

Ózbekstan Respublikası Joqarı hám orta arnawlı bilimlendiriw ministirligi

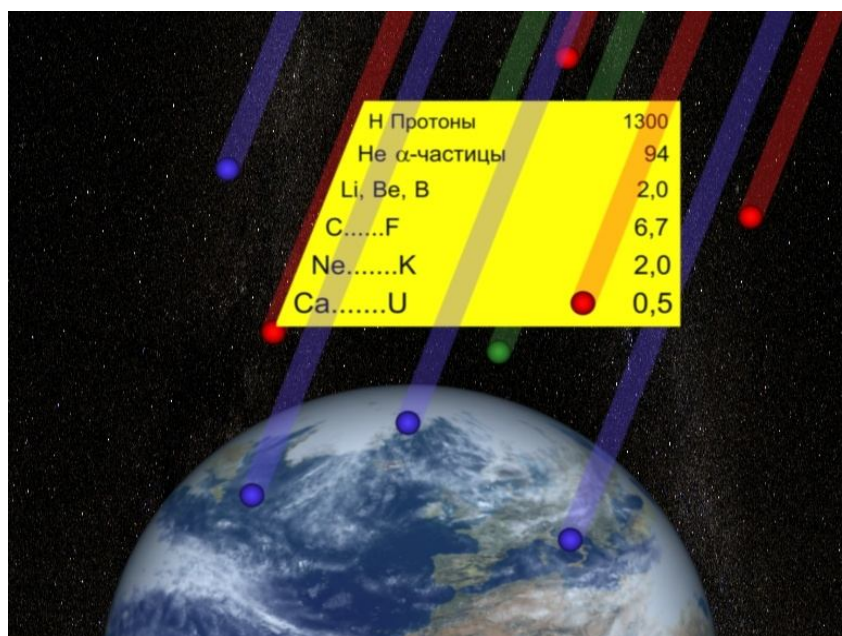
Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutı

«Fizikanı oqıtıw metodikası» kafedrası

A.Jumamuratov, M.A.Jumamuratov, I.M.Sdiqov

# KOSMOSLIQ NURLARI FIZIKASI

Oqıw metodikalıq qollanba



NÓKIS – 2019

Kosmoslıq nurları fizikası pání boyınsha jazılǵan arawlı oqıw metodikalıq qollanba pedagogikalıq institutınıń fizika astronomiyanı oqıtıw metodikası ta'lim bag'darinin', magistratura, bakalabr ha'm universitetlerdin' bakalabr, magistr talabalarına mólsherlengen bolıp, astrofizikanin' tiykarları tuwralı arawlı bilim beriw maqseti, wazıpaları hámde tiykarları jeterli dárejede talapqa juwap beretuǵınday etip jazılǵan.

Oqıw metodikalıq qollanba avtorları:

<b>Ajimurat Jumamuratov</b>	Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutınıń «Fizikanı oqıtıw metodikası» kafedrasınıń proffessorı, fizika-matematika ilimleriniń kandidatı, awıl xojalıǵı ilimleriniń doktorı.
<b>Mirzamurat Ajimuratovish Jumamuratov</b>	Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutınıń Oqıw isleri boyınsha prorektorı, dotsent, texnika ilimleriniń kandidatı.
<b>Sdikov Islam Muratbaevish</b>	Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutınıń assisent oqıtıwshısı.

Juwaplı redaktor:

<b>A.Kamalov</b>	Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutınıń Fizikanı oqıtıw metodikası kafedrasınıń baslıǵı, fizika-matematika ilimleriniń doktorı.
------------------	--

Pikir bildiriwshiler:

<b>B.Dawletmuratov</b>	Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutınıń Miynet tálimi kafedrasınıń baslıǵı, fizika-matematika ilimleriniń doktorı.
<b>A.Kamalov</b>	Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq institutınıń Fizika matematika fakultetinin' dekani, fizika-matematika ilimleriniń doktorı.

Oqıw qollanba Ájiniyaz atındaǵı Nókis mámleketlik pedagogikalıq instituti Oqıw-metodikalıq Keńesiniń № \_\_\_\_\_ qararı menen baspadan shıǵarıwǵa usınılǵan.

## Kirisiw

Kosmoslıq nurları fizikasi kosmoslıq nurlarınıń payda bolıwı, tábiyatı, izertlew baǵdarları, olardıń astrofizikalıq hám kosmologiyalıq processlerdegi roli tuwralı tusinik beredi. Demek bunda, tiykarinan kosmoslıq nurlarınıń tábiyatı, qásiyetleri, olar menen bolatuǵın túrli processler úyrenilip, olardıń astrofizikalıq processlerge tásiri hámde álem dúzilisi menen baylanıslı kosmologiyalıq tárepleri qarap shıǵıladı.

Kosmoslıq nurları fizikasi;

— kosmoslıq nurlarınıń payda bolıwı hám tezligi

— kosmoslıq bóleksheleri, olardıń tábiati hám qásiyetleri

— kosmoslıq fazada, atmosferada, jer hám planetalar qobiǵında kosmoslıq bóleksheleri menen bolatuǵın proceslerdi úyrenedi. Bul izertlewlerde yadro fizikasında jaratılǵan áspab - úskeneler isletiledi. Biraq jerdiń magnit maydani hám atmosferasi kosmoslıq bólekshelerin úyreniwde tiykarǵı ról oynaydı. Biyik taw stansiyaları, hawa sharları, jerdiń joldasları, raketalar, planetalar aralıq hám orbital stanciyalardıń isletiliwi kosmoslıq nurları fizikasi, geofizika menen kosmoslıqlıq nurlar fizikasın tikkeley baylanastıradı. Kosmoslıq nurları astrofizikasi baǵdarı kosmoslıqtaǵı radionurlanıwlarıdı úyrenedi. Bul nurlanıwlarıdı radioteleskoplar járdeminde úyreniledi. Bunnan basqa rentgen hám  $\gamma$  - nurlanıwlar elektronlar, protonlar hám yadrolar járdeminde payda boladı. Bul nurlanıwlar járdeminde Galaktikadan sırtta bolǵan proceslerde úyreniledi. Bunnan basqa kosmoslıq nurları fizikasi pání – texnikanıń túrli tarawlarında, máselen, kosmoslıqlıq ushıwlar, joqarı energiyalar fizikasi, bólekshelerdiń ózara tásirlesiw hám olardıń qásiyetlerin úyreniwge tikkeley baylanıslı. Dáslep XX- ásirdiń 30-jıllarında kosmoslıq nurları joqarı energiyalı bóleksheler aǵımı ekenligi belgili bolǵannan keyin, olardıń qásiyetlerin úyreniwge kirisildi. Biraq joqarı energiyalı tezletgishler qurılıwı menen bul taraw tezletgishler járdeminde, jáne dım joqarı energiyalıdı úyreniw baslandı. Házirgi waqıtta kosmoslıq nurları fizikasi yadro fizikasi, astrofizika, kosmoslıqlıq faza fizikasi, geofizika hám geliofizika sıyaqlı pánlerge baylanıslı judá kóp mashqalalar úyreniledi. Endi kosmoslıq nurların

úyreniwdiń tariyxına qarasaq, kosmoslıq nurların úyreniw gazlardaǵı tok ótkiziwshelikti úyreniwden baslangan. Dáslep, gazdan elektr toǵı ótiwge sebep qılıp gazdı ionlastırıwshısı jerdiń tábiyǵıy radiaciyası dep qaralǵan. Keyin ala ionizaciya kamerası qalıń qorǵasın menen tosıp qoyılǵanda da gaz málim muǵdarda tok ótkizgen. Sol sebebli, Vilson bul ionizaciyanı keltirip shıǵarıwshı sebep jerden basqa derek ekenligin birinshi bolıp aytqan. 1911-1912-jıllarda hawa sharları járdeminde ótkizilgen tájribeler bálentlik artıwı menen ionizaciya tokınıń asıwın kórsetti. 1912-jılda avstriyalı fizik Viktor Gess hawa sharında 17500 fut bálentlikte bir neshe saat dawamında tájribe ótkizdi hám birinshi bolıp gazdı ionlashtırıwshı Derek kosmoslıqtan keletuǵın bóleksheler aǵımı ekenligin ayttı hám kosmoslıq nurları fizikasına tiykar saldı. Keyinrek bolsa bul bálentliktegi nurlanıw basqa nurlanıwlarǵa qaraǵanda jutılmawı, jáne joqarı ótiwshelikke iye ekenligi anıqlandı.

1927-jılı D.Skobelsin Vilson kamerasın magnit maydanına jaylastırdı hám 1200 Ersted kernewli magnit maydanda hálsiz bolǵan izlerdi baqlawǵa eristi. Nátiyjede kosmoslıq nurları korpuskulyar tábiyatqa iye ekenligin tastıyıqladı. Keyin ala kosmoslıq nurların baqlaw ushın qalıń fotoemulciya metodı qollanıla baslandı. 1932-jılı bolsa Anderson kosmoslıq nurlar quramında pozitronnıń bar ekenligin anıqladı.

Kosmoslıq nurları «jumsaq» hám «qattı» bólimlerge ajratıp úyrenile baslandı. Bul ajratıw shártli bolıp, 10 sm qalıńlıqtaǵı qorǵasında jutılǵan nurlar jumsaq, jutılmay ótken bólimi bolsa qattı bólimi dep ataldı. Jumsaq bólimi elektronlar hám pozitronlar ekenligi keyinirek anıqlandı. Qattı bólimi bolsa 1937-jılı tabılǵan  $\mu$  - mezonǵa sáykes keldi. Ol elektronnan 200 márte awır bolıp kishi tormızlanıw nurlanıwına iye hám sol sebepli energiyasın tiykarınan atomlardı ionlawǵa jumsaydı.

Keyingi tınımsız izleniwler kosmoslıq nurları menen bolatuǵın tómendegi procesler bolıwı mumkinligin kórsetti. Dáslepki elektronlar atmosferada myuonlardı hám ekilemshı elektronlardı payda etedi. Myuonlarda óz náwbetinde bólinip elektronlardı hám atomlardı ionlastırıp joqarı energiyalı elektronlardı payda

etedi. Biraq bul mexanizm jeterli bar processlerdi túsindirip bere almaydı. Tez arada ekilemshi elektronlarda myuonlar menen bir qatarda protonlarda ólshendi. Buǵan tiykarınan elektron - yadro modeliniń tabılıwı sebep boldı. Bul modeldiń quramı protonlar, neytronlar hám 1947-jılı tabılǵan  $\pi$ - mezonlardan turadı. Dáslepki mexanizmde elektromagnit tásirlesiw ról oynaǵan bolsa, elektron - yadro modelinde yadro kúshleri ózin kórsetti. Bul procestegi birlemshi bóleksheler  $10^{12}$  eV hám onnanda úlken energiyaǵa iye bolıwı anıq boldı.

1949-jılı S.Vernov basshılıǵındaǵı ekspediciya kosmoslıq nurlarınıń tiykarın protonlardan turatuǵınlıǵın anıqladı.

#### Bahalaw sorawları

1. Kosmoslıq nurları degende neni túsinesiz?
2. Kosmoslıq nurların úyreniw tariyxın aytıp beriń?
3. Kosmoslıq nurların astrofizika hám kosmologiyalıq processlerge baylanısı qanday?

### 1. Álemniń dúzilisi

Ómir payda bolǵannan berli túngi aspandaǵı san – sanaqsız juldızlar, ay hám Quyash tutılıwları, nur tarqatıwshı hám basqa kishi aspan deneleri menen baylanıslı jaǵdaylar adamdı oylandırıp kelgen. Házirge kelip kosmostaǵı hámme deneler juldızlar, juldızǵa uqsaqan qurulumalar, planetalar, planetalar ara gazlar hám kosmoslıq nurları kórinisinde barlıǵı belgili. Astronomiyadaǵı maǵliwmatlarǵa sáykes bul obyektlerdiń jası bir neshshe on milliard jılǵa teń. Eger bul waqıttı uzınlıq birliginde kórsetsek  $10^{10}$  jil =  $10^{28}$  sm =  $3.2 \cdot 10^9$  ps (parsek)ke teń boladı. Bul shama signalı bizge deyin jetip keliwi múmkin bolǵan aspan denelerine shekemgi aralıq bolıp esaplanadı. Kosmoslıq bunday kórinetuǵın bólimi Metagalaktika dep ataladı. Juldızlar toplanıp galaktikalardı payda etedi. Kosmoslıq  $10^{26}$  sm radiuslı bólimde  $10^4$  galaktika jaylasqan hám olar arasındaǵı ortasha aralıq  $l \approx 10^{25}$  sm ge teń. Galaktikalar túrli formaǵa iye. Biziń galaktikamız Somon jolı dep ataladı hám ol qońsı Andromeda dumanlıǵı, Úlken hám Kishi magellan butları,

hámde jańa 20 ǵa shekem galaktika menen birgelikte galaktikalardıń jergilikli gruppasını quraydı.

