

19-§. VIZUAL VA TUTILUVCHI QO'SHALOQ YULDUZLAR. FIZIK

O'ZGARUVCHAN YULDUZLAR

Tayanch ibora (kalit so'z)lar: yulduz, qo'shaloq yulduz, Quyosh, harorat, yulduzda modda zichligi, Mitsar, Alkor, masofa, burchak, Kepler qonuni, aylanish davri, o'lcham, gigant yulduz, energiya, zichlik, yulduzlar evolyutsiyasi, Sefeid, davr, reaksiya, fizik o'zgaruvchan yulduz, nostatsionar.

Yulduzlarning massalari va o'lchamlari. Biz Quyosh misolida yulduzning massasi eng muhim xarakteristika hisoblanib, uning bag'ridagi fizik sharoitlar aynan shu xarakteristikaga bog'liq ekaniga ishonch hosil qildik. Faqat qo'shaloq yulduzlarninggina massasini aniqlash mumkin.

Agar yulduzlarning qo'shaloqligini teleskop yordamida ko'rish mumkin bo'lsa, bunday yulduzlar **vizual qo'shaloq yulduzlar** deyiladi.

Vizual qo'shaloq yulduzlarga misol qilib, hatto oddiy kuz bilan bevosita ko'rinadigan Katta ayik yulduz turkumining yulduzini olish mumkin. Normal kuzga bu yulduzga juda yaqin joyda ikkinchi bir xira yulduzcha ko'rinadi. Bu yulduzchani qadimgi arablar ko'rganlar va unga Alkor (Otliq) degan nom berganlar. Yonidagi ravshan yulduzga esa ular Mitsar degan nom berishgan. Mitsar bilan Alkor osmonda bir-biridan 11' masofada joylashgan. Durbin orqali bunday qo'shaloq yulduzlarni kuplab ko'rish mumkin.

Uch yoki undan ortiq yulduzlardan tashkil topgan sistemalar karrali sistemalar deyiladi. Masalan, durbindan qaraganda Liraning ϵ yulduzi bir-biridan 3' masofada joylashgan 4-yulduz kattaligidagi ikkita bir xil yulduzdan iboratligi ko'rinadi. Teleskopda kuzatilganda Liraning ϵ yulduzi vizual to'rtlik yulduzdir. Lekin, ba'zi qo'shaloq ko'ringan yulduzlar aslida optik qo'shaloq bo'lib, bu ikki

yulduzning yaqinligi, ularning osmon sferasidagi proeksiyalarining bir-biriga tasodifan yaqin joylashishining natijasidir. Aslida, ular fazoda bir-biridan juda uzoq masofada joylashgan bo'ladi. Agar yulduzlarni uzoy yillar kuzatib borish natijasida, ular bitta sistemasini tashkil etishi va o'zaro tortishish kuchi ta'sirida, massalarinining umumiy markazi atrofida aylanishlari ma'lum bo'lsa, u holda ularni fizik qo'shaloq yulduzlar deyiladi.

Mashhur rus olimi V. Ya. Struve juda ko'p qo'shaloq yulduzlarni kashf etdi va ularni o'rgandi. Vizual-qo'shaloq yulduzlarning ma'lum bo'lgan eng qisqa aylanish davrlari bir necha yilni tashkil etadi. Aylanish davrlari o'nlab yillarga teng bo'lgan qo'shaloq yulduzlar o'rganilgan, aylanish davrlari yuzlab yillarga teng bo'lganlari kelajakda o'rganiladi. Bizga juda yaqin bo'lgan Sentavrning α yulduzi qo'shaloq yulduzdir. Uning tashkil etuvchilari (komponentlari)ning umumiy massa markazi atrofida aylanish davri 70 yil. Bu qo'shaloqni tashkil etgan har ikkala yulduzning massasi va harorati Quyoshniki kabi.

