

O'zbekiston Respublikasi
Oliy va O'rta Maxsus Ta'lim Vazirligi

Mirzo Ulug'bek nomidagi
O'zbekiston Milliy Universiteti

ASTROFIZIKA, KOSMOLOGIYA VA
KOINOT NURLARI MUAMMOLARI
ma'ruza matni

Toshkent – 2005

«Astrofizika, kosmologiya va koinot nurlari muammolari» bo'yicha yozilgan mazkur ma'ruza matni magistrilar uchun mo'ljallangan bo'lib, unda mazkur bo'lim asoslari, uning maqsadi, vazifalari va ahamiyati ochib berilgan.

Ushbu ma'ruza matni universitetlarning fizika fakulteti bakalvrlari va o'qituvchilari uchun ham foydalidir.

Ma'ruza matni M.Ulug'bek nomidagi O'zMU o'quv — uslubiy kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan (28 iyun 1999 yil 3 —sonli bayoni)

Tuzuvchilar

prof. Nasriddinov K.R.

Taqrizchi

dots. Aliyev F.K.

Mas'ul muharrir

dots. Rahmatov A.S.

KIRISH

Astrofizika, kosmologiya va koinot nurlari muammolari fani koinot nurlari xosil bo'lishi, tabiati, tadqiqot yo'nalishlari, ularning astrofizik va kosmologik jarayonlardagi roli to'g'risida tushincha beradi. Demak bu bo'limda, asosan koinot nurlari tabiati, xususiyatlari, ular bilan bo'ladigan turli jarayonlar o'rganilib, ularning astrofizik jarayonlarga ta'siri hamda olam tuzilishi bilan bog'liq kosmologik tomonlari ham qarang chiqiladi.

Koinot nurlari fizikasi

- koinot nurlarining hosil bo'lishi va tyezlanishi
- koinot zarrachalari, ularning tabiati va xususiyatlari
- kosmik fazoda, atmosferada, Yer va planetalar qobig'ida koinot zarralari bilan bo'ladigan jarayonlarni o'rganadi. Bu tadqiqotlarda yadro fizikasida yaratilgan asbob — uskunalar ishlatiladi. Lekin Yerning magnit maydoni va atmosferasi koinot zarrachalarini o'rganishda asosiy rol o'ynaydi. Baland tog' stansiyalari, havo sharlari, Yer yo'ldoshlari, raketalar, planetalararo va orbital stansiyalarning ishlatilishi koinot nurlari fizikasini geofizika va koinot fizikasi bilan chambarchas bog'laydi. Koinot nurlari astrofizikasi yo'nalishi koinotdagi radionurlanishlarni o'rganadi. Bu nurlanish radioteleskoplar yordamida o'rganiladi. Bundan tashqari rentgen va γ — nurlanishlar elektronlar, protonlar va yadrolar yordamida hosil bo'ladi. Bu nurlanishlar yordamida Galaktikadan tashqarida bo'lgan jarayonlarni ham o'rganish mumkin. Bundan tashqari koinot nurlari fizikasi fan — texnikaning turli sohalariga, masalan, kosmik parvozlar, yuqori energiyalar fizikasi, zarrachalar o'zaro ta'siri va ularning xususiyatlarini o'rganishga bevosita daxldordir. Dastlab 20 — asrning 30 — yillarida koinot nurlari yuqori energiyali zarralar oqimi ekanligi ma'lum bo'lgach, ularning xususitlarini o'rganishiga kirishildi. Lekin yuqori energiyali tezlatgichlar qurilishi bilan bu soha tezlatgichlar yordamida, ya'ni o'ta yuqori energiyalarda o'rganila boshlandi. Hozirgi paytda koinot nurlari fizikasi yadro fizikasi, astrofizika, kosmik fazo fizikasi, geofizika va geliofizika kabi fanlarga aloqadaor juda ko'p muammolarni o'rganadi. Endi koinot nurlarnini o'rganishning tarixiga nazar tashlasak, koinot

nurlarini o'rganish gazlardagi tok o'tkazuvchanlikni o'rganishdan boshlangan. Bunda ionizatsiya kamerasi qalin qo'rg'oshin bilan to'sib qo'yilganda ham gaz ma'lum miqdorda tok o'tkazgan. Shu sababli, Vilson bu ionizatsiyani keltirib chiqaruvchi sabab yerdan tashqaridagi manba ekanligini birinchi bo'lib aytdi.

1911 — 1912 yillarda havo sharlari yordamida o'tkazilgan tajribalar balandlik oshishi bilan ionizatsiya tokining oshishini ko'rsatdi. Keyinchalik esa bu balandlikdagi nurlanish boshqa nurlanishlarga qaraganda yomon yutilishi, ya'ni yuqori o'tuvchanlikka ega ekanligi aniqlandi.

1927 yili D.Skobelsin Vilson kamerasini magnit maydoniga joylashtirdi va **1200 e** kuchlanish magnit maydonida u kuchsiz og'gan izlarni kuzatishga muvaffaq bo'ldi. Natijada koinot nurlari korpuskulyar tabiatga ega ekanligini aniqladi. Keyinchalik koinot nurlarini kuzatish uchun qalin fotoemulsiya metodi qo'llanila boshlandi. 1932 yili esa Anderson kosmik nurlarda pozitronni kashf qildi.

Koinot nurlari «yumshoq» va «qattiq» komponentlarga ajratib o'rganila boshlandi. Bu ajratish shartli bo'lib, 10 sm qalinlikdagi qo'rg'oshinda yutilganda nurlar yumshoq, qolganlarini esa qattiq deb ataldi. Yumshoq komponenta elektronlar va pozitronlar ekanligi keyinchalik aniqlandi. Qattiq komponenta esa 1937 yili topilgan s — mezonga mos keldi. U elektrondan 200 marta og'ir bo'lib kichik tormozlanish nurlanishiga ega va shu sababli energiyasini asosan atomlarni ionlashga sarflaydi.

Keyingi intyensiv izlanishlar koinot nurlari bilan bo'ladigan quyidagi jarayonlar bo'lishi mumkinligini ko'rsatdi. Birlamchi elektronlar atmosferada myuonlarni va ikkilamchi elektronlarni hosil qiladi. Myuonlar ham o'z navbatida parchalanib elektronlarni va atomlarni ionlashtirib yuqori energiyali elektronlarni hosil qiladi. Lekin bu mexanizm yetarlicha mavjud jarayonlarni tushuntirib bera olmadi. Tez orada ikkilamchi elektronlar va myuonlar bilan bir qatorda protonlar ham qayd qilindi. Bunga asosan elektron — yadro jalalarining topilishi sabab bo'ldi. Bu jalalarning tarkibini protonlar, neytronlar va 1947 yili topilgan p mezonlar tashkil qiladi. Dastlabki mexanizmda elektromagnit ta'sir rol o'ynagan bo'lsa, elektron—yadro jalalarida yadro kuchlari o'zini namoyon qildi. Bu jarayondagi birlamchi zarralar 10^{17} ev va undan ham katta energiyaga ega bo'lishi aniq bo'ldi.

1949 yili S.Vernov boshchiligidagi ekspeditsiya kosmik nurlarining asosini protonlar tashkil qilinishini aniqladi.

1. Koinot nurlari deganda nimani tushunasiz?
2. Koinot nurlarini o'rganish tarixini gapirib bering?
3. Koinot nurlarining astrofizik va kosmologik jarayonlarga aloqasi qanday?

OLAMNING TUZILISHI

Hayot paydo bo'lgandan beri tungi osmondagi son — sanoqsiz yulduzlar, oy va quyosh tutilishlari, nur sochuvchi va boshqa kichik osmon jismlari bilan bog'liq holatlar insoniyatni o'ylantirib kelgan. Hozirga kelib koinotdagi barcha modda yulduzlar, yulduzsimon tuzilmalar, planetalar, planetalararo gazlar va koinot nurlari ko'rinishda majudligi ma'lum. Astronomiya ma'lumotlariga ko'ra bu obyektlarning yoshi bir necha o'n milliard yilga tyeng. Agar bu vaqtni uzunlik birligida ifodalasak 10^{10} йил = 10^{28} см = $3.2 \cdot 10^9$ пс ga tyeng bo'ladi. Bu kattalik signali bizgacha yetib kelishi mumkin bo'lgan osmon jismlarigacha bo'lgan masofadir. Koinotning bunday ko'rinadigan qismiga *Metagalaktika* deyiladi. Yulduzlar to'planib galaktikalar hosil qiladi. Koinot ning 10^{26} SM radiusli qismida 10^4 ta galaktigada joylashgan va ular orasidagi o'rtacha masofa $l \approx 10^{25}$ sm ga tyeng. Galaktikalar turli formaga ega. Bizning galaktikamiz Somon yo'li deb ataladi va u qo'shni andromeda tumanligi, Katta va Kichik magellan bulutlari, hamda yana 20 tacha galaktika bilan birgalikda galaktikalarning mahalliy gruppasini tashkil qiladi. Koinotning dastlabki modeli statsionar model bo'lib, unga ko'ra koinotning bizga ma'lum qismi cheksiz davriy takrorlanib davom etadi. Lekin 1922 yili A.Fridman Eynshteynning nisbiylik nazariyasi asosida Metagalaktikaning kengayishini asosladi. 1929 yili esa Xabbl dopler — effekti yordamida galaktikalarining bir — biridan uzoqlashayotganligini ko'rsatdi. Unga ko'ra $U = Hr$, bunda $H = 55 \frac{km}{c} \cdot M_{HC}$ — Хаббл doimiysi bo'lib, u faqat vaqtga bogliq. Bunga ko'ra metagalaktikaning yoshi

$$t = \frac{r}{u} = H^{-1} = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ yilga teng.}$$

Koinot nurlari metagalaktikada haotik magnit maydoni ta'sirida sochilib, o'ziga xos trayektoriya bilan hapakatlanali. Bu harakat diffusion harakat ga o'xshaydi.

Diffuziya koeffitsiyenti $D = \frac{1}{3} IV \frac{sm^2}{s}$ ga tyeng bo'lib, u son jihatidan zarrachaning vaqt birligidagi siljishining o'rtacha kvadrati yarmiga teng, ya'ni $D = \frac{1}{2} \overline{R^2} \quad R = \overline{RT} = \sqrt{2DT}$ ga kelamiz.

Agar yugurish yo'li $-l = 10^{25} sm, \vartheta \approx s$ va $T = 10^{10}$ yil desak, $R_{\max} = 2.6 \cdot 10^8$ yilga ga tyeng bo'ladi. Demak, metagalaktikamiz mavjud bo'lgandan beri Yerga $\approx 10^8$ yorug'lik yiliga tyeng masofalardagi signallar yetib kelishi mumkin.

Metagalaktikadagi jarayonlar gigant portlash natijasi deb qaraladi. Dastlab juda yuqori zichlik va tyemperaturaga ega bo'lgan matyeriya portlashi sababli olam yaralgan deb taxmin qilinadi. Dastlab $KT > 10^{18} GeV$ energiyalarda leptokvarklar va unversal o'zaro ta'sir tashuvchilari mavjud bo'lgan. Keyinchalik tyemperaturaning sovushi sababli universal o'zaro ta'sir kuchsiz, elektromagnit va kuchli ta'sirlarga ajralgan. Bunda mavjud matyeriya kvarklar, glyuonlar, leptonlar va fotonlardan iborat bo'lgan. Ular barchasi tyermodinamik muvozanatda bo'lishgan. Temperaturaning keyingi pasayishi natijasida kvark —glyuon plazma adronlarga aylangan va yadro hamda yulduzlar hosil bo'lgan. Hozirda mavjud koinot relikt nurlanishni dastlabki davrda modda bilan muvozanatda bo'lgan elektromagnit nurlanishning «qoldig'i» deb qarash mumkin. Bu koinotning nostatsionar modelini asoslovchi fakt hisoblanadi.

Endi Galaktikamiz haqida gapiradigan bo'lsak, u 100 milliardga yaqin yulduzlardan tashkil topgan. U spiral ko'rinishga ega bo'lib, radiusi 30 Kps ga teng. Spiral aylanma harakatda bo'lib, Quyosh yaqinida, ya'ni markazdan 10 Kps

masofada , uning aylanma tyezligi 200 km/s tyeng. Galaktikaning aylanish davri 275 mln. yilga tyeng. Yulduzlararo muhit gaz (asosan, vodorod va geliy) va changliklardan iborat . Gazning zichligi 1 atom/sm³ va undan kamroq bo'lib, uning

3% ionlashgan. Gaz bulutlari zichligi esa $20 - 30 \frac{\text{atom}}{\text{sm}^3}$ ga teng, elektronlarniki $B \approx 5 \cdot 10^{-6} \text{Gs}$ va ular temperaturasi 100 K ga teng.

