlabki kuzatuv jihatidan qo'llab-quvvatlanishiga erishildi.

Oq karliklar yakka va qo'shaloq yulduzlar kabi uchraydilar. Ular sirtida kuchli gravitatsion maydon mavjudligi tufayli spektral chiziqlari kengligi yulduzning o'z o'qi atrofida aylanish tezligi bilan bog'liq. Ularda kuchli magnit maydon ham kuzatiladi.

Oq karliklar energiyaning ichkimanbasiga ega emaslar, ularning keyingi gravitatsion siqilishiga aynigan elektron gaz bosimi qarshilik qiladi. Qolgan

¹⁸ H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007.

issiqlikning nurlanishi kamayib borishi tufayli oq karliklar asta sovib, ranglari oq rangdan to qizilga o'zgarib boradi va oxiri qorayadi. Sovush vaqti Koinot yoshi atrofida va hatto-ki juda qari oq karliklar haligacha kuzatiladi. Keskin xira oq karliklarni qidirib, ularni orqali Koinot yoshining quyi chegarasini aniqlash mumkin.

Falokatli (portlovchi) o'zgaruvchan yulduzlar. Agar oq karlik zich qo'shaloq sistemaning a'zosi bo'lsa, qo'shni ikkinchi yulduz massasini o'ziga tortib ola boshlashi mumkin. Bosh ketma-ketlik yulduzi o'zining Rosh bo'shlig'ini to'ldiruvchi holi eng qiziqarli hol hisoblanib, bunda oq karlik tomon massa otilib chiqmasligi mumkin. Ikkilamchi tarmoq sifatida bu kengayish va yig'ilgan massani yo'qotish boshlaydi. Shu sababli, bunday qo'shaloq yulduzlar falokatli o'zgaruvchan yulduzlar nomi bilan ma'lum.

Ushbu falokatli o'zgaruvchanlar sinfi ta'rifi asta evolyusiyalanib o'zgarib, natijada ilgari alohida ko'ringan sistemalarning qator turlari bugun ma'lum nom bilan umumlashtirilib aytilmoqda. Xususan, o'tayangilarning Ia turi bunga misol. Oq karlik sirtida yig'ilgan vodorodning to'satdan chaqnab fazoga tashlab yuboilishi bilan bog'liq klassik yangilar alohida aytib o'tiladi. Bu erupsiya davrida yulduz qobig'ida yig'ilgan gaz siqib chiqariladi, lekin agar massaning oqishi davom etaversa unda sistemada erupsiya yuzaga keladi va qayta yangi yulduz yuzaga keladi. Nihoyat, katastrofik o'zgaruvchan yulduzlarning erupsiyasiz holati masalan, yangi yulduz holatidan oldin yoki keyingi momentga to'g'ri kelib, ular "yangiga o'xshash o'zgaruvchanlar" deyiladi.

Karliksimon yangi yulduzlar umuman boshqa mexanizm bilan tushuntirilishi mumkin. Bu holda chaqnashlar termoyadro reaksiyalar bilan bog'liq bo'lmay, balki oq karlik atrofidagi akkretsiyon oqim beqarorliklari sabablidir. Bu chaqnash mexanizmi hali batafsil tushunarli emas bo'lsada, asosiy taasurot diskning ikkita holatda bo'la olishi, sovuq va qaynoq holatlari orqali tushuntiriladi. Ma'lum shartlar bajarilsa, disk boshida bunday holatlarda qolmasligi aniq, lekin u qaynoq chaqnash va sovuq sovuq qo'zg'almas tinch holatlar orasida biridan ikkinchisiga sakrab turishga majbur.

Yangiga o'xshash o'zgaruvchan yulduzlarning maxsus turlaridan biri magnit-falokatli o'zgaruvchanlar hisoblanadi. Ularda magnit maydon shu darajada kattaki, yig'ilgan gaz akkretsiyon diskga o'ta olmaydi. Buning o'rniga bu gaz magnit kuch chiziqlari bo'ylab harakatlanishga majbur bo'lib, akkretsiyon ustunni vujudga keltiradi. Gaz bunda oq karli sirtiga urilib, kuchli qizigan holat tug'diradi va bu ravshan rentgen emission nurlanishni hosil qilib, u magnit qutblarning xarakterli xususiyati hisoblanadi. Biroz kuchsiz magnit maydoga ega bo'lgan sistemalar esa "o'rta hol qutblilar" deyiladi. Bu sistemalar akkretsiyon disk tufayli emission rentgen nurlanishi va o'zgaruvchanlikni bir vaqtning o'zida ko'rsatadi.

Nazorat savollari:

1. Pulsarlar nima?
2. Pulsarlar modeli.
3. Oq karlik qanday yulduz?

4. Oq karliklar fizikasini tushuntirib bering.

Foydalanilgan adabiyotlar

5. H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007.
6. M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007.
7. S.N. Nuritdinov, Somon Yo‘li, “Fan”, 1989, 34 - bet.
8. E. V. Kononovich, V.I. Moroz, Obshiy kurs astronomii, Moskva, 2004.
9. Blaschke et al., Physics of Neutron stars, Springer

Internet ma’lumotlari

1. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>

3- MAB3Y: YANGI VA O'TA YANGI YULDUZLAR FIZIKASIDAGI YUTUQLAR.

REJA:

- 3.1. Magnetlar v agama chaqnashlar.
- 3.2. Rentgen qushaloq sistemalar
- 3.3. Yangi va o'ta yangi yulduzlar

Tayanch iboralar: *magnetar, gamma-nurlanish, gamma-chaqnashlar, yulduzlar chaqnashi, yangi yulduz chaqnashi hodisasi, o'ta yangi yulduz chaqnashi hodisasi.*

3.1. Magnetarlar va gamma-chaqnashlar

Magnetarlar. Oddiy pulsarlar nurlantirayotgan energiya ular aylanishining sekinlashishi mahsulidir. Ayrim neytron yulduzlarda, xususan, magnetarlarda magnit maydon shunchalik kuchliki, maydon parchalanayotganda ajralayotgan energiya yulduz nurlanish energiyasining asosiy manbai hisoblanadi. Ayni paytda oddiy pulsarlarda magnit maydon 10^8 Tl bo'lsa, magnetarlarda b ko'rsatkich odatda 10^9 - 10^{11} Tl bo'lishi mumkin.

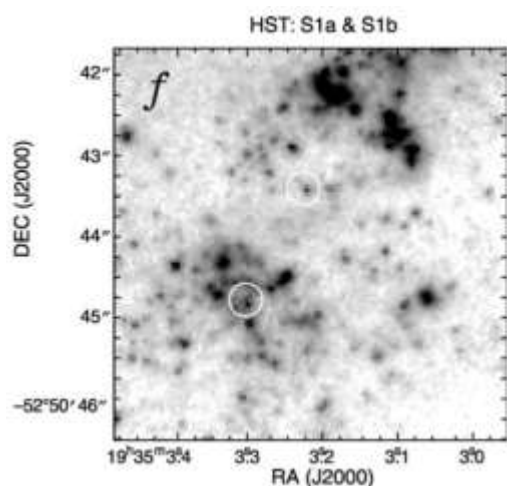
Magnetarlar dastlab yumshoq qaytalanuvchi gamma-chaqnashlar (SGR), doimiy bo'lmagan ravishda yorqin, qisqa (0,1 s) qaytalanuvchi past energiyali gamma-nurlar chaqnashini nurlantiruvchi rentgen yulduzlarni tushuntirish maqsadida qo'llanilgan. Keyinchalik sirli obyektlarning ikkinchi sinfi – anomal rentgen pulsarlar (AXR), ya'ni magnetarlar aniqlandi. AXR – aylanish davri 6 s dan 12 s gacha bo'lgan sekin aylanuvchi pulsarlardir. Shunga qaramay, ular yorqin rentgen manbai hisoblanadi, buni ularning energiyasi magnit maydoni natijasida yuzaga kelgan deb qaragan holda tushunish mumkin.

Magnetarlar bu – yetarlicha massiv va oddiy pulsarlar vujudga kelishiga olib keluvchi yulduzlarga nisbatan tezroq aylanuvchi yulduzlarning qoldiqlari deb hisoblanadi, vaholangki, bu boradagi ayrim detallar haliyam muhokamalarda. Magnetar birinchi SGR kabi paydo bo'ladi. Ushbu 10 000 yil davom etuvchi fazadali vaqtida juda kuchli magnit maydon aylanish tezligini pasaytiradi. Shu bilan birga, maydon neytron yulduz qobig'iga nisbatan siljiydi. Bu esa qobiq strukturasi, kuchli magnit otilishlarini va kuzatiladigan chaqnashlarni yuzaga keltiruvchi siljishlarga olib keladi. Taxminan 10 000 yildan keyin aylanish shunchalik sekinlashadiki, natijada chaqnashlar tugab, AXR kabi kuzatiluvchi neytron yulduz qoladi.

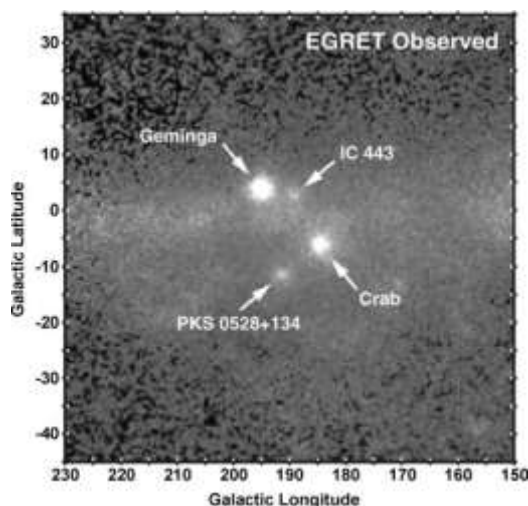
Gamma nur-chaqnashlar. Ilk bor 1973 yilda kashf qilingan juda qisqa va keskin gamma-nurlanish impulslari, ya'ni gamma-chaqnashlar (GRB) uzoq vaqt davomida sirliligicha qoldi. Birmuncha kamroq uchraydigan SGR larga nisbatan, GRB lar hech qachon takrorlanmas va ularning optik yoki rentgen analoglari yo'q edi. Dastlabki qadam Kompton gamma-observatoriyasida olib borilgan sun'iy

yoʻldosh kuzatuvlari gamma-nurlanish maʼlum boʻlgan neytron yulduzlardan farqli ravishda osmonda deyarli bir tekis taqsimlanganini koʻrsatganida qoʻyilgan.

Gamma-chaqnashlar tabiati endilikda tushunarli va bu maxsus kuzatuv dasturlari tufaylidir. YAʼni Beppo-SAX kabi gamma va rentgen sunʼiy yoʻldoshlarda chaqnash manbaini aniqlangan, xususan, Swift sunʼiy yoʻldoshi chaqnashdan keyingi GRB larni optik toʻlqin uzunliklarda tezkor tarzda izlagan. Ularni aniqlash chaqnashlargacha boʻlgan masofalarni topishga va ularning oʻzlari joylashgan galaktikalardagi oʻrnini aniqlashga imkon berdi (qarang rasm 7).



7-rasm. Qizilga siljishi $z = 0,0085$ boʻlgan, Ibc 1998bw oʻziga xos oʻtayangi yulduzning joylashgan oʻrni – pastki chap tomonda aylana ichida. Bu shu bilan birga, oʻtayangi yulduz bilan bogʻliq boʻlgan ilk kuchsiz gamma-chaqnash GRB 980425 ning ham joylashgan oʻrnidir. Yuqori oʻng tomondagi aylana ultramikro toʻlqin uzunlikdagi rentgen nurlanish manbaining oʻrni. (C.Kouveliotou et al. 2004, ApJ 608, 872, fig.1).



8-rasm. Ayrim pulsarlar gamma-nurlarda yorqin nur sochadi. Qisqichbaqa pulsarining markazi va 1992 yil Quyoshga eng yaqin 100 pk masofadagi pulsar sifatida aniqlangan Djeminga gamma-nurlanish manbaining yuqorigi chap burchagi gamma-nurlar sochadi (Tasvir: Compton Gamma Ray Observatory).

Maʼlum boʻlishicha, kamida ikki xildagi chaqnashlar mavjud: uzun yumshoq chaqnashlar, nomi ham shunday va qisqa qattiq chaqnashlar. Yumshoq gamma-nurlanishning 2 sekunddan koʻp boʻlgan uzun chaqnashlari massiv yulduzlarning, xususan, Ib va Ic yulduzdarning evolyusiyasi yakunida sodir boʻladigan portlashlar natijasida yuzaga kelishi ishonchli tarzda isbotlangan (13.3 boʻlim). Faqatgina barcha Ibc SNe tiplarning uncha koʻp boʻlmagan qismi GRB yuzaga keltiradi. GRB ni hosil qiluvchi portlashlar giperyangi yulduz portlashi deb ataladi va Koinotdagi eng yorqin obyektlar hisoblanadi. 2005 yil oxirida kuzatilgan gamma-nurlanish chaqnashi Koinot 900 million yil yoshga teng boʻlgandagi portlashdir, bu shu vaqtgacha kuzatilgan eng uzoq obyektlardan biri hisoblanadi. Giperyangi yulduz portlashlari

sodir bo'lishi uchun zarur shartlar hozircha aniqlanmagan.

Davomiyligi 2 sekunddan kam bo'lgan qisqa gamma-nurlanish chaqnashlarini yuzaga keltiruvchi sistemalarning tabiatini aniqlash qiyinroq. Eng keng tarqalgan nazariyaga ko'ra, ular ikkita neytron yulduzdan yoki neytron yulduz va qora o'radan iborat bo'lgan kompakt qo'shaloq sistemalarda yuzaga keladi. Bu sistemalar o'z energiyasi gravitatsion nurlanish oqibatida yo'qotadi va oxir oqibat ushbu ikkita komponenta gamma-nurlanish portlashini vujudga keltirgan holda o'zaro qo'shilib ketishi zarur. Bu nazariya endilikda kuchli qo'llab-quvvatlashga ega, bunga bir nechta qisqa chaqnashlarning keyingi yorqinligi ular sodir bo'lgan galaktikalarning tashqi sohalarida aniqlanganligi turtki bo'lgan. Bu sohalarda yulduzlarning barchasi qari va ularda kollapslanuvchi o'tayangi yulduzlar boshqa kuzatilmasligi sababli neytron yulduzlarning o'zaro qo'shilishi biroz ehtimolga yaqinroq. Shunga qaramay, haliyam qisqa chaqnashlarning ayrimlari faqatgina yorqin magnetarlar hisoblanishadi.

3.2. Rentgen qo'shaloq sistemalar

Neytron yulduz yoki qora o'ra, odatda bosh ketma-ketlik yulduzi bo'lgan o'z yo'ldoshidan materiya akkretsiya qiladigan zich qo'shaloq sistemalar kuchli rentgen nurlanish manbalari sifatida kuzatiladi. Ular odatda, agar yo'ldosh massasi taxminan $10M_{\text{quyosh}}$ dan katta bo'lsa, katta massali qo'shaloq rentgen nurlar manbai (HMXB) kabi, va agar yo'ldosh massasi $1,2M_{\text{quyosh}}$ dan kichik bo'lsa, massiv bo'lmagan rentgen nurlar qo'shaloq manbai kabi klassifikatsiyalanadi.

HMXB larning akkretsiyalovchi moddasi kuchli yulduz shamoli hisoblanadi. LMXB yulduz-komponyondan chiquvchi Rosh-bargi oqimidan, yoki sistema burchak momenti kamayishi oqibatida qo'shaloq sistemaning katta o'qi kichrayishidan, yoki yo'ldoshning radiusi evolyusiyasi davomida ortishidan hosil bo'ladi.

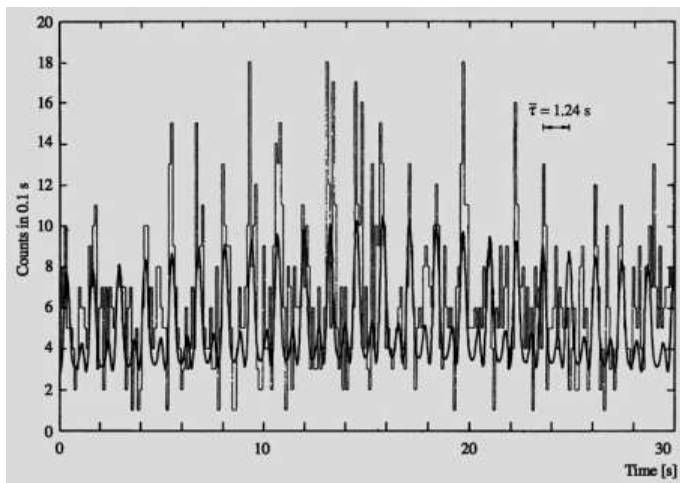
HMXB dagi massiv komponentaning tez sur'atdagi evolyusiyalanganligidan bu sistemalar hali yosh va qisqa yashashadi, 10^5 - 10^7 a. LMXB larning yashash vaqti massa-o'tkazish jarayoni bilan aniqlanadi va ko'proq bo'lishi mumkin, ya'ni 10^7 - 10^9 a. Ko'p jihatdan ular falokatli o'zgaruvchan yulduzlarga (14.1 bo'limga qarang)¹⁹ o'xshash va aynan ularga o'xshash hodisalarni yuza keltirishlari mumkin.