Kosmostıń dáslepki modeli stacionar model bolıp, oǵan sáykes kosmostıń bizge belgili bólimi sheksiz dáwirli tákirarlanıp dawam etedi. Biraq 1922-jılı A.Fridman Eynshteynniń salıstırmalıq teoriyası tiykarında Metagalaktikanıń keńeyiwini tiykarladı. 1929-jılı bolsa Xabbl Dopler effekti járdeminde galaktikalardıń bir-birinen uzaqlasıp atırǵanın kórsetti. Oǵan sáykes bul keńeyiw

$$U = Hr$$

formula menen anıqlanadı. Bul jerde,

$$H = 73 \frac{km}{c} \cdot Mps - Habbl \text{ turaqlısı bolıp,}$$

ol tek waqıtqa baylanıslı. Buǵan sáykes metagalaktikanıń jası

$$t = \frac{r}{U} = H^{-1} = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ jilǵa teń.}$$

Kosmoslıq nurlar metagalaktikada xaotikalıq magnit maydanı tásirinde shashırıp, ózine sáykes traektoriya menen qozǵaladı. Bul qozǵalısqı diffuziyalıq qozǵalısqı uqsamaydı. Diffuziya koefficiyenti

$$-D = \frac{1}{3} l g \frac{sm^2}{s} \text{ qa teń bolıp,}$$

ol san jaǵınan bóleksheniń waqıt birliğindegi jiljıwınıń ortasha kvadratı yarımına teń, yaǵnıy

$$D = \frac{1}{2} \bar{R}^2 \quad R = \bar{RT} = \sqrt{2DT} \text{ ǵa kelemiz.}$$

Eger júriw jolı  $-l = 10^{25} sm, g \approx c$  hám  $T = 10^{10}$  jıl desek,  $R_{max} = 2.6 \cdot 10^8$  jilǵa ǵa teń boladı. Demek, Metagalaktikamız bar bolǵannan beri Jerge  $\approx 10^8$  jaqtılıq jılına teń qashıqlıqlardaǵı signallar jetip keliwi múmkin.

Metagalaktikadaǵı processler gigant partlaw nátiyjesi dep qaraladı. Dáslep júdá joqarı tıǵızlıq hám temperaturaǵa iye bolǵan materiya partlawı sebepli álem jaralǵan dep boljanadı. Dáslepki dáwirde  $kT > 10^{18} GeV$  energiyalarda leptokvarklar hám universal ózara tásirlesiwlerdi tasıwshılar payda bolǵan. Keyininen temperaturanıń suwıwı sebepli universal ózara tásir kúshsiz,

elektromagnit hám kúshli tásirlerge ajralǵan. Bunda bar materiya kvarklar, glyuonlar, leptonlar hám fotonlardan ibarat bolǵan. Olar barlıq termodinamikalıq teńsalmaqlıqta bolǵan. Temperaturanıń keyingi páseyiwi nátiyjesinde kvark-glyuon plazma adronlarǵa aylanǵan hám yadro, atomlar hámde juldızlar payda bolǵan. Házir bar bolǵan kosmoslıq reliktnıń nurlanıwı dáslepki dáwirde zat penen teńsalmaqlıqta bolǵan elektromagnit nurlanıwdıń «qaldıǵı» dep qaraw múmkin. Bul kosmoslıqtıń nestacionar modelin tiykarlawshı fakt esaplanadı.

Endi Galaktikamız haqqında aytqanda, ol 100 milliardqa jaqın juldızlardan quralǵan. Ol spiral kóriniske iye bolıp, radiusı  $30kPs$  ǵa teń. Spiral aylanba qozǵalısta bolıp, Quyash jaqınında, yaǵnıy oraydan  $10kPs$  aralıqta, onıń aylanba tezligi  $200\frac{km}{c}$  ge teń. Galaktikanıń óz kósheri átirapında aylanıw dáwiri 275 mln. jılǵa teń. Juldızlar aralıq ortalıq gaz (tiykarınan, vodorod hám geliy) hám shańlıqlardan ibarat boladı. Gazdıń tıǵızlıǵı  $-1\frac{atom}{sm^3}$  hám onnan da kóbirek bolıp, onıń 3% bólegi ionlasqan. Gaz Bultları tıǵızlıǵı bolsa  $20 - 30\frac{atom}{sm^3}$  qa teń, elektronlardiki  $2 \cdot 10^{-2}\frac{elektron}{sm^3}$  hám olar temperaturası  $100 K$  ge teń. Galaktika magnit maydanı  $B \cong 5 \cdot 10^{-6}Gs$  ke teń.

Quyash Galaktikamızdaǵı 100 milliard juldızlardan biri bolıp, massası  $M_q \approx 2 \cdot 10^{33}kg$  radiusi  $R_q = 7 \cdot 10^{10}sm$ , óz kósheri átrapında aylanıw dáwiri 27 sutkaǵa teń. Onıń nur shıǵarıwı  $L_q = 3,86 \cdot 10^{33}\frac{erg}{s}$  ǵa teń. Quyashtıń beti fotosfera delinedi, onnan keyingi  $14 \cdot 10^3km$  qalınlıqtaǵı bólimi xromosfera dep, keyin Quyash tajı – Quyash atmosferasınıń jánede siyreklesiwine hám ionlasqan bólimi baslanadı. Quyashta júdá kúshli partlawlar bolıp, bunda atmosferaǵa ajırılıp shıǵatuǵın zatlar energiyası  $10^{33}erg$  ke shekem jetedi. Quyash aktivligi 11 jıllıq dáwirge iye, Quyash magnit maydanına iye bolıp, onıń tásiiri Quyash sisteması shegerasına deyin seziledi hám bul tarawǵa, yaǵnıy Quyash tásiiri sezilerli bolǵan tárepke geliosfera dep ataladı.

Quyash energiyası vodorodtın  ${}^4\text{He}$  ge aylanıw termoyadro reakciyası esabınan dep qaraladı. Bunday reakciya  $10^7\text{K}$  temperaturadan joqarı temperaturada payda boladı. Vodorodtın hár bir  ${}^4\text{He}$  ge aylanıwında 2 elektron neytrino- $\nu_e$  payda boladı. Devis tájriybesi nátiyjesine sáykes  $\nu_e$  aǵımı teoriyaǵa qaraǵanda 3 márte azlıǵı anıqlandı. Házirge shekem bul mashqala sheshilgen joq. Teoriyalıq jaqtan buǵan neytrino ossilyaciyası sebep bolıwı múmkin degen pikirler de bar. Yaǵnıy, bizge málim neytrinonıń úsh túri- elektronlıq neytrino- $\nu_e$ , muyonlıq neytrino- $\nu_\mu$  hám tau neytrino- $\nu_\tau$  ózara bir-birine aylanadı:  $\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ . Bul hádiysege neytrino ossilyaciyası dep ataladı. Eger bul hádiyse payda bolsa ol halda kósherdiń qalǵan 2 bóliminde muyonlıq neytrino- $\nu_\mu$  hám tau neytrino- $\nu_\tau$  kóriniside boladı hám Quyash neytrinosı mashqalasın úyreniw múmkin boladı.

Bir neshe onlaǵan jıllarda Galaktikada ózine sáykes hádiyse payda boladı. Bul júdá jańa juldızlardıń tuwılıwı bolıp esaplanadı. Olar gaz bulıtlarınıń tıǵızlanıwı menen payda boladı dep qaraladı. Bul juldızlar bir neshe aydan keyin sónedi. Biraq bir neshe juz jıllar dawamında olardıń qaldıq jaqtılıǵın baqlaw múmkin boladı. Bunnan basqaları kosmoslıq qara túynekler dep atalıwshı obyektlerdiń bar bolıwı ayılmaqta. Ádette juldızlar óz iskerliginiń aqırında sónip, óz gravitaciyalıq kúshleri tásirlesiwinde qısılıp, júdá joqarı tıǵızlıqtada kishi ólshemge iye boladı. Bul obyektlerdiń gravitaciya maydanı júdá joqarı bolǵanında olardan hesh nárese, sonday-aq jaqtılıqta ushıp shıǵa almaydı. Sol sebebli olar «qara túynekler» dep ataladı. Olar  $R_m = 2GM / c^2$  qa teń radiusqa iye boladı. Buǵan Shvarsschild radiusı dep ataladı. Bul jerde  $G$  - gravitaciya turaqlısı,  $M$  - obyekt massası,  $c$  – jaqtılıq tezligi. Quyash energiyasınıń deregi de onıń orayında qara tesik barlıǵında degen gipotezalarda bar bolǵan. Sebebi bunday obyektke túsken deneler hám bóleksheler tezleniw menen qozǵaladı hám bunda ózlerinen nur shıǵaradı. Biraq usı waqıtqa shekem olar tájiriybede baqlanbaǵan. 2005-jılı Xabbl teleskop járdeminde



Galaktikamız orayında juldızdıń qara túynek tárepinen jutılıwı birinshi márte ólshendi. Biraq bul dálil olardıń barlıgın tastıyıqlaw ushın ele jeterli emes.

Kosmoslıq obyektlerdiń ózine sáykes qásiyetine iye bolǵanlarınan biri pulsarlar esaplanadı, yaǵnıy neytron juldızlar. Olar júdá úlken magnit momentine iye bolıp, úlken tezlikte aylanadı. Sol sebepli belgili jiyilikli radionurlanıw tarqatadı. Olar jiyiligi 2 den 200 Gs geshekem bolıp, massası Quyash massasına teń, radiusı bolsa  $10 \div 30$  km boladı. Pulsarlar betinde magnit maydan kernewligi  $10^{12}$  Gs qa teń, házirde olar kosmoslıq nurların tezletiwshi dereklerden biri sıpatında qaralmaqta.

Endi kosmoslıq nurların jaqsıraq túsiniw ushın Metagalaktikadaǵı nurlanıw spektrin qaraymız. Energiyasına qarap bul nurlardı tómendegi tártipte jaylastırıw múmkin:

1.  $\gamma$ -nurlanıw  $E_{\gamma} > 1 \text{ MeV}$
2. Rentgen nurlanıwı  $1 \text{ keV} < E < 1 \text{ MeV}$
3. Optikalıq diapazondaǵı nurlanıw  $E \approx 1 \text{ eV}$
4. Mikrotolqınlı nurlanıw  $100 \text{ mkm} < \lambda < 1 \text{ m}$
5. Radionurlanıw  $\lambda > 1 \text{ m}$  .

Kosmosta sonday obyektler bar olar radiodiapazonda optikalıq diapazonǵa qaraǵanda kóbirek nur shashadı. Ápiwayı obyektler (galaktikalar) optikalıq diapazonda radiodiapazonǵa qaraǵanda million márte kóbirek nur shıǵaradı. Bunday nurlanıw elektronlardıń obyektler magnit maydanındaǵı qozǵalıw nátiyjesinde payda boladı dep qaraladı. Biraq olardıń tábiyatı ele shekem anıq emes. Bunday juldızǵa uqsas obyektler kvazarlar dep ataladı. Olar júdá az tarqalǵan hám Jerden júdá uzaq aralıqlarda jaylasqan. Házir kvazarlar kosmoslıq nurları generatorı-deregi túrinde qaralmaqta.

#### Bahalaw sorawları

1. Álemniń ulıwma dúzilisin túsindiriniń.
2. Kosmoslıq modellerin táripleń.
3. Kosmostaǵı obyektlerdi túsindiriniń.

## 2.Kosmos nurlarının xarakteristikaları

Kosmos nurlarının tiykarǵı xarakteristikalarından biri onıń intensivligi esaplanadı. Intensivlik degende belgili baǵıtqa perpendikulyar bolǵan birlik betten waqıt hám denelik múyeshi birliginde ótken  $E$  den  $E + dE$  ge shekem energiyalı bóleksheler sanı túsiniledi.

$$J = dN / d\delta d\Omega dt dE (sm^2 \cdot s \cdot sr \cdot GeV)^{-1}$$

Bul jerde,  $d\delta$ -,  $d\Omega$ -,  $dt$ -, bet, denelik múyeshi hám waqıt elementleri. Intensivlikten basqaları bóleksheler aǵımı túsiniğine isletiledi hám ol birlik bet arqalı waqıt birliginde ótken bóleksheler sanına teń boladı.

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

Bunan basqaları, birlik energiya intervalındaǵı bóleksheler intensivligine differencial energetikalıq spektri delinedi, yaǵnıy

$$J(E) = \frac{dN}{dE} .$$

Soǵan uqsas, differencial impuls spektri

$$J(P) = \frac{dN}{dP} \text{ arqalı anıqlanadı.}$$

Kosmoslıq nurlanıwınıń ayırıqsha xarakteristikalarından biri  $\delta$ -anizotropiya dárejesi esaplanadı. Eger bir  $\theta_1$  baǵıtlansa intensivlik maksimumı -  $J_{MAKS}(\theta_1)$ , basqa baǵıtqa baǵıtlanǵan bolsa intensivlik minimum` -  $J_{MIN}(\theta_2)$  baqlanadı, ol jaǵdayda anizotropiya dárejesi

$$\delta = 2 \frac{J_{MAKS} - J_{MIN}}{J_{MAKS} + J_{MIN}} \text{ túrde anıqlanadı.}$$

Hár bir bólekshe halı fazada 6 parametr menen anıqlanadı  $x, y, z, p_x, p_y, p_z$ . Belgili  $dVdp$  kólemdegi bóleksheler tıǵızlıǵı bolsa turaqlı bul tiykarlaw Luivill teoreması delinedi, yaǵnıy

$$n(\vec{r}, \vec{p}) = \frac{dn(\vec{r}, \vec{p})}{dVdp} = const .$$

Izotrop nurlanıwda bóleksheler konsentracıyası intensivlik penen tómendegishe baylanısqan  $n(E) = 4\pi J(E) / \mathcal{G}$ .