Quyosh Galaktikamizdagi 100 milliard yulduzlardan biri bo'lib, massasi $M_q \approx 2 \cdot 10^{33} \text{kg}$ radiusi $R_q = 7 \cdot 10^{10} \text{sm}$, o'z uqi atrofida aylanish davri 27 sutkaga tyeng. Uning nur sochishi $L_q = 3,86 \cdot 10^{33} \text{erg/s}$ ga teng. Quyoshning sirti fotosfera deyiladi, undan keyingi $14 \cdot 10^3 \text{km}$ qalinlikdagi qismi xromosfera deyilib, keyin Quyosh toji — Quyosh atmosferasining yanada siyraklashgan va ionlashgan qismi boshlanadi. Quyoshda juda kuchli portlashlar bo'lib, bunda atmosferaga ajralib chiqqan moddalar energiyasi 1033 erg gacha yetadi. Quyosh aktivligi 11 yillik davrga ega, Quyosh magnit maydoniga ega bo'lib, uning ta'siri Quyosh sistemasi chegarasigacha seziladi, va bu sohaga geliosfera deyiladi.

Quyosh energiyasi vodorodning ${}^4\text{He}$ ga aylanish termoyadro reaksiyasi hisobidan deb qaraladi. Bunday reaksiya 10^7K temperaturadan yuqori haroratda sodir bo'ladi. Vodorodning har bir ${}^4\text{He}$ ga aylanishida 2 ta v_e hosil bo'ladi. Devis tajribasi natijasiga ko'ra, v_e oqimi nazariyaga qaraganda 3 marta kamligi aniqlandi. Hozircha bu muammo hal qilingan yo'q. Nazariy jihatdan bunga neytrino ossilyatsiyasi sabab bo'lishi mumkin degan fikrlar ham mavjud. Bir necha o'n yillarda galaktikada o'ziga xos hodisa sodir bo'ladi. Bu o'ta yangi yulduzlarning tug'ilishidir. Ular gaz bulutlarining zichlashishi bilan sodir bo'ladi deb qaraladi. Bu yulduzlar bir necha oydan keyin so'nadilar. Lekin bir necha yuz yillar davomida ularning qoldiq yorugligini kuzatish mumkin. Bundan tashqari koinotda qora tuynuklar deb ataluvchi ob'yektlar ham mavjudligi aytilmoqda. Odatda yulduzlar o'z faoliyati oxirida sunib, o'z gravitatsion kuchlari ta'sirida siqilib , juda yuqori zichlikka va kichik razmerga ega bo'lishadi. Bu ob'yektlarning gravitatsiya maydoni juda yuqori bo'lganidan ulardan hech narsa, hatto yorug'lik ham uchib chiqa olmaydi. Shu sababli ular «qora tuynuklar» deb nomlanadi.

Ular $R_m = 2GM/s^2$ ga teng radiusga ega bo'lishadi. Bunga Shvarsschild radiusi deyiladi. Bu yerda G — gravitatsiya doimiysi, M —ob'yekt massasi va s — yorug'lik tyezligi. Quyosh energiyasining manbai ham uning markazida qora teshik borligidan degan gipotyezalar ham mavjud. Chunki bunday ob'yektga tushgan jismlar va zarralar tezlanishli harakat qiladilar va bunda o'zlaridan nur chiqaradilar. Lekin haligacha ular kuzatilmagan.

Koinotdagi ob'yektlarning o'ziga xos xususiyatga ega bo'lganlaridan biri pulsarlardir , ya'ni neytron yulduzlar. Ular juda katta magnit momentga ega bo'lib, katta tyezlikda aylanadilar. Shu sababli ma'lum chastotali radionurlanish tarqatadilar. Ular chastotasi 2 dan 200 Gs gacha bo'lib, massasi quyosh massasiga

tyeng, radiusi esa 10 — 30 km bo'ladi. Pulsarlar sirtida magnit maydon kuchlanganligi 10 Gs ga tyeng, hozirda ular koinot nurlarini tyezlatuvchi manbalardan biri sifatida qaralmoqda.

Endi koinot nurlarini yaxshiroq tushunish uchun metagalaktikadagi nurlanish spektrini qaraymiz. Energiyasiga qarab bu nurlarni quydagi tartibda joylashtirish mumkin.

1. γ Nurlanish $E_\gamma > 1\text{Mev}$
2. Rentgen nurlanish $1\text{ekv} < E_\gamma < 1\text{Mev}$
3. Optik diapazondagi nurlanish $E \approx 1\text{Ev}$
4. Mikroto'lqinli nurlanish $100\text{mkm} < \lambda < 1\text{m}$
5. Radionurlanish $\lambda > 1\text{m}$,

Koinot da shunday obyektlar borki ular radiodiapazonda optik diapazonga qaraganda ko'proq nur sochadilar. Oddiy obyektlar (galaktikalar) optik diapazonda radiodiapazonga qaraganda million marta ko'proq nur sochadi. Lekin bunday nurlanish elektronlarning obyektlar magnit maydonidagi harakati natijasida yuzaga

keladi deb qaraladi. Lekin ular tabiati hozirgacha noaniq. Bunday yulduzsimon obyektlar kvazarlar deb ataladi. Ular juda kam tarqalgan va juda uzoq masofalarda joylashgan. Hozirda kvazarlar koinot nurlari generatori sifatida qaralmoqda.

1. Olamning umumiy tuzilishini tavsiflang.
2. Koinot modellarini tavsiflang.
3. Koinotdagi ob'ektlarni izohlang.

Koinot nurlari harakt yerist ikalari

Koinot nurlarining muhim xarakteristikalaridan biri uning intyensivligidir. Intyensivlik deganida ma'lum yo'nalishga perpendikulyar bo'lgan birlik yuzadan vaqt va jism burchagi birligida o'tgan Y_e dan $Y_e + dY_e$ gacha energiyali zarralar soni t ushuniadi.

$J = dN / d\delta d\Omega dt dE (\text{sm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{sr} \cdot \text{Gev})^{-1}$ Bu yerda $d\delta$ —, $d\Omega$ —, dt —, yuza, jism burchagi va vaqt elementlari. Intyensivlikdan tashqari zarrachalar

oqimi tushunchasi ishlatiladi va u gorizontal birlik yuza orqali vaqt birligida o'tgan zarralar soniga teng bo'ladi.

$$I(E) = \int_Q \int_{\varphi} J(Q, \varphi, E) \cos Q d\Omega (sm^2 \cdot s \cdot Gev)^{-1}.$$

Bundan tashkari, birlik energiya intyervalidagi zarralar intyensivligiga differensial energetik spektr deyiladi, ya'ni $J(E) = \frac{dN}{dE}$ Shunga o'xshash, differensial impuls spektrni $J(P) = \frac{dN}{dP}$ kabi aniqlanadi. Koinot nurlanishining muhim xarakteristikalaridan biri — anizotropiya darajasidir. Agar biror \2\ yo'nalishda intyensivlik maksimumi, $J_{MAKS}(Q_1)$, boshqasida ega minimum $J_{MIN}(Q_2)$ kuzatilsa, u holda anizotropiya darajasi

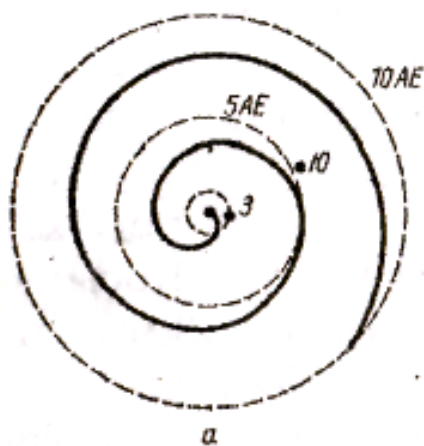
$\delta = 2 \frac{J_{MAKS} - J_{MIN}}{J_{MAKS} + J_{MIN}}$ kabi aniqlanadi. Har bir zarracha fazoda 6 ta parametr bilan aniqlanadi x, y, z, P_x, P_y, P_z . Ma'lum hajmdagi zarralar zichligi esa o'zgarmasdir. Bu tasdiq $n(\bar{r}, \bar{p}) = \frac{dn(\bar{r}, \bar{p})}{dV dP} = const$ Luivill teoremasi deyiladi, ya'ni Izotrop nurlanishda zarralar konsentrasiyasi intyensivlik bilan quyidagicha bog'langan $n(E) = 4\pi J(E) / \nu$.

1. Koinot nurlari qanday xarakteristikalariga ega?
2. Luivill teoremasini tushuntiring
3. Koinot nurlari anizotropiyasini tushuntiring.

Quyosh shamoli va sayyoralararo muhit fizikasi. Quyosh koinot nurlari .

Quyosh o'z faoliyatida atmosferaga protonlar, turli yadro va elektronlarni chiqaradi. Bu elementlar ionlashgan (plazma shaklida) bo'ladi va ular oqimi umuman olganda neytral bo'ladi. 1958 yili bunday ionlashagan plazma oqimi nazariyasini amerikalik astrofizik Parker yaratdi va Quyosh plazmasining harakatini Quyosh shamoli deb atadi. Quyosh shamoli tezligi $10^3 \frac{km}{s}$ ga etadi, lekin zarralar zichligi oz bo'lib, $5 \div 10 sm^{-3}$ miqdorda bo'ladi. Quyosh shamoli tyezligi va zichligi doimiy emas. Uning o'rtacha tyezligi, $\langle U \rangle \approx 320 \frac{km}{c}$, o'rtacha zichligi esa $8 sm^{-3}$ ga tyeng. Lekin ayrim paytlar 10 barabar kam bo'lishi yoki $n_p \approx 50 sm^{-3}$ gacha yetishi mumkin. Yer sirtida esa protonlar oqimi $\langle I \rangle \approx 2.5 \cdot 10^8 sm^{-2} \cdot c^{-1}$ ga tyeng bo'ladi. Zarralar zichligi Quyoshdan uzoqlashgan sayin $\frac{I}{r^2}$ kabi kamayadi, tyezligi esa deyarli o'zgarmaydi. Quyosh shamoli kinetik energiyasi umumiy oqimi $10^{28} \frac{erg}{s}$ ra teng. Quyosh shamoli tarkibida Quyosh

sirtidagi barcha element lar bor, masalan, $n_a \approx 0,05 n_p$ $n_{z/2} \leq 5 \cdot 10^{-4}$ Quyosh shamoli o'zi bilan Quyosh magnit maydoni kuch chiziqlarini «olib ketadi», Quyoshning o'z uqi at rofida aylanishi sababli kuch chiziqlari ham spiral ko'rinishda bo'ladi. Bu spiralga Arximed spirali deyiladi. Quyosh magnit maydon kuchlanganligi $10^{-4} - 10^{-5} Gs$ ga teng, Magnit maydon energiyasi zichligi uning plazmasi energiyasi zichligidan juda kam bo'lganligi uchun uning magnit maydoni



Quyosh harakatiga sezilarli ta'sir qila olmaydi. Bu o'rinda ayrim astronomik tushunchalarini keltiramiz. Yerdan Quyoshtacha bo'lgan masofa astronomik birlik deyiladi.

$1a.b. = 1.496 \cdot 10^{11} m$ Yorug'lik yili deb, $300000 \frac{km}{s}$ tezlikdagi yorug'lik nurining bir yil mobaynida bosib o'tgan yo'li tushiniladi.

1 parsek(ps) shunday masofaki, $1yo.y. = 9.461 \cdot 10^{12} km$ u yerdan Yer orbitasi radiusi 1 sekundga tyeng burchakli yoy bo'lib ko'rinadi.

Quyoshning magnit $1ps = 3.26yo.y. = 3.091 \cdot 10^{16} m$ maydoni yuqori va pastki yarim sferalarida qarama — qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi. Har 22 yilda maydon o'z yo'nalishini o'zgartirib turadi. Masalan, 1979 yili yuqori yarim sferada magnit maydon Quyoshdan yuqoriga qarab yo'nalgan edi.

Quyosh plazmasi yulduzlararo muhit bilan ta'sirlashishi sababli cheksiz kengaya olmaydi. Yulduzlararo muhit esa kosmik nurlar, magnit maydonlari, neytral va ionlashgan gazlardan iborat bo'ladi. Quyoshdan uzoqlashgan sayin plazma konsentratsiyasi kamayadi va uning kengayishi $\approx 400 \frac{km}{sek}$ ga yetadi.