O'zgaruvchan rentgen manbalarining ko'plab turlari topilgan, har holda ular ilk bor 1970-yillarda kashf qilingan. Ular orasida rentgen (X-nur) pulsarlar va rentgen (X-nur) chaqnashlar faqatgina neytron yulduzlar bo'lishi mumkin, xolos. Boshqa turdagi rentgen nurlarni ular neytron yulduzlarga yoki qora o'ralarga aloqador ekanligini aniqlash murakkab.

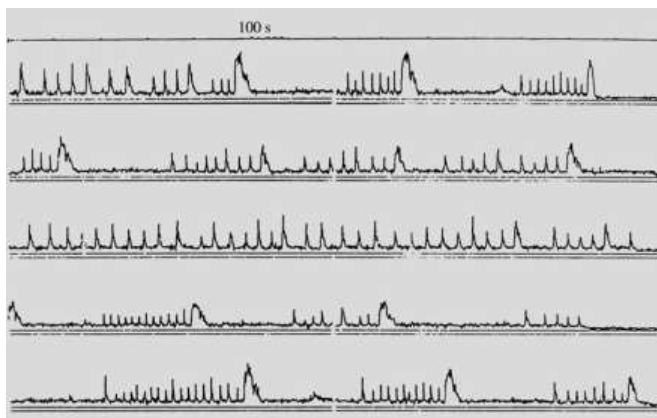
Neytron yulduzlar va qora o'ralar o'tayangi yulduz chaqnashidan hosil bo'lishadi, qo'shaloq sistemalarda esa portlash yoki chaqnash qo'shaloqlikni buzishi zarur. Qo'shaloq rentgen sistema faqatgina ayrim maxsus sharoitlardagina shakllanadi. Ba'zi misollar 11.6 bo'limda²⁰ keltirilgan.

¹⁹ H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007, 291 p.

²⁰ H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007, 254 p.



9-rasm. *Hercules X1* rentgen pulsari impulsi 1,24 s davrga ega. Kuzatuv ma'lumotlaridan olingan ma'lumotlar bilan ustama-ust qo'yilgan eng optimal egri chiziq. (Tananbaum, H. Et al. (1972): *Astrophys. J. (Lett.)* 174, L143).



10-rasm. *Tezkor rentgen barsteri MXB 1730-335* variatsiyasi. Diagrammada 100 sekund oraliq ko'rsatilgan. (Lewin, W.H.G. (1977): *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 302, 310).

X-nur Pulsarlar. X-nur (rentgen) Pulsarlar har doim qo'shaloq sistemalar bo'lib, ular yoki HMXB, yoki LMXB. Rentgen pulsarlar impulsining uzunligi massasi katta sistemalarda radio pulsarlarga nisbatan sezilarli darajada katta, ya'ni bir necha sekunddan o'nlab minutgacha. Radiopulsarlardan farqli ravishda ularning impulsi nurlanish davri vaqt o'tishi bilan kamayadi. Rentgen pulsarlarning xarakterli xususiyatini ularning qo'shaloqlik tabiatidan kelib chiqqan holda tushunish mumkin. Qo'shaloq sistemada shakllangan neytron yulduz dastlab oddiy radiopulsar kabi qaraladi. Dastlab pulsarning kuchli nurlanishini unga tushayotgan gaz to'sadi. Biroq, uning sekinlashishi oqibatida, energiyasi kamayadi va oxir oqibat yo'ldoshdan kelayotgan yulduz shamoli uning sirtigacha yetishi mumkin. Yetib kelgan gaz neytron yulduzning magnit qutblari shapkasiga yo'naladi va gaz uning sirtiga tushish jarayonida kuchli rentgen nurlanishi chiqaradi. Bu kuzatiladigan impuls nurlanishiga olib keladi.

Kichik massali qo'shaloq sistemalarda tushayotgan gazning burchak momenti pulsarning aylanishini tezlashtiradi. Neytron yulduzning maksimal darajada tez aylanish imkoniyati uni markazdan qochma kuch parchalaguncha yetadi, bu taxminan millisekundlarga teng. Bir nechta millisekundli pulsarlar, ya'ni davri ham radio, ham rentgen diapazonida millisekund atrofida bo'lgan pulsarlar ma'lum. Bu pulsarlar qo'shaloq sistemalarning a'zolari hisoblanadi yoki radio pulsarlarda qachondir qo'shaloq sistema a'zosi bo'lgan.

9-rasmda²¹ Hercules X1 tezkor rentgen pulsarining nurlanish egri chizig‘i keltirilgan. Impulslar davri 1,24 s ga teng. Bu neytron yulduz to‘siluvchan qo‘shaloq sistemaning a‘zosi bo‘lib, optik kuzatuvlarda HZ Herculis nomi bilan ma‘lum. Pulsarning massasi taxminan bir Quyosh massasiga teng, bu esa neytron yulduz uchun mos keladi.

X-nur chaqnashlar. X-nur (rentgen) chaqnashlar noregulyar o‘zgaruvchan bo‘lib, ixtiyoriy vaqt momentida to‘satdan chaqnaydi, ular I tipidagi rentgen chaqnashlar sifatida ma‘lum (10-rasm)²². Chaqnashlar orasidagi odatiy interval bir necha soat yoki kunlarga teng, biroq shu bilan birga, biroz tezkorroq chaqnashlar ham mavjud. Chaqnash kuchi, ehtimol, chaqnashlar orasidagi vaqt davomidagi “kuch to‘plashga” bog‘liqdir.

I tipidagi rentgen chaqnashlar nurlanishi klassik yangi yulduz chaqnashlari bilan o‘xshash. Biroq rentgen chaqnashlarda nurlanish manbai vodorodning yonishi bo‘lishi mumkin emas, chunki nurlanishning maksimal qiymati rentgen sohasida joylashgan. Buning o‘rniga komponyonning gazi neytron yulduz sirtiga tushadi va u yerda vodorod uzluksiz tarzda geliyga aylanguncha yonadi. Keyin qalinlashayotgan geliy qobig‘i kritik temperaturaga yetganida, u uglerodgacha yonadi. Bu vaziyatda tashqi to‘suvi qalin qatlamlar yo‘qligi sababli chaqnash X-nur chaqnashi ko‘rinishida paydo bo‘ladi.

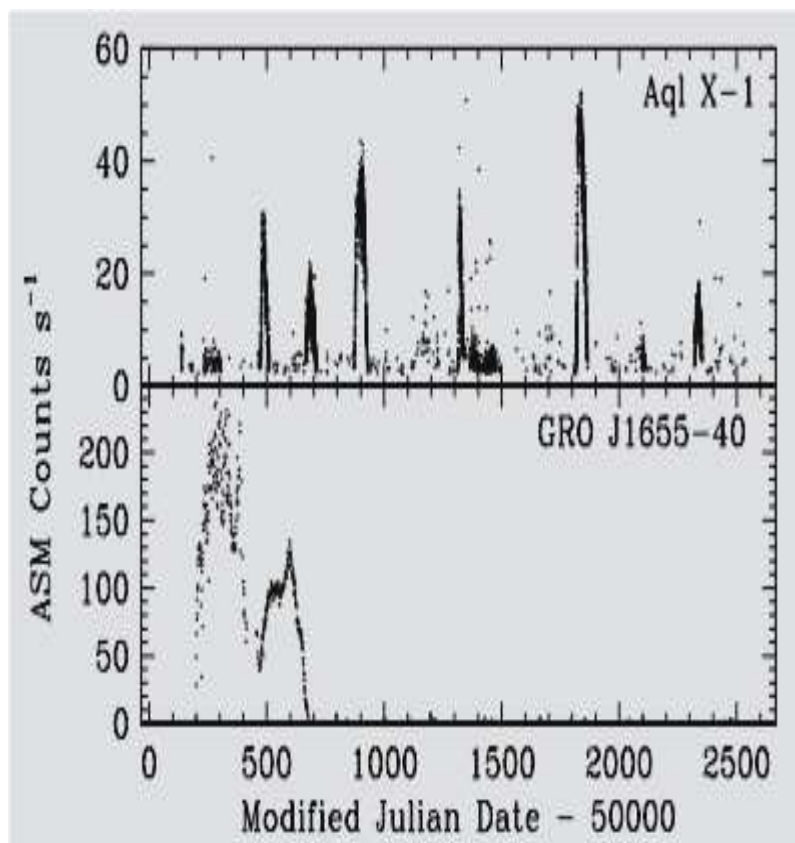
X-nur yangi yulduzlar. X-nur (rentgen) pulsarlar va chaqnashlar neytron yulduz bo‘lishi kerak. Boshqa rentgen qo‘shaloq sistemalar yoki neytron yulduz yoki qora o‘ra bo‘lishi mumkin. Rentgen nurlanishining barcha kompakt obyektlari qandaydir darajada o‘zgarishadi. Doimiy manbalarda variatsiya o‘rtacha va manbalar doimo ko‘rinadi. Ko‘plab manbalar vaqtinchalik hisoblanishadi.

Agar rentgen chaqnashlar klassik yangi yulduzlarga aloqador bo‘lsa, u holda yangi karliklarning jufti rentgen yangi yulduzlar hisoblanadi, shu bilan birga ular yumshoq rentgen o‘tish jarayonlari (SXT) sifatida ham ma‘lum. Son jihatidan ushbu tiplar orasida katta farq bor. Yangi karliklarda chaqnashlar bir necha kundan bir necha oygacha bo‘lgan intervalda davom etadi, SXT lar chaqnashi o‘nlab yillar interval bilan oylab davom etadi. Chaqnash paytida karlik yangi yulduz o‘rtacha 100 marta yorqinlashadi, SXT esa 10^6 marta. Neytron yulduz va SXT qora o‘raning yorqinlik egri chizig‘i 11-rasmda²³ taqqoslangan. SXTlar (kamida) ikkita holat orasida o‘zgaradi: yorqinlik yuqori bo‘lgan holatda akketsion diskdan chiqayotgan issiqlik nurlanishi ustun bo‘ladi, va past bo‘lgan holatda esa rentgen nurlari birmuncha yuqori energiyaga ega bo‘ladi va disk tojida yoki djetda qaynoq elektronlarning Kompton sochilishi natijasida ishlab chiqiladi.

²¹ H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007, 296 p.

²² H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007, 296 p.

²³ H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007, 303 p.



11-rasm. Neytron yulduz (Aql X-1) ning va tranzit manba hisoblangan qora o‘ra (GRO J1655-40) ning yorqinlik egri chizig‘i, RXTE da All Sky Monitor kuzatuvidan olingan. (D.Psaltis 2006, in *Compact Stellar X-ray Sources*, ed. Lewin, vdKlis, CUP, p. 16, Fig. 1.9).

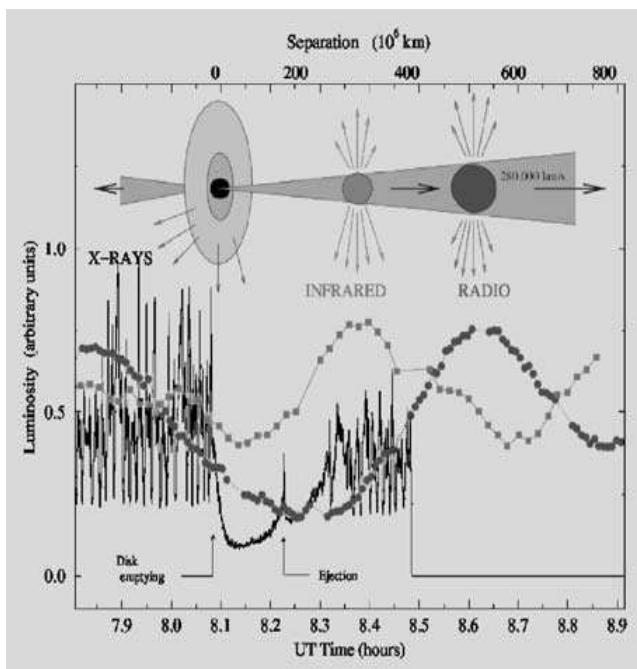
Mikrokvazarlar. X-nur (rentgen) qo‘shaloqlarning bitta qiziqarli tomoni – ularning aktiv galaktikalar yadrosi modeli (AGN, 18.7 bo‘lim)²⁴ bilan bog‘liqligi. Har ikkala sistemada akkretsiyon disk bilan o‘ralgan qora o‘ra, AGN holda 10^6 - 10^9 M_{quyosh} oraliqdagi massaga ega bo‘lishi mumkin.

Xuddi shunday rentgen qo‘shaloq sistemada akkretsiyon disk kompakt obyektini – yulduz massasidagi qora o‘rani o‘rab turadi. U ko‘p jihati AGN ga o‘xshash bo‘lgan hodisalarni namoyon qiladi. Chunki galaktik manbalar birmuncha yaqin va yetarlicha kichik vaqtlar oralig‘ida o‘zgaradi, ular bunday hodisalarni yanada chuqur kuzatishga imkon yaratadi.

Masalan, diskka perpendikulyar bo‘lgan relyativistik djetlar AGN larda ko‘p uchraydi va ularni qo‘shaloq rentgen sistemalarda ham kuzatish mumkin. Bunday mikrokvazarlardan bir nechta misol topilgan, 10-rasmga qarang²⁵.

²⁴ H. Karttunen, *Fundamental astronomy*, Springer, 2007, 384 p.

²⁵ H. Karttunen, *Fundamental astronomy*, Springer, 2007, 304 p.



12-rasm. *GRS 1915 + 105* mikrokvazarining 9 sentabr 1997 yilda kuzatilgan chaqnashi. Akkretsiyon disk ichki qismining yo‘qolishi (rentgen nurlari oqimining kamayishi) relyativistik plazma bulutlarining otilishi (infraqizi va radiodiapazondagi tebranishlar) bilan kechadi (S. Chaty, astro-ph / 0607668).

Bundan tashqari, AGN da djet ayrim hollarda aynan biz tomonga yo‘nalgan bo‘lishi mumkin. Relyativistik effektlar keyinchalik manbaning yorqinlashishiga olib keladi. Mikrokvazarda ham xuddi shunday effekt bo‘lishi mumkin, bu ultrayupqa rentgen nurlari (ULX) manbalarini, ya‘ni judayam yorqin tuyuladigan manbalarni, ular aslida yulduz massasidagi oddiy qora o‘ralar ekanligini tushuntirishga ham imkon beradi. Bu muhim, zero ULX larning boshqa bir modeliga ko‘ra, ular $10^3 M_{\text{quyosh}}$ ga teng bo‘lgan o‘rtacha massali qora o‘rani o‘z ichiga oladi. Bunday o‘rtacha massali qora o‘ralarning vujudga kelishi, agar ular mavjud bo‘lsa, o‘ziga xos qiyin muammolarni keltirib chiqaradi.

3.3. Yangi va o‘ta yangi yulduzlar

Qisqa vaqt (1-2 kun) ichida yorug‘ligini minglab yoki millionlab marta oshirib yuboradigan, ungacha hech qanday ko‘rsatgichi bilan ko‘zga tashlanmagan, chaqnash paytida esa atrofidagi yulduzlar orasida yaqqol ko‘rinadigan yulduz yangi yoki o‘tayangi yulduz deb ataladi. Ma‘lum vaqt davomida (o‘nlab yillar) yangi oldingi holatiga qaytadi, o‘tayangi o‘rnida esa neytron yulduz hosil bo‘ladi. Yangi va o‘tayangi hodisasi nafaqat yorug‘likni o‘zgarishi bilangina farq qilmay balki, ular yulduz faoliyatida butunlay boshqa-boshqa jarayonlardirlar. Yulduz bir necha marta yangi sifatida chaqnashi mumkin, biroq bir marta o‘tayangi sifatida chaqnaydi. Yangi yulduzlar qatori chaqnovchi mitti yulduzlarga ulanib ketadi.

Biroq ularni hosil qiladigan yulduzlar zich qo‘shaloq bo‘lishi ta‘kidlanmoqda.

Yangi yulduzlar. O va V sinfga mansub havo rang karlik chaqnash sifatida ko‘rinadigan bunday yulduzlarni ikki guruhga bo‘lish mumkin. Birinchi guruhga juda tez va tez yangilar kiradi, ularning so‘nish fazasida yorug‘ligini o‘zgarish egrisi nisbatan tekis bo‘lib (13-rasm) maksimumida absolyut vizual kattaligi $M_V = -8 \div -14^m$ oraliqda bo‘ladi. Yorug‘ligini o‘zgarish amplitudagi $A = 11.9^m$ gacha yetadi. Ikkinchi guruhga past darajada tez va juda sekin yangilar kiradi. Ularning yorug‘lik egrisi

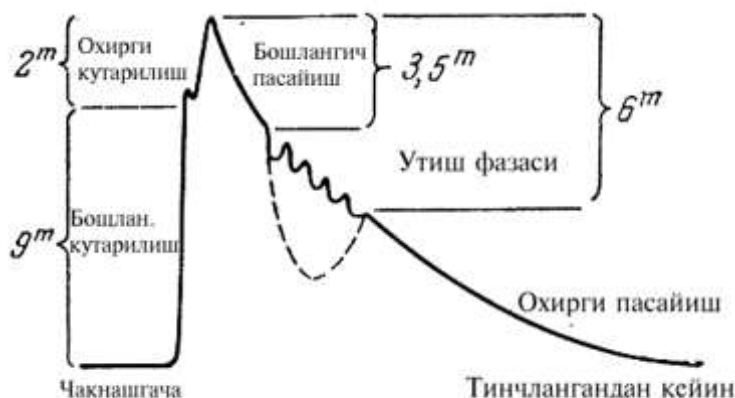
silliq bo'lmay ichki tuzilishga ega va har xil yangilarniki bir-biriga o'xshamaydi. Bunday yangilarning absolyut vizual kattaligi $M_V = -6 \div -7^m$ oraliqda, yorug'ligini o'zgarish amplitudasi $A = 9.2^m$. Yangilar boshqa galaktikalarda ham kuzatiladi²⁶. Masalan, Andromeda tumanligi (M 31)da 300 yaqin yangi qayd qilingan. Andromeda tumanligida va bizning Galaktikada (~200 ta) yangilar yulduz tizimning asosiy tekisligi yaqinida, tizim markazi tomon zichlashib boradigan holda kuzatiladilar. Yangining maksimumida absolyut vizual kattaligi ($M_{V,max}$) bilan uni uch birlikka kamayishi uchun ketgan vaqt (t_3) orasida quyidagi statistik bog'lanish topilgan:

$$M_{V,max} = -11.75^m + 2.51gt_3.$$

1975 y. Oqqushda kuzatilgan yangi uchun $t_3 = 4.1^d$ va $M_{V,max} = -10.2^m$. Ko'pchilik observatoriyalar ishtirokida o'tkaziladigan maxsus kuzatishlarda Andromeda tumanligida bir yilda 26 ta yangi qayd qilindi.