Bosh yulduz, odatda, yo'ldosh-yulduz chizadigan ellipsning fokusida joylashgan bo'lmaydi, chunki biz uning orbitasi haqiqiy uzini emas, balki osmon sferasidagi, ya'ni manzara tekisligidagi buzilgan proeksiyalarini kuramiz. Ammo geometriya qonun-qoidalaridan foydalanib orbitaning haqiqiy shaklini tiklash va uning katta yarim o'qi a ni yoy sekundalarida o'lchash mumkin. Agar qo'shaloq yulduzgacha bo'lgan masofa D parseklarda va yo'ldosh yulduz orbitasining katta yarim o'qi yoy sekundlarida (a'') berilgan bo'lsa, u holda astronomik birliklarda bu katta yarim o'q quyidagiga teng bo'ladi:

$$A_{a.b.} = a'' D_{pk}$$

yoki

$$A_{a.b.} = \frac{a''}{p''}$$

chunki

$$D_{pk} = \frac{1}{p''}$$

Yo'ldosh yulduzning harakatini Yerning Quyosh atrofidagi harakatiga solishtirib, biz Keplerning III qonuniga asosan, quyidagini yoza olamiz:

$$\frac{m_1 + m_2}{A^3} T^2 = \frac{M + M_{\oplus}}{1^3} \cdot 1^3$$

Bu erda m_1 va m_2 qo'shaloq yulduzni tashkil etgan yulduzlarning massalari, M va M_{\oplus} Quyosh va Yerning massalari, T qo'shaloq yulduzning umumiy markaz atrofida yillar hisobidagi aylanish davri Quyosh massasiga nisbatan Yer massasini nolga teng deb olsak, qo'shaloqni tashkil etgan yulduzlar massalarining yigindisini Quyosh massasi birligida quyidagicha topamiz:

$$m_1 + m_2 = \frac{A^3}{T^2}$$

Har bir yulduzning massasini alohida aniqlash uchun, uni tashkil etgan yulduzlar harakatini atrofidagi yulduzlarga nisbatan o'rganib, ularning umumiy massa markazidan uzoqliklari A_1 va A_2 ni hisoblab topish kerak bo'ladi. U holda quyidagi ikkinchi tenglama:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

ga ega bo'lamiz va bu ikki tenglamalar sistemasidan yulduzlarning massalarini alohida-alohida topamiz.

Yulduzlarning o'lchamlari. Ulardagi moddaning zichligi. Haroratlari bir xil bo'lgan yulduzlarning, masalan, Quyosh bilan Kapellaning o'lchamlarini qanday solishtirish mumkinligini soddagina bir misolda ko'rsatamiz. Bu yulduzlarning spektri, rangi va harorati bir xil, lekin Kapellaning yorqinligi Quyoshning yorqinligidan 120 marta ortiq. Bir xil haroratdagi yulduzlarning bir yuza birligiga to'g'ri keladigan ravshanligi ham bir xil bo'lganligi sababli, Kapellaning sirti Quyosh

sirtidan 120 marta, diametri va radiusi esa Quyoshnikidan $\sqrt{120} \approx 11$ marta katta bo'lishi kerak.

Nurlanish qonunlarini bilish boshqa yulduzlarning ham o'lchamlarini aniqlashga imkon beradi.

Masalan, qizdirilgan jismning 1 m^2 yuzasidan vaqt birligida tarqaluvchi to'la energiya $L = \sigma T^4$ ga teng bo'lishi fizikada isbotlangan. Bu yerda T absolyut harorat. Ma'lum T haroratli yulduzlarning nisbiy chiziqli diametri quyidagi formuladan topiladi:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \frac{4\pi r^2}{4\pi r_{\odot}^2} \cdot \frac{i}{i_{\odot}} = \left(\frac{r}{r_{\odot}}\right)^2 \cdot \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^4$$

Bu yerda r yulduzning radiusi, i yulduzninig yuza birligidan chiqayotgan nurlanish energiyasi, r_{\odot} , i_{\odot} , T_{\odot} Quyoshga tegishli kattaliklar bo'lib, $L_{\odot}=1$. Bundan

$$r = \sqrt{L} \cdot \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^2$$

Quyosh radiusi hisobida.