Galaktika plazmasi oqimi esa $20 \frac{km}{sek}$ tezlikka ega. Shu sababli bu ikkala oqim o'zaro ta'sirlashadi. Ichki qismda Quyosh plazmasi, tashqi qismda

esa Galaktika oqimi tormozlanadi. Quyoshdan shu plazma tormozlanguncha bo'lgan masofa bilan chegaralangan fazoga geliosfera deyiladi. Geliosfera taxminan 25a.b. masofagacha davom etishi kosmik tadqiqotlarda aniqlangan. Geliosferadagi koinot nurlari intensivligi o'zgarib turadi. Bu hodisa 1926 yili aniqlangan va koinot nurlari variatsiyasi deyiladi. Umuman har bir konkret vaqtda geliosferadagi koinot nurlari intensivligi ma'lum qiymatga ega bo'ladi. Koinot nurlarining 22 —va 11—yillik, 27 kunlik, va sutkalik variatsiyalari, magnit bo'ronlari ta'sirlari hamda ikkilamchi nurlarning ham atmosferadagi variatsiyalari

aniqlangan. Bunday variatsiyalar asosan birlamchi galaktik nurlanishning Quyosh shamoli bilan o'zaro ta'siridan hosil bo'ladi. Aniqroq aytsak, birlamchi galaktik nurlanishning anizotropiyasi sababli koinot nurlari variatsiyasi kuzatiladi. Kosmik nurlar variatsiyasi Yer yuzida joylashgan 100 dan ortiq stansiyalarda to'xtovsiz kuzatish orqali o'rganiladi. Bundan tashqari, havo sharlari va kosmik stansiyalar yordamida ham o'rganiladi. Lekin, Yer yuzida koinot nurlari variatsiyasi kuchsiz o'zgarishi sababli, yuqori aniqlik va sezgirlikka ega bo'lgan asboblarni ishlatiladi. Bunga ionizatsion kamera, azimutal teleskop va neytron monitoringi kiradi. Ionizatsion kamera 1,5 m diametrga ega sferik kamera bo'lib, 10 atm bosimda argon bilan to'ldirilgan bo'ladi. Bu sfera nurlanishning «qattiq» komponentasini 0,7% aniqlikda o'lchashga imkon beradi. Azimutal teleskop ikkita bir xil teleskopdan iborat bo'lib, «qattiq» va «yumshoq» komponentalar intyensivligini qayd qiladi. «Qattiq» komponenta qalin qo'rg'oshin to'siq yordamida ajratib olinadi. Teleskoplardan biri sharqdan g'arbga, ikkinchisi janubdan shimolga yo'naltiriladi. Neytron monitoringida neytron sanagich bo'lib, unda ^{10}B izotopi mavjud. Shu sababli neytronlar ^{10}B yadrosiga yutilib, $^{10}\text{B} + n \rightarrow ^7\text{L} + \alpha + 2.5\text{Mev}$ jarayonni yuzaga keltiradi. neitronlarni qayd qilishga sabab, 1 GeV dan yuqori energiyaga ega bo'lgan birlamchi nuklon va yadrolar atmosfera atom yadrolarini parchalashi natijasida neytronlar hosil bo'ladi. Shu sababli, neytronlarni o'rganish birlamchi nurlarni aniqlashga imkon beradi.

Havo sharlari va kosmik stansiyalar yordamida esa juda kam energiyali birlamchi zarralar variatsiyasini o'rganish mumkin. Yer sirtidagi koinot zarralari variatsiyasi asosan ikkilamchi, ya'ni atmosferada hosil bo'lgan zarralar variatsiyasi orqali aniqlanadi. Lekin birlamchi zarralar variatsiyasi Quyosh yoki Galaktikadagi ayrim zarralarning ko'p miqdordagi hosil bo'lishi hisobidan ham bo'lishi mumkin.

Variatsiyalar davriy va nodavriy turlarga ajraladi. Davriy variatsiyalarga 22 va 11—yillik, sutkalik variatsiyalar misol bo'ladi. 22 —yillik variatsiya Quyosh magnit maydoni yo'nalishining 22 —yillik o'zgarishi davri bilan bog'langan. 11—yillik variatsiya esa Quyoshning 11 — yillik aktivligi bilan bog'liq. Quyosh aktivligi uning ko'rinadigan sirtidagi dog'lar soni, ular yuzasi, ma'lum

diapazondagi radionurlanish oqimi kabi kattaliklar bilan belgilanadi. Quyosh aktivligi yilida Yerdagi kosmik nurlar intyensivligi past bo'ladi, yani Quyosh aktivligi bilan koinot nurlari intensivligi orasida manfiy korrelyatsiya mavjud. Bu esa 11—yillik variatsiya Quyoshda elementlar generatsiyasi bilan emas, balkim geliosferada zarrachalar harakatlanish sharotining o'zgarishi — kosmik nurlar modulyatsiyasi bilan bog'liqligini ko'rsatadi. 27 —kunlik variatsiya Quyoshning o'z uqi atrofida aylanishi bilan bog'liq va yuqori energiyali zarrachalar mavjudligi bilan xarakterlanadi. Sutkalik variatsiya davri esa Yerdagi sutkaga tyeng. Bunda amplituda 0,15--0,2% oraliqda tebranadi. Sutkalik variatsiya 27 — kunlik variatsiya bilan bog'lanishga ega. Chunki sutkalik variatsiya 27 —kunlik takrorlanishga ega. Sutkalik variatsiya Quyosh magnit maydonining Yer atrofidagi anizotropiyasi hisobidan yuzaga keladi. Chunki Quyosh magnit maydoni Arximed spirali kabi aylanma bo'ladi. Quyoshning aylanishi sababli, koinot nurlari ham anizotropiyaga ega bo'ladi. Kosmik nurlar oqimini radial va tangensial tashkil etuvchilarga ajratsak, radial tashkil etuvchi galaktik nurlar radial tashkil etuvchisi bilan kompensatsiyalashadi. Tangensial tashkil etuvchi esa boshqa oqim bilan muvozanatlashmaydi va Yerning aylanishi hisobidan sutkalik variatsiyaga olib keladi. Nat ijada,- mahallii vaqt bilan 18^{00} da maksimum intensivlik kuzatiladi.

Nodavriy variatsiyaga Forbush effekti misol bo'ladi. Forbush effekti to'satdan sodir bo'lib, bunda koinot

nurlari intensivligi keng diapazonda pasayib ketadi, Bu effekt davri 10 kungacha bo'lib, Quyosh aktivligi vaqtida tez —tez sodir bo'ladi, Bu davrda Yer magnit maydonining keskin buzilishi (magnit bo'ronlari) sodir bo'ladi. Magnit bo'ronlari va intensivlikning bunday keskin pasayishi orasidagi bog'lanish (bu hodisani birinchi bo'lib kuzatgan amerikalik fizik Forbush sharafiga) Forbush effekti deyiladi, Quyoshdagi portlashlar ham nodavriy variatsiyaga misol bo'la oladi. Quyosh aktivligi paytida Quyosh diskining elektr va magnit maydonlari keskin o'zgargan qismlarida portlashlar yuzaga keladi. Kuchsiz portlashlar tez —tez, kuchlilari juda kam sodir bo'ladi, Kuchli portlashda ultrafiolet , rentgen, radionurlanish, γ — nurlanish bilan birga ko'p miqdorda protonlar, turli yadrolar, neytronlar va neytrino ajralib chiqadi. Portlashdan 8—12 soat o't gach hosil bo'lgan nurlar Yer orbit asiga yet ib keladi. Quyosh koinot nurlari tarkibida portlashlar natijasida protonlar, α — zarralar, o'rta va og'ir yadrolar uchraydi. Protonlar miqdori esa portlashdan portlashgacha o'n marotabagacha o'zgarib

turadi. Portlash natijasida hosil bo'lgan zarralar ulushi umumiy ulushga qaraganda juda kam hisoblanadi. Portlashdan hosil bo'lgan 100 MeV va undan yuqori energiyali zarralar kosmik kema ekipaji uchun ham xavf tug'diradi. Chunki ular kema qobig'ida elektron —foton kaskadlar hamda rentgen nurlanishi hosil qilishadi. Aviatsiya rivoji uchun ham 18 — 20 km balandlikdagi radiatsion holat o'rganib chiqilgan. Biologik ob'ektlarning radiatsiya ta'siridagi buzilishi yutilgan energiya va nurlanishning biologik effektivligi bilan aniqlanadi. Yutilgan energiya birligi (yoki doza birligi) D_i grey deb ataladi.

$1Gr = 1 \frac{J}{kg}$ ga teng (yani 1 kg miqdoridagi moddaga 1j energiya yutilsa 1Gr ga teng bo'ladi). Biologik effektivlik (yoki ekvivalent doza) D_{ekv} nurlanish sifat ko'effitsiyentiga $(KK)_i$ bog'liq, ya'ni $D_{ekv} = \sum D_i (KK)_i$ va zivert larda o'lchanadi. $13v = 1j/kg = 10^2$ ber

Nurlanish bilan ishlovchilar uchun xavfsiz hisoblangan ekvivalent doza- yiliga $5 \cdot 10^{-2} 3v$. 18 — 20 km balandlikda ekvivalent doza $10 - 20 mk3v / soat$ ga teng va nurlanish dozasi asosan neytronlar hisobiga to'g'ri keladi.

1. Quyosh shamoli deganda nimani tushunasiz?
2. Sayyoralararo muhit xususiyatlarini izohlang
3. Quyosh koinot nurlari tarkibi nimadan iborat ?
4. Arximed spirali nima?
5. Astronomik birlik (a.b.) nima?
6. Yorug'lik yili deganda nimani tushunasiz?
7. Parsek qanday kattalik?
8. Koinot nurlari variatsiyasi deganda nimani tushunasiz?
9. Variatsiya turlarini tavsiflang.
10. Forbush effektini tushuntiring.
11. Nurlanish dozalarini tushuntiring.

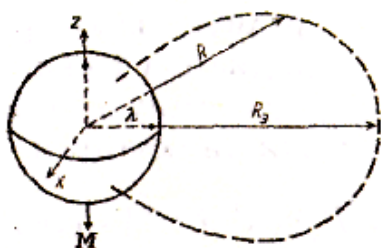
Koinot nurlari fizikasining asosiy tushunchalari.

Koinot nurlarininig korpuskulyar tabiati birinchi marotaba magnit maydoniga joylashtirilgan Vilson kamerasida kuzatilgan. $\vec{B}$ magnit

maydonidagi Ze zaryadli zarracha harakat tenglamasi $\frac{d(m\vec{g})}{dt} = \frac{Ze}{s} [\vec{g}\vec{B}]$ kabi ifodalanadi. Bu biz bilgan Lorens kuchi ifodasidir. Bu yerda, $m = m_0 / \sqrt{1 - g^2 / s^2}$ —zarracha massasi, v — tezligi s — yorug'lik tezligi. Zarrachaga ta'sir qiluvchi kuch uning tezli yo'nalishiga perpendikulyar, shu sababli uning tezligi, massasi o'zgarmaydi, faqat tezlik yo'nalishi o'zgaradi. Ya'nu $m \frac{d\vec{g}}{dt} = \frac{Ze}{s} [\vec{g}\vec{B}]$ Tezlikni $g_x \perp \vec{B}$ va $g_x \parallel \vec{B}$ tashkil etuvchilarga ajratamiz. Parallel tashkil etuvchi $g_y = const$ bo'lganligi uchun zarracha g_x hisobiga R radiusli spiral bo'ylab harakatlanadi. Lorens kuchi va markazdan qochma kuchlar tengligi shartidan, ya'ni $\frac{Ze}{s} g_x B \sin(g_x \hat{B}) = \frac{m g_x^2}{R}$ bu yerda $\sin(g_x \hat{B}) = 1$, $\frac{Ze}{s} B = \frac{m g_x}{R} = \frac{P_x}{R}$ dan

$\frac{P_x c}{Ze} = BR$ bo'ladi. Bu yerda $P_x - \vec{B}$ vektorga perpendikulyar tyekislikdagi impuls proyeksiyasi. Shunday qilib, zarracha magnit maydonida shu maydon yo'nalishida spiral shaklida harakat qiladi. $\frac{Pc}{Ze} = \zeta$ kattalik zarracha birlik zaryadiga to'g'ri keluvchi energiya bo'lib, zarrachaning magnit qattiqligi deyiladi. va u voltlarda o'lchanadi. Bir xil magnit qattiqlikka ega zarralar magnit maydonida bir xil trayektoriya bo'ylab harakatlanadi. Lekin hisoblarda $\mathfrak{Z} = \frac{Pc}{Z} = 300BR$ formuladan foydalanish qulay, bu holda Rs — elektronvolta, $\vec{B}$ — gaussda, R — santimetrda, Z — elektron zaryadlarida ifodalanadi. Shu usul bilan zarrachalar impulslari magnit maydonidagi Vilson kamerasi yoki magnit spektrometrlarida o'lchanadi.

Endi Yerning magnit maydonini qaraymiz. Barcha planetalar, Quyosh va Galaktika magnit maydonlariga ega. Bu magnit maydonlari zarralar harakatiga ta'sir qilib, koinotdagi jarayonlarga katta ta'sir qiladi. Yerning magnit maydoni 40 Gev energiyagacha bo'lgan birlamchi zaryadlangan zarrachalar analizatori bo'lib xizmat qiladi. Yerning magnit maydoni doimiy bo'lmay o'zgarib turadi va har 5 yilda magnit kartasi qaytadan tuziladi. Birinchi yaqinlashishda Yer magnit maydonini $8.1 \cdot 10^{25} \text{Gs} \cdot \text{sm}^3$ momentli magnit dipoli deb hisoblash mumkin va uning markazi Yerning markazidan 340 km masofada joylashgan. Dipol o'qi Yer sirtini kesib o'tgan nuqta Yerning geomagnit qutbi deyiladi. 1965 yili Yer magnit qutblarining koordinatalari quyidagicha bo'lgan: $75^{\circ}36'$ shimoliy kenglik, 101° g'arbiy uzoqlik, ya'ni Kanada shimolida, hamda $66^{\circ}18'$ janubiy kenglik, 141° sharqiy uzoqlik, ya'ni Antarktidada. Demak, geomagnit qutblar geografik qutblar bilan mos tushmaydi. Sharqiy yarim sharda geomagnit ekvator geografik ekvatoridan shimolroqda joylashgan. Dipolning magnit maydoni $B=M/R^3$ kabi ifodalanadi. Bu yerda M — dipol magnit momenti, R —masofa. Kuch chiziqlari magnit meridian tyekisligida joylashgan bo'lib, $R = R_E \cos^2 \lambda$ kabi ifodalanadi. Bunda R_E ekvatoragi kuch chiziqlarigacha bo'lgan masofa, λ - magnit kenglik.