Yangilarni infraqizil (IQ) nurlarda kuzatishga ko'ra ayrim yangilarning IQ yorug' optik maksimumdan keyin kamayish o'rniga ortish ko'rsatadi. Misol uchun 1976 y.da chaqnagan NQVal yangining IQ ($\lambda = 3.2$ mkm) yorug'ligi 80 kun ichida 3^m birlikka ortdi. Bu yangi atrofida hosil bo'lgan ($T = 1000^\circ$) ulkan chang qobug' bilan bog'liq.

Chaqnash paytida maksimumgacha yangining spektri o'tagigantga xos xususiyatlari kuchaya boradigan normal yulduz spektridan iborat. Bu xususiyatlar spektral chiziqlarni juda ingichkalashib va keskinlasha borib namoyon bo'ladi. Bu yutilish chiziqlari spektrni binafsha qismi tomon siljigan va bu siljish kuzatuvchi tomon yo'nalgan birnecha yuz km/s tezlikdagi harakatga mos keladi.



13-rasm. Yangi yulduz yorug'ligini o'zgarish chizig'i shakli.

Maksimumdan keyin spektrda keskin o'zgarishlar ro'y beradi: qisqa to'liqlik tomoniga absorbsion (yutilish) chiziqlar yopishib turgan ko'plab emission polosa (tasma)lar paydo bo'ladi. Absorbsion chiziqlarga endi 1000 km/s dan ortiq harakat mos keladi. Maksimumdan keyin, yangi yorug'ligi 5-6^m birlikkacha kamaygach

²⁶ Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007.

tutash spektr juda xira, yulduzning spektri qaynoq gaz spektriga o'xshash emission chiziqlardan iborat. Bu paytda yangi spektri Volf-Raye yulduzlarinikiga o'xshaydi; chaqnashning oxirgi brsqichida emission chiziqlar yo'qoladi va yangi yorug'ligini pasayishiga mos keladigan tutash spektrga ega bo'lib qoladi.

Maksimumdan keyin yangi spektrini Volf-Raye yulduzlar spektriga o'xshashligi ularga qobug'i tez (1500 km/s gacha) kengayayotgan yuduz statusini berishga imkon beradi. Maksimumdan keyin yangi spektrida N, SaII, Ni, Fe II, Ti II, OI va Ci absorbsion chiziqlari kuzatiladi. Bu yangining bosh yutilish spektridir. Bulardan tashqari spektrda ta'qiqlangan chiziqlar [OI] $\lambda\lambda 5577, 6300, 6363$, [NII] $\lambda 5755$ shuningdek kuchaygan He I $\lambda 5876$ chiziq kurinadi. Bosh spektr-diffuz-chaqmoq spektrga aylanadi (chiziqlar keng, yoyiq $v_N 1500$ km/s). Yagini yorug'ligi 3.5^m birlikka pasaygach yangini yutilish spektri V sinfga mansub yulduzlarnikiga o'xshaydi. Bundan keyin yulduz o'tish fazasiga tushadi: bunda yoki yulduz yorug'ligi kichik tebranishlar ko'rsata boshlaydi yoki 5^m birlikka keskin pasayib ketadi. Bundan bir necha hafta keyin yulduz yorug'ligi oldingi umumiy pasayish darajasigacha ko'tariladi va yangini so'nishi davom etadi. Spektrda yutilish chiziqlari yo'qoladi, faqt keng emission chiziqlar qoladi. Yangi bu fazasi nebulyar (tumanlikka o'xshash) faza deb ataladi va u yangi chaqnashdan avvaligi darajaga tushguncha davom etadi.

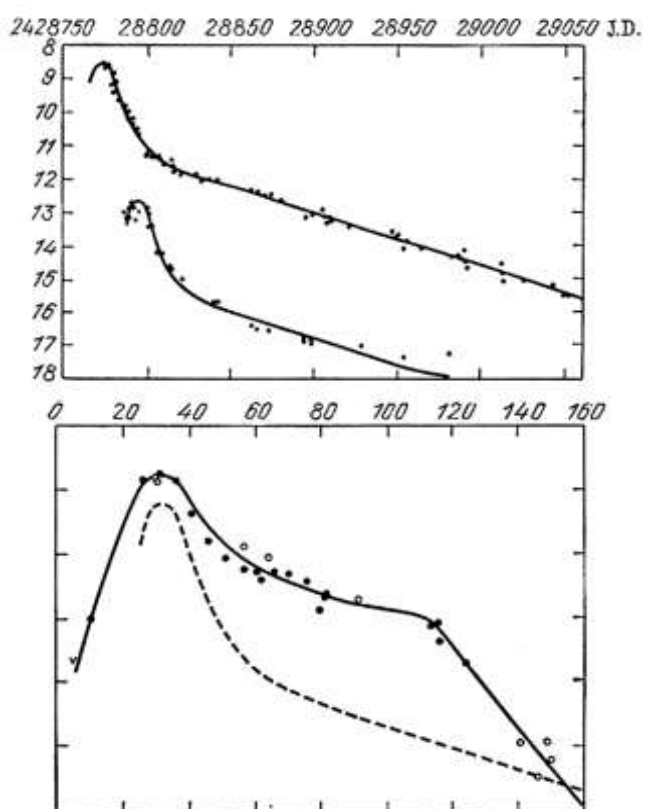
Yangi yorug'ligi va spektrini o'zgarishini "yulduz shishadi va yoriladi" deb tushuntirish mumkin. Haqiqatdan chaqnash boshlanishida uning yorug'ligini ortishi va spektrini dyarli o'zgarmasligini uning radiusini kattalashishi yoki yulduzni yetarli darajada qalin ($r \gg 1$) qobug' qatlamini kengayishi bilan tushuntirish mumkin. Yulduz diametri Quyoshnikidan bir necha yuz marta kattalashgach, qobug' yupqalashadi va bir necha bulutsimon bo'laklarga bo'linib ketadi. Bu bo'laklar yulduzdan barcha tomonga o'zoqlasha boshlaydilar. Yulduzdan ketma-ket bir necha qobug' qatlamlar uzilib chiqadi va keniyadi. Yulduz atrofida tumanlik hosil bo'ladi. Chaqnash natijasida yangi yulduzning $10^{-4}-10^{-5} M_{\text{Quyosh}}$ massasi fazoga ulotqirib yuboriladi, yoki uning atrofida gaz tumanlik hosil bo'ladi.

Ayrim yangilar zich qo'shaloq ekanligi aniqlangan. Misol uchun Gerkules yulduz turkumida 1934 yilda chaqnagan yangi N Her 1934 to'silma qo'shaloq bo'lib yorug'ligini o'zgarish amplitudasi 2^m birlik davri $4^h 39^m$ -qisqa. Shunday ko'rsatshichga ega yangilar T-Aur ($B=4^h 54^m$), V603 Agl ($3^h 20^m$). Bu yangilarni massasi kam degan xulosaga olib keladi: $m=(0.87\pm 0.33)m_{\odot}$

O'tayangi (SN) yulduzlar. O'tayangi (SN) chaqnashi natijasida ajralib chiqadigan energiya butun bir galaktika sochayotgan energiyaga yaqin bo'ladi. 1885 yilda Andromeda tumanligida kuzatilgan N5 6^m yulduziy kattalikka ega bo'lgan. Solishtirish uchun Andromeda tumanligi yig'ma yorug'ligi 4.4^m . Masimumda SN larni absolyut kattaligi o'rtacha $M_V=-15^m$, ya'ni yangilarnikidan 7^m birlikka yuqori. Ayrim o'ta yangilar maksimumda $M_V=-20^m$ ga yetadi bu Quyoshnikidan 10 mlrd. marta ortiq demakdir. Bizning Galaktikada oxiri 1000 yil ichida uch marta (1054 y. da Savrda, 1572 y. da Kassiopeyada, 1604 y. da Iloneltuvchida) SN chaqnagan. 1670 yilda Kasseopeyada chaqnagan o'ta yangi tasodifan qayd qilinmagan. Hozir bu yulduz atrofida gaz tumanlik kuzatiladi va kuchli radionurlanish (Cas A) sochiladi.

Boshqa galaktikalarda ko‘plab SN kuzatilgan. o‘rtacha har bir galaktikada 200 yilda bitta SN chaqnaydi. 1957-61 yillarda o‘tkazilgan maxsus xalqaro patrul natijasida 42 o‘tayangi kashf etildi. Hozirgacha o‘ta yangilar soni 500 dan oshdi.

Yorug‘ligini o‘zgarish egrisiga ko‘ra SN larni ikki turga bo‘lish mumkin: SN I va SN II. SN I-maksimumi tez (bir hafta) o‘tadi va undan keyingi 25 kun ichida yorug‘ligi kuniga 0.1^m dan kamaya boradi. Shundan keyin yorug‘ligini pasayishi sekinlashadi (14-rasm) va shu tarzda to yulduz qayd qilib bo‘lmaydigan darajagacha xiralashguncha bir xil surat kuniga (0.014^m dan) bilan so‘nadi. SN ni yorug‘ligi eksponensial tarzda 55 kunda ikki marta kamaya boradi. Savr yulduz turkumida 1054 yilda chaqnagan yulduz maksimumida $m_v = -5^m$ kattalikka yetgan va bir oy davomida kunduzi ko‘ringan, u kechasi 2 yil davomida teleskopsiz oddiy ko‘zga ko‘rinib turgan. SN I maksimumda $M_{pg} = -19^m$, yorug‘ligini o‘zgarish amplitudasi $A = -20^m$.



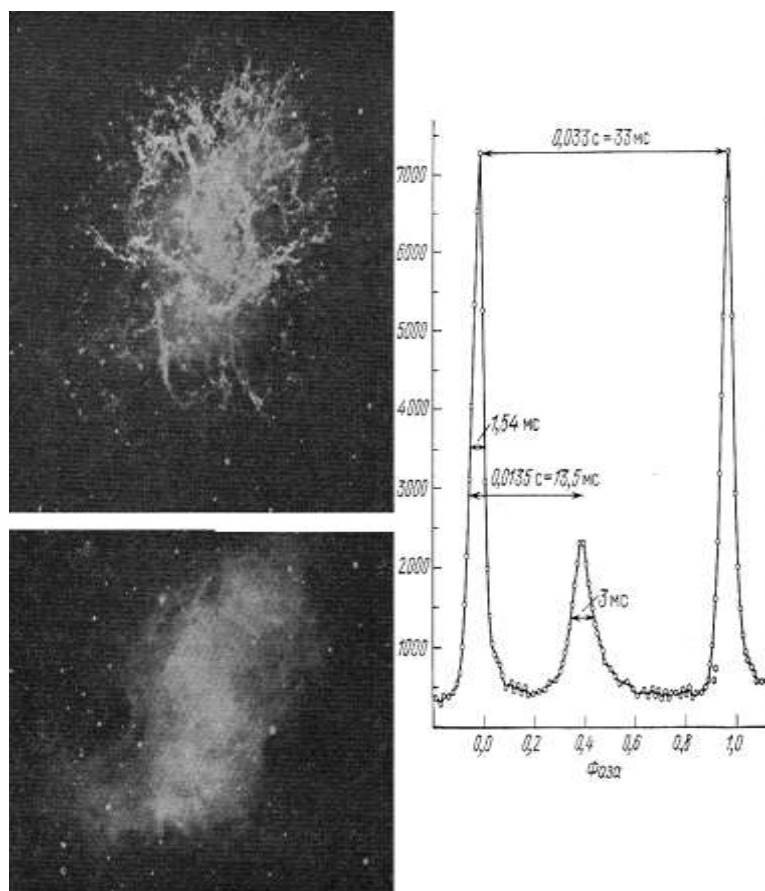
14-rasm. SN I(a) va SN II(b) turdagi o‘ta yangilarni yorug‘ligini o‘zgarish chizig‘i.

SN II-ning yorqinligi pastroq: maksimumda $M_{pg} = -17^m$, (A-noma‘lum) va shu darajada bir necha vaqt (20 kun) turadi. Undan 100 kun keyin har 20 kunda 1^m birlikka kamaya boradi (14b-rasm). SN lar galaktika tekisligi chegaralari yaqinida kuzatiladi. SN I-ixtiyoriy shakldagi galaktikalarda, SN II-faqat spiral galaktikalarda kuzatiladi.

SN I spektri yangilarnikidan butunlay farq qiladi. Spektridagi keng emission tasmalar hech bir element atomi chiziqlarga mos kelmagandan bu tasmalar chiziq emas balki tutash spektr sohalaridir. Ularni ajratib turuvchi qora sohalar kengaygan va siljigan yutilish chiziqlari degan xulosaga kelindi (E.R.Mustel, Y.P.Pskovskiy, Rossiya). Bu qora tasmalarni tekshirish natijasida SN I paytida yulduzdan massasi 0.3

M_{quyosh} bo'lgan qobug' ajraladi va 15 000 km/s tezlik bilan kengaya boshlaydi. Tezliklar keng oraliqni egallaydi. Qobug' bo'laklarga ajralib ketgan. SN II-spektri oddiy yangi yulduzlar spektriga o'xshash: qisqa to'liqlik tomoniga yutilish chizig'i yopishib turgan keng emission tasmalardan iborat. Vodorod chiziqlari intensiv. SN I-vodorodi yonib tugagan yulduzlardir. SN II-esa yosh yulduzlardir.

SN chaqnashi natijasida chaqnagan yulduz atrofida gaz tumanlik hosil bo'ladi. SN 1054 -o'rnida Qisqichbaqasimon tumanlik sifatida ko'rinadi. SN 1054 va SN 1572 (Kassiopeya) o'rnida hozirgi kunda kuchli radionurlanish manbalari (Tau A va Cas A) joylashgan.



15-rasm. Qisqichbaqasimon tumanlik va uning ichida kuzatiladigan pulsarning intensivligini o'zgarish chizig'i.

Qisqichbaqasimon tumanlik 16^m kattaligidagi ichida qo'shaloq yulduz joylashgan. Yulduzlarni bari quyi spektral sinfga mansub ikkinchisi esa juda qaynoq, kuchli ultrabinafsha rang ortiqlikka ega yulduz. Bu yulduz radio va rentgen diapozonlarda impulslar tariqasida nurlanish sochadi. Impulslar oralig'i – davri 0.033 sek. Bu neytron yulduz bo'lib o'q atrofida tez aylanishi (sekundiga 33 marta) natijasida pulsar sifatida ko'rinadi. NP 0532 raqam bilan ro'yxatga olingan bu pulsarni davri sistematik ravishda ortib bormoqda (aylanish tezligi kamaymoqda): 2500 yilda 2,7 marta. Bunday sekinlashuv energiyani 10^{38} erg/s ga kamayishini ko'rsatadi (15-rasm).

Nazorat savollari:

1. Magnetar nima?
2. Qanday yuqori energiyali chaqnashlarni bilasiz?
3. Akkretsiyon disk nima?
4. Qanday rentgen manbalarni bilasiz?
5. Yangi va o‘ta yangi yulduz hodisalarini tushuntirib bering.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007.
2. M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007.
3. S.N. Nuritdinov, Somon Yo‘li, “Fan”, 1989.
4. E.V. Kononovich, V.I. Moroz, Obshiy kurs astronomii, Moskva, 2004.
5. Blaschke et al., Physics of Neutron stars, Springer.

Internet ma’lumotlari

1. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>

4- MAB3Y: QIZIL GIGANT VA PLANETAR TUMANLIKLAR.