Bahalaw sorawları

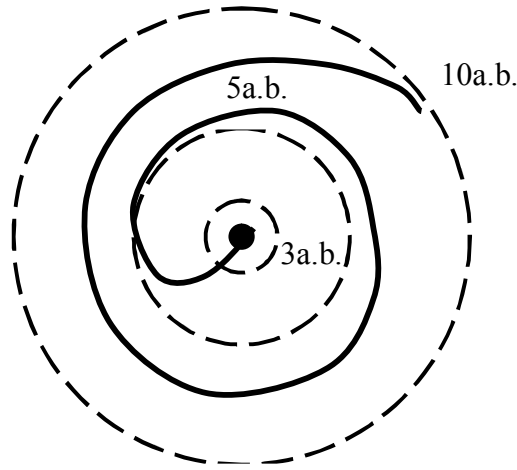
1. Kosmoslıq nurları qanday xarakteristikalarǵa iye?
2. Luivill teoremasın túsindirıń
3. Kosmoslıq nurları anizotropiyasın túsindirıń.

### 3. Quyash samalı hám planetalar aralıq ortalıq.

#### Quyash kosmoslıq nurları

Quyash óz iskerliginde atmosferaǵa protonlar, túrli yadro hám elektronlardı shıǵaradı. Bul elementler ionlasqan (plazma túrinde) boladı hám olar aǵımı ulıwma alǵanda neytral boladı. 1958-jılı bunday ionlasqan plazma aǵımı teoriyasın amerikalıq astrofizik Parker jarattı hám Quyash plazmasınıń háreketin Quyash shamalı dep atadı. Quyash shamalı tezligi  $10^3 \text{ km/s}$  ǵa jetedi, biraq bóleksheler tıǵızlıǵı az bolıp,  $5 \div 10 \text{ sm}^{-3}$  muǵdarda boladı. Quyash samalı tezligi hám tıǵızlıǵı turaqlı emas. Onıń ortasha tezligi,  $\langle \mathcal{G} \rangle \approx 320 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ , ortasha tıǵızlıǵı bolsa  $8 \text{ sm}^{-3}$  ge teń. Biraq tıǵızlıq ayırım waqıtlarda 10 ese kem bólishi yaki  $\approx 50 \text{ sm}^{-3}$  shekem jetiwi múmkin. Jer betinde bolsa protonlar aǵımı  $\langle I \rangle \approx 2,5 \cdot 10^8 \text{ sm}^{-2} \cdot \text{c}^{-1}$  qa teń boladı. Bóleksheler tıǵızlıǵı Quyashtan uzaqlasqan sayın  $\frac{1}{r^2}$  qa azayadı, tezligi bolsa derlik ózgermeydi. Quyash samalınıń ulıwma aǵımınıń kinetikalıq energiyası  $10^{28} \text{ erg/s}$  qa teń. Quyash samalı quramında Quyash betindegi hámme elementler bar, máselen,  $i_\alpha \approx 0,05 i_\delta$ ,  $i_{z>2} \leq 5 \cdot 10^{-4}$ , yaǵnıy  $\alpha$ -bóleksheler  $p$ -protonlar aǵımınıń 5% in yamasa tártip nomeri 2 den joqarı bolǵan yadrolar ulıwma aǵımınıń  $5 \cdot 10^{-4}$  bólimin quraydı. Quyash samalı ózi menen Quyash magnit maydanı kúsh sızıqların «alıp ketedi»(1-suwret.), Quyashtıń óz kósheri átirapında aylanıwı sebepli kúsh sızıqlarında spiral kóriniste boladı. Bul spiralǵa Arximed

spirali dep ataladı. Quyash magnit maydan kernewligi  $10^{-4} \div 10^{-5} Gs$  qa teń. Magnit maydan energiyası tıǵızlıǵı onıń plazması energiyası tıǵızlıǵınan júdá az bolǵanlıǵı ushın onıń magnit maydanı quyash qozǵalısında sezilerli tásir ete almaydı.



1-suwret. Quyash magnit maydanı kúsh sızıqları

Bul orında ayırım astronomiyalıq túsiniklerdi keltiremiz. Jerden Quyashqa shekemgi bolǵan aralıq astronomiyalıq birlik delinedi:

$$1a.b. = 1.496 \cdot 10^{11} m$$

Jaqtılıq jılı dep,  $300000 \frac{km}{s}$  tezlikdegi Jaqtılıq nurınıń bir jıl dawamında basıp

ótken jolı túsiniledi  $1j.j. = 9.461 \cdot 10^{12} km$ . 1 parsek(ps) Jerden kosmoslıqtaǵı ayırım toshkaǵa shekem bolǵan sonday aralıq bolıp ol jerden Jerdiń Quyash átirapındaǵı aylanba qozǵalıs orbitası radiusı 1 sekundqa teń múyeshli jay bolıp kórinedi

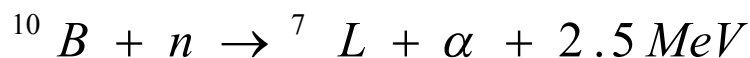
$$1ps = 3.26j.j = 3.091 \cdot 10^{16} m$$

Quyashtıń magnit maydanı joqarı hám tómeniń yarım sferalarıda qarama – qarsı tárepine baǵıtlanǵan boladı. Hár 22 jıldı maydan óz baǵıtın ózgartirip turadı. Máselen, 1979-jılı joqarı yarım sferada magnit maydan Quyashtan joqarıǵa qarap baǵıtlanǵan bolǵan.

Quyash plazması juldızlar aralıq ortalıq penen tásirlesı sebebli sheksiz keńeye almaydı. Juldızlar ara ortalıq bolsa kosmıslıq nurlar, magnit maydanları,

neytral hám ionlasqan gazlardan ibarat boladı. Quyashtan uzaqlasqan sayın plazma konsentraciyası azayadı hám onıń keńeyiwi tezligi  $\approx 400 \frac{km}{sek}$  qa jetedi. Galaktika plazması aǵımı bolsa  $20 \frac{km}{sek}$  tezlikke iye. Sol sebepli bul eki aǵım ózara tásirlesedi. Ishki bóliminde Quyash plazması, sırtqı bóliminde bolsa Galaktika aǵımı ózara tormızlanadı. Quyashtan sol plazma tormızlanǵansha bolǵan aralıq penen shegaralanǵan fazaǵa geliosfera dep ataladı. Geliosfera shama menen 25a.b. aralıqqa shekem dawam etiwı kosmılıq izertlewlerde anıqlanǵan. Geliosferadaǵı kosmoslıq nurları intensivligi ózgerip turadı. Bul hádiyse 1926-jılı anıqlanǵan hám oǵan kosmoslıq nurları variaciyası dep ataldı. Uluwma hár bir konkret waqıtta geliosferadaǵı kosmoslıq nurları intensivligi málim shamaǵa iye boladı. Kosmoslıq nurlarınıń variaciyası dáwirli hám dáwirsiz variaciyalarǵa bólinedi. Kosmoslıq nurlarınıń 22 jıllıq, 11 jıllıq, jıllıq, 27 kúnlik hám sutkalıq variaciyaları dáwiri variaciyalarǵa mısál boladı. Magnit boranları tásirleri hámde ekilemshi nurlardıńda atmosferadaǵı variaciyaları anıqlanǵan. Bunday variaciyalar tiykarınan birlemshi galaktikalıq nurlanıwdıń Quyash samalı menen ózaro tásirinen payda boladı. Anıǵıraǵında, birlemshi galaktikalıq nurlanıwdıń anizotropiyası sebepli kosmoslıq nurları variaciyası baqlanadı. Kosmoslıq nurlar variaciyası Jer júzinde jaylasqan 100 den artıq stanciyalarda toqtawsız baqlaw arqalı úyreniledi. Bunnan basqaları, hawa sharları hám kosmoslıq stanciyalar járdeminde de úyreniledi. Biraq, Jer júzinde kosmoslıq nurları variaciyası hálsiz ózgeriwi sebepli, joqarı anıqlılıqta sezgirlikke iye bolǵan ásbaplar isletiledi. Buǵan ionizaciyalıq kamera, azimutal teleskop hám neytron monitoringi kiredi. Ionizaciyalıq kamera 1,5 m diametrge iye sferalıq kamera bolıp, 10 atm. Basımda argon menen toltırılǵan boladı. Bul sfera nurlanıwdıń «qattı» komponentasını 0,7% anıqlılıqta ólshewge imkaniyat beredi. Azimutal teleskop eki birdey teleskoptan ibarat bolıp, «qattı» hám «jumsaq» komponentalar intensivligin esapqa aladı. «Qattı» komponenta qalıń qorǵasın tosıq járdeminde ajratıp alınadı. Teleskoplardan biri batıstan shıǵısqa, ekinshisi qubladan arqaǵa baǵdarlanadı. Neytron monitoringinde

neytron sanağışı bolıp, onda  $^{10}\text{B}$  izotopı bar. Sol sebepli neytronlar  $^{10}\text{B}$  yadrosına jutılıp,



mına procesti júzege keltiredi. Neytronlardı esapqa alıwğa sebep, 1 GeV ten joqarı energiyağa iye bolğan birlemshi nuklon hám yadrolar atmosfera atom yadroların ıdıratıwı nátiyjesinde neytronlar payda boladı. Sol sebepli, neytronlardı úyreniw birlemshi nurlardı anıqlawğa imkaniyat beredi.

Hawa sharları hám kosmoslıq stanciyalar járdaminde bolsa júdá az energiyalı birlemshi bóleksheler variaciyasın úyreniw múmkin. Jer betindegi kosmoslıq bóleksheleri variaciyası tiykarınan ekilemshi, yağnıy atmosferada payda bolğan bóleksheler variaciyası arqalı anıqlanadı. Biraq birlemshi bóleksheler variaciyası Quyash yamasa Galaktikadağı ayırım bólekshelerdiń kóp muğdarda payda bolıwı esabınan da bolıwı múmkin.

Variaciyalar dáwirli hám dáwirsiz túrlerge ajraladı. Dáwirli variaciyalarğa 22 hám 11 jıllıq, 27 kúnlik hám sutkalıq variaciyalar misal boladı. 22 – jıllıq variaciya Quyash magnit maydanı bađıtınıń 22 jıllıq ózgeriwi dáwir menen baylanısqa. 11 jıllıq variaciya bolsa Quyashtıń 11 jıllıq aktivligi menen baylanıslı. Quyash aktivligi onıń kórinetuđın betindegi daqlar sanı, olar beti, belgili diapazondağı radionurlanıw ağımı sıyaqlı shamalar menen belgilenedi. Quyash aktivligi jılıda Jerdegi kosmoslıq nurlar intensivligi tómen boladı hám kerisi, yağnıy Quyash aktivligi menen kosmoslıq nurları intensivligi arasında teris korrelyaciya, yağnıy antikorrelyaciya bar. Bul bolsa 11 jıllıq variaciya Quyash elementler generaciyası menen emes, bálkim geliosferada bóleksheler qozđalıwı jađdayınıń ózgeriwi – kosmoslıq nurlar modulyaciyası menen baylanıslıgın kórsetedi. 27 kúnlik variaciya Quyashtıń óz kósheri átirapında aylanıw dáwiri menen baylanıslı hám joqarı energiyalı bóleksheler barlığı menen xarakterlenedi. Sutkalıq variaciya dáwiri bolsa Jerdegi sutkağa teń. Bunda intensivlik amplitudası 0,15-0,2% aralıqta terbeledi. Sutkalıq variaciya 27 kúnlik variaciya menen

baylanısqa iye. Sebebi sutkalıq variaciya 27 kúnlik tákrarlanıwǵa iye. Sutkalıq variaciya Quyash magnit maydanınıń Jer atırıpındaǵı anizotropiyası esabınan payda boladı. Sebebi Quyash magnit maydanı Arximed spiralı sıyaqlı aylanba boladı. Quyashtıń aylanıwı sebepli, kosmoslıq nurlarıda anizotropiyaǵa iye boladı. Kosmoslıq nurlar aǵımın radial hám tangencial qurawshılarǵa ajıratsaq, radial qurawshı galaktikalıq nurlar radial qurawshısı menen kompensaciyalanadı. Tangencial qurawshısı bolsa basqa aǵım menen teńlespeydi hám Jerdiń aylanıwı esabınan sutkalıq variaciyaǵa alıp keledi. Nátiyjede, belgili orında jergilikli waqıt penen  $18^{00}$  de kosmoslıq nurlardıń maksimum intensivligi baqlanadı.