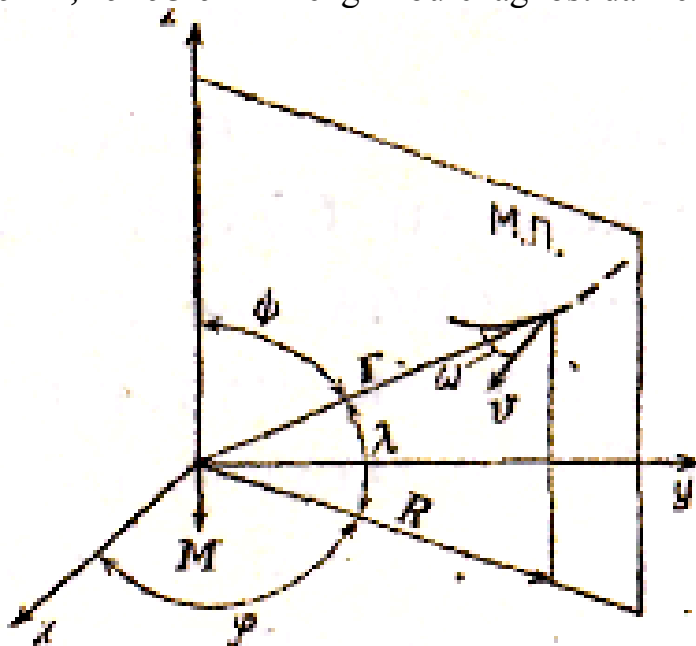


Kuch chiziqlari bo'ylab, magnit maydon kuchlanganligi

$B(\lambda) = (M / R^3) \sqrt{4 - 3 \cos^2 \lambda} / \cos^6 \lambda$ kabi o'zgaradi. Shu sababli qutbga yaqinlashgan sayin magnit maydon kuchlanganligi oshib boradi. Zaryadlangan zarralarning Yer magnit maydonidagi harakati Shtyermer nazariyasi orqali aniqlanadi. Cheksizlikdan kelayotgan har qanday zarra ham Yerga yetib kelmaydi. Agar zarra impulsi kichik bo'lsa, u Yer magnit maydoni tasirida og'ib ketadi. Magnit qattiqligi oshishi bilan ular Yer magnit maydoniga chuqurroq kirib borishadi va qandaydir $\xi_{\min}$ qiymatda Yer sirtiga yetib keladi. Ularning Yerga yetib kelishi λ kenglik, zenit burchagi — Q va azimutal φ — burchakka bog'liq. Shu sababli, Yer magnit maydonining ma'lum taqiqlanmagan zonalari mavjud. Undan tashqari Luivill teoremasini boshqacha talqin qilish ham mumkin: Agar birlamchi koinot nurlari izotrop bo'lsa, Yerning magnit maydoni uning intensivligi va burchak taqsimotini taqiqlanmagan zonalarida o'zgartira olmaydi. Taqiqlangan - zonalar esa Yerning magnit maydoni tomonidan ekranlanadi. Shu sababli taqiqlangan zonalarini aniqlash muhim. Bu masala Shtyermer, Lemetr va Valarta

tomonidan hal qilingan. Ular har qanday R impulsli zarra uchun har bir kenglikda taqiqlanmagan yo'nalishlar mavjudligini ko'rsatishdi.

Faraz qilamiz, zarracha λ -kenglik burchagi ostida Yerga tushayotgan bo'lsin.



Bu yerda $m = 8.1 \cdot 10^{25} \text{Gs} \cdot \text{sm}^3$ Yerning magnit momenti, φ uzunlik $R - r$ — radius — vektor proyeksiyasi, ω -zarra trayektoriyasi va meridional tekislikka o'tkazilgan normal orasidagi burchak. U holda impulsning chegaraviy qiymatlari quyidagiga teng bo'lishi aniqlangan.

$$R_{\min}(\lambda, \omega) = R_0 \cos^4 \lambda / ([1 - \cos \omega \cos^3 \lambda]^{1/2} + 1)^2 \quad (1)$$

Bu yerda R_0 -zarra boshlang'ich impuls. Bu formulaga ko'ra, zarra λ va ω ga bog'liq impulsini topish mumkin. Agar $R > R_{\min}(\lambda, 0)$ bo'lsa, ya'ni zarra impul'si $R_{\min}(\lambda, 0)$ impulsdan katta bo'lsa, bu zarra uchun barcha yo'nalishlar mumkin bo'ladi.

Agar $R < R_{\min}(\lambda, \pi)$ bo'lsa, bunday zarra uchun barcha yo'nalishlar taqiqlangan bo'ladi. Endi vertikal yo'nalishda harakatlanayotgan ($\omega = \pi/2$) zarra uchun $R(\lambda, \pi/2) = R_0 \cos^4 \lambda / 4$ bo'ladi.

Bu formuladan kenglik λ oshishi bilan impulsning chegaraviy qiymatlari kamayishi kelib chiqadi. Ya'ni, Yer sirtiga yetib keladigan zarralar soni ko'payadi.

Yuqoridagi formulalardagi chegaraviy impulsning λ -kenglikka

bog'liqligi ya'ni, koinot nurlarining intyensivligining λ ga bog'liqligi kelib chiqadi. Bunga kenglik effekti deyiladi. (1) — formulaga ko'ra, g'arb va sharq

yo'nalishidagi zarralar chegaraviy impulslarining farqi azimutal effektga olib keladi. Gorizantal yo'nalishda ekvator tekisligida harakatlanayotgan zarralarni qarasak, g'arbdan kelayotgan zarra uchun $\cos \omega = 1$ ga teng. Sharqdan kelayotgani uchun esa $\cos \omega = -1$ Hisoblashlar g'arbdan kelayotgan zarralar

uchun $R_{\min}(0,0)=10.1\text{Gev}$ ($\cos \omega = 1$), sharqdan kelayotgan zarralar uchun esa $R_{\min}(0,\pi) = 5.93\text{Gev}$ ($\cos \omega = -1$) va vertikal yo'nalishdagi zarralar uchun $P_{\min}(0,\pi/2) = 14.8\text{Gev}$ ($\cos \omega = 0$) bo'lishini ko'rsatadi. Bu o'rinda $S = \sqrt{300M/\zeta}$ kattalik—shtermer deb ataluvchi birlikda o'lchanadi.

$\sqrt{S}$ — kattalik ζ — zarra magnit qattiqligi bilan bog'langan bo'lib, birxil 5 — parametrli zarralar birxil trayektoriya bilan harakatlanadi deyish mumkin. 5 kattalik uzunlik o'lchoviga ega bo'lib, u dipol maydonidagi davriy orbita radiusiga teng. Endi (1) formulaga ko'ra, $\lambda = 0$ da chegaraviy impuls minimal qiyma ga ega bo'lishini bilish mumkin. Koinot nurlari intyensivligi minimal bo'lgan chiziqli Yerning geomagnit

ekvatori deyiladi va unga $\lambda = 0$ mos keladi. Demak, Yerning geomagnit ekvatorida kosmik nurlar intensivligi minimal bo'lar ekan. Sharqiy yarim sharda Yerning geomagnit ekvatori geografik ekvatoridan shimolda yotadi.

Yerning markazi bilan uning magnit maydoni momenti markazi mos tushmasligi sababli, g'arbiy va sharqiy yarim sharda bir xil λ - kenglik va Yer sirtidan bir xil balandlikda chegaraviy impulslar (yoki magnit qattiqligi) har xil. Shu sababli, koinot nurlari intensivligi nafaqat λ bo'yicha, balkim uzunlik bo'yicha ham o'zgaradi. Bunga uzunlik effekti deyiladi.

Bundan tashqari, birlamchi zarralar zaryadi ham tajribalar natijasida o'rganilgan. 1942 yili S.N.Vernov boshchiligidagi ekvatoridagi ekspeditsiya atmosfera chegarasida asimetriya koeffitsiyenti $\alpha = 0,7 \pm 0,1$ ekanligini aniqladi. Bu farq asosan 10 km balandlikdan sezilib, atmosfera chegarasigacha oshib borgan. Shu bilan birlamchi koinot zarralarining asosan musbat zaryadlangani aniqlandi.

1. Zarrachaning magnit qattiqligini tushuntiring.
2. Yerning magnit maydonini tavsiflang.
3. Shtermer nazariyasini tushuntiring.
4. Kenglik va azimutal effektlarni tushuntiring.
5. Shtermer qanday kattalik?
6. Yerning geomagnit ekvatorini tushuntiring.

ZARRALAR O'ZARO TA'SIRI

Tarixan elementar zarralar deganda bo'linmas, strukturaga ega bo'lmagan zarralar tushiniladi. Bu tushincha keyingi 100 yil ichida «bo'linmas» atomdan, ya'ni 10^{-8}sm dan 10^{-16}sm gacha «kengaydi». Hozirgi paytda elementar zarralar 12 ta, 12

ta ta'sir tashuvchilar va har bir elementar zarralarga ant izarra mos keladi. Bular

$$\begin{array}{cccc} \nu_e & e^- & u & d \\ \bar{\nu}_e & e^+ & \bar{u} & \bar{d} \end{array}$$

I

$$\begin{array}{cccc} \nu_\mu^- & \mu^- & c & s \\ \text{II} & \bar{\nu}_\mu & \mu^+ & \bar{c} \quad \bar{s} \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} \nu_\tau & \tau^- & t & b \\ \text{III} & \bar{\nu}_\tau & \tau^+ & \bar{t} \quad \bar{b} \end{array}$$

$$\frac{3}{2}Q - \frac{1}{3}Q$$

1- guruh zarralari atrofimizda doimo mavjud va u, d kvarklardan nuklonlar, ularning boshqa zarralar bilan (elektronlar) ta'siridan esa atomlar, molekulalar va shu tariqa moddalar hosil bo'lgan. II va III guruh zarralari esa adron va leptonlar o'zaro ta'siri natijasida koinot nurlarida hosil bo'ladi. Ular tezda parchalanib yana I guruh zarralariga aylanishadi. Endi 12 ta ta'sir tashuvchilariga kelsak; bular 8 ta «rangli» glyuonlar — kuchli ta'sir tashuvchilari, foton — elektromagnit ta'sir tashuvchisi va $W^\pm$, Z^0 - bozonlar — kuchsiz ta'sir tashuvchilaridir. Bu jami ma'lumotni quyidagi jadvalda umumlashtirsak bo'ladi.

FUNDAMENTAL TA'SIRLAR

Ta'sir	Mexanism	Intensivligi	Ta'sir radiusi (m)	Ta'sir vaqti (sek)
Kuchli	Glyuonlar	$10^{-1} \div 10^1$	$\approx 10^{-15}$	$\approx 10^{-23}$

Electromagnit	Foton	1/137	∞	$\approx 10^{-20}$
Kuchsiz	Oraliq $W^{\pm}, Z^0$ bozonlar	$\approx 10^{-10}$	$\approx 10^{-18}$	$\approx 10^{-13}$
Gravitatsion	gravitausion	$\approx 10^{-38}$	∞	?