REJA:

4.1. Qizil gigantlar.

4.2. Gaz-chang va planetar tumanliklar

4.3. Protogallaktikalar va ularning evolyutsiyasi

Tayanch iboralar: *Qizil gigantlar, chang tumanliklar, planetar tumanliklar, diffuz tumanliklar, ionlangan vodorod sohalari, qora tumanliklar, protogalaktikalar.*

4.1. Qizil gigantlar

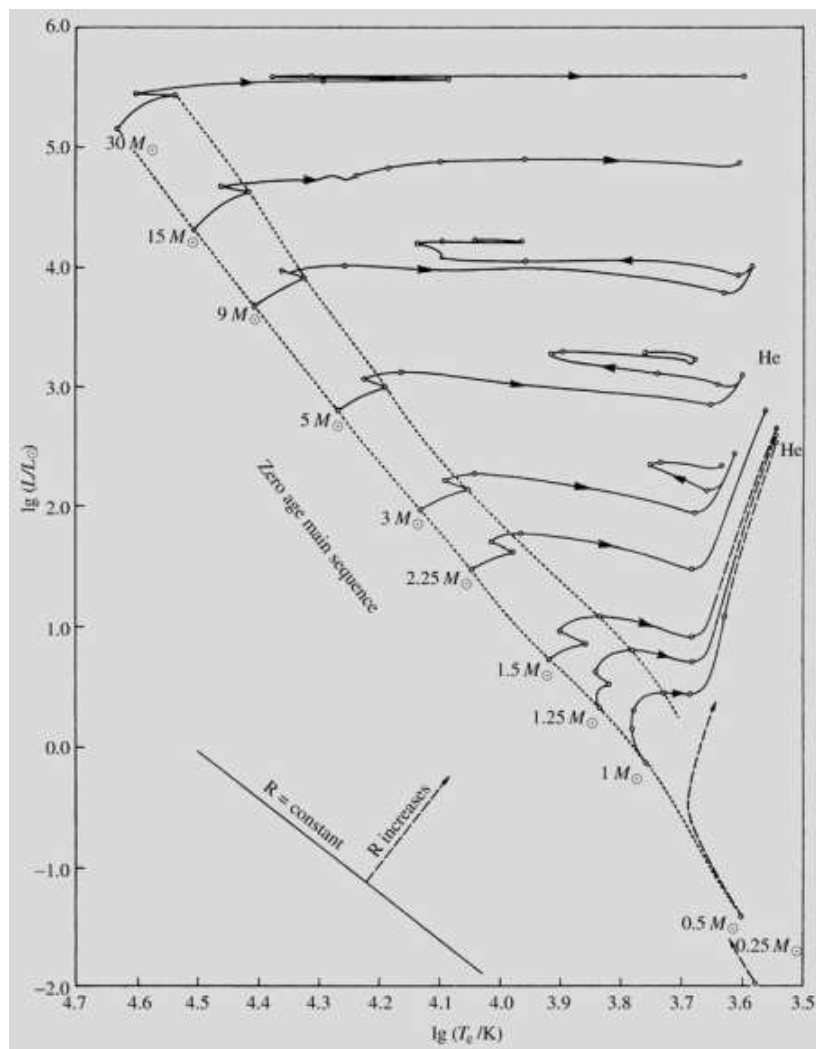
Yulduzlar evolyusiyasining fazaviy ketma-ketligi ularning markazidagi vodorod yonib bo'lganida tugaydi. Keyin yulduz geliy yadrosi atrofidagi vodorod qobig'i yonadigan holatgacha soviydi. Ma'lumki, o'tishlar bosqichma-bosqich bosh ketma-ketlikdagi yulduzning biroz pastga siljishi ko'rinishida sodir bo'ladi, bu esa G-R diagrammada subgigantlar tarmog'ining hosil bo'lishiga olib keladi, ayni paytda bosh ketma-ketlikning yuqori qismidagi yulduzlar bu nuqtada tezkor sakrash qilishadi.

Geliyli yadro massasi qatlamdagi vodorodning yonishi evaziga ortib boradi. Bu G-R diagrammada deyarli gorizontalar tarzda o'nga harakatlanadigan og'uvchi yulduzlar tarmog'ining kengayishiga olib keladi. Konvektiv qatlam imkon qadar kengaygan sari, yulduz Xayasi yo'lagiga yaqinlashadi. Chunki u o'ng tomonga boshqa siljiy olmaydi, sababi uning radiusi ortib boradi, bunday vaziyatda yulduz Xayasi yo'lagi bo'ylab yuqoriga katta yorqinlikdagi yulduzlar tomonga harakatlanishi kerak (16-rasm). Yulduz qizil gigantga aylandi.

Kichik massali yulduzlarda ($M \leq 2,3 M_{\text{quyosh}}$) yadro massasi ortib borishi bilan uning zichligi oxir oqibat shu darajada katta bo'ladiki, u aynigan holatga o'tadi. Markazidagi harorat o'tirib boradi. Aynigan gazning yuqori o'tkazuvchanligi tufayli butun geliy bir xil haroratga ega bo'ladi. Agar yulduzning massasi $0,26 M_{\text{quyosh}}$ massasiga teng bo'lsa, uning markazidagi harorat oxir oqibat taxminan 100 million gradusga yetadi, bu esa geliyning 3 ta alfa jarayonida uglerodgacha yonishiga yetarli harorat hisoblanadi.

Geliyning yonish jarayoni butun markaziy zonada bir paytda boshlanadi va birdagina uning haroratini ko'taradi. Normal holatdagi gazdan farqli ravishda aynigan holatdagi yadro kengaya olmaydi, vaholangki, harorat o'tirishda davom etadi ((10.16) ga qarang), shuning uchun haroratning ortishi faqatgina yadroviy reaksiyalar kechish tezligining yanada ortishiga olib keladi. Harorat yanada ko'proq ko'tarilganda esa gazning ayniganlik holati yo'qoladi va yadro tez sur'atda kengayishni boshlaydi. Geliy yonish jarayoni boshlanganidan atigi bir necha sekund o'tib portlash sodir bo'ladi, ya'ni geliy-chaqnashi kuzatiladi.

16-rasm. G-R diagrammada yulduzlarning bosh ketma-ketlik va undan keyingi etapdagi evolyusion yo'li. Shtrix egri chiziq bosh ketma-ketlik bo'lib, evolyusiya yadro vaqti birligida berilgan. Qizil gigant fazasidagi bosh ketma-ketlikdan keyingi evolyusiya issiqlik vaqt shkalasida joylashgan. He bilan belgilangan nuqta geliyning yonishiga, kichik massali yulduzlarda esa geliyga to'g'ri keladi. To'g'ri chiziq bir xil radiusli yulduzlarning joylashishini ko'rsatadi. (Iben, I. (1967): *Annual Rev. Astron. Astrophys.* 5, 571; data for 30 M_{\odot} from Stothers, R. (1966): *Astrophys. J.* 143, 91).



Geliy oqimining energiyasi tashqi qatlamlarda yutiladi va o'z navbatida yulduzlarning butunlay parchalanib ketishining oldini oladi. Aslida yulduzlarning yorqinligi alangalanganda pasayadi, chunki markaziy qism kengayganida tashqi qatlamlar siqiladi. Yadro o'chog'idan ajralayotgan energiya kengayayotgan yadroning potensial energiyasiga aylanadi. Shu yo'sinda, geliy chaqnashidan keyin yulduz, geliy aynimagan holatdagi yadroda doimiy tarzda uglerodgacha yonadigan yangi holatga o'tadi.

Geliy chaqnashidan keyin yulduz G-R diagrammasida gorizontali tarmoqqa o'tadi. Yulduzning geliy chaqnashidan keyingi gorizontali tarmoqdagi aniq o'rni uning tashqi qobig'i massasiga judayam bog'liq. Bu o'z navbatida yulduzning geliy chaqnashidan yo'qotadigan massasiga bog'liq, bu esa har yulduzda har xil bo'lishi mumkin. Vaholangki, yorqinlik gorizontali tarmoq bo'ylab unchalik ko'p o'zgar olmaydi, effektiv temperatura qobig'ining massasi kam bo'lgan yulduzlar uchun yuqoriroq. Gorizontali tarmoq ko'k va qizil qismga bo'lingan bo'lib, o'zgaruvchan RR Lira yulduzlariga olib boruvchi pulsatsion beqarorliklarga mos keladi (13.2 bo'limga qarang). Yulduzlar guruhi uchun gorizontali tarmoqning shakli ularning metallga boyligiga bog'liq, ya'ni metall birmuncha kam bo'lishi gorizontali tarmoqning biroz yaqqolroq ko'k bo'lishi bilan bog'liq. Shunday qilib, tarkibida metall karoq bo'lgan sharsimon yulduz to'dalarida ko'k gorizontali tarmoq qalin va

sezilarli darajada yaqqol bo‘ladi (16.3 bo‘lim). Geliy va vodorodga boy bo‘lgan yulduzlar uchun ko‘k gorizontalar tarmoq o‘ta qisqa bo‘lib, gigantlarning qizil tarmog‘iga ulangan joyida qizil guj bo‘ladi.

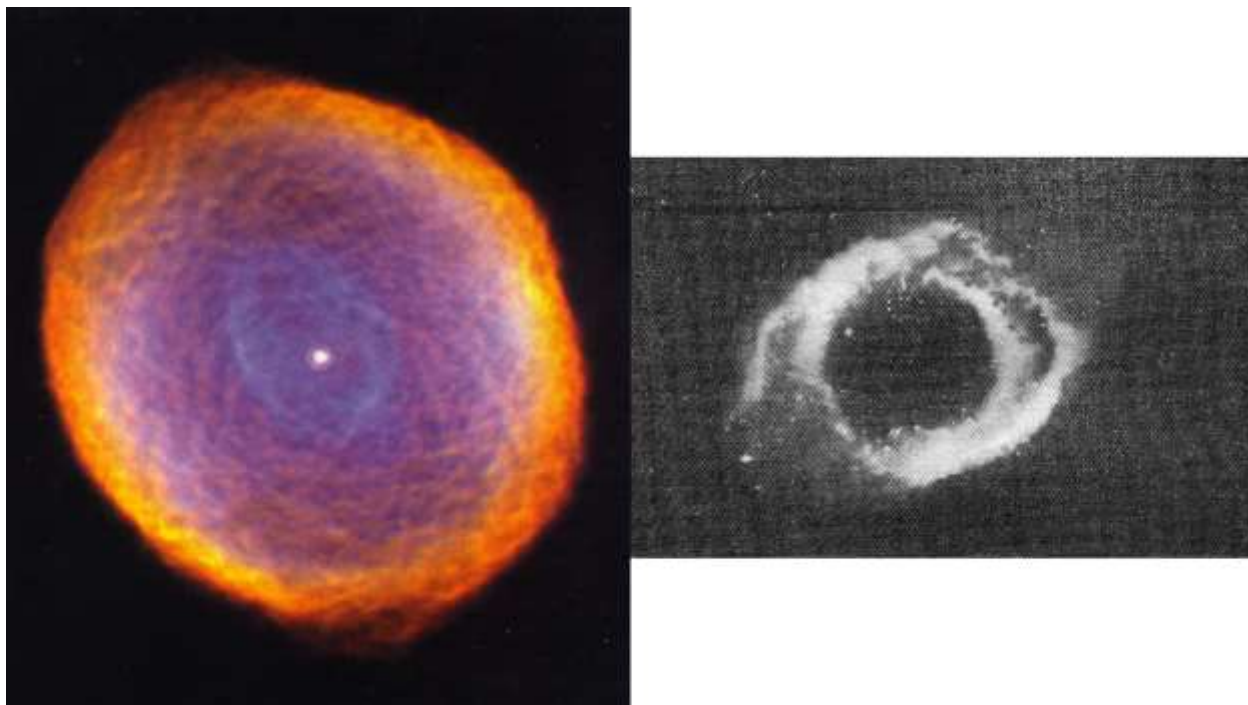
O‘rtacha massli yulduzlarda ($2,3 M_{\text{quyosh}} \leq M \leq 8 M_{\text{quyosh}}$) markaziy harorat yuqori, markaziy zichlik esa past bo‘ladi va shuning uchun yadro aynigan holatda bo‘lmaydi. Shu qilib, geliyning yonishi markaziy qismning qanday siqilishiga qarab, falokatli tarzda kuzatilmasligi ham mumkin. Yadrodagi geliy yonish jarayonida harorati ortib, yulduz dastlab qizil gigantlar tarmog‘idan biroz ko‘k rangli yulduzlar tarmog‘i tomonga siljiydi, lekin keyinchalik yana Xayasi yo‘lagiga qaytadi. Bu ko‘k yulduzlar tomon siljishning muhim natijasi ular yulduzni G-R diagrammadagi beqaror sefeidlarga mos keluvchi yo‘lakka olib keladi (13.2 bo‘lim). Klassik o‘zgaruvchan sefeidlarda shu yo‘sinda vujudga keladi, ular Somon Yo‘li va yaqin galaktikalarda masofani aniqlash uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘ta massiv yulduzlarda geliyning yonishi yulduz qizil gigant tarmog‘iga yetib borishidan avval boshlanadi. Ayrim yulduzlar G-R diagrammasida o‘ng tomonga siljishda davom etadi. Boshqalarida bu kuchli yulduz shamoli va massaning katta qismi yo‘qolishiga olib keladi. Bu evolyusion fazadagi P Cygni va η Carinae kabi yulduzlar ko‘k o‘zgaruvchan yulduz sifatida ma‘lum, LBV Somon Yo‘lidagi eng yorqin yulduzlardan biri hisoblanadi. Agar yulduz o‘zining qobig‘ini saqlan qola olsa, u qizil o‘tagigantga aylanadi. Aks holda u G-R diagrammasidagi ko‘k tomonga siljiydi va natijada Volfa-Raye yulduziga aylanadi.

4.2. Gaz-chang va planetar tumanliklar

Spektri emission (yorug‘) chiziqlar kuzatiladigan tumanlik gaz tumanlik deb ataladi. Gaz tumanliklar o‘zlaridan nurlanish chiqaradilar, ularning ikki xili mavjud: diffuz va planetar tumanlik. Diffuz tumanliklar odatda noto‘g‘ri shaklda bo‘ladilar va ularning ko‘ndalang kesmi birnecha parsekdan 150 parsekgacha bo‘ladi. Bunday tumanliklarni 150 tasi qayd qilingan. Planetar tumanliklar elliptik yoki aylana gardish yoki halqa shaklda bo‘ladi. Ularning diametri 10-100 ming astronomik birlik oralig‘ida bo‘ladi. Bunday planetar tumanliklarning 1100 da ortig‘i topilgan va qayd qilingan. Ma‘lumki, Galaktikada ko‘plab (1000 dan ortiq) qora tumanliklar borligi aniqlangan bu tumanliklar chang tumanlik deb ataladi.

Planetar tumanliklar. Planetar tumanliklarning fotografik yorug‘ligi $7 \div 13^m$, uzoqligi 1.5 Kps gacha, diametri $0.05 \div 0.2$ ps (burchakiy $10 \div 1000''$) massasi $0.05 \div 0.2$ Quyosh massasi oalig‘ida joylashadilar. Kamdan kam hollarni hisobga olmaganda planetar tumanlik o‘rtasida hamma vaqt qaynoq (OV) yulduz kuzatiladi. Ko‘rinishidan tumanlikni nurlantiruvchi manba ana shu qaynoq yulduz bo‘ladi (17-rasm). Yorug‘lik nurlarida yulduz tumanlikdan 100 marta xira biroq u kuchli ultrabinafsha nurlanish sochadi va bu nurlanish tumanlikda yutiladi va yorug‘lik nurlari sifatida qayta sochiladi.



17-rasm. *Planetar tumanlik IC 418(a) va Dalv yulduz turkumidagi NGC 7293(radiusi bir parseka yetadi).*

Tumanlik yulduz nurlanishini qayta ishlaydi. Yulduzdan sochilayotgan yuqori energiyali ultrabinafsha kvantlar tumanlik atolari va ionlarini uygʻongan holatlarga oʻtkazadi. Uygʻongan holatdan asosiy holatga qaytishda shu atomlar va ionlar yorugʻlik nuralri diapazoni chastotalarida nurlanish chiqaradilar: bitta yuqori energiyali ultrabinafsha kvant ikkita yorugʻlik kvanti hosil qiladi. Bu hodisa fluoressinziya deb ataladi. Planetar tumanliklar oʻzagidagi yulduzlar oʻta qaynoq yulduzlardir.