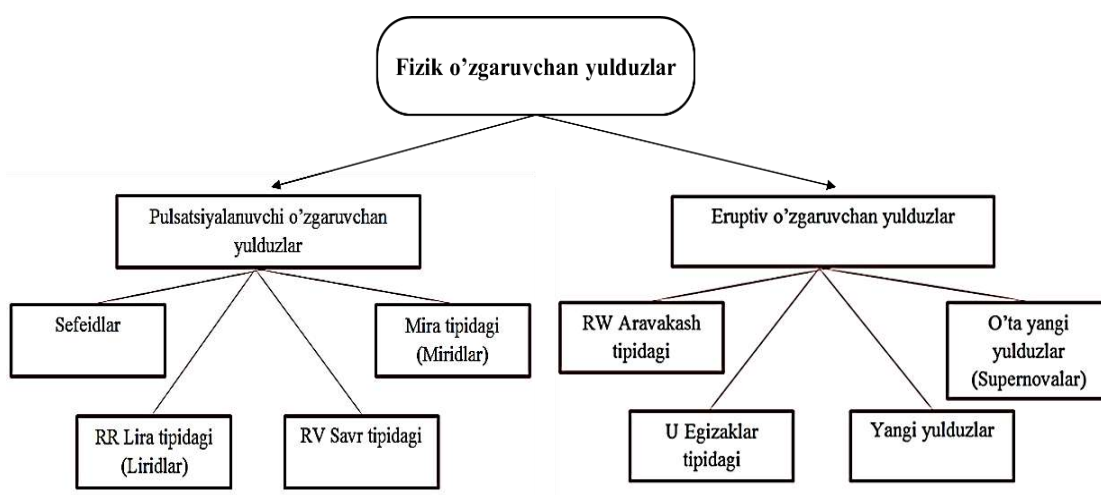
Yulduzlarning burchak diametrlarini maxsus optik o'lchamlariga tegishli yuqoridagi hisoblash natijalari to'la tasdiqlandi.

Yorqinligi juda katta bo'lgan yulduzlar o'ta gigant yulduzlar deyiladi. Qizil o'ta gigant yulduzlar o'lchamlari jihatdan ham juda kattadir. Bizda yanada uzoqda bo'lgan Sefeyning yulduzi shunday kattaki, uning ichiga Quyosh sistemasining Yupiter orbitasigacha (Yupiter orbitasi ham kiradi) bo'lgan qismini joylashtirish mumkin. Shu bilan birga o'ta gigant yulduzlarning massalari Quyosh massasidan atigi 30÷40 marta katta, xolos. Natijada qizil o'ta gigant yulduzlarning hatto o'rtacha zichligi, xonadagi havo zichligidan minglab marta kamligi ma'lum bo'ladi.

Yorqinliklari bir xil bo'lgan yulduzlar qancha qizigan bo'lsa, ularning o'lchamlari shuncha kichik bo'ladi. Oddiy yulduzlar ichida eng kichigi qizil karlik

(mitti) yulduzlardir. Ularning massalari va radiuslari Quyosh massasi va radiusning undan bir qismiga to'g'ri keladi, o'rtacha zichligi esa suvning zichligidan $10 \div 100$ marta, Oq karlik (mitti) yulduzlar ajoyib yulduzlar bo'lib, qizil karliklarga nisbatan yana ham kichik. Bizga yaqin yorug' Sirius yulduzining atrofida aylanadigan yo'ldoshi bor. Bu yo'ldoshning aylanish davri 50 yil. Bu qo'shaloq yulduzning uzoqligi, orbitasi va massasi ma'lum. Bu ikki yulduz oq va deyarli bir xilda qaynoq yulduzlardir. Binobarin, bu yulduzlarning sirtidagi bir xil kattalikdagi yuzalar birday energiya tarqatadi, lekin yo'ldoshning yorqinligi Siriusnikiga qaraganda 10000 marta kuchsiz.