Kuchli o'zaro ta'sir kvarklar orasida glyuonlar orqali sodir bo'ladi. Ikki zarracha bir — biri bilan ta'sirlashuvchi masofa $r \approx \hbar/ms$ orqali aniqlanadi. Bunga ko'ra kuchli, elektromagnit va gravitatsion o'zaro ta'sir radiusi ∞ bo'lishi kerak, chunki bu ta'sir tashuvchi zarralar massasi 0 ga teng. Kuchsiz ta'sir tashuvchi zarra uchun esa $r \approx \hbar/m_W s = 10^{-18}m$ ($m_W = 80 \text{ Gev}$) ga teng. Taxminlarga ko'ra,

$r \ll 10^{-18}m$ dan kichik masofalarda barcha kuchlar o'zini bir xil tutishi kerak va $F \approx r^{-2}$ bo'lishi mumkin. Elektromagnit ta'sir intensivligi $a = e^2/\hbar s = 1/137$, ya'ni nozik struktura doimiysi orqali ifodalanadi. Shunga o'xshash, kuchli ta'sir doimiysi ham $a_s = g_s^2/\hbar s$ kabi ifodalanadi. Bu yerda g_s - kuchli zaryad, lekin elektrodinamikadan farq qilib, masofaga qarab o'zgaruvchan bo'ladi ya'ni, a_s ta'sir potentsiali $V \approx a_s r^{-1} + kr$ masofaga oshishi bilan o'sadi. $r \approx 10^{-16}sm$ da $a_s \approx 0,1$ ga teng buladi, natijada g'alayonlar nazariyasini qo'llab, kuchli o'zaro ta'sirni bayon qilishimiz mumkin bo'ladi. Galayonlar nazariyasini qo'llash mumkin bo'lgan jarayonlar — perturbativ jarayonlar deyiladi. Katta masofalarda esa a_s ham o'sadi, shu sababli g'alayonlar nazariyasini kuchli ta'sirni o'rganishga qo'llab bo'lmaydi. Bunday jarayonlar — noperturbativ jarayonlar deyiladi va ularni o'rganish uchun turli fenomenologik modellar qo'llaniladi. Endi sal oldinrok aytgan gapimizga qaytadigan bo'lsak, barcha o'zaro ta'sir konstantalari masofa kamayishi bilan kamayib, ma'lum masofada ular o'zaro qo'shilib ketishi mumkin. Bu masofada esa lepton va kvarklar orasidagi farq yo'qolib, faqat bir turdagi zarralar —leptokvarklar (Buyuk birlashtirish modeli) mavjud bulishi mumkin. Koinot nurlarida elektromagnit ta'sirning roli kattadir. Bu ta'sir ko'p jarayonlarni tushintirish, o'lchash uchun baza bo'lib xizmat qiladi. Elektromagnit ta'sirni nishon parametri — v ga qarab quyidagi turlarga ajratish mumkin.

1. Agar v —nishon parametri juda katta bo'lsa, zaryadlangan zarra atomni yaxlit holda sezadi. Zarraning uzgaruvchan magnit maydoni atomni uyg'otadi yoki ionlashtiradi. 2. Kichikroq v — nishon parametrda zarra atomning ayrim elektroni bilan tuqnashishi mumkin. Bunda elektronga yuqori energiya berilishi mumkin va bunday elektron δ — elektron deyiladi. Agar foton atom elektroni bilan ta'sirlashsa, u holda kompton effekti kuzatilishi mumkin. 3. v ning yanada kichik

qiymatida zarrcha yadro nuklon maydoni bilan ta'sirlashadi. Zarracha trayektoriyasi egrilanadi, radial yo'nalishda u tezlashadi va shu sababli tormoz nurlanishi sodir bo'ladi. Zarracha statsionar magnit maydonida ham tormoz nurlanishi chiqarishi mumkin (sinxron

nurlanish deyiladi). Bunday nurlanish Galaktikamiz ayrim sohalarida va boshqa galaktikalarda ham kuzatiladi. Bundan tashkari yuqori energiyali fotonlar yadro bilan ta'sirlashganda elektron — pozitron juftligi hosil qilishi mumkin. Bunda foton yutilib, butun energiyasi elektron —pozitron juftligi energiyasiga o'tadi. Zarralarning tekis harakatida elektromagnit to'lqinlar nurlanishi alohida ahamiyatga ega. Vavilov —Cherenkov nurlanishi ham shu turdagi nurlanishlarga kiradi. Moddada yorug'likning shu moddadagi tezligidan katta tezlikda harakatlanuvchi zarralar nurlanishi 1934 yili S. Vavilov va P. Cherenkov tomonidan tajribada kuzatilgan. 1937 yili bu effekt nazariyasi Sh. Frank va I. Tamm tomonidan yaratilgan. Cherenkov nurlanishining tormoz nurlanishidan farqi birinchidan, muhitda doimiy tezlik bilan harakatlanuvchi zarracha ta'sirida hosil bo'ladi, ikkinchidan nurlanish muhit tomonidan hosil qilinadi. Zaryadlangan zarra muhitda harakatlanganda muhit atomlarini qutblaydi. Natijada ular biror vaqt davomida dipolga aylanib, ular tebranishi nurlanish hosil qiladi. Agar zarra yorug'lik tezligidan kichik $c' = \frac{c}{n}$ (n -muhit sindirish ko'rsatgichi) $c' > c$ tezlik.

bilan harakatlanyotgan bo'lsa, qutblanish zarradan oldin va keyin hosil bo'ladi. Bu qutblanish simmetrik bo'lib, barcha dipollar nurlanishi bir —birini kompensatsiyalaydi. Agar zarra $c' > c$ tezlik bilan harakatlansa, polyarizatsiya zarradan keyin hosil bo'ladi, chunki signal zarrani yetib o'ta olmaydi. Natijada kompensatsiyalanmagan elektr maydoni hosil bo'ladi. Ma'lum yo'nalish bo'yicha elektromagnit to'lqin tarqaladi. $\cos Q = c/nv$ v - zarra tezligi, Q - nurlanish yo'nalishi.

I. Frank va I.Tamm birlik masofadagi nurlanish energiyasi uchun $\frac{dE}{dx} = (Z^2 e^2 / c^2) \int [1 - (\beta n)^{-2}] \omega d\omega$ ifodani olishdi. Bu formuladan $\beta n < 1$

bo'lganda nurlanish sodir bo'lmasligi kelib chiqadi ($\beta = \frac{v}{c}$). Real muhitda n ω — nurlanish chastotasiga borliq. Shu sababli, ultrabinafsha, optik diapazon, infraqizil-va radiodiapazonda cherenkov nurlanishi kuchli bo'lib, rentgen diapazonda butunlay sodir bo'lmaydi. Cherenkov nurlanish — zarralar detektori bo'lgan cherenkov sanagichlarida keng qo'llaniladi. Sanagich nurlanish sodir

bo'luvchi radiator va fotokuchaytirgichdan iborat. Radiator sifatida shaffof moddadan yasalgan plastinka qo'llaniladi. Cherenkov nurlanishi yo'nalishi zarracha yo'nalishini aniqlashga ham imkon beradi. Chegaraviy cherenkov nurlanishi faqat zarracha tezligiga bog'liq. Cherenkov detyektorini magnit spektrometri bilan birga ishlatib zarralar turini ham aniqlash mumkin. Masalan, spektrometrdan 10 MeV energiyali zarra o'tib Cherenkov detektorida nurlanish hosil qilsa, demak bu elektronga to'g'ri keladi va hokazo.

Tezlatgichlarda cherenkov gaz sanagichlari ishlatiladi. Ulardagi gaz bosimini o'zgartirib, n — sindirish ko'rsatgichni o'zgartirish mumkin va shu bilan cherenkov nurlanish sodir bo'lish chegarasi ham o'zgaradi va shu yo'l bilan ma'lum tabiati zarralarni o'rganish mumkin. Cherenkov gaz detektorlari koinot nurlarini ham aniqlash uchun ishlatiladi. Faqat Koinot nurlarining intensivligi pastligi uchun ular katta razmerlarda yasalishi kerak.

Cherenkov nurlanish vaqti kichikligi uchun bu hodisani detyektorlarga zarralar kelib tushgan vaqtni aniq o'lchashda ham qo'llash mumkin. Nurlanish energiyasi Z^2 ga proporsional bo'lgandan, bu sanagichlar zarra zaryadini aniqlashda ham ishlatiladi. Endi tormoz nurlanishining xususiy holi bo'lgan sinxron nurlanishga to'xtalamiz, Bu nurlanish magnit maydonida doira bo'lib tekis tezlanuvchi harakat qilayotgan zarra tomonidan hosil bo'ladi. Shu sababli, ya'ni shunday nurlanishda energiya sarflanishi elektronlarni siklik tezlatuvchi — sinxrotronlar imkoniyatiga ma'lum chegara qo'yadi. Nurlanish elektron trayektoriyasiga urinma kabi yo'nalgani va $Q \approx ms^2/E$ oraliqda chegaralangani sababli, kuzatuvchi nurlanish charaqlashini elektron orbita bo'lab har bir aylangandagina kuzatishi mumkin. Sinxron nurlanish uzluksiz bo'lib, maksimum nurlanish

$\nu_{MAKS} = \frac{1}{\tau} = (e\beta_1/ms)(E/ms^2)^2$ da kuzatiladi.

Sinxron nurlanishning muhim xossasi uning chiziqli qutblanganidir. Bu V magnit maydonida ma'lum ustun yo'nalishlarining mavjudligi bilan harakterlanadi. O'tish nurlanishi — zaryadlangan zarra ikki muhit chegarasini kesib o'tishidan hosil bo'ladi. Bu nurlanish tajribada kuzatilgan bo'lib, uning nazariyasi V Ginzburg va I. Frank tomonidan 1946 yili yaratilgan. Bu nurlanish cherenkov nurlanishdan farq qilib turli tezlikda ham hosil bo'laveradi. Kuchli

nurlanish zarra vakuumdan o'tkazgichga o'tganida sodir bo'ladi. Chegarani kesib o'tish vaqtida zaryadning tashqi fazodagi elektr maydoni yo'qoladi va natijada nurlanish sodir bo'ladi.

O'tish nurlanishi optik va rentgen diapazonida yaxshi kuzatiladi. Bu esa o'tish nurlanishiga asoslangan yuqori energiyali zarralar detektorlari yaratish uchun asos bo'ladi. Zarra dielektrik qatlamini o'tganida chiqadigan fotonlar soni kam (100 yoki 1000 zarrachaga 1 ta foton to'g'ri keladi). Lekin 100 yoki 1000 qatlamli sistemada rentgen nuri uchun shaffof materiallar ishlatilsa 100% —li unumdorlikka erishish mumkin. Hozirda o'tish nurlanishga asoslangan detektorlar yordamida koinot nurlarini o'rganish ishlari olib borilmoqda.

1. Elementar zarralarni tavsiflang.
2. O'zaro ta'sirlarni tushuntiring.
3. Elektromagnit ta'sir turlarini tushuntiring.
4. Vavilov — Cherenkov nurlanish sodir bo'lishini tushuntiring.
5. Koinot nurlari detekt orlarini tavsiflang.

Galaktika koinot nurlari.

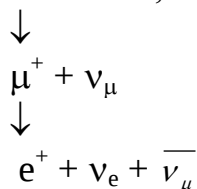
Koinot zarralari

Biz Quyosh shamoli, uning tarkibi va xususiyatlarini qaray o'tdik. Endi Galaktikadan kelayotgan nurlarga to'xtalamiz. Galaktika koinot nurlarining muhim xususiyati ularning yadroviy tarkibi va energetik spektridir. Galaktikadan kelayotgan nurlarga albatta geliomuhit ta'siri bo'ladi. Lekin geliosferadan tashqarida ham ular xususiyati manbalardagi xususiyatlaridan farq qiladi. Chunki Galaktika muhitida ham ular muhit zarralari bilan o'zaro ta'sirlashadi.

Galaktika nurlari tarkibi va energetik spektrini o'rganish ma'lum modellar asosida birlamchi nurlar tarkibi va spektrini tiklashga yordam beradi. Birlamchi nurlar energiyasi $E_0 \approx 0,1 \div 10^5$ GeV bo'lgan intervalda ular kosmik apparatlar yordamida o'rganiladi. $E_0 > 10^5$ GeV energiyalarda esa

Yer atmosferadagi ikkilamchi jarayonlarning tiklash orqali o'rganiladi. Bunda albatta ayrim xatoliklar ham bo'lishi extimolligi ham yo'q emas.

O'tgan mavzularda zarralarning ionizatsiya qobiliyati Z ga bog'liqligini ko'rgan edik. Shu sababli Galaktika birlamchi yadrolari zaryadi ma'lum usullar — fotoemulsion metod, yupqa ssinitilyatorlar va cherenkov sanagichlari orqali aniqlanadi. Ularning energiyasi esa elektron —foton kaskad qiymati bo'yicha aniqlanishi mumkin. Galaktika koinot nurlarida elektronlar, p , $\bar{p}$ va $Z < 30$ bo'lgan yadrolar kuzatilgan. Lekin elektronlar intyensivligi 10^2 marta boshqa zarralarga qaraganda kam. Lekin pozitronlarning elektronlarga nisbati $\frac{e^+}{e^-} = 0,08 \pm 0,02$ ekanligi aniqlangan. Pozitronlar esa yadrolar o'zaro ta'siridan hosil bo'lishi mumkin, masalan $PP \rightarrow X + \pi^+$



Elektronlar sinxron nurlanish orqali kuzatiladi. Galaktika magnit maydonida ($\beta \approx 5 \cdot 10^{-6} \text{Gs}$) elektronlar radionurlanish hosil qiladi. Shu nurlanishlarga qarab yulduzlararo muhitda elektronlar oqimini aniqlash mumkin. Antiprotonlar 1979 yili koinot nurlari tarkibida topilgan. Bu esa koinotda kuchli yadro o'zaro ta'sirlari ro'y berishi va natijada $p\bar{p}$ — juftliklar hosil bo'lishini bildiradi. Lekin $\bar{p}$ lar hali endigina o'rganilmoqda. Agar Galaktika birlamchi koinot nurlari tarkibini qarasak p , a , Li , Be ..., yadrolardan iborat bo'lib Z oshishi bilan ular intyensivligi keskin kamayib boradi. Demak Galaktika koinot nurlari asosan yadroviy tarkibi va 10^{-3} dan 10^{11} Gev gacha bo'lgan energetik spektri bilan xarakterlanar ekan. Neytrino tushunchasini 1930 yili Pauli kiritdi. 1953 — 54 yillar Raynes va Kouen tomonidan $\bar{\nu}_e + p \rightarrow e^+ + n$ reaksiyasi orqali neytrino mavjudligi isbotlandi. Bu jarayon kesimi $a_{\nu_e} \approx 10^{-43} \text{sm}^2$ ga teng. Hozirda esa 3 turdagi neytrino mavjudligi ko'rsatilgan, Agar

$\nu_e + n \rightarrow e^- + \text{adron}$, $\nu_e + n \rightarrow e^- + \text{adron}$ jarayonlarni qarasak, birinchisi W^+ (zaryadlangan tok), ikkinchisi esa Z^0 (neytral tok) orqali sodir bo'ladi.