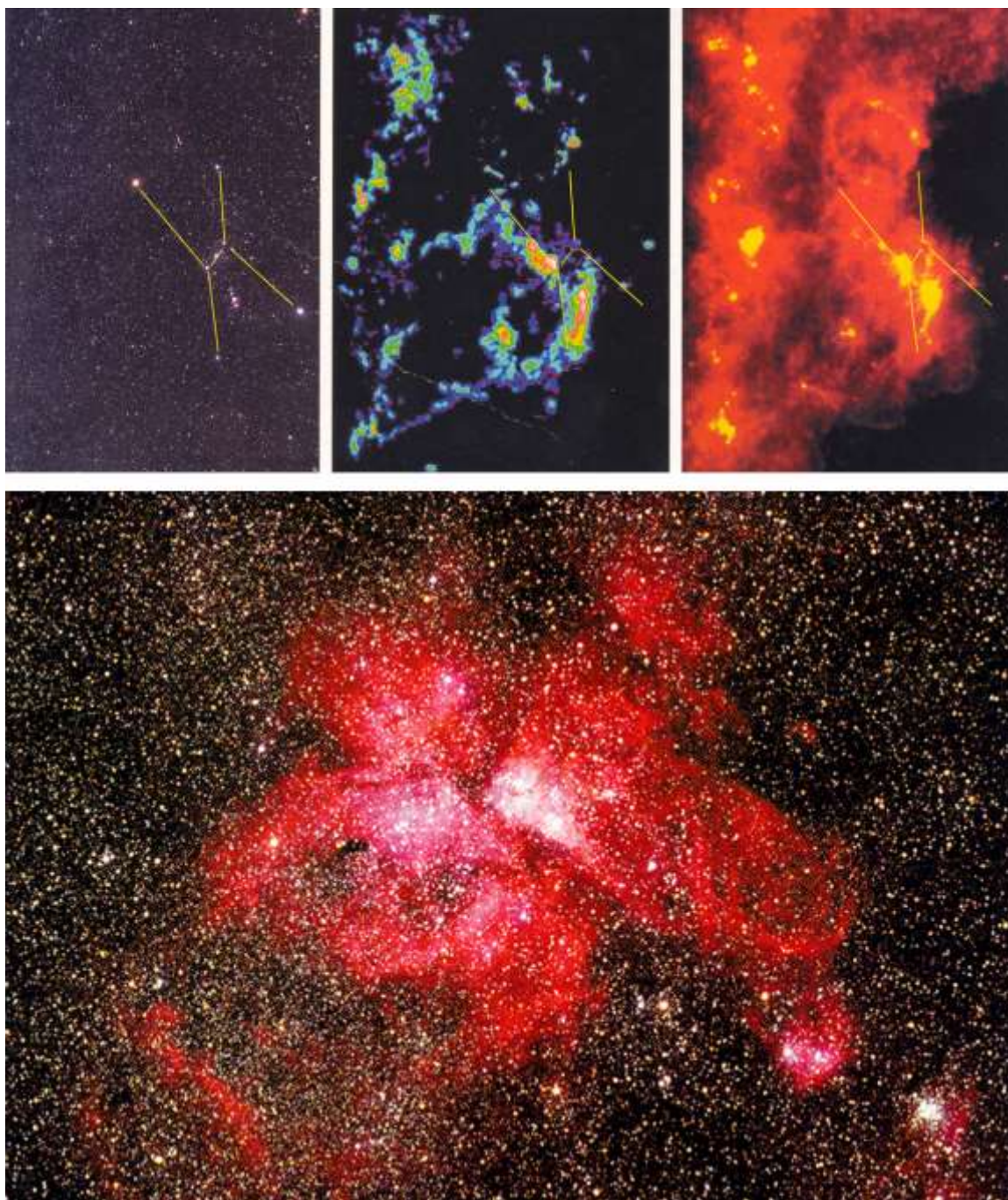
Ularning temperaturasi 35 mingdan 100 ming K oraliqqatoʻgʻri keladi, nurlanishning maksimumi $\lambda < 1000 \text{ \AA}$ oʻzoq ultrabinafsha nurlanish diapazoniga toʻgʻri keladi. Tumanlik oʻzagidan sochilayotgan L_C (Layman seriyasi kotinuumi) kvantlar ($\lambda < 912 \text{ \AA}$) vodorod atomlarini uygʻongan ($n \geq 4$) holatlarga oʻtkazadi. Bu atomlar asosiy holatga toʻppa-toʻgʻri ($4 \rightarrow 1$ singari) oʻtmasdan balki $4 \rightarrow 2$ va $2 \rightarrow 1$ yoki $4 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ oʻtishlarni bajaradi. Maʼlumki, $3 \rightarrow 2$ oʻtish Balmer seriyasi birinchi chizigʻini beradi uning toʻlqin uzunligi $\lambda = 6563 \text{ \AA}$ spektrni qizil qismiga toʻgʻri keladi yoki $4 \rightarrow 2$ oʻtish koʻp chiziq ($\lambda = 4861 \text{ \AA}$) ni beradi. Shunday qilib, bitta L_C kvant bir nechta yorugʻlik kvanti hosil qiladi.

Bunday jaryonni muvozanatligicha oʻzagining tumanlik temperaturasi aniqlangan (Zanstra usuli). Masalan yuqorida rasmi keltirilgan NGC 7293 oʻzagining temperaturasi 100 ming K ga teng. Planetar tumanliklar spektrida vodorod va azot ionlarining Pauli prinsipi boʻyicha taqiqlangan chiziqlari [OII] 3727 \AA , [NII] 6584 \AA [OIII] 4959 \AA va 5007 \AA kuzatiladi. Ayrim Planetar tumanliklarning emission chizikli spektrida kuchsiz tutash spektr ham koʻrinadi. U ayniqsa Balmer seriyasi kontinuumida yaqqol koʻrinadi va ozod elektronni ikkinchi sathga rekombinatsiyasi bilan bogʻliq.

Planetar tumanliklar massasi $0.1 \div 0.2 M_{\text{quyosh}}$ oraliqda va ular 14-40 km/s tezlik bilan kengaymoqdalar.

Bu natija ular gigant yulduzni to'satdan portlashi va qobug' qatlamini kengayishi natijasida hosil bo'lgan degan xulosaga olib keladi. Ular o'ta yangi qoldig'i bo'la olmaydilar, chunki Galaktikada buncha o'ta yangi chaqnamagan.

Diffuz tumanliklar. Ko'pchilik diffuz tumanliklarning ko'ndalang kesimi $1 \div 25$ ps (burchakiy kattaligi 10-100'), uzoqligi < 1.5 Kps, massasi $0.1 \div 10^4$ Quyosh massasi, o'rtacha elektron konsentratsiyasi $20 \div 1000 \text{ sm}^{-3}$ ko'rinma yulduziy kattaligi $1 \div 10^m$ oraliqda joylashadi. Diffuz tumanliklar ham planetar tumanliklar singari ichidagi yoki yonidagi qaynoq yulduz nurlanishi hisobiga shu'lalanadilar. Planetar tumanliklar Galaktika tekisligidan chetda kuzatilsalar diffuz tumanliklar konsentratsiyasi unga tomon ortib boradi. Bu qaynoq yulduzlarni Galaktika tekisligi tomon konsentratsiyasi ortaborishi bilan bog'liq. Ayrim diffuz tumanliklar tasodifan qaynoq yulduz yaqinida bo'lib qolganlari tufayli ko'rinsalar boshqalari yulduz bilan "qarindosh"dirlar. Masalan, mashhur Qisqichbaqasimon tumanlik o'tayangi yulduz chaqnashi natijasida hosil bo'lgan. Yoki Orion yulduz turkumidagi diffuz tumanlikning eng yorug' markaziy qismi yaqinida mashhur Orion trapetsiyasi deb ataladigan qaynoq yulduzlar joylashgan. Shunday yulduz va tumanlik assotsiatsiyalaridan yana bir mashhuri Yakkashox yulduz turkumida kuzatiladigan NGC 2237-38 tumanlikdir. Bu tumanlik ichida emission chiziqlarda nurlanadigan O yulduzlar (O-assotsiatsiya) to'dasi NGC 2244 joylashgan (18-rasm). Bu yulduzlar tumanlikni shu'lalantiradilar, ularning temperaturasi (15-25 ming K) planetar tumanlik o'zagini singari yuqori bo'lmaganligi uchun tumanlik moddasini uyg'onish darajasi past, spektrida [O II] $\lambda 3727$ ko'zga tashlanib turadi. Tumanlik temperaturasi 10^4 Kga yaqin. Orion tumanligi Balmer kontinuumida intensiv tutash spektr ko'rsatadi. Bunday tumanliklar yorug' bo'lganligi uchun boshqa galaktikalarda ham kuzatiladi. Masalan Oltin Baliq (Tarantul) deb nomlangan tumanlik Katta Magellan Bulutiga tegishlidir. Uning ko'ndalang kesimi 400 ps, massasi $5 \cdot 10^6$ Quyosh massasi, elektron konsentratsiya $\sim 200 \text{ sm}^{-3}$. Bu tumanlikni birnecha qaynoq va massiv (100 Quyosh massasi) yulduz shu'lalantiradi. Tumanliklarda modda harakati (~ 10 km/s) uyurmaları kuzatiladi.



22-rasm. *Ilon yulduz turkumida ko‘rinadigan qaynoq yulduzlar to‘dasi M16 bilan bog‘liq gaz tumanlik. Fil tumshuqlari deb ataladigan neytral qora moddani o‘rab turuvchi yorug‘ xalqalarni ko‘rish mumkin.*

Ionlangan vodorod (H II) sohalari. Qaynoq yulduz (O6-V2) o‘z yaqinidagi yulduzlararo fazodagi gazni ionlantiradi va yuluz atrofida ionlangan vodorod H II soha hosil bo‘ladi. Bu sohada modda to‘la ionlangan, ya‘ni asosan elektron va protonlardan tarkib topgan bo‘ladi. H II sohaning kattaligi yulduzning temperaturasiga va yorqinligiga bog‘liq. Jadvalda har xil spektral sinf, absolyut kattalik va temperaturadagi yulduzlar atrofida hosil bo‘ladigan H II soha radiusi keltirilgan. H II zonani neytral vodorod soha (H I) o‘rab turadi.

1-jadval.

| Sp | M_V | T_* | r, ps |
|----|-------|--------|-------|
| O6 | -3,9 | 40 000 | 80 |
| B0 | -3,1 | 25 000 | 28 |
| | -0,9 | 10 700 | 0,6 |

Ma'lumki H I $\lambda=21$ sm da radionurlanish sochadi. Shuning uchun 21 sm da radiokartalarda H II soha ajralib ko'rinadi.

Tumanliklarni ichki tuzilishi xususiyatlari. Qaynoq yulduz atrofidagi qizdirilgan (5 000 – 10 000 K) gaz bilan uni o'rab turuvchi sovuq (100 K) gaz chegarasida murakkab modda harakati vujudga keladi va to'lqinlar hosil bo'ladi. Bular o'z navbatida chegarada notiniq modda quyuqmalari hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Bunday qora quyuqmalar yorug diffuz tumanliklar ichida kuzatiladi. Misol tariqasida Ikon yulduz turkumidagi diffuz tumanlikda ko'rinadigan «fil tumshug'i»ni yoki yorug' tumanliklarsahnida kuzatiladigan kichik gardishcha shakldagi qora bulutcha (globula)larni ko'rsatish mumkin. Globula gravitatsion siqilish darajasiga o'tgan modda quyuqmasi bo'lib undan yulduz hosil bo'ladi.

Ko'pchilik tumanliklar radionurlanish sochadi. Bu nurlanish issiqlik tabiatga ega va qaynoq gazdagi elektronlarni ionlar maydonida tormozlanishi natijasida hosil bo'ladi. Radionurlanishi bo'yicha tumanliklar orasida Qisqichbaqasimon tumanlik ajralib turadi. Uning nurlanishi noissiqlik tabiatga ega. Uni relyativistik elektronlar hosil qiladi. Bu tumanlik amorf va tolasimon tashkil etuvchilardan iborat. Amorf modda tutash, tolasimon modda esa chiziqli spektr ko'rsatadi. Tumanlik ichida amorf modda tashqari qismlarida esa tolasimon modda asosiy etuvchiga aylanadi. Ayrim diffuz tumanliklarni noto'g'ri shaklga egaligi ularning nurlanishi yuqorida bayon etilgan planetar tumanliklarda kuzatiladigan jarayonlardan boshqacha emasmikan degan shubhani qoldiradi.

Qora tumanliklar. Somon Yo'li sahnida kuzatiladigan bunday tumanliklar chang quyunlari yoki bulutlari bilan bog'liq. Bunday chang quyuqlari (masalan, Janubiy But yaqinidagi «Ko'mir Qop» nomli) yulduzlararo muhitda joylashganlar va orqalaridagi yulduzlar nurini o'tqazmaydilar, natijada Somon Yo'li sahnida qora bulut shakldagi tumanlik hosil qiladilar. Qora tumanlikning fizik ko'rsatqichlari ($\rho, M_{\text{quyosh}}, d$) uning ichida kuzatiladigan yulduzlar konsentratsiyasini tashqarisidagi bilan solishtirish natijasida baholanadi. Masalan «Kumir Qop» ichida yulduzlar konsentratsiyasi tashqarisidagidan uch marta kam. Demak uning optik qalinligi $\tau = \lg 3 = 1.1$ va unda yorug'likni kuchsizlanish miqdori $\Delta m = 1.08\tau \approx 1.2^m$. Agar chang zarralari ko'ndalang kesimi ≈ 1 mkm deb hisoblasak bunday kuchsizlanishni zichligi $\rho = 2 \cdot 10^{-24}$ g/sm³, qalinligi $d \sim 8$ ps keladigan chang bulut beraoladi.

Qora tumanliklarning uch xil turi mavjud. Ularning fizik ko'rsatqichlari jadvalda keltirilgan. Apg-fotografik nurlarda to'la yutish miqdori.

2- jadval

| Tumanlik turi | d, ps | Apg | ρ , g/sm ³ | M/M_{\odot} |
|---------------|-------|-----|----------------------------|---------------|
|---------------|-------|-----|----------------------------|---------------|

| | | | | |
|--------------------|-----|------------------|---------------------|------|
| <i>Globula</i> | 0.5 | 1.5 ^m | 5·10 ⁻²³ | 0.05 |
| Kumir qop | 8 | 1.5 ^m | 2·10 ⁻²⁴ | 15 |
| <i>Katta bulut</i> | 40 | 1.4 ^m | 5·10 ⁻²⁵ | 300 |

Kumir qop singari qora bulutlar Orionda, Iloneltuvchining ρ va θ yulduzlari yaqinida, Oqqush va boshqa yulduz turkumlarida kuzatiladi. Katta qora bulutlar Aqrab, Qavs, Oqqush, Savr, Orion va boshqa yana 8 ta yulduz turkumlarida kuzatiladi. Ularning kattaligi $10^\circ \times 10^\circ$ dan to $50^\circ \times 20^\circ$ gacha, massasi $100 \div 500 M_{\text{quyosh}}$, vizual nurlarda to'la yutishi $1 \div 2^m$. Qora bulutlar noto'g'ri shaklga ega. Bulutlarda chang va gaz aralash holda bo'ladi shuning uchun alohida chang va gaz bulut bo'lmaydi va ularni ajratib fizik ko'rsatqichlarini berib bo'lmaydi. $\frac{\bar{\rho}_{\text{gaz}}}{\bar{\rho}_{\text{chang}}} \approx 100$.



19-rasm. Galaktikadagi gaz bulutlaridan birining tasviri.

Bulutlar Galaktika tekisligida kuzatiladilar va 7% fazoni egallaydilar. Ular o'rtacha diametri 15 ps orasidagi masofa 40 ps va qarash chizig'i bo'ylab 1 Kps masofaga 10 ga yaqini to'g'ri keladi. Bitta bulutda yutilish miqdori vizual nurlarda o'rtacha 0.2^m .

Galaktikada chang va gaz bulutlar shaklda kuzatilishi bilan bir qatorda ular tarqoq holda ham tarqalgan. Bunday tarqoq va bir jinsli holdagi chang va gaz yulduzlar yorug'ligini kuchsizlantiradi va ular spektrida gaz chiziqlari ko'rinadi. Galaktika tekisligi yaqinida birkiloparsek masofaga to'g'ri keladigan vizual nurlarda yutilishning $A_V = 2^m/\text{Kps}$ asosiy qismi ($1.6^m / \text{Kps}$) bulutlar hissasiga qolgan qismi (0.4^m) tarqoq changga to'g'ri keladi.

4.3. Protogalaktikalar va ularning evolyusiyasi

Protogalaktika – bu yulduzlararo gazning galaktikaga aylanayotgan buluti hisoblanadi, ya'ni ushbu bulut vaqt o'tishi bilan evolyusiyalanib, natijada galaktika shakllanadi (20-rasm).



20-rasm. *Yosh Koinotda protogalaktikalarning to'qnashuvi. Katta Portlashdan milliard yil o'tgandan keyingi holat. NASA illyutratsiyasi.*

Yorug'lik tezligi chegaralangan, shu sababli biz uzoq galaktikalarni ularning evolyusiyasi boshlang'ich davrlarini ko'ramiz. Ushbu bo'limda biz qanday qilib qizilga siljish orqali aniqlangan galaktikalarning yoshi Koinot kengayish tezligi asosida hisoblab topilishi mumkinligini ko'rsatamiz. Biroq ushbu munosabat kosmologik modelga bog'liq bo'ladi, shu sababli galaktikalarning evolyusiyasini o'rganishda keltirib o'tilishi zarur.

Galaktika evolyusiyasining boshlanishi qizilga siljishi 10-20 atrofida bo'lgan ilk yulduzlarning tug'ilishi bilan sodir bo'lgan. Dastlabki bosqichlarda vujudga kelgan obyektlarning ultrabinafsha nurlanishlari galaktikalararo gazni qayta ionlantirgan, natijada Koinot nurlanishlar uchun shaffoflashgan hamda buning oqibatida uzoq galaktikalar va kvazarlarni kuzatish imkoni yuzaga keldi. Bugungi kunda ma'lum bo'lgan va eng uzoqda kuzatiladigan obyektlarning qizilga siljishi taxminan 6.5 ga teng.

Hozirda qabul qilingan umumiy kosmologik modelga ko'ra, Koinotdagi materiyaning katta qismi nurlanmaydigan va kuzatilmaydigan, faqatgina o'zining gravitatsion effektlari orqali mavjudligini bildiradigan shaklda ega. Sovuq qoramtir materiyaning bu nazariyasida (CDM) (19.7 bo'limga qarang) ilk kollapslangan va yulduzlar shakllanishi boshlangan tizimlar massi kichik bo'lgan, ya'ni taxminan karlik galaktikalar massidek bo'lgan. Keyinchalik biroz yirik galaktikalar shakllangan, chunki o'sha kichik fragmentlar o'zaro birlashib, biroz yirikroq to'dani hosil qilgan. Ko'pchilik yulduzlar kichik galaktikalarda vujudga keladi deyiladigan bu model odatda iyerarxik model deb yuritiladi. CDM modeli kiritilgunga qadar, eng massiv sistemalar birinchi vujudga kelgan, keyinchalik ularda yulduzlar shakllanishni boshlagan degen model ustun bo'lgan va bu ko'p hollarda monolit model deb ataladi. Biz buni 17.5 bo'limda ko'rdik, Somon Yo'lining vujudga kelishi har ikkala modelning muhim jihatlarini ko'rsatadi.