Dáwirli emes variaciyaǵa Forbush effekti mısal boladı. Forbush effekti tosattan payda bolıp, bunda kosmoslıq nurları intensivligi keń diapazonda páseyip ketedi. Bul effekt dáwirli 10 kúnge shekem bolıp, Quyash aktivligi waqtında tez-tez payda boladı. Bul dáwirde Jer magnit maydanınıń keskin buzılıwı (magnit boranları) payda boladı. Magnit boranları hám intensivliktiń bunday keskin páseyiwi arasındaǵı baylanıs (bul hádiyseni birinshi bolıp baqlaǵan amerikalik astrofizik Forbush atına) Forbush effekti dep ataladı. Quyashaǵı partlawlarda dáwir emes variaciyaǵa mısal bola aladı. Quyash aktivligi waqtında Quyash diskiniń elektr hám magnit maydanları keskin ózgergen bólimlerinde partlawlar payda boladı. Hálsiz partlawlar tez-tez, kúshlileri júdá az payda boladı, Kúshli partlawda ultrafiolet, rentgen, radionurlanıw,  $\gamma$  - nurlanıw menen birge kóp muǵdarda protonlar, túrli yadrolar, neytronlar hám neytrinolar ajırılıp shıǵadı. Partlawdan 8–12 saat ótkennen keyin payda bolǵan nurlar Jer orbitasına jetip keledi. Quyash kosmoslıq nurları quramında partlawlar nátiyjesinde protonlar,  $\alpha$  - bóleksheler, orta hám awır yadrolar ushraydı. Protonlar muǵdarı bolsa partlawdan partlawǵa shekem on mártebege shekem ózgerip turadı. Partlaw nátiyjesinde payda bolǵan bóleksheler úlesi ulıwma úlesine qaraǵanda júdá az esaplanadı. Partlawdan payda bolǵan  $100MeV$  hám onnan joqarı energiyalı bóleksheler kosmoslıq keme ekipajı ushın júdá qáwipli. Sebebi olar keme qabıǵında elektron-foton kaskadlar hámde rentgen nurlanıwı payda etedi. Aviaciya rawajlanıwı ushın hám 18–20 km biyikliktegi radiaciyalıq jaǵday úyrenilip shıǵılǵan. Biologiyalıq obyektlerdiń

radiaciya tásirindegi buzılıwı jaǵınan energiya hám nurlanıwdıń biologiyalıq effektivligi menen anıqlanadı. Jutılǵan energiya birliǵi (yamasa doza birliǵi)  $D_i$  grey dep ataladı.  $1Gr = 1 \frac{J}{kg}$  ǵa teń (yaǵnıy 1 kg muǵdardaǵı zatqa 1 J energiya jutılsa 1Gr ge teń boladı). Biologiyalıq effektivlik (yamasa ekvivalent doza)  $D_{ekv}$  nurlanıw sıpa koefficiyenti- $(SK)_i$  ke baylanıslı, yaǵnıy

$$D_{ekv} = \sum D_i (SK)_i$$

hám ekvivalent doza zivert  $(Zv)$  lerde ólshenedi.

$$1Zv = 1J / kg = 10^2 \text{ ber}$$

Nurlanıw menen islewshiler ushın qáwipsiz esaplangan ekvivalent doza- jılına  $5 \cdot 10^{-2} Zv$ . 18–20 km bálendlikte ekvivalent doza

$$10 - 20 mkZv / soat \text{ ǵa}$$

teń hám nurlanıw dozası tiykarınan neytronlar esabına tuwra keledi.

#### Bahalaw sorawları

1. Quyash samalı degende neni túsinesiz?
2. Planetalar aralıq ortalıq qásiyetlerin túsindiriniń
3. Quyash kosmoslıq nurları quramı neden ibarat ?
4. Arximed spiralı degen ne?
5. Astronomiyalıq birlik (a.b.) ne?
6. Jaqtılıq jılı degende neni túsinesiz?
7. Parsek qanday shama?
8. Kosmoslıq nurları variaciyası degende neni túsinesiz?
9. Variaciya túrlerin táripleń.
10. Forbush effektin túsindiriniń.
11. Nurlanıw dozaların túsindiriniń.



#### 4. Kosmosliq nurlari fizikasini tiykarǵı túsiniكلي

Kosmosliq nurlariniń korpuskulyar tábiyatın birinshi márte magnit maydanında jaylastırılǵan Vilson kamerasında baqlanǵan.  $\vec{B}$  magnit maydanındaǵı  $Ze$  zaryadlı bóleksheniń qozǵalıǵı teńlemesi

$$\frac{d(m\vec{g})}{dt} = \frac{Ze}{c} [\vec{g}\vec{B}]$$

mına kóriniste beriledi. Bul Lorens kúshi formulası esaplanadı. Bul jerde,

$$m = m_0 / \sqrt{1 - g^2 / c^2}$$

- bólekshe massası,  $g$  - bólekshe tezligi,  $c$  – jaqtılıq tezligi. Bólekshege tásir etiwshi kúsh onıń tezligi baǵıtına perpendikulyar, sol sebebli onıń tezligi, massası ózgermeydi, tek tezlik baǵıtı ózgeredi. Yaǵnıy,

$$m \frac{d\vec{g}}{dt} = \frac{Ze}{c} [\vec{g}\vec{B}]$$

boladı.

Tezlikti  $g_x \perp \vec{B}$  hám  $g_y \parallel \vec{B}$  qurawshılarǵa ajıratamız. Parallel qurawshısı  $g_y = const$  bolǵanlıǵı ushın bólekshe  $g_x$  esabınan  $R$  radiuslı spiral boylap qozǵaladı. Lorens kúshide oraydan qosındı kúshler teńligi sháriyatınan,

$$\text{yaǵnıy } \frac{Ze}{c} g_x B \sin(g_x B) = \frac{m g_x^2}{R}$$

Bul jerde,

$$\sin(g_x B) = 1, \frac{Ze}{c} B = \frac{m g_x}{R} = \frac{p_x}{R} \text{ dan } \frac{p_x c}{Ze} = BR \text{ boladı.}$$

Bul jerde,  $p_x$  -  $\vec{B}$ -vektorǵa perpendikulyar tegisliktegi impuls proekciyası. Solay etip, bólekshe magnit maydanında sol maydan baǵıtında spiral formada qozǵaladı.

$$\frac{pc}{Ze} = \xi$$

Shama bóleksheniń birlik zaryadına sáykes keliwshi energiya bolıp, bóleksheniń magnit qattıǵı dep ataladı hám magnit qattılıq voltlarda ólshenedi. Birdey magnit qattılıqqa iye bóleksheler magnit maydanında birdey traektoriya boylap qozǵaladı. Biraq esaplawlarǵa qaraǵanda

$$\xi = \frac{pc}{Z} = 300BR$$

formuladan paydalanıw qolay esaplanadı, bul jaǵdayda  $pc$  - elektronvoltta,  $\bar{B}$  - gaussta,  $R$  - santimetrde,  $Z$  - elektron zaryadlarında kórsetiledi. Sol usıl menen bóleksheler impulsları magnit maydanındaǵı Wilson kamerası yamasa magnit spektrometrlerinde ólshenedi.

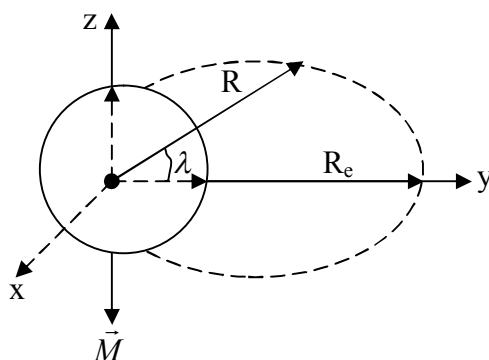
Endi Jerdiń magnit maydanın qarastıramız. Hámme planetalar, Quyash hám Galaktika magnit maydanlarına iye. Bul magnit maydanları bóleksheler qozǵalıısına tásir kórsetedi, kosmostaǵı processlerge sezilerli tásir kórsetedi. Jerdiń magnit maydanı  $40GeV$  energiyaǵa shekem bolǵan birlemshi zaryadlangan bóleksheler analizatorı bolıp xizmet etedi. Jerdiń magnit maydanı turaqlı bolmay ózgerip turadı hám hár 5 jılda Jerdiń magnit kartası qaytadan dúziledi. Birinshi jaqınlasıwda Jer magnit maydanın  $8.1 \cdot 10^{25} Gs \cdot sm^3$  momentli magnit dipolı dep esaplaw múmkin hám onıń orayı Jerdiń orayınan 340 km aralıqta jaylasqan. Dipol kósheri Jer betin kesip ótken toshka Jerdiń geomagnit poliusı dep ataladı. 1965-jılı Jer magnit poliusınıń koordinataları tómendegidey bolǵan:  $75^{\circ}36'$  arqa keńlik,  $101^{\circ}$  shıǵıs uzaqlıq, yaǵnıy Kanada arqasında, hámde  $66^{\circ}18'$  qubla keńlik,  $141^{\circ}$  shıǵıs uzaqlıq, yaǵnıy Antarktidada. Demek, geomagnit poliuslar geografıyalıq poliuslar menen sáykes túspeydi. Shıǵıs yarım sharda geomagnit ekvator geografikalıq ekvatorдан arqada jaylasqan. Dipoldıń magnit maydanı

$$B = \frac{M}{R^3}$$

sıyaqlı kórsetiledi. Bul jerde  $M$  - dipol magnit momenti,  $R$  - aralıq. Kúsh sızıqları magnit meridian tegisliginde jaylasqan bolıp(2-suwret),

$$R = R_e \cos^2 \lambda$$

sıyaqlı kórsetiledi. Bunda  $R_e$  - ekvatordağı kúsh sıziqlarına shekem bolğan aralıq,  $\lambda$  - magnit keńlik.



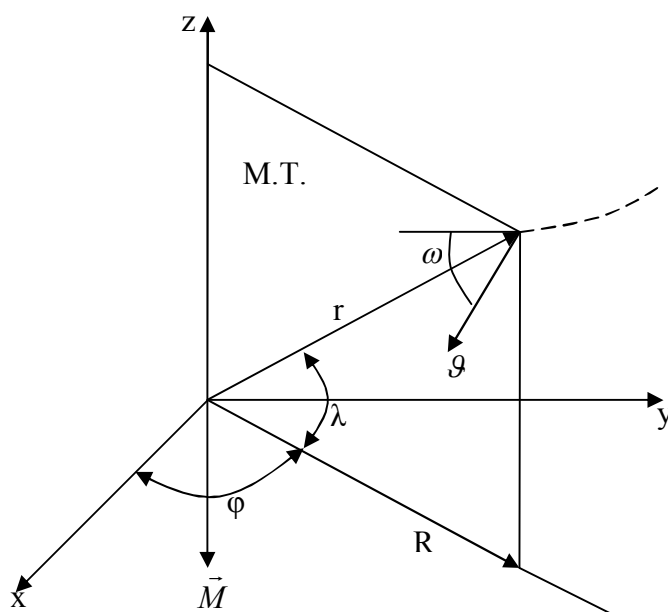
**2-suwret.** Magnit meridian tegisli.

Kúsh sıziqları boylap magnit maydan kernewligi

$$B(\lambda) = (M / R_e^3) \sqrt{4 - 3 \cos^2 \lambda} / \cos^6 \lambda$$

sıyaqlı ózgeredi. Sol sebebli poliusqa jaqınlasqan sayın magnit maydan kernewligi artıp baradı. Zaryadlanğan bóleksheleardıń Jerdiń magnit maydanındağı qozǵalıstı ShtJermer teoriyası arqalı anıqlanadı. Sheksizlikten kelip atırǵan hár qanday bólekshe hám Jerge jetip kele bermeydi. Eger bólekshe impulsi kishi bolsa, ol Jer magnit maydanı tásirinde awısıp ketedi. Magnit qattılıǵı asıwı menen olar Jer magnit maydanına tereńirek kirip baradı hám qandayda  $\xi_{\min}$  shamada Jer betine jetip keledi. Olardıń Jerge jetip keliwi  $\lambda$  - keńlik, zenit múyeshi –  $\theta$  hám azimutal múyesh- $\varphi$  ge baylanıslı. Sol sebepli, Jer magnit maydanınıń belgili ruxsat etilgen zonaları bar. Onnan basqa Luivill teoremasın basqa túrde analiz etiwde múmkin: Eger birlemshi kosmoslıq nurları izotrop bolsa, Jerdiń magnit maydanı onıń intensivligi hám múyeshke bólistiriliwin qadaǵan etilmegen zonalarda ózgartire almaydı. Qadaǵan - zonalar bolsa Jerdiń magnit maydanı tárepinen ekranlanadı. Sol sebebli qadaǵan zonalarđı anıqlaw zárúr. Bul másele Shtermer, Lemetr hám

Valarta tárepinen túsindirilgen. Olar hár qanday  $\bar{p}$  impulsli bólekshe ushın hár bir keńlikte qadağan etilmegen baǵıtlar barlıǵın kórsetken. Oylap kóremiz, bólekshe  $\lambda$  - keńlik múyeshi astında Jerge túsip atırǵan bolsın(3-suwret).



3-suwret.