Neytrino massasini to'g'ridan to'g'ri o'lchab bo'lmaydi. Ular massalarining yuqori chegaralarigina mavjud.

$$m_{\nu_e} < 18 \text{ ev} \quad m_{\nu_\mu} < 0.5 \text{ Mev} \quad m_{\nu_\tau} < 70 \text{ Mev}$$

Shu sababli og'ir neytrinolarning yengillariga parchalanish ehtimoli mavjud. Bunda lepton zaryadi saqlanish qonuni buzilishi kerak. Bunda og'ir neytrino

$l_i + W$ juft liligiga o'tadi, l_i -foton chiqarib va W bilan yana qo'shilib yengil neytrinoga o'tadi. $V_1 \rightarrow \sum_i (l_i + W) \rightarrow \sum_i l_i + W + \gamma \rightarrow V_2 + \gamma$

Elektron neytrinoni qayd qilish usuli B.Pontekorvo tomonidan taklif qilingan va bu usul Devis tajribasida ham qo'llanilgan. Bunda ($E_\nu > 6 \text{ Mev}$).

$\nu_e + {}^{37}\text{Cl} \rightarrow {}^{37}\text{Ar} + e^-$ reaksiyasi sodir bo'ladi. 35 kundan keyin radoaktiv argon kvant chiqarib yana ${}^{37}\text{Cl}$ ga aylanadi.

$${}^{37}\text{Ar} \rightarrow {}^{37}\text{Cl} + \gamma \quad (E_\gamma = 2.8 \text{ Kev}).$$

Baksan laboratoriyasida myuon ssintilyatsion teleskopi ishlatilgan. Bunda $V_\mu + N \rightarrow \mu + h$ jarayonida foydalanilgan. Bu ssintilyatsion teleskop 3000 bakdan iborat bo'lib, $(6 \times 16 \times 11) m^3$ hajmga ega. Yulduzlardagi termoyadro jarayonlarida neytrino hosil bo'ladi. Agar yulduz antimoddadan tuzilgan bo'lsa, antineytrino hosil bo'ladi. Ularning muhit bilan ta'sirida elektron va pozitronlar hosil bo'ladi.

Yulduz va antiyulduzdan kelayotgan nur esa bir — biridan farq qilmaydi, chunki kuchli ta'sirda qatnashmaydi. Lekin neytrino va antineytrino oqimining kuchsizligi sababli ularni qayd qilish juda qiyin.

Elektron 19 asrda ham ma'lum edi. Pozitron esa 1932 yili Andersen tomonidan koinot nurlarida topilgan. Lekin pozitron elektron bilan juda tez annigilyatsiyalanadi. (Masalan, qo'rg'oshinda $\tau = 5 \cdot 10^{-11}$ sek da).

Elektron stabil zarrachadir. $e^+ + e^- \rightarrow \gamma$, p , $\bar{p}$, ... Relyativistik elektron bo'ylama kutblangan bo'lib, massasi $M_e = 0,511 \text{ Mev}$ ($S = \frac{1}{2}$) bo'lganligi tufayli qutblanishi 100% ga teng emas. Shu tufayli o'ng va chap qutblangan elektronlar mavjud. Pozitron ham shunday xususiyatlarga ega.

Myuon Yukava tomonidan 1935 yili yadro kuchlarini tushuntirish maqsadida taklif qilingan. Yadro kuchlari $r_0 \approx 10^{-13}$ sm masofada sodir bo'lishini inobatga olsak, $m \approx \frac{\hbar}{r_0 s} \approx 300m_e$ bo'lishi taxmin qilindi. Lekin 1937 yili Strit, Andersonlar tomonidan Vilson kamerasida $m \approx 200m_e$ massali zarracha topildi va mezon deb nomlandi. Bu zarracha yadroda nuklonlarni ushlab turishi kerak edi. Lekin bu taxmin xato bo'lib chiqdi va keyinchalik π - mezonlar topildi. μ mezon leptonlar sinfiga kirishiga qaramasdan tarixan μ - mezonligicha qolib ketdi. Koinot nurlari va tezlatgichlardagi o'lchashlar uning aniq massasini topishga imkon berdi. $m_\mu = (206,76 \pm 0,02)m_e$, $m_\mu c^2 = 105,65$ Mev. μ — mezon quyidagi parchalanish kanallariga ega

$$\begin{aligned}\mu^- &\rightarrow e^- + \overline{\nu_e} + \nu_\mu, \\ \mu^+ &\rightarrow e^+ + \nu_e + \overline{\nu_\mu}\end{aligned}$$

Undan tashqari μ mezonlar yadro bilan ta'sirlashib mezaatomlar hosil qilishi mumkin, Bunda μ — mezon orbitasi elektron orbitasiga qaraganda 200 marta kichik bo'lishi kerak. Hozirda mezaatomlar mavjudligi faqat nazariy modellar doirasidagina qaralmoqda. μ -mezonlar $\tau_\mu \approx 2,1994 \cdot 10^{-6}$ s maboynida parchalanadilar. Koinot nurlarida μ -mezonlar asosan π va K mezonlar parchalanishidan $\pi \rightarrow \mu + \nu_\mu$, $K \rightarrow \mu + \nu_\mu$ va qisman $p^0, J/\varphi$ zarralar parchalanishlaridan hosil bo'ladi. τ - leptonlar 1974 yili Stanford tezlatgichida topildi.

$$\begin{array}{ccc} e^+ + e^- & \rightarrow & \tau^- + \tau^+ \\ & \downarrow & \downarrow \\ \mu^- + \overline{\nu_\mu} + \nu_\tau & & \mu^+ + \overline{\nu_\tau} + \nu_\mu \\ e^- + \overline{\nu_\mu} + \nu_\tau & & e^+ + \overline{\nu_\tau} + \nu_e \end{array}$$

$$m_\tau = 1,78 \text{ GeV},$$

$$\tau_\tau \approx 3,4 \cdot 10^{-13} \text{ s}$$

Bundan tashqari τ -lepton adron parchalanish kanallariga ega $\tau \rightarrow \pi \nu_\tau$, $K_\pi \nu_\tau$ va hokazo. Lekin koinot **nularida taonlar** kuzatilmagan. Endi koinot nurlaridagi

adronlarga kelsak, 1947 yili Yukava tomonidan bashorat qilingan π -mezon fotoemulsiyada topildi.

$$m_{\pi} s^2 = 140 \text{ Mev} , \tau_{\pi} = 2,15 \cdot 10^{-8} s$$

Sal keyinroq π^0 mezon

$$m_{\pi^0} s^2 = 135 \text{ Mev} , \tau_{\pi^0} \rightarrow 1,2 \cdot 10^{-16} s$$

ham koinot nurlarida topildi. Keiynchalik koinot nurlarida adronlarga tegishli juda ko'p zarralar topilib, ular xarakteristikalarini o'rganildi. u zarralar xarakteristikalariga to'xtalmasdan shuni aytish mumkinki, koinot nurlarida kuchli ta'sirlashuvchi zarralar hisobidan zarralarning ko'p miqdoridagi tutilishlari sodir bo'ladi.

Ta'sir natijasida hosil bo'lgan zarralar soni — n hodisa unumliligi (miqdorliligi) deyiladi. Zarralarning bunday ko'p miqdorda hosil bo'lishiga elektron—yadro jalasi deyiladi. Bu tushuncha tarixan shunday nomlangan bo'lib, unda elektron ikkilamchi mahsulot bo'ladi va jarayonning asosiy sababi yadro — yadro o'zaro ta'siri hisoblanadi.

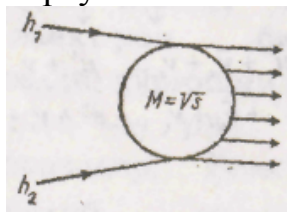
$$\gamma \rightarrow e^+ + e^-$$

$$P + A \rightarrow X_h + \pi^0$$

$$\gamma \rightarrow e^+ + e^-$$

Bu yerda X_h —hosil bo'lgan barcha adronlar. Hodisa (miqdorliligi) unumliligi to'qnashayotgan zarralar tabiatiga uncha bogliq bo'lmaydi va asosan to'qnashuvchi zarralar impulslariga bog'liq.

Zarralarning ko'p miqdordagi hosil bo'lishi bir necha modellar doirasida tushuntiriladi. Shulardan biri statistik modeldir. Bu modelga ko'ra 2 ta adron to'qnashganda bitta umumiy sistemani hosil qiladi. Ular energiyasi sistemani qizdiradi va hajmda turg'un holat paydo bo'ladi.

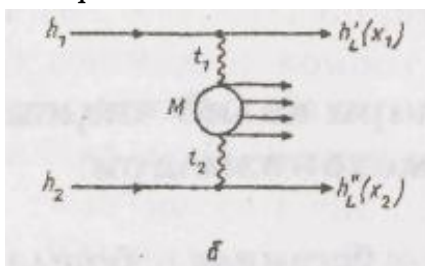


Keyin parchalanish sodir bo'ladi va bunda jarayon unumliligi $n = \frac{E^*}{kT} \approx (E^*)^{\frac{1}{2}}$

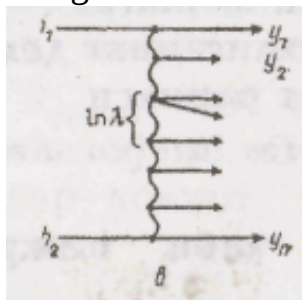
kabi aniqlanadi, bu yerda E^* —sistyema energiyasi, T —temperaturasi. Ikkita zarra

to'qnashganda zarralar o'z indivudialligini saqlab qolishi va ulardan hosil bo'lgan kvantlar to'qnashishidan hosil bo'lgan qizigan sistema yana n

ta zarraga parchalanib ketishi mumkin. Bu holat fayrbol (fireball— olovli shar) modeli orqali tushuntiriladi. Bu holda hosil bo'lgan sistyema massasi $M = S(1 - X_1)(1 - X_2)$ kabi aniqlanadi.



Bu yerda X_1 — va X_2 — h_1, h_2 — adronlar o'zida saqlab qolgan impulsar miqdori. Endi shunday faraz qilishimiz mumkin, ikki zarra to'qnashganda yadro maydon kvantlari to'qnashishlari zanjiridan ko'p miqdordagi zarralar hosil bo'lishi mumkin. Bunday tasavvurga asoslangan model multiperiferiy model deyiladi.



Bundan tashqari, zarrachalarning ko'p miqdoridagi hosil bo'lishini tushuntirishga qaratilgan parton va kvark modellari ham mavjud. Feynman tomonidan taklif qilingan parton (part — qism) modeliga ko'ra adronlar partonlardan (hozirgi paytda — kvarklardan) tuzilgan va ular o'zaro ta'sirlashganda shu partonlar orqali ta'sirlashadi. Bunday nuqtaviy zarralar o'zaro ta'sir kesimi $\sigma = \pi \cdot \lambda^2 \approx (\lambda - \text{parton} \cdot \text{to'lqin} \cdot \text{uzunligi}) \approx \pi(\hbar/p)^2$ (p — parton impulsi) kabi ifodalanadi.

Oddiy holatda yadro energiya zichligi $\rho_A \approx 0,5 \text{ GeV}/\text{sm}^3$ ga teng. Bu sharoitda yadro nuklonlardan tuzilgan bo'ladi. Agar bu yadro moddasini qandaydir yo'l bilan siqsak kvarklar orasidagi masofa **1 fm** dan ancha kichik bo'lganda kvark—glyuon plazma sharoitiga o'tadi, Bunday sharoitda kvark —glyuon plazma o'zaro ta'sirlashmaydigan kvarklar va glyuonlar gazidan iborat bo'ladi. Lekin hozirgi paytda bu modellar zarralarning ko'p miqdordagi hosil bo'lishini to'la tushuntirib bera olmaydi.

1. Galaktika koinot nurlari xususiyatlarini tushuntiring.
2. Koinot zarralarini tavsiflang.
3. Hodisa unumliligi deganda nimani tushunasiz?
4. Fayrbol, multiperiferiy va part on modellarini tushuntiring.