Galaktikalar evolyusiyasiga oid bizning nazariyalarimizning katta qismi gazsimon bulutlarning kollapslanishi va ulardan yulduzlarning vujudga kelishi bo'yicha sonli hisoblashlarga asoslangan. Ayrim usullardan foydalangan holda vujudga kelayotgan galaktikalardagi yulduzlar tug'ilish jarayoni uchun spektral energiya taqsimotini va kimyoviy tarkibini hisoblashga urinish mumkin. Model natijalarini ushbu bobning oldingi bo'limida berilgan kuzatuv ma'lumotlari bilan taqqoslash mumkin.

Qoramtir materiya zichlik taqsimoti, kutilganidek, ko'plab uncha katta bo'lmagan quyqalardan iborat bo'lgan holda juda noregulyar bo'ladi. Shu yo'sinda, kollaps iyerarxik modelda ham, monolit modelda ham juda nobirjinsli bo'ladi va keyingi uncha katta bo'lmagan sistemalarning qo'shilishi umumiy bo'lishi zarur. Yana qo'shimcha murakkablashtiradigan omillar ham mavjud. Gaz yoki gaz oqimi galaktikadan otilib chiqib ketayotgan bo'lishi mumkin. Atrofdagi muhim bilan o'zaro ta'sirlashish evolyusiyaning borishini sezilarli tarzda o'zgartirishi mumkin – zich sistemalarda bu ta'sir natijasida alohida galaktikalar o'zaro to'liq qo'shib, gigant elliptik galaktikani vujudga keltirishi mumkin. Endilikda yulduzlar shakllanishida galaktikaning umumiy dinamik holati va aktiv yadro qanday ta'sir ko'rsatishi haqidagi ko'plab bilimlarni bilib olish zarur.

Bizning galaktikalarning evolyusiyalanishi borasidagi kuzatuv ma'lumotlari asosida ega bo'lgan bilimlarimiz jadal ravishda o'sib bormoqda. Aslini olganda, bu bobda keltirib o'tilgan barcha munosabatlar vaqt funksiyasi sifatida o'rganildi. Shunga qaramay, hozirgacha Koinot qanday qilib o'zining hozirgi holatiga yetib kelgani bo'yicha umumiy tushunchasi yaratilmagan. Bu yerda biz galaktikalarda sodir bo'luvchi jarayonlarning bugungi kunda biz kuzatadigan faqatgina eng asosiy jihatlarini ta'kidlab o'tishimiz mumkin.

Nazorat savollari:

1. Diffuz va chang tumanliklar nima?
2. Planetar tumanliklar nima?
3. Ionlangan vodorod sohalari nima?

4. Tumanliklarni ichki tuzilishi xususiyatlarini tushuntiring.
5. Protogalaktika nima?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007.
2. M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007.
3. S.N. Nuritdinov, Somon Yo'li, "Fan", 1989.
4. E.V. Kononovich, V.I. Moroz, Obshiy kurs astronomii, Moskva, 2004.
5. Blaschke et al., Physics of Neutron stars, Springer.

Internet ma'lumotlari

1. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
4. <https://nuclphys.sinp.msu.ru/>

REJA:

- 5.1. *Faol gallaktikalar haqida qisqacha ma'lumot.*
- 5.2. *Seyfert gallaktikalari.*
- 5.3. *Radiogallaktikalar.*
- 5.4. *Kvazarlar.*

Tayanch iboralar: *oq mittilar, neytron yulduzlar, qora tuynuklar, qoramtir materiya, qoramtir energiya, gravitatsion to'liqlar.*

5.1. Faol galaktikalar haqida qisqacha ma'lumot

Shu bobgacha biz normal galaktikalar xususiyatlariga to'xtaldik. Biroq ayrim galaktikalarda, normal galaktika o'ta faol bo'ladi. Bu faollik ularning yadrosida kuzatiladi, shu sababli bunday galaktikalar faol (aktiv) yadroli galaktikalar (AGN) deb yuritiladi.

Faol yadroli galaktikalarning yadrosi yorqinligi favqulotda darajada, ayrim hollarda boshqa butun galaktikanikidan ham katta bo'lishi mumkin. Galaktikalar bunday katta quvvat buyulan nurlanishni ko'p vaqt davomida ta'minlab turish ehtimoli kamdek tuyuladi. Shu sababli faol galaktikalar, galaktikalarning alohida sinfini tashkil qilmaydi, balki normal galaktikalar evolyusiyasidagi o'tish bosqichi deb hisoblanadi.

Faollik turlicha shakllarda namoyon bo'ladi. Ba'zi galaktikalar faqatgina ionlashgan vodorodning yirik sohasi singari yorqin yadroga ega. Bular markazi yaqinida katta miqdorda yulduzlar shakllanayotgan va ular o'tayangi yulduzga aylanayotgan (yulduzsimon chaqnashning yadrosi) yosh galaktikalar bo'lishi mumkin. Boshqa galaktikalar yadrolari nurlanishi yulduzlar tomonidan hosil qilinayotgan bo'lishi mumkin emas va bunday yadrolarning energiya manbai sifatida o'tamassiv qora o'raning ($massa > 10^8 M_{\text{Quyosh}}$) gravitatsion energiyasini qarash biroz haqiqatga yaqinroq. Ayrim galaktikalarda spektral chiziqlar noodatiy darajada keng, bu o'z navbatida katta ichki tezlikka ishora qiladi. Bu tezlik qora atrofidagi aylanishning yoki yadrodagi portlash hodisalarining mahsuli bo'lishi mumkin. Ayrim galaktikalarda esa yadrodan chiqayotgan modda oqimi – djetlar kuzatiladi. Ko'plab faol galaktikalar noisliqlik nurlanish spektriga ega, ya'ni magnit maydonda tez elektronlar harakati natijasida hosil bo'ladigan sinxrotron nurlanish.

Faol galaktikalar klassifikatsiyasi yetarlicha tizimsiz tarzda shakllantirilgan, chunki ularning ko'pchilikgi yaqin o'tmishda kashf qilingan va hozircha to'liq o'rganilmagan. Masalan, 1970 yillar boshida Benyamin Yerishevich Markaryan tomonidan kataloglashtirilgan Markaryan galaktikalari kuchli ultrabinafsha nurlanishga ega. Markaryanning ko'plab galaktikalari seyfert galaktikalari hamdir;

boshqa galaktikalar – ko‘plab yulduz tug‘ilish jarayonlariga ega galaktikalardir. N galaktikalar Seyfert galaktikalariga yaqinroq tipdagi boshqa sinfni tashkil qiladi.

Faol galaktikalarning tabiatiga ko‘ra ikkita asosiy sinfi – seyfert galaktikalari va raidogalaktikalardir. Birinchi turdagi galaktikalar – bu spiral galaktikalar; ikkinchisi – elliptik galaktikalar.

5.2. Seyfert galaktikalari

Seyfert galaktikalari ularni 1943 yil kashf qilgan olim Karl Seyfert sharafiga nomlangan. Ularning muhim xususiyatlari – yorqinligi, markazidagi nuqtaviy yadro va keng emission chiziqlarni namoyon qiluvchi spektri hisoblanadi. Uzlaksiz spektr ultrabinafsha diapazonda sezilarli darajada bo‘lib, noisliqlik xarakterga ega. Emission chiziqlar yadro yaqinida katta tezlikda harakatlanuvchi gazsimon bulutlar vujudga keltiradi deb hisoblanadi.

Spektriga ko‘ra seyfert galaktikalari 2 ta tipga ajratiladi. 1-tipdagi galaktikalarning spektrida ruxsat etilgan chiziqlar keng (10^4 km/s tezlikka mos keladi) bo‘lib, man qilingan chiziqlar esa yanada kengroq. Ikkinchi tipda barcha chiziqlar o‘zaro o‘xshash va biroz tor ($<10^3$ km/s). Ayrim hollar ushbu tiplar orasidagi o‘tishlar va oraliq holatlar kuzatiladi. Bunday farqning kuzatilishiga sabab ruxsat etilgan chiziqlar yadro yaqinidagi biroz zich gazlarda, taqiqlangan chiziqlar esa tashqariga chiqayotgan biroz diffuz bo‘lgan gazlarda vujudga kelishi deb taxmin qilinadi. 2-tip Seyfert galaktikalarida zichroq bo‘lgan gaz mavjud emas yoki kuzatilmaydi.

Ma‘lum bo‘lgan Xabbl tipidagi deyarli barcha seyfert galaktikalari spiral galaktikalardir; 2-tip ayrim hollarda bundan mustasno. Ular kuchli infraqizil nurlanish manbai hisoblanishadi. 1-tipdagi galaktikalar ko‘p hollarda kuchli rentgen nurlanishini namoyon qilishadi.

Haqiqiy seyfert galaktikalari – nisbatan kuchsiz radiomanbalardir. Biroq tuzilishiga ko‘ra xuddi seyfert galaktikalaridek bo‘lgan, optik spektrda kuzatiluvchi kompakt radiogalaktikalar ham mavjud. Ehtimol, ular ham seyfert galaktikalari qatorida klassifikatsiyalanishi zarurdir. Umuman olganda, radionurlanish 2-tipdagi seyfert galaktikalarida biroz kuchliroqqa o‘xshaydi. Taxminlarga ko‘ra, yorqin spiral galaktikalarning 1% seyfert galaktikalari hisoblanadi. Ular yadrosining ravshanligi xuddi boshqa galaktikalarniki kabi 10^{36} - 10^{38} Vt. Yorqinligi turlicha oraliqda bo‘lishi keng tarqalgan.

5.3. Radiogalaktikalar

Ta‘rifga ko‘ra, radiogalaktikalar – bu kuchli radiomanba hisoblanadigan galaktikalardir. Radiogalaktikalarning radionurlanishi noisliqlik sinxrotron nurlanish tabiatiga ega. Radiogalaktikalarning radioravshanligi, odatda, 10^{33} - 10^{38} Vt bo‘ladi va shu bilan birga, normal galaktikaning to‘liq ravshanligidek bo‘lishi ham mumkin. Radionurlanishni tushuntirishdagi asosiy muammo shundaki, elektronlar va magnit maydoni qanday yuzaga keladi, hamda dastavval elektronlar o‘zlarining energiyasini qayerdan oladi.

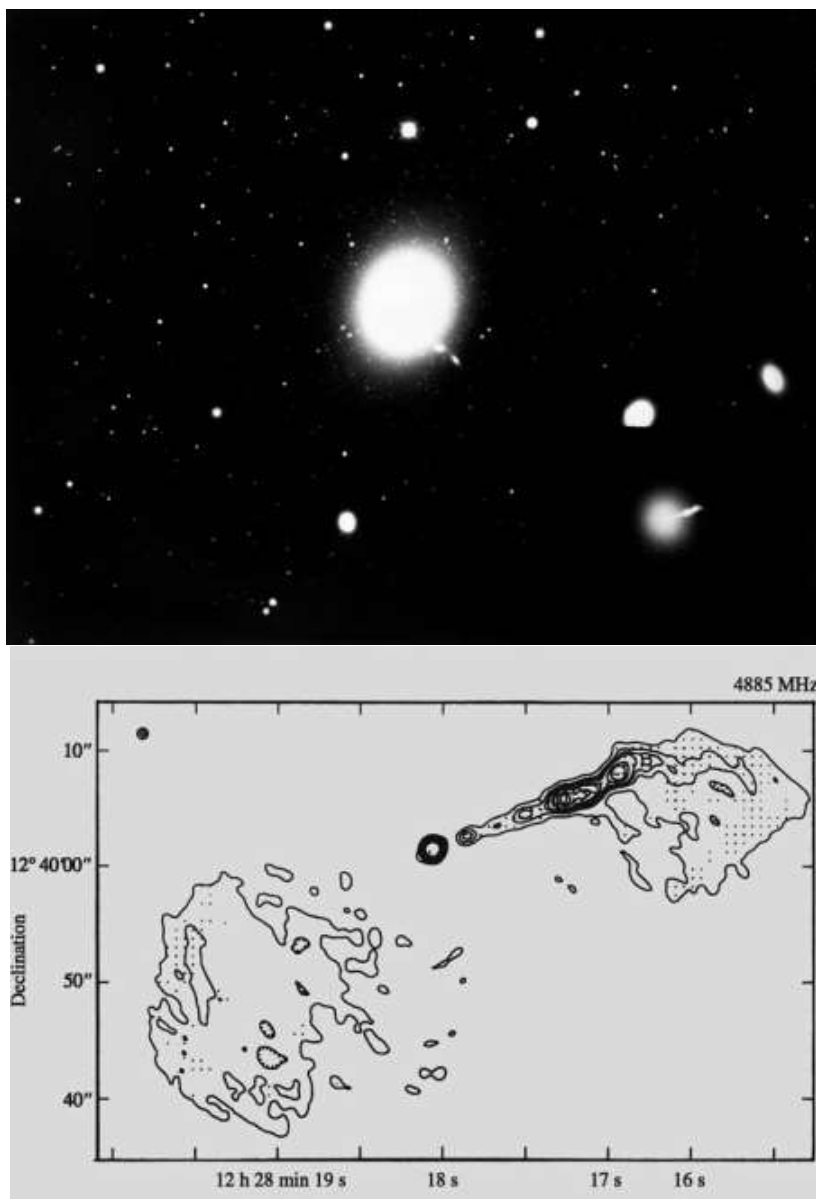
Radiogalaktikalarning radionurlanish sohalari shakli va o‘lchamlari 1950-

yillarda radiointerferometrlar optik teleskoplarning ajrata olish darajasiga erishganidan keyin o'rganildi. Kuchli radiogalaktikaning xarakterli xususiyati uning qo'shaloq strukturasi: kuzatilayotgan galaktikaning qarama-qarshi tomonlarida ikkita yirik radionurlanish sohasi mavjud. Ayrim radiogalaktikalarning radionurlanish sohasi bir-biridan shunchalik uzoqqa cho'zilganki, hatto 6 Mpk gacha yetadi, bu Somon Yo'li va Andromeda galaktikalari orasidagi masofadan 10 marta ortiq. Eng kichik qo'shaloq radiomanbalardan biri M87 galaktikasi hisoblanadi (21-rasm), uning ikkita komponentasi o'zaro bir necha kiloparsek masofada joylashgan.

Radiogalaktikalarning qo'shaloq strukturasi, aftidan, yadrodan modda otilishi hisobiga hosil bo'ladi. Biroq radionurlanish "barg"laridagi elektronlar galaktika markazidan chiqqan bo'lishi mumkin emas, chunki ular bunchalik uzoq masofalarga uchish vaqti davomida o'z energiyalarini yo'qotadilar. Shuning uchun ham elektronlar radionurlanish sohasilarida uzluksiz tarzda tezlashishlari zarur. Radiosignallar "barg"larida deyarli nuqtaviy bo'lgan sohalar, ya'ni "qaynoq nuqtalar" mavjud. Ular yadroga nisbatan simmetrik joylashishgan va aftidan, yadrodan chiqadigan modda oqimi natijasidir. "Dumsimon" radiomanbalar ham mavjud. Ularning radionurlanishi asosan galaktikaning bitta tomonida sodir bo'lgani holda, ko'pincha galaktika diametridan o'n marotaba uzunroq bo'lgan egri dumni hosil qiladi. Eng yaxshi misol Persey galaktikalar to'ldasida joylashgan NGC 1265 galaktikasi va kompanioni atrofidagi elliptik orbitada joylashgan 3C129 dir. Dum xuddi galaktikalararo fazoda radiogalaktika tomonidan qoldirilgan iz kabi tuyuladi.

Radiogalaktikalarning radiodiapazondagi kuzatuvlar orqali namoyon bo'lgan yana bir xususiyatlaridan biri – bu ulardagi odatda yadrodan boshlanuvchi va galaktikadan juda uzoq masofalarga cho'zilgan tor radionurlanish chiziqlarining oqimi mavjudligidir. Birmuncha taniqli bo'lgan bunday oqim M87 galaktikasida kuzatiladi, u ham optik ham rentgen diapozonida kuzatiladi. Optik diapazonda kuzatiluvchi soha radiomanba bilan o'ralgan. Xuddi shunday radiomanba qarama-qarshi tomonda ham kuzatiladi, lekin optik diapazonda kuzatiluvchi oqim yo'q. Bizga eng yaqin radiogalaktika A Sentavr ham yadrodan galaktikaning chekka qismigacha yoyilgan oqimga ega. VLBI radiooqimlar kuzatuvi shu bilan birga, yorug'lik tezligidan katta bo'lgan harakatlarni aniqlashgan: ko'plab kompakt manbalar komponentalari, aftidan, yorug'lik tezligidan kattaroq tezlikda ajraladi. Vaholangki, bunday tezlik nisbiylik nazariyasiga ko'ra mumkin bo'lmagan tezlik, kuzatiladigan bunday tezliklarni tushuntirish uchun bir nechta modellar taklif qilingan.