Bul jerde  $M = 8,1 \cdot 10^{25} \text{Gs} \cdot \text{sm}^3$  -Jerdiń magnit momenti,  $\varphi$  -azimutal múyesh,  $R$  -  $\vec{r}$  - radius – vektor proekciyası,  $\omega$  -bólekshe traektoriyası hám onıń tezlik vektorı arasındaǵı múyesh. Ol halda impulstıń shegaralıq shamaları tómendegi túrde bolıwı anıqlanǵan.

$$P_{\min}(\lambda, \omega) = P_0 \cos^4 \lambda / ([1 - \cos \omega \cos^3 \lambda]^{1/2} + 1)^2 \quad (1)$$

Bul jerde  $P_0$  -bóleksheniń baslanǵısh impulsı. Bul formulaǵa sáykes, bóleksheniń  $\lambda$  hám  $\omega$  ǵa baylanıslı impulsın tabıw múmkin. Eger  $P > P_{\min}(\lambda, 0)$  bolsa, yaǵnıy bólekshe impulsı  $R_{\min}(\lambda, 0)$  impulstan úlken bolsa, bul bólekshe ushın hámme baǵıtlar múmkin boladı. Eger  $P < P_{\min}(\lambda, \pi)$  bolsa, bunday bólekshe ushın hámme baǵıtlar qadağan boladı. Endi vertikal baǵıtta qozǵalatuǵın ( $\omega = \pi/2$ ) bólekshe ushın  $P(\lambda, \pi/2) = P_0 \cos^4 \lambda / 4$  boladı. Bul formuladan keńlik - $\lambda$  asıwı menen

impulstín shegaralıq shamaları azayıwı baqlanadı. Yaǵnıy, Jer betine jetip keletuǵın bóleksheler sanı kóbeyedi. Joqarıdaǵı formulalardaǵı shegaralıq impulstín  $\lambda$  - keńlikke baylanıslığı yaǵnıy, kosmoslıq nurlarınıń intensivliginiń  $\lambda$  ǵa baylanıslığı kelip shıǵadı. Bunda keńlik effekti dep ataladı. (1)-formulaǵa sáykes, batıs hám shıǵıs baǵıtındaǵı bóleksheler shegaralıq impulslardıń ayırmashılıǵı azimutal effektke alıp keledi. Gorizontal baǵıtta ekvator tegisliginde qozǵalıp atırǵan bólekshelerdi qarasaq, batıstan kelep atırǵan bólekshe ushın  $\cos \omega = 1$  ge teń. Qubladan kelip atırǵan bólekshe ushın bolsa  $\cos \omega = -1$ . Esaplawlar batıstan kelip atırǵan bóleksheler ushın

$$P_{\min} (0, 0) = 10,1 \text{ GeV} \quad (\cos \omega = 1),$$

Qubladan kelip atırǵan bóleksheler ushın bolsa

$$P_{\min} (0, \pi) = 5,93 \text{ GeV} \quad (\cos \omega = -1)$$

hám vertikal baǵıttaǵı bóleksheler ushın;

$$P_{\min} (0, \pi/2) = 14,8 \text{ GeV} \quad (\cos \omega = 0)$$

bolıwın kórsetedi. Bul orında,

$$S = \sqrt{300 M / \xi}$$

shama – shtermer dep atalıwshı birlikte ólshenedi.

$$\sqrt{S} - \text{shama } \frac{pc}{Ze} = \xi - \text{ bólekshe}$$

magnit qattılıǵı menen baylanıslı bolıp, birdey  $S$ - parametrli bóleksheler birdey traektoriya menen qozǵaladı dep aytıw múmkin.  $S$  shama uzınlıq ólshemine iye bolıp, ol dipol maydanındaǵı dáwirli orbita radiusına teń. Endi (1) formulaǵa sáykes  $\lambda = 0$  da shegaralıq impuls minimal shamaǵa iye bolıwın biliw múmkin. Kosmoslıq nurları intensivligi minimal bolǵan sızıq Jerdiń geomagnit ekvatorı dep atalıp oǵan  $\lambda = 0$  sáykes keledi. Demek, Jerdiń geomagnit ekvatorında kosmoslıq

nurlar intensivligi minimal bolar eken. Shıǵıs yarım sharda Jerdiń geomagnit ekvatorı geografik ekvatordan arqada jatadı.

Jerdiń orayı menen onıń magnit maydanı momenti orayı sáykes túspewi sebepli, batıs hám qubla yarım sharda birdey  $\lambda$  - keńlik hám Jer betinen birdey biyiklikte shegaralıq impulsar (yamasa magnit qattılıǵı) hár qıylı boladı. Sol sebebli, kosmoslıq nurları intensivligi tek  $\lambda$  boyınsha, hám uzınlıq boyınshada ózgeredi. Buǵan uzınlıq effekti dep ataladı.

Bunnan basqa, biremshı bóleksheler zaryadı da tájriybeler nátiyjesinde úyrenilgen. 1949-jılı S.N.Vernov basshılıǵındaǵı ekvatordaǵı ekspediciya atmosfera shegarasında assimetriya koefficiyenti  $\alpha = 0,7 \pm 0,1$  ekenligin anıqladı. Bul ayırmashılıq tiykarınan 10 km bálentlikten sezilip, atmosfera shegarasına shekem ósip barǵan. Sonıń menen biremshı kosmoslıq bólekshelerdiń tiykarınan oń zaryadlanǵan ekenligi anıqlandı.

#### Bahalaw sorawları

1. Bóleksheniń magnit qattılıǵın túsendiriń.
2. Jerdiń magnit maydanın túsendiriń.
3. ShtJermer teoriyasın túsendiriń.
4. Keńlik hám azimutal effektlerin túsendiriń.
5. Shtermer qanday shama?
6. Jerdiń geomagnit ekvatorin túsendiriń.

### **5. Bólekshelerdiń ózara tásirlesiwi**

Shama menen elementar bóleksheler degende bólinbeytuǵın, strukturaǵa iye bólinbegen bóleksheler túsiniledi. Bul túsinik keyingi 100 jıl ishinde «bólinbes» atomnan kvarklarǵa shekem, yaǵnıy,  $10^{-8} sm$  den  $10^{-16} sm$  ge shekem «keńeydi». Házirgi waqıtları elementar bóleksheler 12, 12 tásirlesiwdi tasıwshılar hám hár bir elementar bólekshelerge olardıń antibóleksheleri sáykes keledi.

Bular:

I.	$\nu_e$	$e^-$	$u$	$d$
	$\bar{\nu}_e$	$e^+$	$\bar{u}$	$\bar{d}$
II.	$\nu_\mu$	$\mu^-$	$c$	$s$
	$\bar{\nu}_\mu$	$\mu^+$	$\bar{c}$	$\bar{s}$
III.	$\nu_\tau$	$\tau^-$	$t$	$b$
	$\bar{\nu}_\tau$	$\tau^+$	$\bar{t}$	$\bar{b}$

Bizge belgili,  $u$  -,  $c$  - hám  $t$  -kvarklardıń elektr zaryadı  $+\frac{3}{2}e^-$  elektron zaryadına,  $d$  -,  $s$  - hám  $b$  -kvarklardiki bolsa  $-\frac{1}{3}e^-$  elektron zaryadına teń. Antikvarklardiki bolsa sáykes halda  $-\frac{3}{2}e^-$  hám  $+\frac{1}{3}e^-$  elektron zaryadına teń.

I - topar bóleksheler átirapimizda hámme waqıt bar bolǵan hám  $u$  -,  $d$  - kvarklardan nuklonlar, olardıń basqa bóleksheler menen (elektronlar) ózara tásirlesiwinen bolsa atomlar, molekular hám solay etip zatlar payda bolǵan.

II hám III topar bóleksheler bolsa I topar elementlerinen dúzilgen adron hám leptonlar ózara tásirlesiwı nátiyjesinde kosmoslıq nurlarda payda boladı. Olar tez bólinip jáne I topar bólekshelerige aylanadı. Endi 12 tásirlesiwlerdi tasıwshılardıǵa kelsek; Bular 8 «reńli» glyuonlar – kúshli ózara tásirlesiwlerdi tasıwshılar bolıp esaplanadı, foton – elektromagnit ózara tásirlesiwdi tasıwshısı hám  $W^\pm$ -,  $Z^0$ - bozonlar – hálsiz ózara tásirlesiwdi tasıwshılar bolıp esaplanadı. Gravitaciyalıq ózara tásirlesiwdi tasıwshılar  $-G$ -graviton gipotetikalıq bólekshe bolıp onıń barlıǵı elege shekem tájiriyyede óz tastıyıqlawın tappadı. Bul tásir tasıwshılar tuwralı barlıq maǵlıwmattı tómendegi jaǵdaydan ulawmalastırıwǵa boladı.

## FUNDAMENTAL TÁSIRLESIWLER

Ózara tásirlesiw túrleri	Mexanizmi	Intensivligi	Tásirlesiw radiusı ( <i>m</i> )	Tásirlesiw waqtı ( <i>sek</i> )
Kúshli	Glyuonlar ( <i>g</i> )	$10^{-1} \div 10^1$	$\approx 10^{-15}$	$\approx 10^{-23}$
Elektromagnitlik	Foton ( $\gamma$ )	$1/137$	$\infty$	$\approx 10^{-20}$
Hálsiz	aralıq bazonlar ( $W^\pm, Z^0$ )	$\approx 10^{-10}$	$\approx 10^{-17}$	$\approx 10^{-13}$
Gravitaciyalıq	Graviton ( <i>G</i> )	$\approx 10^{-38}$	$\infty$	?

Kúshli ózara tásirlesiw kvarklar arasında glyuonlar arqalı payda boladı. Eki bólekshe bir-biri menen tásirlesiwshi aralıq  $r \approx \hbar / mc$  arqalı anıqlanadı. Bugan sáykes kúshli, elektromagnit hám gravitaciyalıq ózara tásirlesiwler radiusı  $\infty$  bolıwı kerek, sebebi bul tásirlesiwdi tasıwshı bóleksheler massası 0 ge teń. Hálsiz tásirlesiwdi tasıwshı bóleksheler ushın bolsa  $r \approx \hbar / m_w c = 10^{-17} m$

(  $m_w = 80 GeV$  ) ğa teń. Shama menen,  $r < 10^{-17} m$  den kishi aralıqta hámme kúshler ózin birdey tutıwı kerek hám  $F \approx r^{-2}$  bolıwı múmkin. Elektromagnit tásirlesiw intensivligi

$$\alpha = e^2 / \hbar c = 1/137 ,$$

yaǵniy názik struktura turaqlısı arqalı kórsetiledi. Soǵan sáykes uqsas, kúshli tásirlesiw turaqlısında

$$a_s = g_s^2 / \hbar c$$

Bılay kórsetiledi. Bul jerde  $g_s$  – kúshli zaryad. Biraq elektrodinamikadan ayırmashılıǵı,  $a_s$  aralıqqa qarap ózgermeli boladı. Yaǵniy, tásirlesiw potentsiali

$$V \approx \alpha_s r^{-1} + kr$$

Sıyaqlı bolıp aralıq asıwı menen bul potentsial artadı.  $r \approx 10^{-16} sm$  de  $a_s \approx 0,1$  ğa teń boladı, nátiyjede glionlar teoriyasın qollanıp, kúshli ózara



tásirlesiwdi tómendegishe túsindiriwimiz múmkin boladi. Glyonlar teoriyasın qollanıw múmkin bolǵan processler – perturbativ processler dep ataladı. Úlken aralıqlarda bolsa  $\alpha_s$  te ósedi, sol sebebli glionlar teoriyasın kúshli tásirlesiwdi úlken aralıqlarda úyreniwge qollanıw bolmaydı. Bunday processler – perturbativ emes processler dep ataladı hám olardı úyreniw ushın túrli fenomenologiyalıq modeller qollanıladı. Endi sál aldın aytǵan sózimizge qaytatuǵın bolsaq, hámme ózara tásirlesiw turaqlıları aralıq azayıwı menen azayıp, belgili aralıqta olar ózara qosılıp ketiwi múmkin. Bul aralıqta bolsa lepton hám kvarklar arasındaǵı ayırmashılıq joǵalıp, tek bir túrdegi bóleksheler - leptokvarklar (Ullı birlesiw modeli) bar bolıwı múmkin. Kosmoslıq nurlardı da elektromagnit tásirlesiwdiń roli úlken esaplanadı. Bul tásirlesiw kóp processlerdi túsindiriw, ólshew ushın tiykar bolıp xizmet etedi. Elektromagnit tásirlesiwdiń nıshana parametri -  $\rho$  ǵa qarap tómendegi túrlerge ajratıw múmkin:

1. Eger  $\rho$  - nıshana parametri júdá úlken bolsa, zaryadlangan bólekshe atomdı erkin halda sezedi. Bóleksheniń ózgeriwshi magnit maydanı atomdı oyatadı yamasa ionlastıradı.

2. Kishirek  $\rho$  - nıshana parametrinde bólekshe atomnıń ayırım elektroni menen soqlıǵısıwı múmkin. Bunda elektrongá joqarı energiya beriliwi múmkin hám bunday elektron  $\delta$  - elektron delinedi. Eger foton atom elektroni menen tásirlesse, ol halda kompton effekti baqlanıwı múmkin.