Koinot nurlari kelib chiqishi va tezlanish mexanizmlari.

Koinot nurlari o'rganila boshlaganidan beri bu nurlarning manbalari, tezlanish va Yerga yetib kelish mexanizmlari kabi masalalar mavjuddir. Hozirgi vaqtda ham bu savollarga to'la javob olingani yo'q, ya'ni koinot nurlari hosil bo'lish nazariyasiga ega emasmiz, lekin kelajakda yaratilishi kerak bo'lgan nazariya hozirgacha to'plangan quyidagi

1. Koinot nurlari energiyasi zichligi
2. Koinot nurlari intensivligining deyarli doimiyliigi
3. Koinot nurlanishi anizotropiyasi

($E < 10^4 \text{ GeV}$ bo'lganda $\delta \leq 10^{-3}$, $E < 10^{17} \text{ GeV}$ da esa $\delta \approx 0,2 \div 0,25$)

4. Koinot nurlari tarkibi
5. Energiyasi spektri kabi tajriba natijalarini tushuntirib berishi kerak.

Hozirda koinot nurlari kelib chiqishining Galaktik va Metagalaktik modellari mavjud.

Galaktik modelga ko'ra koinot nurlari Galaktikamizda (shuningdek boshqa galaktikalarda) hosil bo'lib, uning magnit maydoni yordamida ushlab turiladi. Galaktikalararo muhitda esa koinot nurlari zichligi galaktikalardagidan ancha kam.

Endi shu modelga ko'ra, koinot nurlari to'la energiyasi $W_c = w_c \cdot V_r \approx 10^{56} \text{ эрз}$ ga teng bo'ladi. Agar bu qiymatni koinot nurlari yashash vaqti T_c ga bo'lsak

$P_c = w_c / T_c^{maks} \approx 10^{56} \text{ эрз} / 10^{16} \text{ s} = 10^{40} \text{ эрз} \cdot \text{s}$ koinot nurlari manbai quvvatini topamiz. Quyosh quvvatining koinot nurlariga sarflanadigan qismi $10^{23} \text{ эрз} / \text{s}$ ga tengligidan va Galaktikamizda 10^{11} ta yulduz

borligini e'tiborga olsak, $P'_c \approx 10^{34} \text{ эрз} / \text{s}$ ga teng bo'ladi. Bu miqdor zarur quvvatdan million marta kamdir. Shu sababli, koinot nurlarining manbai deb yulduzlarni qabul qila olmaymiz. Boshqa tomondan antikorrelyatsiya, Quyosh ximiyaviy tarkibi bilan koinot nurlari tarkibi orasidagi farq ham shu fikrni tasdiqlaydi. Shu sababli ham koinot nurlari

manbalarini galaktikalardagi g'ayri tabiiy ob'yektlar orasidan izlash kerak. Yangi tug'ilgan yulduzlarda elektronlarning sinxrotron radionurlanishi natijasida juda katta quvvat $\approx 10^{38} \text{ erg/s}$ energiya tarqatiladi. Bu fakt V. Ginzburg tomonidan koinot nurlarining manbai o'ta yangi yulduzlaro degan g'oyaga olib keldi. Koinot nurlarining turli galaktik o'ta yangi yulduzlaridagi o'rtacha taxminiy qiymati $\approx 10^{49} \text{ erg/s}$ ga teng. Endi Galaktikamizda o'ta yangi yulduz har 100 yilda 1 — 2 marta sodir bo'lishini inobatga olsak, ularning quvvati $P_{\mathcal{A}} = w_{\mathcal{A}} / T_{\mathcal{A}} \approx 10^{40} \text{ erg/s}$ ga teng bo'ladi. Demak, Galaktikadagi o'ta yangi yulduzlar quvvati koinot nurlari intensivligini doimiy ushlab turishga yetadi. Metagalaktik modelga ko'ra esa koinot nurlaributun metagalaktikani to'ldirib turadi va koinot nurlari manbai bo'lib radiogalaktika va kvazarlar xizmat qiladi. Endi shu modelga binoan Metagalaktikaning Yerga koinot nurlari shu vaqtgacha yetib kelishi mumkin qismini qaraymiz. Bu masofa $R_{MAKS} \approx 10^8$ yil $\approx 10^{26} \text{ sm}$ ga teng. Bu qismda 10^4 ta galaktika bo'lib, shulardan bir necha o'ntasi radiogalaktikadir. Agar koinot nurlari manbai quvvati Galaktikamiz quvvatiga teng deb hisoblasak,

$$P_C \approx 10^{40} \text{ erg/s}$$

ya'ni desak

$$W_M = T_M P_C N_r \approx 3 \cdot 10^{17} \cdot 10^{40} \cdot 10^4 = 3 \cdot 10^{61} \text{ erg},$$

bu yerda $T_M = 10^{10}$ yil — Metagalaktika yoshi, $N_r \approx 10^4$ — galaktikalar soni. U holda energiya zichligi

$$w_M \approx W_M / V_M = 3W_M / 4\pi \cdot R_{MAKS}^2 \approx 10^{-17} \text{ erg/sm}^3$$

ga teng bo'ladi. Bu qiymat Galaktikamizdagi koinot nurlari energiyasi zichligidan ancha kichik. Shu sababli, hozirgi paytda juda yuqori energiyali zarralardan tashqari koinot nurlari manbai deb o'ta yangi yulduzlar qaralmoqda. O'ta yuqori energiyali zarralar esa metagalaktikadagi radiogalaktikalarda hosil bo'lishi aytilmoqda. Koinot nurlari anizotropiyasi esa Virgo galaktikalar to'plamida o'ta yuqori energiyali zarralar mavjudligi bilan tushuntiriladi. Zarralarning juda yuqori energiyalargacha tezlashishi mexanizmlari hali noma'lum. Lekin 10^{10} GeV dan yuqori energiyaga ega bo'lgan zarralar Galaktikamiz magnit maydonida ushlanib qolmasdan bemalol o'tib ketadi,

1. Koinot nurlari Galaktik modelini tushuntiring.
2. Metagalaktik modelni izohlang.

Koinot nurlarining planetalar bilan o'zaro ta'siri. Yer magnitosferasi.

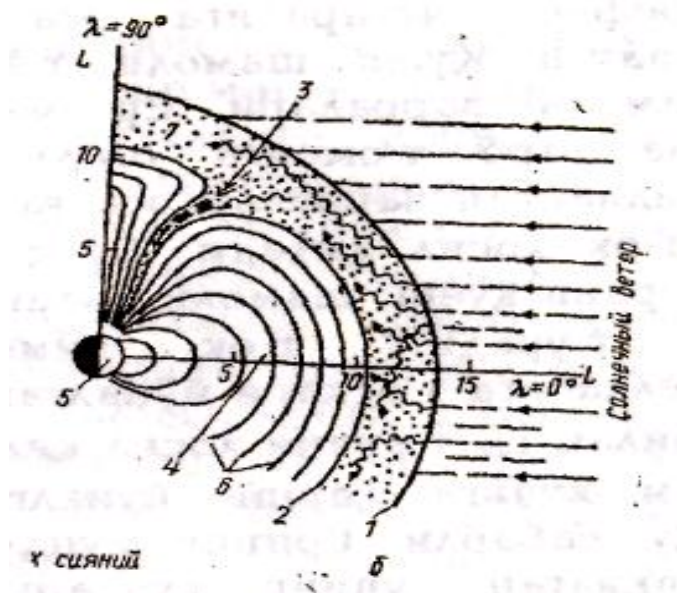
Oldingi ma'ruzalarda Yerning magnit maydoni, kuch chiziqlari kabi tushunchalarni qarab o'tuvdik. Sun'iy yo'ldoshlar yordamida o'tkazilgan tajribalarda koinot nurlari intyensivligining balandlik oshish bilan oshishi kuzatildi. Yo'ldoshlarga o'rnatilgan Geyger — Myuller hisoblagichlari to'yinish holatiga yetib, ishdan chiqishgani ma'lum bo'ldi. Balandlikdagi nurlanish intyensivligi Yer sirtidagi intensivlikdan million marta yuqori bo'lishi aniqlandi. 1957 yili fazoga chiqarilgan sun'iy yo'ldosh 225-700 km balandlikda uchib koinot nurlari intensivligi to'g'risida ma'lumot bergan. Qutb zonalarida ham intensivlik juda oshib ketgani sezilgan. Lekin bu vaqtda Yer sirtida koinot nurlari intensivligi o'zgarmaganligi sezilgan. Intyensivlikning balandlik bilan oshishi qutb zonalarida 500 km dan sezilarli bo'lsa, ekvator yaqinida esa 1300 km balandlikda seziladi. Bu hodisa koinot nurlari Yerning magnit maydonida ushlab qolinadi degan g'oyani tasdiqladi. Chunki bunday balandliklarda havo zichligi juda kam va zarrachalar zaryadlanganlini e'tiborga olsak shunday bo'lishi haqiqatga yaqindir. Yer magnit maydonida zarrachalarning bunday konsentratsiyasiga Yerning radiatsion poyasi deyiladi. Undagi nurlanishga esa Yerning korpuskulyar nurlanishi deyiladi. Zaryadlangan zarrachalarning Yer magnit tomonidan ushlab qolinishi Shtermer tomonidan birinchi marta nazariy analiz natijasida aytilgan edi. Sun'iy yo'ldoshlar bilan bo'lgan tajribalargacha bu masala muhokama qilinmadi. Lekin hozirda bu hodisa boshqa planetalar uchun ham tegishli bo'lib, bunga Yupiter va Merkuriy planetalari radiatsiya poyaslarining kuzatilishi misol bo'ladi.

Yerning magnit maydoni ideal dipol maydoni kabi bo'lmaydi. Yerdan $5R_e$ masofagacha dipol maydoniga yaqin, ya'ni $\vec{B} = \vec{M} / R^3$ kabi bo'ladi. ($\vec{M}$ — yerning dipol magnit momenti). Yerdan yanada uzoqlashgan sayin bu maydon kamayib, juda katta masofalarda sekin — asta planetalararo maydon bilan uyg'unlashib ketishi kerak. Lekin bunday bo'lmaydi va ma'lum masofada Yer magnit maydoni birdan uzilishga ega bo'ladi. Sun'iy yo'ldoshlar yordamidagi tyekshirishlarda Yerning kunduz tomonida $10R_e$ masofada Yerning doimiy magnit maydoni birdan kamayib, uzilishga ega bo'lishi aniqlangan. Yerning magnit maydoni va uning kuch chiziqlari yo'nalishi

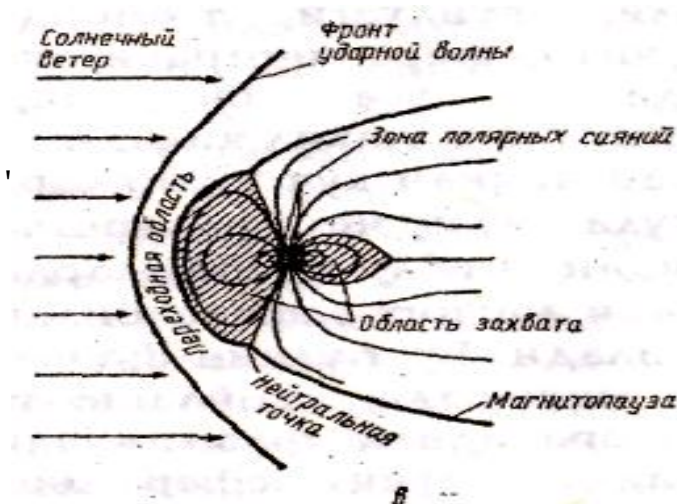
doimiyliги saqlanib turadigan sohasiga magnitosfera deyiladi. Magnitosfera chegarasiga esa magnitopauza deyiladi. Magnitopauza Quyosh shamoli ta'sirida hosil bo'ladi. Quyosh shamoli zarralari Yer magnit maydoni ta'sirida sharq va g'arb tomonga og'adi. Elektronlar sharqqa, musbat zaryadlangan zarralar esa g'arbga og'ib, Yerni aylanib o'tuvchi J tok hosil qiladi. Bu tokning magnit maydoni magnitosferani quyosh shamoli bilan to'lgan qolgan fazodan ajratib turadi, J tok shimoliy qutbdan qaraganda soat strelkasiga teskari yo'nalgan bo'lib,

Yerning magnit maydoni $\vec{B}$ bilan $\left[\vec{J} \times \vec{B} \right]$ kuchni hosil qiladi, Bu kuch esa Quyosh shamoli bosim kuchiga qarshi yo'nalgan bo'lib, uni muvozanatlaydi. Shu sababli Yerning kunduzgi tomonida magnit maydon siqilgan, uning kuchlanganligi oshgan, kechqurungi tomonida esa magnitosfera cho'zilgan, maydon kuchsizlangan bo'ladi, Shu sababli, kunduzgi tomonda zarralarni ushlab qolish sohasi magnitosfera chegarasigacha cho'zilgan, kechqurungi tomonda esa bu soha magnitosferaning faqat bir qisminigina tashkil qiladi.