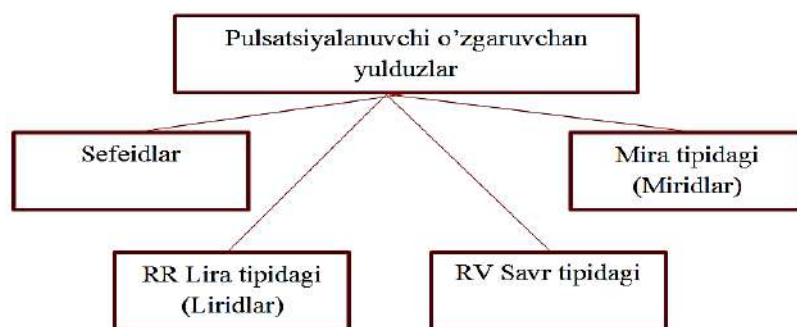
O'zgaruvchan va nostatsionar yulduzlar. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar deb yorqinligi va o'lchami davriy ravishda o'zgarib turadigan yulduzlarga aytiladi. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar quyidagi turlarga bo'linadi.



Fizik o'zgaruvchan yulduzlarning turlari

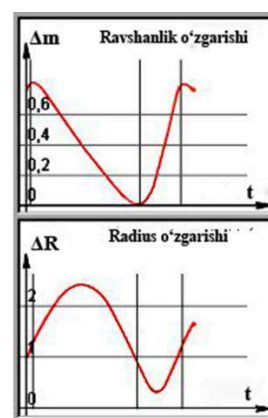
Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar. Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar - ravshanliklarining bir maromda (me'yorda) o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Bu xildagi o'zgaruvchan yulduzlarning ravshanliklarining o'zgarishi, asosan, ularning sirt qatlamlarining Pulsatsiyalanishi hisobiga bo'lgani uchun ham ular shunday nomlanadi. Pulsatsiyalanish tufayli bunday yulduzlarning radiuslari ortayotganda, ularning yorqinligi va harorati maksimumga erishadi,

aksincha kichrayayotganda (ya'ni yulduz siqilayotganda) esa, yorqinligi va harorati kamayadi. Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar, davrlarining uzunligi va ravshanliklarining o'zgarish darajasiga ko'ra quyidagi tiplarga bo'linadi:



Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar

Davriy o'zgaruvchan yulduzlar ichida eng ajoyiblari sefeidlardir. Bular oq yoki sarg'ish yulduzlar bo'lib, sefeidlarning nomini shu tipdagi o'zgaruvchan yulduzlarning vakili Sefrey turkumidagi δ yulduzdan olganlar. Mazkur yulduzning o'zgaruvchanlik davri 5,37 sutka va ravshanligining o'zgarish amplitudasi 4,6 dan 3,7 yulduz kattaligigacha boradi. Sefeidlar ravshanligining o'zgarish amplitudasi 1,5 yulduz kattaligidan ortmaydigan va davri bir necha o'n minutdan bir necha o'n sutkagacha bo'lgan o'zgaruvchan yulduzlardir. Ularning bu davrlari ko'p yillar davomida doimiy qolib, aniqligi o'ndan bir sekundgacha boradi.



Sefeidlar

Harorat o'zgarishi bilan sefeidlarning spektral sinfi ham bir oz o'zgaradi. Bunday o'zgarishlarga sabab sefeidlar pulsatsiyalanuvchi yulduzlar ekanligidir. Ular davriy ravishda kengayib va siqilib turadilar. Tashqi qatlamlarining siqilishi ularning qizishiga olib keladi.