3.  $\rho$  nıń jánede kishirek shamasında bóleksheler yadro nuklon maydanı menen tásirlesedi. Bólekshe traektoriyası úyreniledi, radial baǵıtta ol tezlesedi hám sol sebepli tormozlangan nurlanıw payda boladı. Bólekshe stacionar magnit maydanında da tormozlangan nurlanıwın shıǵarıwı múmkin (sinxron nurlanıw dep ataladı). Bunday nurlanıw Galaktikamızdıń ayırım bólimlerinde hám basqa galaktikalarda da baqlanadı. Bunnan basqa joqarı energiyali fotonlar yadro menen tásirleskende elektron – proziton juplıǵı payda etiw múmkin. Bunda foton jutılıp, pútin energiyası elektron-pozitron juplıǵı energiyasına ótedi. Bólekshelerdiń tegis háreketinde elektromagnit tolqınlar nurlanıwı óz aldına áhmiyetke iye. Vavilov–

Cherenkov nurlanıwı da sol túrdegi nurlanıwlarǵa kiredi. Zatlarda jaqtılıqtıń sol zatlardaǵı tezligi úlken tezlikte qozǵalıwshı bóleksheler nurlanıwı 1934-jılı S. Vavilov hám P. Cherenkov tárepinen tájiriyyede baqlandı. 1937-jılı bul effekt teoriyası I. Frank hám I. Tamm tárepinen jaratıldı. Cherenkov nurlanıwınıń tormozlanıw nurlanıwınan ayırmashılıǵı birinshiden, ortalıqta turaqlı tezlik penen qozǵalıwshı bólekshe tásirinde payda boladı, ekinshiden nurlanıw ortalıq tárepinen payda etiledi. Zaryadlangan bólekshe ortalıqta qozǵalganda ortalıq atomların poliuslaydı. Nátiyjede olar ayırım waqıt dawamında dipolǵa aylanıp, olar terbelisi nurlanıw payda etedi. Eger bólekshe jaqtılıq tezliginen kishi  $c' = \frac{c}{n}$  ( $n$  - ortalıq sındırıw kórsetkishi)  $c' < c$  tezligi menen qozǵalganda, poliuslanıw bólekshelerden aldın hám keyin payda boladı. Bul poliuslanıw simmetriyalıq bolıp, hámme dipollar nurlanıwı bir-birin kompensaciyalaydı. Eger bólekshe  $c' > c$  tezlik menen qozǵalsa, polyarizaciya bóleksheden keyin payda boladı, sebebi signal bóleksheni basıp óte almaydı. Nátiyjede kompensaciyalanbaǵan elektr maydanı payda boladı. Belgili baǵıt boyınsha elektromagnitlik tolqın tarqaladı.

$$\cos \theta = c / n g$$

$g$  - bólekshe tezligi,  $\theta$  - nurlanıw baǵıtı.

Frank hám I. Tamm birlik aralıqtaǵı nurlanıw energiyası ushın

$$\frac{dE}{dx} = (Z^2 e^2 / c^2) \int [1 - (\beta n)^{-2}] \omega d\omega$$

Formulanı aldı. Bul formuladan  $\beta n < 1$  bolǵanda nurlanıw payda bolmaslıǵı kelip shıǵadı

$$(\beta = \frac{g}{c}).$$

Real ortalıqta  $n$ -sındırıw kórsetkishi  $\omega$  - nurlanıw jiyiligine baylanıslı. Sol sebepli, ultrafiolet, optikalıq diapazon, infraqızıl hám radiodiapazonda Cherenkov nurlanıwı kúshli bolıp, rentgen diapazonda payda bolmaydı. Cherenkov nurlanıwı bóleksheler detektorı bolǵan Cherenkov sanaǵıshlarında keń qollanıladı. Sanaǵısh nurlanıw payda bolıwshı radiator hám fotokus qaytarǵısthan ibarat. Radiator sıpatında móldir zattan jasalǵan plastinka qollanıladı. Cherenkov nurlanıwı baǵıtı

bólekshe bağıtın anıqlawǵa da imkaniyat beredi. Shegeralıq Cherenkov nurlanıwı tek bólekshe tezligine boylandı. Cherenkov detektorın magnit spektrometri menen birge isletip bólekshe túrinde anıqlaw múmkin. Máselen, spektrometrden  $10MeV$  energiyalı bólekshe ótip Cherenkov detektorında nurlanıw payda etse, demek bul elektronǵa tuwra keledi hám t.b.

Tezletgishlerde Cherenkov gaz sanaǵıshları isletiledi. Olardaǵı gaz basımın ózgartirip,  $n$ - sındırıw kórsetkishin ózgartiriw múmkin hám sonıń menen Cherenkov nurlanıwı payda bolıw shegarasıda ózgeredi hám sol jol menen belgili tábiyatlı bóleksheledi úyreniw múmkin. Cherenkov gaz detektorları kosmoslıq nurlardı da anıqlaw ushın isletiledi. Tek kosmoslıq nurlarınıń intensivligi tómenligi ushın olar úlken ólshemdelerde jasalıwı kerek. Cherenkov nurlanıwınıń waqtı kishiligi ushın bul hádiyseni detektorlarǵa bólekshe kelip túsken waqtın anıq ólshewde de qollanıw múmkin. Nurlanıw energiyası  $Z^2$  qa proporcional bolǵannan, bul sanaǵıshlar bólekshe zaryadın anıqlawda da isletiledi.

Endi tormozlanıw nurlanıwınıń menshikli halı bolǵan sinxron nurlanıwǵa toqtaymız. Bul nurlanıw magnit maydanında dóńgelek boylap tegis tezleniwshi qozǵalıstaǵı bólekshe tárepinen payda boladı. Sol sebebli, yaǵnıy sonday nurlanıwda energiya shashırawı elektronlardı ciklli tezletiwshi – sinxrotronlar imkaniyatına belgili shegera qoyadı. Nurlanıw elektron traektoriyasına urınba bağıtta

$$\theta \approx mc^2 / E$$

aralıqta shegaralanǵanı sebebli, baqlawshı nurlanıw jarqırawın elektron orbita boylap hár bir aylanǵanda ǵana baqlaw múmkin. Sinxron nurlanıw úzliksiz bolıp, maksimum nurlanıw

$$\nu_{MAKS} = \frac{1}{\tau} = (eB_{\perp} / mc)(E / mc^2)^2$$

jiyligi baqlanadı.

Sinxron nurlanıwdıń ayırıqsha qásiyeti onıń sızıqlı polyuslanıwı esaplanadı. Bul  $\vec{B}$  - magnit maydanında belgili bağıtlarınıń barlıǵı menen xarakterlenedi.

Ótiw nurlanıwı – zaryadlanǵan bólekshe eki ortalıq shegarasın kesip ótiwden payda boladı. Bul nurlanıw tájiriyyede baqlanǵan bolıp, onıń teoriyası V. Ginz - Burg hám I. Frank tárepinen 1946-jılı jaratılǵan. Bul nurlanıw Cherenkov nurlanıwınan ayrılıp túrli tezlikte de payda bola beredi. Kúshli nurlanıw bólekshe vakumnan ótkizgishke ótkende payda boladı. Shegaranı kesip ótiw waqtında zaryadtıń sırtqı fazadaǵı elektr maydanı joǵaladı hám nátiyjede nurlanıw payda boladı.

Ótiw nurlanıwı optikalıq hám rentgen diapazonında jaqsı baqlanadı. Bul bolsa ótiw nurlanıwına tiykarlanǵan joqarı energiyali bóleksheler detektorların jaratıw ushın tiykar boladı. Bólekshe dielektrik qatlamınan ótkende shıǵatuǵın fotonlar sanı az (100 yamasa 1000 bólekshege 1 foton sáykes keledi). Biraq 100 yamasa 1000 qatlamlı sistemada rentgen nurı ushın móldir materiallar isletilse 100% li ónimdarlıqqa erisiw múmkin. Házirde ótiw nurlanıwǵa tiykarlanǵan detektorlar járdeminde kosmoslıq nurların úyreniw jumısları alıp barılmaqta.

#### Bahalaw sorawları

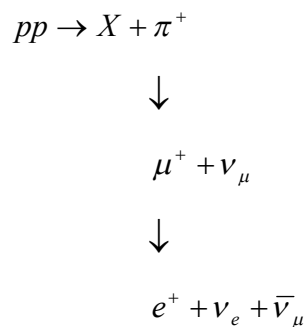
1. Elementar bólekshelerdi túsindiriniń.
2. Ózara tásirlesiwlerdi túsindiriniń.
3. Elektromagnit tásirlesiw túrlerin túsindiriniń.
4. Vavilov – Cherenkov nurlanıw payda bolıwın túsindiriniń.
5. Kosmoslıq nurları detektorların táriplep beriń.

### **6. Galaktika kosmoslıq nurları. Kosmoslıq bóleksheleri**

Biz Quyash samalı, onıń quramı hám qásiyetlerin qarap óttik. Endi Galaktikadan keletuǵın nurlarǵa toqtaymız. Galaktika kosmoslıq nurlarınıń áhmiyetli qásiyeti olardıń yadrolıq quramı da energetiklik spektr esaplanadı. Galaktikadan kelip atırǵan nurlarǵa álbette gelio ortalıqtıń táhiri boladı. Biraq geliosferadan sırtta da olar qásiyeti dereklerdegi qásiyetlerinen ayrılmaydı. Sebebi Galaktika ortalıqta da olar ortalıq bóleksheleri menen ózara tásirlesedi.

Galaktika nurları quramında hám energetikalıq spektrin úyreniw áhmiyetli modeller tiykarında birlmshi nurlar quramı hám spektrin tiklewge járdem beredi. Birlmshi nurlar energiyası  $E_0 = 0,1 \div 10^5 GeV$  bolǵan intervalda olar kosmoslıq apparatlar járdeminde úyreniledi. Energiyası  $E_0 > 10^5 GeV$  bolǵanda edi olar Jer atmosferasında keltirip shıǵarǵan ekilemshi processlerdi tiklew arqalı úyreniledi. Bunda álbette ayırım qátelikler bolıwı itimallıǵı da joq emes.

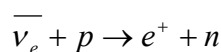
Dáslep bólekshelerdiń ionizaciya qábileti  $Z$  ǵa baylanıslıǵın kórgen edik. Sol sebebli Galaktika birlmshi nurları quramındaǵı yadrolar zaryadı belgili usıllar – fotoemulciyalıq metod, juqa sintilyatorlarda Cherenkov sanaǵıshları arqalı anıqlanadı. Olardıń energiyası bolsa elektron-foton kaskad shaması boyınsha anıqlanıwı múmkin. Galaktika kosmoslıq nurlarında elektronlar,  $p$ -protonlar,  $\bar{p}$  - antiprotonlar hám tártip nomeri  $Z < 30$  bolǵan yadrolar baqlanadı. Biraq elektronlar intensivligi basqa bólekshelerge qaraǵanda  $10^2$  márte az. Pozitronlardıń elektronlarǵa qatnası  $\frac{e^+}{e^-} = 0,08 \pm 0,02$  ekenligi anıqlanǵan. Pozitronlar bolsa yadrolar ózara tásirlesiwinen payda bolıwı múmkin, máselen



Processine uqsas boladı, bul jerde  $X$  -payda bolǵan ekilemshi bóleksheler.

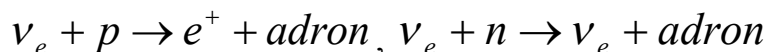
Elektronlar sinxron nurlanıw arqalı anıqlanadı. Galaktika magnit maydanında ( $B \approx 5 \cdot 10^{-6} Gs$ ) elektronlar radionurlanıw payda etedi. Sol nurlanıwlarǵa qarap juldızlar aralıq ortalıqta elektronlar aǵımın anıqlaw múmkin. Antiprotonlar 1979-jılı kosmoslıq nurları quramında tabılǵan. Bul bolsa kosmosta kúshli yadrolıq ózara tásirlesiwler júz beriwı nátiyjesinde  $p\bar{p}$ - juplıqlar payda bolıwın bildiredi. Biraq  $\bar{p}$  lar halı endi ǵana úyrenilmekte. Eger Galaktika

birlemshi kosmosliq nurlari quramında qarasAQ ol  $p, \alpha, Li, Be, \dots$  sıyaqlı yadrolardan ibarat bolıp  $Z$  asıwı menen olar intensivligi keskin azayıp ketedi. Demek, Galaktika kosmosliq nurlari tiykarında yadrolıq quramı da  $10^{-3}$  den  $10^{11}$  GeV ke shekem bolǵan energetikalıq spektri menen xarakterlener eken. Neytrino túsiniǵın 1930-jılı Pauli pánge kiritken. 1953-54-jıllar Reynes hám Kouen tárepinen



reakciyası arqalı neytrino barlıǵı dálillendi. Bul process kesimi  $\sigma_{\bar{\nu}_e} \cong 10^{-43} \text{ sm}^2$  qa teń. Házir bolsa 3 túrdegi neytrino barlıǵı kórsetilgen.