21-rasm. Yuqorida: M87 faol galaktikasi. Pastki o'ng burchakda yadro sohasining qisqa ekspozitsiyasi keltirilgan (xuddi shunday masshtabda). Ko'rinib turibdi-ki, YEO normal galaktikasining yadrosidan havorang oqim otilib chiqmoqda. (NOAO/Kitt Peak National Observatory). Pastda: VLA orqali kuzatuvlardan hosil qilingan radiokartada, ikki tomonga yo'nalgan oqimkuzatiladi. Yuqoridagi rasmga qaraganda kichikroq bo'lgan maydon ko'rsatilgan. (Owen, F.N., Hardee, P.E., Bignell, R.C. (1980): *Astrophys. J. (Lett.)* 239, L11).



5.4. Kvazarlar

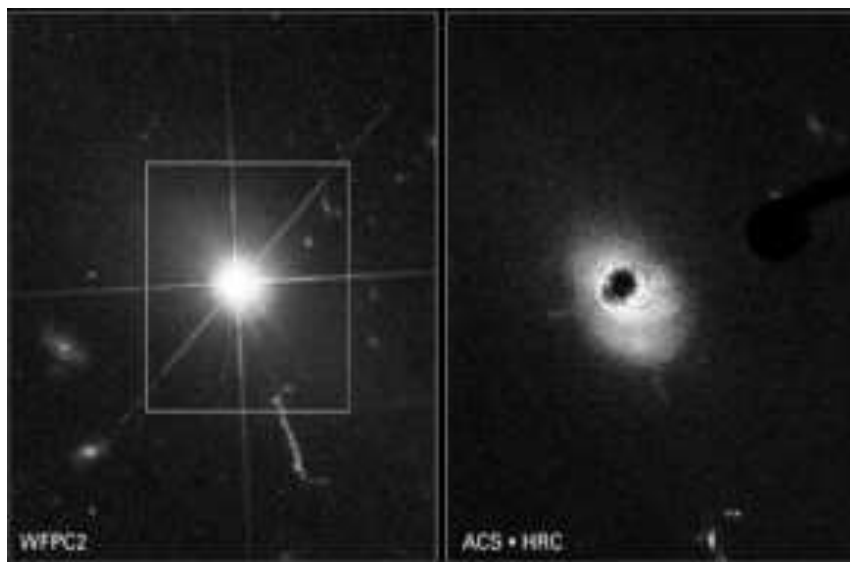
Ilk kvazar 1963 yil Maarten Schmidt ma'lum bo'lgan 3C273 radiomanbasining optik nurlanish chiziqlarini vodorodning balmer chiziqlarining 16% ga qizilga siljishini interpretatsiya qilayotganida aniqlagan. Bunday katta qizilga siljishlar kvazarlarning ajoyib xarakteristikasi hisoblanadi. Umuman olganda, quasar so'zi kvazyulduzsimon radiomanba so'zining qisqartilgan ko'rinishi bo'lib, ayrim astronomlar QSO (kvazyulduzsimon obyekt) atamasini qo'llashni ma'qul ko'rishadi, chunki barcha kvazarlar ham radionurlanish nurlantirmaydi.

Optik kvazarlar xuddi nuqtaviy manbalar kabi ko'rinadi, vaholangki, mukammallashtirilgan kuzatuv usullari natijasida katta yoki kichik normal galaktikalar ichida joylashgan ko'plab miqdordagi kvazarlarni aniqlandi (22-rasm). Aslida ilk kvazarlar radiokuzatuvlar asosida aniqlangan, barcha optik diapazonda kuzatiluvchi kvazarlarning faqatgina kam qismi yorqin radiomanbalar hisoblanishadi. Ko'pchilik radio-kvazarlar nuqtaviy manbalar bo'ladi, biroq ayrimlari xuddi radiogalaktikalar kabi qo'shaloq strukturaga ega. Sun'iy yo'ldoshlar tomonidan

olingan rentgen tavsirlar ham kvazarlarning nuqtaviy ekanini ko'rsatadi.

Kvazar spektrning ko'rinma sohasida ultrabinafsha diapazondagi qoldiq to'liq uzunliklar ustunlik qiladi. Kvazarlarning ilk kuzatilgan qizilga siljishlari $z = 0.16$ va 0.37 ga teng va keyinchalik yanada kattaroq qizilga siljishdagi kvazarlarni axtarish davom etdi. Hozirgi kunda bu qiymat 6.3 ga teng. Yorug'lik kvazarni Koinotning yoshi hozirgisidan 10 marta dan ham kichik ekanligidan tark etgan. Kvazarlarning aniqlangan ulargacha bo'lgan masofasi, ularning yorqinligi favqulotda katta ekanligini anglatadi. Odatda bu qiymat 10^{38} - 10^{41} Vt oralig'ida yotadi. Shu sababli, nurlanayotgan soha bir necha yorug'lik kundan katta bo'lishi mumkin emas, ya'ni taxminan 100 a.b.

Kvazarlarning spektrida ko'pincha nurlanish va yutilish chiziqlari uchraydi. Emission chiziqlar juda keng va ehtimol, aynan kvazarning o'zidan chiqar. Yutilish spektrining katta qismi zich taqsimlangan tor chiziqlardan iborat, ular vodorodning Layman α chiziqlari bo'lib, kvazarga tomon yo'nalgan nuriy chiziq bo'ylab hosil bo'lgan gazsimon bulutlar natijasida hosil bo'lgan. "Layman α o'rmoni"ni hosil qilgan bulut yosh galaktikalar yoki protogalaktikalar hisoblanadi va shu sababli ular galaktikalar vujudga kelishiga oid muhim dalillarni keltirishadi.



22-rasm. Eng yaqin kvazarlardan biri 3C 273, Xabbl teleskopidagi 2 ta kamera orqali tasvirga olingan. Chapda Wide Field Planetary kamerasi kvazardan o'tilib chiqayotgan oqimga ega yorqin nuqtaviy manbaini tasvirga olgan (5 soat yo'nalishida). O'ngda Advanced Camera for Surveys dagi koronograf kvazarning eng yorqin sohalarini to'sgan holda tasvirga olgan. Unda markaziy galaktikaning qoramtir chang chiziqlariga ega spiral tarmoqlarini hamda oqim yo'lidagi yangi detallarni ko'rish mumkin (Photos Hubble/NASA/ESA).

Ba'zi astronomlar qizilga siljishning kosmologik interpretatsiyasi yuzasidan o'z shubhalarini bildirishadi. Xalton Arp uncha katta bo'lmagan kvazarlar va galaktikalar sistemasini ochdi, uning ayrim komponentalari keng oraliqdagi qizilga siljishga ega. Shu sababli Arp, kvazarlarning qizilga siljishi qandaydir noma'lum jarayon sabali yuzaga keladi deb hisoblagan. Bu taxmin ko'plab bahslarni yuzaga

keltiradi.

Nazorat savollari:

1. Yadrosi faol galaktikalarning qanday turlarini bilasiz?
2. Seyfert galaktikalari qanday galaktikalar hisoblanadi?
3. Radiogalaktikalarning tuzilishi qanday bo‘ladi?
4. Kvazar qanday obyekt?
5. Qizilga siljish hodisasini tushuntiring.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. H. Karttunen, Fundamental astronomy, Springer, 2007.
2. M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007.
3. S.N. Nuritdinov, Somon Yo‘li, “Fan”, 1989.
4. E.V. Kononovich, V.I. Moroz, Obshiy kurs astronomii, Moskva, 2004.
5. Blaschke et al., Physics of Neutron stars, Springer.
6. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
7. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
8. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
9. Bochkarev N.G.b Magnitniye polya v kosmose, M.: Knijniy dom «LIBROKOM», 2011. – 216 s.

Internet ma’lumotlari

1. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>

IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

1-Amaliy mashg‘ulot: Kompakt astrofizik obyektlar xossalari

Birlamchi yadroviy reaksiyalar, xususan deytron, geliy va litiy yadrolarining hosil bo‘lishi reaksiyalar energiyalarini xisoblash. Xabbl doimiysini hisoblash bo‘yicha masalalar yechish.

2-Amaliy mashg‘ulot: Pulsarlar xossalari va zamonaviy modeli. Oq mittilar fizikasi

Yulduzlarning aylanish burchak momenti, inersiya momenti, massasi, ulargacha bo‘lgan masofa va boshqa turli fizik kattaliklarini baholash.

3-Amaliy mashg‘ulot: Yangi va o‘tayangi yulduzlar fizikasidagi yutuqlar

Kuzatishlarga mo‘ljallangan teleskoplar va uskunalar. Xabbl va Chandra teleskoplari. Maydanak teleskopi va uning yordamida yechiladigan vazifalar.

4-Amaliy mashg‘ulot: Qizil gigant va planetar tumanliklar

Qizil gigantlar, planetar tumanliklar va shukabi boshqa astrofizik obyektlarning fizik parametrlarini baxolash bo‘yicha masalalarni yechish.

5-Amaliy mashg‘ulot: Protogalaktikalar va yadrosi aktiv galaktikalar

Astrofizikadagi kompakt obyektlarning gravitatsion radiusini aniqlash bo‘yicha masalalar yechish. Gravitatsion to‘lqinlar bo‘yicha masalalarni qarash. GW150914 obyektining gravitatsion to‘lqinlar orqali ilk bor qayd etilishi.

V. KEYSLAR BANKI

Mini-keys 1.

«Ekspert kengashi: intilish va yuksalish?»

Tinglovchilarni bilimini baholashda ularni bilishi talab etilgan meyor darajasida sinov o'tkaziladi. Materiallarni yaxshi o'zlashtirgan tinglovchilar baholangan so'ng odatda erishgan bilimlari doirasida to'xtab qoladi va qo'shimcha bilinishi yuksaltirishga intilmaydi. Materiallarni yaxshi o'zlashtirmagan tinglovchilar baholash sinovidan ozod qilishlarini hohlaydi va unga intiladilar, ammo bilimi tiklash intilmaydilar.

Nega bunday vaziyat kuzatiladi? Buni bartaraf etish uchun o'zingizning taklifingizni bering.

Mini-keys 2.

“Yulduzlarning yashash davrlarini Gersshprung-Ressel diagrammasi yordamida aniqlash”

Gersshprut-Rassel diagrammasi yulduzlar yorqinligi yoki temperaturasining uning massasiga bog'lanishini ifodalaydi. Kuzatuvlar natijasida olingan yorqinlik yordamida va diagrammadan foydalangan xolda uning massasini aniqlash mumkin bo'ladi. Yulduzlarning yashash davri ularning massalariga teskari proporsional ravishda bog'langan. Yulduzning massasi qanchalik katta bo'lsa, uning yashash davri shunchalik kichik bo'ladi.

Nega yulduzlar yashash vaqti ularning massasiga teskari proporsional ravishda bog'liq? Yulduzlardagi termoyadroreaksiyalarining kechish samaradorligi uning massasiga qanday bog'liq?

Mini-keys 3

«Nega koinotning dastlabki davrlarida u yorug' bo'lgan, xozirda esa biz qorong'i koinotni kuzatib turibmiz?»

Ma'lumki Koinotdagi nurlanish zichligi koinot kengayishi bilan uning o'lchamlarining 4-darajasiga teskari proporsional ravishda kamayib boradi. Moddaning zichligi esa koinot o'lchamlarining 3-darajasiga teskari proporsional ravishda kamayib boradi. Moddaning zichligi nurlanishning zichligiga nisbatan sekinroq kamaygani uchun, dastlabki paytda katta zichlikka ega bo'lgan yorug'lik tez orada moddaning zichligidan kamroq bo'lib qoladi.

Ushbu xodisani tushuntirish uchun siz ham o'zingizning fikrlaringizni bildiring. Nega yorug'lik zichligi tez kamayadi va koinot rivojlanishining dastlabki davrida modda zichligidan ko'ra katta zichlikka ega bo'lgan?

Asosiy keysni ishlab chiqish.

Har bir guruh minikeyslarni ishlab chiqishda asosiy keysni yechimini topish bo'yicha erishgan bilimlari bo'yicha o'zining taklifini beradi. Buning natijasida u yoki bu qaror qabul qilinadi yoki xulosaga kelinadi.

«Refleksiya savati»

Tinglovchilar sinf-ustasini ishini baholaydi. O'zining taqrizini maxsus savatga solishadi.

Keys o'tkazish bo'yicha umumiy xulosa qiling (assessment).



VI. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI

Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni.

Tinglovchi mustaqil ishni muayyan modulni xususiyatlarini hisobga olgan xolda quyidagi shakllardan foydalanib tayyorlashi tavsiya etiladi:

- meyoriy xujjatlardan, o'quv va ilmiy adabiyotlardan foydalanish asosida modul mavzularini o'rganish;
- tarqatma materiallar bo'yicha ma'ruzalar qismini o'zlashtirish;
- avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazorat qiluvchi dasturlar bilan ishlash;
- maxsus adabiyotlar bo'yicha modul bo'limlari yoki mavzulari ustida ishlash;
- tinglovchining kasbiy faoliyati bilan bog'liq bo'lgan modul bo'limlari va mavzularni chuqur o'rganish.

Mustaqil ta'lim mavzulari.

1. Fundamental o'zaro ta'sir nazariyalarning kashf etilish tarixi.
2. Koinotning yopiq, ochiq va yassi modellari.
3. Yulduzlardagi reaksiyalarning kesimlari.
4. Yulduzlar klassifikatsiyasi va kataloglari.
5. Galaktikalar kataloglari.
6. Gravitatsion linza sistemalari.
7. Pulsarlar va magnetarlar.
8. Kosmologiyada magnit maydonlar.
9. Yulduz paydo bo'lishida magnit maydonining roli.
10. Elementar zarralarning kashf etilish tarixi.
11. Dunyodagi katta tezlatgichlar to'g'risida ma'lumotlar.
12. Dunyodagi katta radioteleskoplar to'g'risida ma'lumotlar.

VII. GLOSSARIY

| Iboralar | O‘zbek tilidagi sharxi | Ingliz tilidagi sharxi |
|--------------------------|--|--|
| Yulduzlar | gravitatsiya kuchlarining issiq modda (gaz) ning bosimi hamda nurlanishlar bilan muvozanati xisobiga barqaror bo‘lgan ulkan nurlanuvchi plazmaviy sharlar. | A star is a luminous sphere of plasma held together by its own gravity . The nearest star to Earth is the Sun . Other stars are visible to the naked eye from Earth during the night, appearing as a multitude of fixed luminous points in the sky due to their immense distance from Earth. Historically, the most prominent stars were grouped into constellations and asterisms , the brightest of which gained proper names. Extensive catalogues of stars have been assembled by astronomers, which provide standardized star designations . For at least a portion of its life, a star shines due to thermonuclear fusion of hydrogen into helium in its core, releasing energy that traverses the star's interior and then radiates into outer space . |
| Galaktika | yulduzlar, yulduz turkumlari, yulduzlararo gaz va chang, xamda qorong‘i moddadan iborat gravitatsion bog‘langan tizim | Stars, constellations, interstellar gas and dust, and dark matter to gravitationally bound system. The Milky Way is the galaxy that contains our Solar System . Its name "milky" is derived from its appearance as a dim glowing band arching across the night sky whose individual stars cannot be distinguished by the naked eye. |
| Gamma-Astronomiya | turlicha kosmik manbalarini ularning | Gamma-ray astronomy is the astronomical |

| | | |
|----------------------|--|--|
| | <p>gamma diapazonidagi (to‘lqin uzunliklari $\lambda < 10^{-12}m$, foton energiyasi esa $\varepsilon > 10^5 eV$ bo‘lgan) elektromagnit nurlanishlari bo‘yicha o‘rganuvchi astronomiya bo‘limi.</p> | <p>observation of gamma rays,^[nb 11] the most energetic form of electromagnetic radiation, with photon energies above 100 keV. Radiation below 100 keV is classified as X-rays and is the subject of X-ray astronomy. September 02 2011 Fermi Second catalog of Gamma Ray Sources constructed over 2 years. An all sky image showing energies greater than 1 billion electron volts (1 GeV) ub. Brighter colors indicate gamma-ray sources. Gamma rays in the MeV range are generated in solar flares (and even in the Earth's atmosphere), but gamma rays in the GeV range do not originate in the Solar System and are important in the study of extrasolar, and especially extra-galactic astronomy.</p> |
| <p>Glyuon</p> | <p>birga teng spinli va nolga teng tinchlik massali hamda kvarklar orasidagi kuchli o‘zaro ta’sirni tashuvchi elektrik neytral zarra.</p> | <p>Gluons are elementary particles that act as the exchange particles (or gauge bosons) for the strong force between quarks, analogous to the exchange of photons in the electromagnetic force between two charged particles.^[6] In layman terms, they "glue" quarks together, forming protons and neutrons. In technical terms, gluons are vector gauge bosons that mediate strong interactions of quarks in quantum</p> |