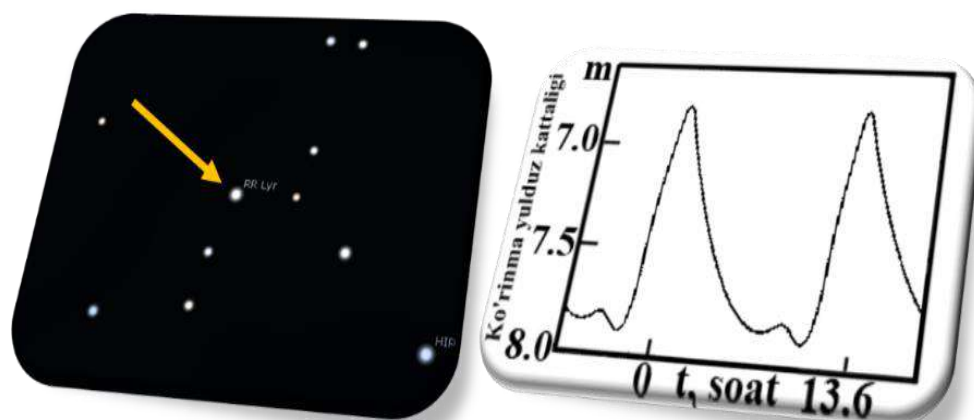
Sefeidlar ikki guruhga bo'linadi: qisqa davrli Sefeidlar, boshqacha aytganda, Liraning *RR* yulduzi tipidagi, davri 1 sutkadan kam bo'lgan yulduzlar va davri 2 sutkadan ortiq bo'lgan uzun davrli klassik Sefeidlar. Bulardan birinchilari qaynoqroq bo'lib, ularning hammasi bir xil $M=0,5$ absolyut yulduz kattaligiga ega.

Klassik Sefeidlar sovuqroq va quyidagi ajoyib xususiyatlarga ega, bular o'ta gigantlar bo'lib, ularning yorqinligi ancha yuqori bo'lsa, davriy shuncha katta bo'ladi. Eng sekin o'zgaradigan sefeidlar eng yorug' bo'ladi. Davrlari 50 sutkaga yaqin bo'lgan bunday yulduzlarning yorqinligi Quyosh yorqinligidan 10000 marta ortiq bo'ladi. Sefeid yorqinligini uning ravshanligining o'zgarishi davriga ko'ra aniqlab, uning absolyut yulduz kattaligi M ni hisoblash mumkin. So'ngra M ni ko'rinma yulduz kattaligi m bilan solishtirib, Sefeidgacha bo'lgan masofani quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$\lg D = 0,2(m - M) + 1$$

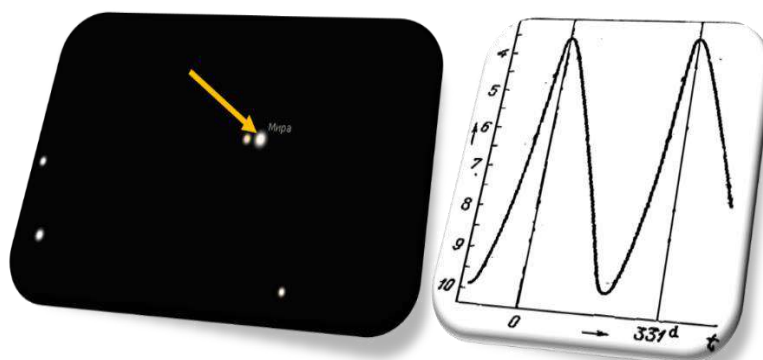
Ravshan gigant sefeidlar Koinotning mash'allari kabi uzoqdan ko'rinib turadi.

RR Lira tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar (Liridlar). A spektral sinfiga kiruvchi gigant yulduzlar bo'lib, ravshanligining o'zgarish intervali 1 dan 2 yulduz kattaligiga qadar bo'ladi. Spektral sinflarining o'zgarishi A va F sinflar bilan chegaralanadi. Bu tipdagi yulduzlarning ravshanliklarining o'zgarish davri 0,05 sutkadan 1,2 sutkagacha bo'lib, juda katta aniqlik bilan kuzatiladi.



RR Lira tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar

Kit yulduz turkumidagi Mira tipidagi yulduzlar (Miridlar). Uzun davrli o'zgaruvchan yulduzlardan bo'lib, ularning o'zgarish davri 80 sutkadan 1000 va undan ortiq sutkagacha boradi. Ravshanligining o'zgarish amplitudasi esa 2,5 yulduz kattaligigacha yetadi. Bunday yulduzlar yorqinligining maksimumida uning spektrida ravshanligining minimumida kuzatilgan metall chiziqlari o'rnini vodorodning emission chiziqlari oladi.