Eger

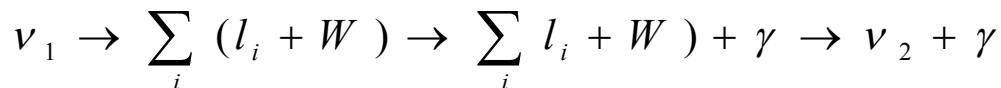


processlerdi qarasAQ, birinshisi  $W^+$  -(zaryadlanǵan tok), ekinshisi bolsa  $Z^0$  -(neytral tok) arqalı payda boladı.

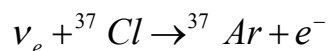
Neytrino massasın tuwrıdan-tuwrı ólshep bolmaydı. Olar massalarınıń joqarı shegeraların ǵana tájiriybede anıqlaǵan:

$$m_{\nu_e} < 18 \text{ eV} \quad m_{\nu_\mu} < 0.5 \text{ MeV} \quad m_{\nu_\tau} < 17 \text{ MeV}$$

Sol sebepli awır neytrinolarđıń jeńillerine ıdıraw itimallıǵı bar. Bunda lepton zaryadı saqlanıw nızamı buzılıwı kerek. Bul processte awır neytrino  $l_i + W$  juplılıǵına ótedi,  $l_i$  -foton shıǵarıp  $W$  menen jáne qosılıp jeńil neytrinoǵa ótedi.



Elektron neytrinonı esapqa alıw usılı B.Pontekorvo tárepinen usınılǵan hám bul usıl Devis tájiriybesinde qollanılgan. Bunda  $(E_\nu) < 6 \text{ MeV}$



reakciyası payda boladı. 35 kúnnen keyin radoaktiv argon kvant shıǵarıp jáne  ${}^{37}\text{Cl}$  ǵa aylanadı.



Baksan laboratoriyasında myuon sintilyaciyalıq teleskopi isletilgen. Bunda

$$\nu_\mu + N \rightarrow \mu + h$$

processin paydalanılğan, Bul jerde  $h$ -qanday da bir adron. Bul sintilyaciyalıq teleskop 3000 baktan ibarat bolıp, ulıwma  $(6 \times 16 \times 11) \text{ m}^3$  kólemge iye. Juldızlardağı termoyadro processlerinde neytrino payda boladı. Eger juldız antibóleksheleden dúzilgen bolsa, antineytrino payda boladı. Olardıń ortalıq penen tásirlesiwinde elektron hám pozitronlar payda boladı.

Juldız hám antijuldızdan keletuǵın nur bolsa bir-birinen parq qılmaydı, sebebi kúshli tásirlesiwge qatnaspaydı. Biraq neytrino hám antineytrino aǵımınıń hálsizligi sebepli olardı ólshew júdá qıyın.

Elektron XIX ásirde aq belgili edi. Pozitron bolsa 1932-jılı Anderson tárepinen kosmoslıq nurları quramınan tabılğan. Biraq pozitron elektron menen júdá tez annigilyaciyalanadı. (Máselen, qorgasında  $\tau \approx 5 \cdot 10^{-11}$  sekund ishinde). Elektron turaqlı bólekshe. Elektron hám pozitron soqlıǵısında (olardıń soqlıǵısıwı energiyasına qarap) annigilyaciyalanıp foton hám túrli bólekshe hám antibóleksheleler juplıǵı payda boladı:

$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma, p\bar{p}, n\bar{n}, \dots$$

Relyativistlik elektron boylama polyuslanatuǵın bolıp, massası  $m_e = 0,511 \text{ MeV}$  bolǵanlıǵı ushın polyuslanıwı 100% ke teń emes. Sol arqalı oń hám shep polyuslanǵan elektronlar bar. Pozitron da sonday qásiyetlerge iye.

Myuon Yukava tárepinen 1935-jılı yadro kúshlerin túsindiriw maqsetinde usınılğan. Yadro kúshleri  $r_0 \approx 10^{-13}$  sm aralıqta payda bolıwın inabatqa alsaq,

$m \approx \frac{\hbar}{r_0 c} \approx 300 m_e$  bolıwı boljandı. Biraq 1937-jılı Strit, Andersonlar tárepinen

Vilson kamerasında  $m \approx 200 m_e$  massalı bólekshe tabıldı hám mezon dep ataldı. Bul bólekshe Yukava pikirine sáykes yadroda nuklonlardı uslap turıwı kerek edi. Biraq bul boljaw qáte bolıp shıqtı hám keyininen yadro kúshlerin táminlewshi  $\pi$  - mezonlar tabıldı. Massası elektron massasınan shama menen 200 márte úlken

bolğan bólekshe bolsa  $\mu$  - mezon dep ataldı hám ol leptonlar klasına kiriwine qaramastan (dáslepki atalıwına sáykes) shama menen  $\mu$  - mezonlıǵınsha qalıp ketti. Kosmoslıq nurları hám tezletkishlerdegi ólshewler onıń anıq massasın tabıwǵa imkaniyat berdi.

$$m_{\mu} = (206,76 \pm 0,02)m_e, \quad m_{\mu}c^2 = 105,65MeV.$$

$\mu$  -mezon tómendegi ıdıraw kanallarına iye

$$\mu^{-} \rightarrow e^{-} + \bar{\nu}_e + \nu_{\mu},$$

$$\mu^{+} \rightarrow e^{+} + \nu_e + \bar{\nu}_{\mu}.$$

Onnan basqa  $\mu$  -mezonlar yadro menen tásirlesip mezaatomlar payda etiwı múmkin. Yaǵnıy atomdaǵı elektron ornına  $\mu$  -mezon jaylasıwı múmkin. Bunda  $\mu$  - mezon orbitası elektron orbitasına qaraǵanda 200 márte kishi bolıwı kerek. Házirgi mezaatomlardıń barlıǵı tek teoriyalıq modelleri shegerasında qaralmaqta.  $\mu$  - mezonlar  $\tau_{\mu} \approx 2,1994 \cdot 10^{-6} s$  dawamında ıdıraydı. Kosmoslıq nurlarıda  $\mu$  - mezonlar tiykarınan  $\pi$  - hám  $K$  - mezonlar ıdırawınan

$$\pi \rightarrow \mu + \nu_{\mu}, \quad K \rightarrow \mu + \nu_{\mu}$$

hám bir bólimi  $\rho^0, J/\psi$  bóleksheler ıdırawınan payda boladı.  $\tau$  - leptonlar 1974-jılı Stanford tezletgishinde tabılǵan:

$$e^{+} + e^{-} \rightarrow \tau^{-} + \tau^{+}$$

$$\downarrow \quad \downarrow$$

$$\mu^{-} + \bar{\nu}_{\mu} + \nu_{\tau} \quad \mu^{+} + \nu_{\mu} + \bar{\nu}_{\tau}$$

$$e^{-} + \bar{\nu}_e + \nu_{\tau} \quad e^{+} + \nu_e + \bar{\nu}_{\tau}$$

Tau – leptonnıń massası hám jasaw waqtı tómende keltirilgen:

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

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



Bunnan basqa  $\tau$  - lepton adron ıdırawı kanallarına iye

$$\tau \rightarrow \pi \nu_{\tau}, K \nu_{\tau}$$

hám tağı basqa. Biraq kosmoslıq nurlarında taonlar baqlanbağan. Endi kosmoslıq nurlarındağı adronlarđa kelsek, 1947-jılı Yukava tárepinen boljanđan  $\pi$ -mezon fotoemulciyada tabıldı.

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

Sál keyinirek  $\pi^0$  - mezon da

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

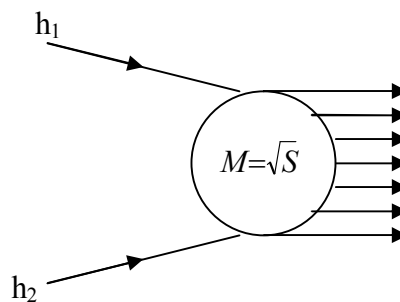
kosmoslıq nurları quramınan tabıldı. Keyninen kosmoslıq nurlarında adronlarđa tiyisli júdá kóp bóleksheler tabılıp, olardıń xarakteristikaları úyrenildi. Bul bóleksheler xarakteristikalarına toqtamastan sonı aytiw kerek, kosmoslıq nurlarında kúshli tásirlesiwshi bóleksheler esabınan bólekshelerdiń kóp muğdarındağı tuwılıwları payda boladı.

Tásirlesiw nátiyjesinde payda bolđan bóleksheler sanı –  $N$  hádisse ónimliliđi (muğdarlılığı) dep ataladı. Bólekshelerdiń bunday kóp muğdarda payda bolıwına elektron - yadro jalası dep ataladı. Bul túsiniq burınnan sonday atalđan bolıp, onda elektron ekilemshi zat boladı hám processtiń tiykarđı sebebi yadro – yadro ózara tásirlesiw esaplanadı, máselen  $p$ -proton hám  $A$ -adron soqlığısıwı:

$$\begin{array}{c} \gamma \rightarrow e^+ + e^- \\ \uparrow \\ p + A \rightarrow X_h + \pi^0 \\ \downarrow \\ \gamma \rightarrow e^+ + e^- \end{array}$$

Bul jerde  $X_h$  - payda bolđan hámme adronlar. Hádiyse (muğdarlılığı) ónimdarlıđı soqlığısıp atırđan bóleksheler tábiyatına onsha baylanıslı bolmaydı hám tiykarınan soqlığısıwshi bóleksheler impulslarına baylanıslı.

Bólekshelerdiń kóp muǵdardaǵı payda bolıwı bir neshe modeller arqalı túsindiriledi. Solardan biri statistikalıq model esaplanadı. Bul modelge sáykes 2 adron soqlıǵısında bir ulıwma sistemanı payda etedi(4-suwret). Olardıń energiyası sistemanı qızdıradı hám kólemi turaqlı jaǵdaydı payda etedi.



4-suwret.

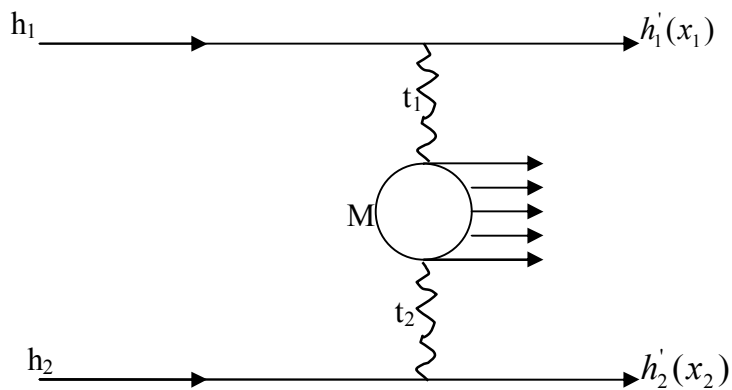
Keyin ıdıraw payda boladı hám bunda process ónimdarlıǵı

$$n = \frac{E^*}{kT} \approx (E^*)^{\frac{1}{2}}$$

túrinde anıqlanadı, bul jerde  $E^*$  - sistema energiyası,  $T$  - temperaturası. Eki bólekshe soqlıǵısında bóleksheler óz individualıǵın saqlap qalıwı hám olardan payda bolǵan kvantlar soqlıǵısıwı payda bolǵan qızǵan sistema yaǵnıy  $n$  bólekshege ıdırap ketiwı múmkin. Bul jaǵday fayrbol (fireball –otlı shar) modeli arqalı túsindiriledi. Bul halda payda bolǵan sistema massası

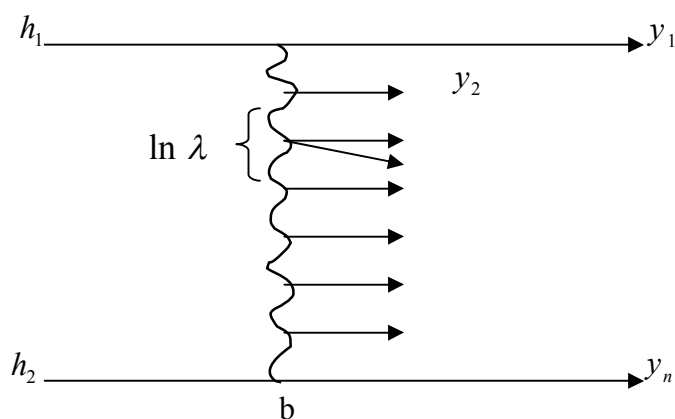
$$M = S(1 - x_1)(1 - x_2)$$

sıyaqlı anıqlanadı.



5-suwret

Bul jerde  $x_1$  - hám  $x_2$  -  $h_1, h_2$  - adronlar ózinde saqlap qalǵan impulsar muǵdarı (5-suwret). Endi solay oylawımız múmkin, eki bólekshe soqlıǵısqa yadro maydan kvantları soqlıǵısıwları shıńırında kóp muǵdardaǵı bóleksheler payda bolıwı múmkin. Bunday pikirge tiykarlangan model multiperiferiya modeli dep ataladı (6-suwret).



6-suwret.