| | | |
|-----------------------|--|---|
| | | <p>chromodynamics (QCD). Gluons themselves carry the color charge of the strong interaction.</p> |
| Yorug'lik yili | <p>astronomiyada qo'llaniladigan uzunlik birligi; yorug'lik bir yilda bosib o'tadigan masofaga teng. (1 YO.y. = $9,4605 \cdot 10^{15}$m)</p> | <p>A light-year (or light year, abbreviation: ly) is a unit of length used informally to express astronomical distances. It is approximately 9 trillion kilometres (or about 6 trillion miles). As defined by the International Astronomical Union (IAU), a light-year is the distance that light travels in vacuum in one Julian year (365.25 days). Because it includes the word <i>year</i>, the term <i>light-year</i> is sometimes misinterpreted as a unit of time.</p> |
| Kuchsiz o'zaro ta'sir | <p>bir necha attometr dan (10^{-18}m) kichik masofalarda elementar zarralar orasidagi o'zaro ta'sir; bunday o'zaro ta'sir xususan atom yadrolarining betta yemirilishiga olib keladi.</p> | <p>In particle physics, the weak interaction is the mechanism responsible for the weak force or weak nuclear force, one of the four known fundamental interactions of nature, alongside the strong interaction, electromagnetism, and gravitation. The weak interaction is responsible for the radioactive decay of subatomic particles, and it plays an essential role in nuclear fission. The theory of the weak interaction is sometimes called quantum flavordynamics (QFD), in analogy with the terms QCD and QED, but the term is rarely used because the weak force is best understood in terms of electro-weak theory (EWT).</p> |
| Kvazar | <p>uzoqlashgan gallaktikaning faol o'zagidan iborat bo'lgan qudratli kosmik</p> | <p>Quasars or quasi-stellar radio sources are the most energetic and distant members of a class of objects called active galactic</p> |

| | | |
|------------------------|---|---|
| | <p>elektromagnit nurlanish manbai.</p> | <p>nuclei (AGN). Quasars are extremely luminous and were first identified as being high redshift sources of electromagnetic energy, including radio waves and visible light, that appeared to be similar to stars, rather than extended sources similar to galaxies. Their spectra contain very broad emission lines, unlike any known from stars, hence the name "quasi-stellar."</p> |
| <p>Kvarklar</p> | <p>hozirga tasavvurga ko'ra barcha adronlarning tarkibiy qismlarini tashkil qiluvchi fundamental zarrachalar.</p> | <p>A quark (/'kwɔ:rk/ or /'kwa:rk/) is an elementary particle and a fundamental constituent of matter. Quarks combine to form composite particles called hadrons, the most stable of which are protons and neutrons, the components of atomic nuclei.^[1] Due to a phenomenon known as color confinement, quarks are never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons. For this reason, much of what is known about quarks has been drawn from observations of the hadrons themselves.</p> |
| <p>Koinot</p> | <p>moddiy dunyoning kuzatish mumkin bo'lgan qismi.</p> | <p>part of the material world that can be observed. The Universe is all of time and space and its contents. The Universe includes planets, natural satellites, minor planets, stars, galaxies, the contents of intergalactic space, the smallest subatomic particles, and all matter and energy. The observable universe is about 28 billion parsecs (91 billion light-years) in diameter at the present time. The size of the</p> |

| | | |
|------------------------------|--|--|
| | | whole Universe is not known and may be either finite or infinite. |
| Kollayder | zaryadlangan zarralarning qarama – qarshi dastalarining uchrashuvi yuz beradigan tezlatgich. | <p>A collider is a type of particle accelerator involving directed beams of particles. Colliders may either be ring accelerators or linear accelerators, and may collide a single beam of particles against a stationary target or two beams head-on. Colliders are used as a research tool in particle physics by accelerating particles to very high kinetic energy and letting them impact other particles. Analysis of the byproducts of these collisions gives scientists good evidence of the structure of the subatomic world and the laws of nature governing it. These may become apparent only at high energies and for tiny periods of time, and therefore may be hard or impossible to study in other ways.</p> |
| Kosmik radionurlanish | kosmik obektlarning radioto‘lqinlar sohasida elektromagnit nurlanishi. | <p>Space objects in the field of radio electromagnetic radiation. Radio waves are a type of electromagnetic radiation with wavelengths in the electromagnetic spectrum longer than infrared light. Radio waves have frequencies from 3 THz to as low as 3 kHz, and corresponding wavelengths ranging from 100 micrometers (0.0039 in) to 100 kilometers (62 mi). Like all other electromagnetic waves, they</p> |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| | | <p>travel at the speed of light. Naturally occurring radio waves are made by lightning, or by astronomical objects.</p> |
| Kuchli o‘zaro ta’sir | <p>bir nechta femtometr (10⁻¹⁵ m) kichik masofalarda adronlar orasidagi o‘zaro ta’sir. Xususan, atom yadrolaridagi nuklonlarning o‘zaro bog‘lanishini ta’minlaydi.</p> | <p>In particle physics, the strong interaction is the mechanism responsible for the strong nuclear force (also called the strong force, nuclear strong force), one of the four known fundamental interactions of nature, the others being electromagnetism, the weak interaction and gravitation. Despite only operating at a distance of a femtometer, it is the strongest force, being approximately 100 times stronger than electromagnetism, a million times stronger than weak interaction and 10³⁸ times stronger than gravitation at that range.</p> |
| Leptonlar | <p>kuchli o‘zaro ta’sirda ishtirok etmaydigan elementar zarralarning umumiy nomi.</p> | <p>A lepton is an elementary, half-integer spin (spin 1/2) particle that does not undergo strong interactions.^[1] Two main classes of leptons exist: charged leptons (also known as the electron-like leptons), and neutral leptons (better known as neutrinos). Charged leptons can combine with other particles to form various composite particles such as atoms and positronium, while neutrinos rarely interact with anything, and are consequently rarely observed. The best known of all leptons is the electron.</p> |
| Maydon yagona nazariyasi | <p>elementar zarralar xossalari va o‘zaro ta’sirlarining barcha xilma – xilligini uncha kam sonli universal</p> | <p>In physics, a unified field theory (UFT), occasionally referred to as a uniform field theory,^[1] is a type of field theory that allows all</p> |

| | | |
|------------------------|---|---|
| | <p>tamoyillarga keltirishga qaratilgan materiyaning yagona nazariyasi.</p> | <p>that is usually thought of as fundamental forces and elementary particles to be written in terms of a single field. There is no accepted unified field theory, and thus it remains an open line of research. The term was coined by Einstein, who attempted to unify the general theory of relativity with electromagnetism. The "theory of everything" and Grand Unified Theory are closely related to unified field theory, but differ by not requiring the basis of nature to be fields, and often by attempting to explain physical constants of nature.</p> |
| <p>Myuonlar</p> | <p>massasi elektron massasidan taqriban 207 marta katta va elektromagnit hamda kuchsiz o‘zaro ta’sirlarda ishtirok etuvchi zaryadlangan elementar zarralar.</p> | <p>The muon is an elementary particle similar to the electron, with electric charge of $-1 e$ and a spin of $\frac{1}{2}$, but with a much greater mass. It is classified as a lepton. As is the case with other leptons, the muon is not believed to have any sub-structure—that is, it is not thought to be composed of any simpler particles. The muon is an unstable subatomic particle with a mean lifetime of 2.2 μs. Among all known unstable subatomic particles, only the neutron (lasting around 15 minutes) and some atomic nuclei have a longer decay lifetime; others decay significantly faster.</p> |

| | | |
|---------------------------------|--|---|
| <p>Neytron yulduzlar</p> | <p>yulduzlarning ichki tuzilishi nazariyasiga ko‘ra ozgina elektronlar aralashgan neytronlardan o‘ta og‘ir atom yadrolari va protonlardan tashkil topgan eng zich yulduzlar.</p> | <p>A neutron star is a type of compact star. Neutron stars are the smallest and densest stars known to exist in the Universe. With a radius of only about 11–11.5 km (7 miles), they can, however, have a mass of about twice that of the Sun. They can result from the gravitational collapse of a massive star that produces a supernova. Neutron stars are composed almost entirely of neutrons, which are subatomic particles with no net electrical charge and with slightly larger mass than protons. They are supported against further collapse by quantum degeneracy pressure due to the phenomenon described by the Pauli exclusion principle.</p> |
| <p>Nukleosintez</p> | <p>yengilroq yadrolardan og‘irroq yadrolar hosil bo‘lishiga olib keluvchi yadroviy reaksiyalar zanjiri.</p> | <p>Nucleosynthesis is the process that creates new atomic nuclei from pre-existing nucleons, primarily protons and neutrons. The first nuclei were formed about three minutes after the Big Bang, through the process called Big Bang nucleosynthesis. It was then that hydrogen and helium formed to become the content of the first stars, and this primeval process is responsible for the present hydrogen/helium ratio of the cosmos. With the formation of stars, heavier nuclei were created from hydrogen and</p> |

| | | |
|--------------------|--|---|
| | | helium by stellar nucleosynthesis , a process that continues today. |
| Oq mittilar | massalari Quyosh massasi tarkibida bo'lgan va radiuslari Quyosh radiusining ~0,01 hissasini tashkil qiluvchi kichik yulduzlar. | <p>A white dwarf, also called a degenerate dwarf, is a stellar remnant composed mostly of electron-degenerate matter. A white dwarf is very dense: its mass is comparable to that of the Sun, while its volume is comparable to that of Earth.</p> <p>A white dwarf's faint luminosity comes from the emission of stored thermal energy; no fusion takes place in a white dwarf wherein mass is converted to energy. The nearest known white dwarf is Sirius B, at 8.6 light years, the smaller component of the Sirius binary star. There are currently thought to be eight white dwarfs among the hundred star systems nearest the Sun.¹ The unusual faintness of white dwarfs was first recognized in 1910. The name <i>white dwarf</i> was coined by Willem Luyten in 1922. The universe has not been alive long enough to experience a white dwarf releasing all of its energy as it will take close to a trillion years.</p> |
| Parsek | astronomiyada ishlatiladigan uzunlik birligi; $1\text{pk}=3,0857 \cdot 10^{16}\text{m}$. | A parsec (symbol: pc) is a unit of length used to measure large distances to objects outside the Solar System . One parsec is the distance at which one |

| | | |
|------------------------|--|---|
| | | <p>astronomical unit subtends an angle of one arcsecond.^[1]</p> <p>A parsec is equal to about 3.26 light-years (31 trillion kilometres or 19 trillion miles) in length. The nearest star, Proxima Centauri, is about 1.3 parsecs (4.24 light-years) from the Sun. Most of the stars visible to the unaided eye in the nighttime sky are within 500 parsecs of the Sun.</p> |
| <p>Pozitron</p> | <p>kattaligi jihatdan elektron zaryadiga teng musbat zaryadli, massasi elektron massasiga teng bo‘lgan elementar zarra, elektronga nisbatan antizarra.</p> | <p>The positron or antielectron is the antiparticle or the antimatter counterpart of the electron. The positron has an electric charge of $+1 e$, a spin of $\frac{1}{2}$, and has the same mass as an electron. When a low-energy positron collides with a low-energy electron, annihilation occurs, resulting in the production of two or more gamma ray photons (see electron–positron annihilation). Positrons may be generated by positron emission radioactive decay (through weak interactions), or by pair production from a sufficiently energetic photon which is interacting with an atom in a material.</p> |
| <p>Fermion</p> | <p>yarim butun spinga ega bo‘lgan zarracha.</p> | <p>In particle physics, a fermion (a name coined by Paul Dirac from the surname of Enrico Fermi) is any particle characterized by Fermi–Dirac statistics. These particles obey the</p> |

| | | |
|------------------------------|--|---|
| | | <p>Pauli exclusion principle. Fermions include all quarks and leptons, as well as any composite particle made of an odd number of these, such as all baryons and many atoms and nuclei.</p> <p>Fermions differ from bosons, which obey Bose–Einstein statistics. A fermion can be an elementary particle, such as the electron, or it can be a composite particle, such as the proton. According to the spin-statistics theorem in any reasonable relativistic quantum field theory, particles with integer spin are bosons, while particles with half-integer spin are fermions.</p> |
| <p>Xabbl doimiysi</p> | <p>ko‘rinuvchi Koinotning kosmologik kengayishi tufayli gallaktikadan tashqari obektlarning uzoqlashishi tezliklari bilan ulargacha bo‘lgan masofalar orasidagi bog‘lanishlardagi mutanosiblik koeffitsiyenti.</p> | <p>The value of the Hubble constant is estimated by measuring the redshift of distant galaxies and then determining the distances to the same galaxies (by some other method than Hubble's law). Uncertainties in the physical assumptions used to determine these distances have caused varying estimates of the Hubble constant. The value of the Hubble constant was the topic of a long and rather bitter controversy between Gérard de Vaucouleurs, who claimed the value was around 100, and Allan Sandage, who claimed the value was near 50. In 1996,</p> |

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| | | <p>a debate moderated by John Bahcall between Sidney van den Bergh and Gustav Tammann was held in similar fashion to the earlier Shapley-Curtis debate over these two competing values.</p> |
| <p>Yulduz turkumlari</p> | <p>birday yoshdagi va birgalikda vujudga kelgan gravitatsion bog‘langan yulduzlar guruhlari.</p> | <p>Star clusters or star clouds are groups of stars. Two types of star clusters can be distinguished: globular clusters are tight groups of hundreds or thousands of very old stars which are gravitationally bound, while open clusters, more loosely clustered groups of stars, generally contain fewer than a few hundred members, and are often very young. Open clusters become disrupted over time by the gravitational influence of giant molecular clouds as they move through the galaxy, but cluster members will continue to move in broadly the same direction through space even though they are no longer gravitationally bound; they are then known as a stellar association, sometimes also referred to as a <i>moving group</i>.</p> |
| <p>Yadroviy astrofizika</p> | <p>yulduzlar va boshqa samoviy obektlarda sodir bo‘luvchi barcha yadroviy jarayonlarni tadqiq qiluvchi fan.</p> | <p>Nuclear astrophysics is an interdisciplinary branch of physics involving close collaboration among researchers in various subfields of nuclear physics and astrophysics, with significant emphasis in areas such as stellar modeling,</p> |

| | | |
|-------------------------------------|--|---|
| | | <p>measurement and theoretical estimation of nuclear reaction rates, cosmology, cosmochemistry, gamma ray, optical and X-ray astronomy, and extending our knowledge about nuclear lifetimes and masses. In general terms, nuclear astrophysics aims to understand the origin of the chemical elements and the energy generation in stars.</p> |
| Qora tuynuk | <p>gravitatsiya kuchlari jismni uning gravitatsiyaviy radiusidan kichikroq o'lchamlargacha siqilishi natijasida yuzaga keluvchi kosmik obyekt.</p> | <p>A black hole is a region of spacetime exhibiting such strong gravitational effects that nothing—including particles and electromagnetic radiation such as light—can escape from inside it. The theory of general relativity predicts that a sufficiently compact mass can deform spacetime to form a black hole. The boundary of the region from which no escape is possible is called the event horizon.</p> |
| Adronlar | <p>Kuchli o'zaro ta'sirda ishtirok etuvchi elementar zarralar</p> | <p>In particle physics, a hadron is a composite particle made of quarks held together by the strong force in a similar way as the electromagnetic force holds molecules together.</p> |
| Adronlarning kvark modellari | <p>adronlarning elementar tashkil etuvchilar – kvarklarning bog'langan tizimidan iborat deb qaraluvchi modeli.</p> | <p>A quark is an elementary particle and a fundamental constituent of matter. Quarks combine to form composite particles called hadrons, the most stable of which are protons and neutrons, the components of atomic nuclei. Due to a phenomenon known as color confinement, quarks are</p> |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| | | never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons. |
| Bozon | butun sonli spinga ega bo'lgan zarracha | In quantum mechanics , a boson is a particle that follows Bose–Einstein statistics . Bosons make up one of the two classes of particles , the other being fermions . The name boson was coined by Paul Dirac ^[4] to commemorate the contribution of the Indian physicist Satendra Nath Bose ^{[5][6]} in developing, with Einstein, Bose–Einstein statistics —which theorizes the characteristics of elementary particles. Bosons are integer spin particles. |
| Buyuk birlashuv | kuchli, kuchsiz va elektromagnit o'zaro ta'sirlarning yagona tabiatiga ega ekanligi haqidagi tasavvurga asoslangan fundamental fizikaviy hodisalarning nazariy modeli | Great integration of the fundamental interactions, also known as fundamental forces, are the interactions in physical systems that do not appear to be reducible to more basic interactions. There are four conventionally accepted fundamental interactions— gravitational , electromagnetic , strong nuclear , and weak nuclear . Each one is understood as the dynamics of a <i>field</i> . The gravitational force is modelled as a continuous classical field . The other three are each modelled as discrete quantum fields , and exhibit a measurable unit or elementary particle . |
| Vaynberg-Salam nazariyasi | elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlarning birlashgan nazariyasi. | Electromagnetic and weak interactions unified theory. In particle physics , the electroweak interaction is the unified |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p><u>description</u> of two of the four known <u>fundamental interactions</u> of nature: <u>electromagnetism</u> and the <u>weak interaction</u>. Although these two forces appear very different at everyday low energies, the theory models them as two different aspects of the same force. Above the <u>unification energy</u>, on the order of 100 <u>GeV</u>, they would merge into a single electroweak force.</p> |
|--|--|---|

VIII. ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
2. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
3. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
4. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
5. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
6. Sivuxin D.V, Kurs obshey fiziki, uchebnoye posobiye dlya vuzov, t. 5 – Atomnaya i yadernaya fizika, 3-ye izdaniye, FIZMATIZ, 2011.
7. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
8. Filchenkov M.L., Gravitatsiya, astrofizika, kosmologiya: dopolnitelniye glavi, «LIBROKOM», 2010.
9. Bochkarev N.G.b Magnitniye polya v kosmose, M.: Knijniy dom «LIBROKOM», 2011. – 216 s.

Internet ma’lumotlari

1. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
4. <https://nuclphys.sinp.msu.ru/>