Kit yulduz turkumidagi Mira tipidagi yulduzlar

Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar. Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar nisbatan kichik yorqinlikka ega bo'lgan yulduzlar (asosan, mitti yulduzlar) bo'lib, ularning o'zgaruvchanligi vaqt-vaqti bilan qaytalanuvchi chaqnash ko'rinishida sodir bo'ladi. Bunday chaqnashlar mazkur yulduzlardan plazmaning uloqtirilishi

(erupsiyasi) bilan tushuntirilgani uchun ham ular eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar deb yuritiladi. Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar quyidagi tiplarga bo'linadi:



Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar

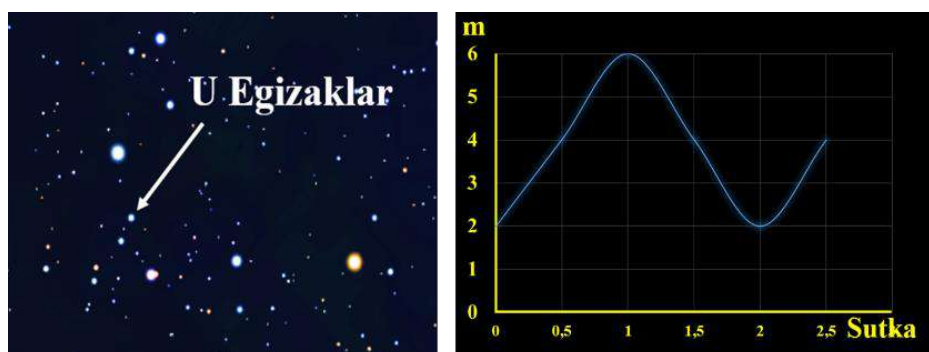
RW Aravakash tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar. Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlarning yarmidan ko'pi RW Aravakash tipidagi o'zgaruvchan yulduzlardir. Bunday tipdagi o'zgaruvchan yulduzlarning ravshanligi shu qadar noto'g'ri o'zgaradiki, natijada hech qanday qonuniyat bilan bu o'zgarishni belgilab bo'lmaydi. RW Aravakash tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar ma'lum bir yulduz ravshanligi ba'zan juda tez (1 soatda 1 yulduz kattaligiga) o'zgargani holda, ba'zan juda sekin (1 sutkada 0,1 yulduz kattaligiga) o'zgaradi. Umuman bunday yulduzlarda ravshanlikning o'zgarish amplitudasi 0,1 dan 3 yulduz kattaligigacha borishi mumkin. Bu xil fizik o'zgaruvchan yulduzlarning ko'pchiligi F spektral sinfidagi yulduzlar bo'lib, faqat ayrimlarigina B sinfidan M sinfigacha uchraydi.



RW Aravakash tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar

U Egizaklar tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar. Bu tipidagi eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar B va A sinfiga kirib, yorqinliklari nisbatan kam

o'zgaradigan yulduzlardir. Biroq ba'zan bunday yulduzlarning ravshanligi $1\div 2$ kun ichida 2 dan 6 yulduz kattaligigacha ortadi va bir necha kundan so'ng o'z holatiga qaytadi.



Egizaklar tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar

Yangi yulduzlar. “Yangi yulduzlar” degan nom qadim zamonlardan saqlanib kelingan bo'lib, bu nom haqiqatan ham yangi deb hisoblangan yulduzlarga kiradi. To'plangan fotosuratlar kolleksiyasi yangi deb atalgan oddiy ko'zga ko'rinmaydigan yulduz qadimdan mavjud bo'lganini, lekin to'satdan charaqlashi natijasida uning ravshanligi qisqa vaqt ichida o'n minglab marta ortib, kuzatuvchiga o'zini yangi yulduz sifatida namoyon qildi. Charaqlagandan so'ng yulduz, yana asta-sekin o'zining avvalgi ravshanligiga qaytadi. Yangi yulduzlar ravshanligining amplito'dasi chaqnash paytida 7-yulduz kattaligidan 14-kattaligigacha, ya'ni ularning yorqinliklari 400000 martagacha o'zgarishi mumkin. Yorug'ligi maksimumga yetganda ularning absolyut yulduz kattaligi -6 dan -9 gacha bo'ladi. Ehtimol, yangi yulduzlarning chaqnashi har ming yillar oralab takrorlanar. Maksimumida birinchi yulduz kattaligiga erishgan yangi yorug' yulduzlar kam kuzatilgan, masalan, 1901-, 1918-, 1925 yillarda.