Yuqori kengliklarda Yer sirtidan chiqqan kuch chiziqlari Quyosh shamoli bilan birga fazoda juda uzoq masofalargacha cho'ziladi. Bunday shleyf Yer sirtidan $3 \cdot 10^3 R_e$ masofalarda ham payqalgan. Quyosh shamoli zarralari magnitosfera bilan to'qnashib to'lqin fronti tashkil qiladi. Bu to'lqin front magnitopauzadan bir —necha R_e masofada joylashadi. Magnitopauza va to'lqin fronti orasidagi fazo kuchli qizigan plazma bilan to'lgan bo'ladi. Magnitosferaning kunduzgi tomondagi siqilgan kuch chiziqlari bilan kechqurungi tomondagi Quyosh shamoli ta'sirida cho'zilgan kuch chiziqlari orasida nol chiziq mavjud bo'lib, bu chiziq bo'ylab Quyosh shamoli zarralari Yerning qutb zonalariga kirib keladi. Tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, radiatsion poyas yadroviy komponentasining 99 % ini protonlar, qolganini deytron va tritonlar tashkil qiladi. Deytron va tritonlar protonlarning atmosferadagi yadroviy o'zaro ta'siridan hosil bo'ladi degan qarashlar mavjud. Radiatsion poyasdagi elektronlar esa neytronning kuchsiz parchalanishi hisobidan deb qaralgan. Lekin yuqori energiyali ($E_e > 780 \text{ Kev}$).



Meridional kesimi



- 1 — to'liqin front i
- 2 — magnitopauza
- 3 — nol chiziq

elektronlarning mavjudligi ularning boshqa manbalari va tyezlanish mexanizmlari mavjudligini bildiradi. Yerning radiatsion poyasi o'zgarib turadi. Tashqi radiatsion poyasning variatsiyasi Quyosh aktivligi va Quyosh shamoli intensivligi bilan bog'liq. Shu bilan bu variatsiya balandlik o'zgarishi bilan sezilarli bo'ladi. Lekin ichki radiatsion poyas stabil bo'lib, tashqi poyas kabi kuchli tebranishlarga ega emas. Magnit bo'ronlari vaqtida ham radiatsion poyaslarda kuchli o'zgarishlar kuzatiladi. Bunda magnitosfera deformatsiyalanadi va radiatsion poyas siqiladi. Magnit bo'roni tutagach bu o'zgarishlar yana tiklanadi.

1. Yerning radiatsion poyasi deganda nimani tushunasiz?

2. Yerning korpuskulyar nurlanishini tushunt iring.
3. Yer magnit sferasini tushunt iring.
4. Magnit pauzasini tushuntiring.
5. Magnit sferaning nol chizig'ni tushuntiring.

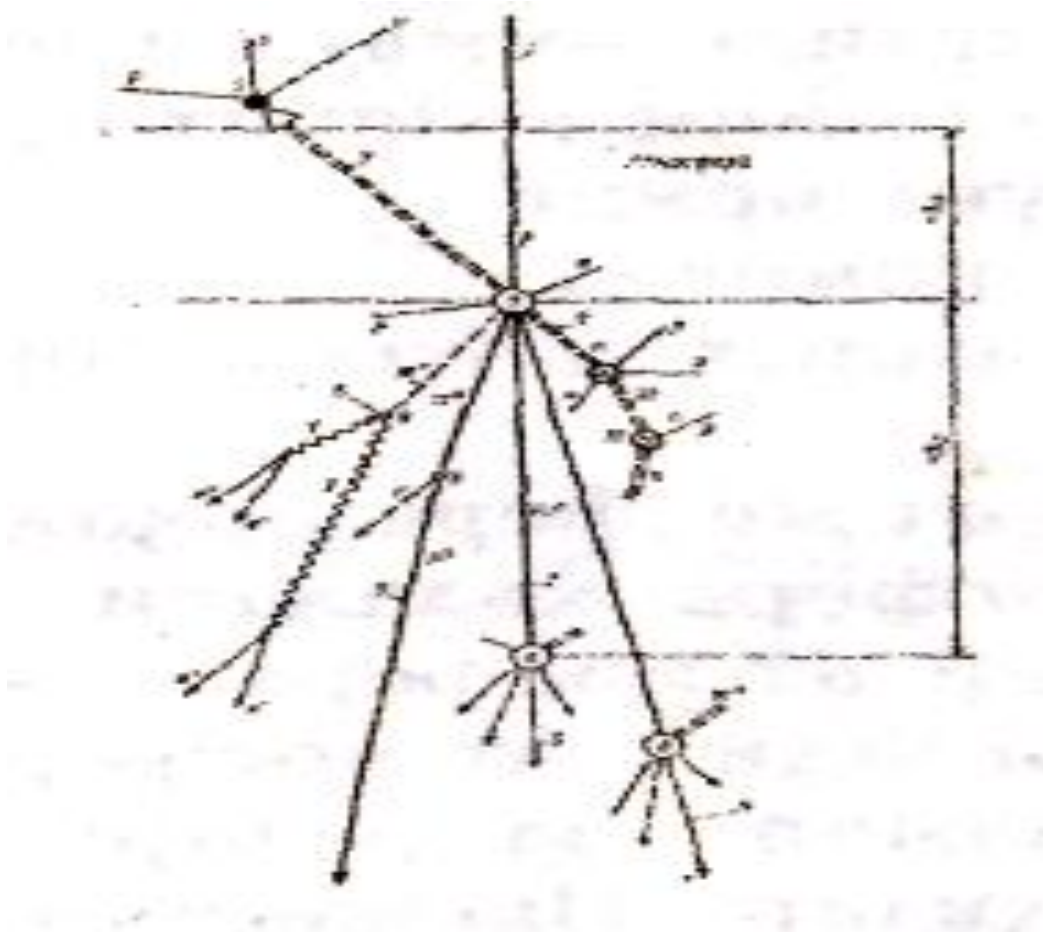
Koinot nurlarining atmosfera orqali o'tish. Keng atmosfera jalalari.

Yer va boshqa planetalar atmosferasi koinot nurlari uchun katta to'siq hisoblanadi. Atmosferada ikkilamchi zarralar kuzatilib, birlamchi zarralar o'zaro ta'sir natijasida ularga aylanadilar. Ikkilamchi zarralar esa atmosfera xususiyatlari, uning kengligi, zichligi va kimyoviy tarkibiga bog'liq.

Yer atmosferasi asosan 3 xil gazdan tashkil topgan. N —Azot 78,1 % ni, O —kislorod 21 % ni va qolgani uglerod oksididan iborat. Dengiz sirtida havo zichligi $0,0012 \text{ g/sm}^2$, dengiz sirtidan atmosfera chegarasigacha bo'lgan havo ustunidagi modda miqdori esa 1030 g/sm^2 ga teng. Agar koinot nurlari manbadan to Yerga yetib kelguncha 5 g/sm^2 modda o'tishini e'tiborga olsak, atmosfera koinot nurlari xususiyatini sezilarli o'zgartirishini bilish mumkin.

Yer atmosferaning qat'iy chegarasi mavjud emas. Havo zichligi balandlik oshishi bilan sekin —asta kamayib planetalararo gaz zichligiga tenglashadi. Bunda albatta uning kimyoviy tarkibi ham o'zgaradi.

Ikkilamchi zarrachalar hosil bo'luvchi jarayonlar zanjiri adronning (proton yoki yadro) atmosferadagi yadro bilan to'qnashishidan hosil bo'ladi. Yuqori energiyali zarralar bunday to'qnashganda birlamchi zarra tabiatli zarracha impulsining asosiy qismini o'zida saqlab qolishi kuzatiladi. Bunday zarracha lider zarra deyiladi. Bu zarra ham atmosfera yadrolari bilan yana ta'sirlashadi. Atmosferada ketma — ket shunday lider zarralarning yadrolar bilan ta'siri bir — necha marta yuz beradi. Bu jarayonga yadro — kaskad jarayoni deyiladi. Bu jarayon 1949 yili Pamirda ishlagan tadqiqotchilar tomonidan ochilgan.



- 1 — birlamchi zarra
- 2 — past energiyali yadro
- 3 — ikkilamchi lider nuklon
- 4 — zaryadli lider pion.
- 5 — pion parchalanishi. 6 — 71° parchalanishi.
- 7 — neytron
- 8 — ta'sirlashuvchilar
- 9 — parchalanish
- 10 — no'riyativ zarralar hosil bo'lishi.

Birlamchi zarralar energiyasi $E = 10 \div 10^4 \text{ Gev}$ bo'lganda ikkilamchi zarrachalar atmosferada bir — necha o'n ming kvadrat metr maydonga sochilgan bo'ladi. Shu sababli ikkilamchi koinot nurlarining har bir komponentasi alohida o'rganiladi.

Yuqori $E \geq 10^5 \text{ Gev}$ energiyalarda esa yadro kaskadlarida bir necha o'n mingdan milliardgacha zarralar hosil bo'ladi. Bu hodisaga keng atmosfera jalalari deyiladi,

Keng atmosfera jalalarini ular intensivligining juda kamligi sababli to'g'ridan to'g'ri o'rganib bo'lmaydi. Masalan, 1 yil davomida 1 m^2 sirtga bor yo'g'i bir — necha o'n zarra to'g'ri keladi. Lekin, bu jarayonda elektron — foton kaskad hosil bo'lishi o'lchash ishlarini engillashtiradi. Bu kaskad o'lchami 100 m gacha bo'lib, qayd qiluvchi detektor uni sezmay qolmaydi. Priborning yuzasi

$S = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot 100^2 = 3 \cdot 10^4 m^2$ bo'lishi uning sezgirlikini yetarli darajaga ko'taradi. Shu sababli, elektron — foton kaskadlari orqali keng

atmosfera jalalarini o'rganish $E \geq 10^5 GeV$ energiyali birlamchi zarra to'g'risida ma'lumot olishga imkon beradi. Keng atmosfera jalalarini o'rganish quyidagi masalalarga qaratiladi

1. Keng atmosfera jalalari xossalarini o'rganish.
2. 10^{15} eV dan yuqori energiyaga ega bo'lgan zarralar o'zaro ta'sirini o'rganish.
3. Astrofizik masalalarni o'rganish.

Keng atmosfera jalalari xossasini o'rganish qolgan ikki masalaning echilishiga yordam beradi. Bu jalalar yuqori energiyali zarralarning yadrolar bilan bo'ladigan ta'siri to'g'risida yetarli ma'lumot bera oladi. Jalalar tarkibidagi elektron va fotonlar tez ko'payish xususiyatiga ega. Shu sababli, jala markaziy qismidagi 95 — 98% , markazdan 200 — 250 m masofadagi 80% zarralar ulardan hosil bo'ladi.

Keng atmosfera jalalari astrofizika uchun ham ahamiyatlidir. Ularni o'rganish orqali birlamchi nurda $E \geq 10^{10} GeV$ energiyali zarralar borligi, hamda koinot nurlari anizotropiyasi mavjudligi kuzatilgan. Keng atmosfera jalalari bo'ylama o'lchami 10÷20 km, ko'ndalang o'lchami esa 100 m bo'lishi kuzatilgan. Bunda jala ko'ndalang o'lchami kulon sochilishi hisobiga sodir bo'ladi.

Keng atmosfera jalalari elektron — foton, adron, myuon komponentalardan tashqari Cherenkov — Vavilov, hamda radionurlanish komponentalariga ham ega.

1953 yili ingliz olimlari Galbrayt va Jelli keng atmosfera jalalarida yorug'lik chaqnashlarini kuzatishgan. Shu yili sharqiy Pamirda A. Chudakov rahbarligida keng atmosfera jalalaridagi Cherenkov nurlanishi o'rganildi. Cherenkov — Vavilov nurlanishi nazariyasiga ko'ra havoning sindirish ko'rsatkichi ma'lum atmosfera bosimda $n = 1,00029$ bo'lib, zarra tyezligi $U > s/n$ bo'lganda nurlanish sodir bo'lishi kerak. Hisoblar nurlanish sodir bo'ladigan energiya elektronlar uchun 21 MeV, myuonlar uchun 4,3 GeV, pionlar uchun 6 GeV bo'lishini ko'rsatadi. Radionurlanish Cherenkov nurlanishiga qaraganda ham kam energiyaga ega bo'lib, u jala vaqtida ma'lum chastotali shovqinlar hosil bo'lishiga olib keladi.

Keng atmosfera jalasiga sabab bo'lgan birlamchi zarra energiyasi jaladagi barcha komponentalar energiyalari yig'indisi kabi topiladi.

1. Koinot nurlarining atmosfera bilan o'zaro ta'sirini tushuntiring.
2. Yadro —kaskad jarayonini tushuntiring.
3. Keng atmosfera jalalarini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей М.: Наука, 1989.
2. Хаякова С. Физика космических лучей М.: Наука, 1975.
3. Физика космоса. Энциклопедия. М.: Мир, 1986.
4. Астрофизика космических лучей. М.: Наука 1984. Ginzburg V.L. tahriri ostida.
5. Лонгрей М. Астрофизика высоких энергий М.: Мир, 1984.