Chaqnashlarning ana shunday to'satdan yuz berishi sababli yangi yulduzlarning kashf etilishi tasodifiy bo'ladi. Ularni, ko'pincha astronomiya havaskorlari, ba'zan maktab o'quvchilari kashf etadilar. Buning uchun Somon

Yo'lga yaqin bo'lgan yulduz turkumlarini tez-tez kuzatib borish kerak. Ammo sayyorani yangi yulduz bilan almashtirib yubormang!

Yangi yulduzning chaqnashi, odatda, bir necha kun halokatli davom etib, dastlabki yorqinligiga yillar davomida qaytadi va bu kaytish davrida ravshanlikning tebranishi kuzatiladi.

O'ta yangi yulduzlar. Ba'zi ilgari ko'rinmagan alohida yulduzlar, tusatdan yangi yulduzlar singari chaqnaydi va oldingi ko'rinishga qaytadi. Lekin ularning yorqinliklari maksimumga erishganda ular yangi yulduzlarga qaraganda minglab marta ravshan bo'ladi. Bunday yulduzlar o'ta yangi yulduzlar deyiladi.

O'ta yangi yulduzlarning chaqnashi nihoyatda kam uchraydi. milliardlab yulduzlarga ega bo'lgan sistemada bir necha o'n va yuz yilda o'rta hisobda bitta chaqnash sodir bo'ladi.

Teleskop ixtiro etilgunga qadar bizning yulduz sistemamizda bir necha uta yangi yulduzlarning chaqnashi kuzatilgan. Ulardan biri 1054 yilda Savr yulduz turkumida chaqnagan bo'lib, uning urnida hozir Qisqichbaqasimon tumanlik deb atalgan, juda xira nur sochadigan ajoyib tumanlik paydo bo'lgan. Tumanlikni hosil qilgan gaz, mazkur yulduz chaqnaganda o'zidan uloqtirib tashlanadi. Keyinchalik, Qisqichbaqasimon tumanlik radionurlanishning eng kuchli manbalaridan biri ekanligi ma'lum bo'ldi. Tumanlikning radionurlanishiga sabab, tumanlikda mavjud magnit maydonning yulduz chaqnaganda vujudga kelgan va yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda harakatlanayotgan elektronlarni tormozlashidadir. Magnit maydonidagi elektronlarning bunday radionurlanishi issiq bo'lmagan yoki sinxrotron nurlanish deyiladi. Qisqichbaqasimon tumanlik, shuningdek, rentgen nurlarning ham nihoyatda kuchli kosmik manbalaridan biri ekanligi ma'lum bo'ldi. Boshqa "yaqin" o'ta yangi yulduzlar chaqnagan joylardan ham radionurlanishlar tarqatayotgan va kengayotgan tumanliklar topilgan. O'ta yangi yulduzlarning

chaqnashi osmon jismlarida yuz beradigan bahaybat va eng kam uchraydigan halokatlardandir.

Koinotning eng qiziq va jumboqli obyektlaridan biri – bu qora tuynuklardir. Olimlar qora tuynuk qandaydir massani kuchli siqilishidan hosil bo'lishini aniqlab, bunda tortishish maydoni bir necha marta ortib, u hattoki yorug'likni yoki boshqa nurlanishlarni va signallarni ham chiqarmaydi. Qora tuynuk hosil bo'lishi uchun massa shunday o'lchamgacha siqilishi kerakki, unda ikkinchi kosmik tezlik yorug'lik tezligiga teng bo'lishi kerak. Bunday o'lcham gravitatsion radius deyiladi va faqat massadan bog'liq bo'ladi. Yer uchun gravitatsion radius 1 sm.ga teng.