Bunnan basqa, bólekshelerdiń kóp muǵdardaǵı payda bolıwın túsindiriwge qaratılǵan parton hám kvark modelleri bar. Feynman tárepinen usınılǵan parton (part – bólim) modeline sákes adronlar partonlardan (házirgi waqıtta – kvarklardan) dúzilgen hám olar ózara tásirleskende sol partonlar arqalı tásirlesedi. Bunday toshkaliq bóleksheler ózara tásirlesiw kesimi

$$\sigma = \pi \cdot \lambda^2 \approx (\lambda - \text{parton} \cdot \text{to'lqin} \cdot \text{uzunligi}) \approx \pi (\hbar / p)^2$$

( $p$ -parton impulsı) sıyaqlı kórsetiledi.

Ápiwayı jaǵdayda yadro energiyası tıǵızlıǵı

$$\rho_{\beta} \approx 0,5 \text{ GeV} / \phi m^3$$

ǵa teń. Bul shárayatta yadro nuklonlardan dúzilgen boladı. Eger bul yadro zatın qandayda jol menen qıssaq kvarklar arasındaqı aralıq  $1 \text{ fm}$  den dım kishi bolǵanda kvark-glyuon plazma shárayatına ótedi. Bunday shárayatta kvark-glyuon plazma derlik ózara tásirlespeytuǵın kvarklar hám glyuonlar gazinen ibarat boladı. Biraq házirgi waqıtta bul modeller bólekshelerdiń kóp muǵdardaqı payda bolıwın tolıq túsindirip bere almaydı.

#### Bahalaw sorawları

1. Galaktika kosmoslıq nurları qásiyetlerin túsindiririń.
2. Kosmoslıq bólekshelerin túsindirip beriń.
3. Hádiyse ónimdarlıǵı degende neni túsinesiz?
4. Fayrbol, multiperiferiya hám parton modellerin túsindiririń.

## 7. Kosmosliq nurlardıń kelip shıǵıwı hám tezleniw mexanizmleri

Kosmosliq nurları úyrenile baslaǵaninan beri bul nurlardıń derekleri, tezleniw hám Jerge jetip keliw mexanizmleri sıyaqlı máseleler bar bolǵan. Házirgi waqıtta da bul sorawlarǵa tolıq juwap alınǵan joq, yaǵnıy kosmosliq nurları payda bolıwı teoriyasına iye emespiz. Biraq keleshekte jaralıwı kerek bolǵan teoriya házirge shekem tabılǵanları tómendegiler

1. Kosmosliq nurları energiyası tıǵızlıǵı
2. Kosmosliq nurları intensivliginiń derlik turaqlılıǵı
3. Kosmosliq nurlanıwınıń anizotropiyası

$$(E < 10^4 GeV \text{ bolǵanda } \delta \leq 10^{-3}, E < 10^4 GeV \text{ ke olay bolsa} \\ \delta \approx 0,2 \div 0,25)$$

4. Kosmosliq nurlarınıń quramı
5. Energiya spektirin tájiriyye nátiyjeleri túsindirip beriwı kerek.

Házirde kosmosliq nurları kelip shıǵıwınıń Galaktikalıq hám Metagalaktikalıq modellari bar.

Galaktikalıq modelge sáykes kosmosliq nurları Galaktikamızda (sonnan basqada galaktikalarda da) payda bolıp, onıń magnit maydanı járdeminde uslap turıladı. Galaktikalar aralıq ortalıq bolsa kosmosliq nurları tıǵızlıǵı galaktikalardaǵıdan bir qansha az. Endi sol modelge sáykes, kosmosliq nurlarınıń tolıq energiyası

$$W_k = \omega_k \cdot V_G \approx 10^{56} \text{ erg}$$

ǵa teń boladı. Eger bul shamanı kosmosliq nurları jasaw waqtı  $T_k$  ǵa bólsek

$$P_k = \omega_k / T_k^{maks} \approx 10^{56} \text{ erg} / 10^{16} \text{ s} = 10^{40} \text{ ýđã} / \text{s}$$

kosmosliq nurları derekleriniń quwatın tabamız. Quyash quwatınıń kosmosliq nurlarına sarplanatuǵın bólimi  $10^{23} \text{ erg} / \text{s}$  qa teńliginen de Galaktikamızda  $10^{11}$  juldız barlıǵın itibarǵa alsaq,

$$P'_k \approx 10^{34} \text{ erg / s } \text{ qa teń boladı.}$$

Bul muǵdar kerekli quwattan million ese úlken. Sol sebebli, kosmoslıq nurlarınıń deregi dep juldızlardı ayta almaymız. Basqa tárepten antikorrelyaciya, Quyashtıń ximiyalıq quramı menen kosmoslıq nurları quramı arasındaqı ayırma da sol pikirdi tastıyıqlaydı. Sol sebebli de kosmoslıq nurları dereklerin galaktikalardaǵı ǵayrı-tábiǵiy obyektler arasınan izlew kerek. Jańa tuwılǵan juldızlarda elektronlardıń sinxron radionurlanıwı nátiyjesinde júdá úlken quwat,  $\approx 10^{38} \text{ erg / s}$  energiya tarqaladı. Bul fakt V.Ginzburg teoriyasınan kosmoslıq nurlarınıń deregi júdá jańa juldızlar degen pikirge alıp keledi. Kosmoslıq nurlarınıń túrli galaktikalarda júdá jańa juldızlarıdaǵı ortasha quwatı shama menen  $\approx 10^{49} \text{ erg / s}$  ǵa teń. Endi Galaktikamızda júdá jańa juldız hár 100 jılda 1 – 2 márte payda bolıwın inabatqa alsaq, olardıń quwatı

$$P_{ya} = \omega_{ya} / T_{ya} \approx 10^{40} \text{ erg / s } \text{ ǵa teń boladı.}$$

Demek, Galaktikadaǵı eń jańa juldızlar quwatı kosmoslıq nurları intensivligin turaqlı ustap turıwǵa jetedi. Metagalaktiklıq modelge sáykes kosmoslıq nurları bultı metagalaktikani toltırıp turadı hám kosmoslıq nurları deregi bolıp radiogalaktikalar hám kvazarlar xızmet etedi. Endi sol modelge tiykarlanıp Metagalaktikaniń Jerge kosmoslıq nurları sol waqıtqa shekem jetip keliwi múmkin bóliwın qaraymız. Bul aralıq

$$R_{\text{I} \dot{\text{A}} \dot{\text{E}} \text{S}} \approx 10^8 \text{ yıl} \approx 10^{26} \text{ sm } \text{ ǵa teń.}$$

Metagalaktikaniń bul bóliminde  $10^4$  galaktika bolıp, solardan bir neshe onlaǵanı radiogalaktikalar esaplanadı. Eger kosmoslıq nurları deregi quwatı Galaktikamız quwatına teń dep esaplasaq, yaǵnıy

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

desek

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

Bul jerde,  $T_M = 10^{10}$  jıl – Metagalaktika jası,  $N_G \approx 10^4$  - galaktikalar sanı. Ol halda energiya tıǵızlıǵı

$$\omega_M \approx W_M / V_M = 3W_M / 4\pi \cdot R_{\text{LAEs}}^2 \approx 10^{-17} \text{ erg} / \text{sm}^3 \text{ ǵa teń boladı.}$$

Bul shama Galaktikamızdaǵı kosmoslıq nurları energiyası tıǵızlıǵınan kóp kishi. Sol sebepli, házirgi waqıtta júdá joqarı energiyalı bólekshelerden basqa kosmoslıq nurları deregi dep eń jańa juldızlar qaralmaqta. Júdá joqarı energiyalı bóleksheler bolsa metagalaktikadaǵı radiogalaktikalarda payda bolıwı ayılmaqta. Kosmoslıq nurları anizotropiyası bolsa Virgo galaktikalar toplamında júdá joqarı energiyalı bóleksheler barlıǵı menen túsindireledi. Bólekshelerdiń júdá joqarı energiyalarǵa shekem tezleniwı mexanizmleri usı kúnge deyin belgisiz. Biraq  $10^{10}$  Gev ten joqarı energiyaǵa iye bolǵan bóleksheler Galaktikamız magnit maydanında uslanıp qalmastan erkin ótip ketedi.

#### Bahalaw sorawları

1. Kosmoslıq nurları Galaktikalıq modelin túsindirıń.
2. Metagalaktikalıq modeldi kórsetiń.

### **8. Kosmoslıq nurlarınıń planetalar menen ózara tásirlesiwı.**

#### **Jerdiń magnitlik sferası**

Aldıńǵı betlerde Jerdiń magnit maydanı, kúsh sızıqları sıyaqlı túsiniqlerdi qarastırǵan edik. Planeta joldasları járdeminde ótkizilgen tájiriybelerde kosmoslıqlıq nurları intensivliginiń biyiklik artıwı menen artatuǵınlıǵı kórsetilgen. Kún joldaslarına ornatılǵan Geyger – Myuller esaplaǵıshları toyınıw jaǵdayına jetip, isten shıqqanı belgili boldı. Biyikliktegi nurlanıw intensivligi Jer betindegi intensivlikten million márte joqarı bolatuǵınlıǵı anıqlandı. 1957-jılı fazaǵa shıǵarılǵan kún joldası 225–700km biyiklikte ushıp kosmoslıq nurları intensivligi tuwralı maǵlıwmat bergen edi. Polyus zonalarında da intensivlik júdá asıp ketkenligi sezilgen. Biraq bul waqıtta Jer betinde kosmoslıq nurları intensivligi ózgermegenligi sezilgen. Intensivliktiń bálentlik penen asıwı polyus zonalarında

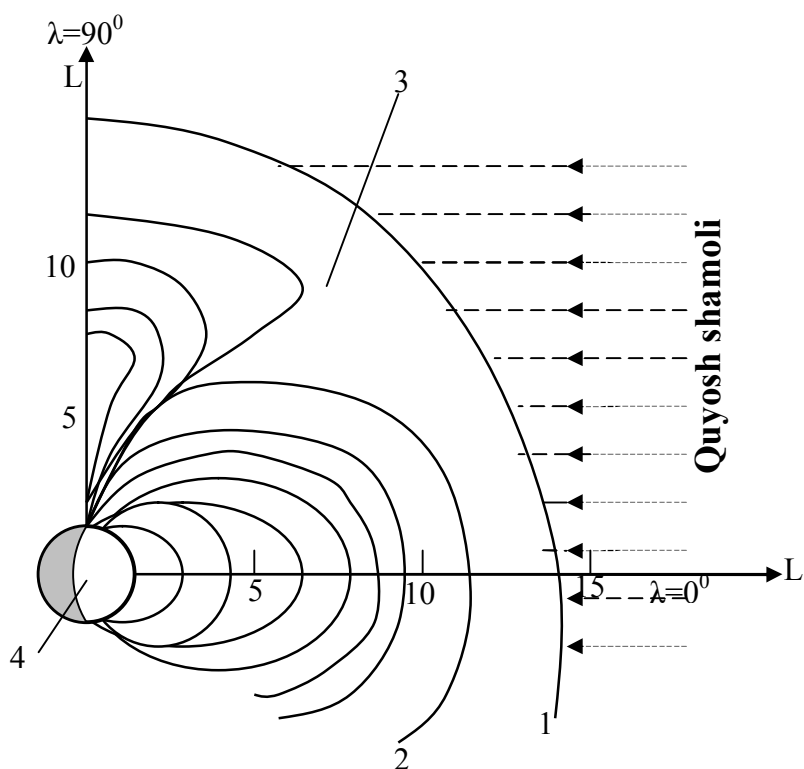
500km den sezilerli bolsa, ekvator jaqınında bolsa 1300km bálentlikte seziledi. Bul hádiyse kosmoslıq nurları Jerdiń magnit maydanında uslap qalınadı degen pikir tastıyıqlandı. Sebebi bunday bálendliklerde hawa tıǵızlıǵı júdá az hám bólekshelerdiń zaryadlanǵanlıǵın esapqa alsaq sonday bolıwı haqıyqatqa jaqın boladı. Jer magnit maydanında bólekshelerdiń bunday konsentraciyasına jerdiń radiaciyalıq jolaǵı delinedi. Ondaǵı nurlanıwǵa Jerdiń korpuskulyarlıq nurlanıwı delinedi. Zaryadlanǵan bólekshelerdiń jer magnit maydanı tárepinen uslap qalınıwı Shtermer tárepinen birinshi márte teoriyalıq analiz nátiyjesinde ayılǵan edi. Kúnniń joldasları menen bolǵan tájiriyeberge deyin bul másele analiz qılınbadı. Biraq házirde bul hádiyse basqa planetalar ushın da tiyisli bolıp, buǵan Yupiter hám Merkuriy planetaları radiaciya jolaqlarınıń baqlanıwı mısıl boladı.

Jerdiń magnit maydanı ideal dipol maydanı sıyaqlı bolmaydı. Jerden  $5R_j$  aralıqqa shekem dipol maydanına jaqın, yaǵnıy  $\vec{B} = \vec{M} / R^3$  day boladı. ( $\vec{M}$  - jerdiń dipol magnit momenti). Jerden jánede uzaqlasqan sayın bul maydan azayıp, júdá úlken aralıqlarda áste – áste planetalar aralıq maydan menen birigip ketiwi kerek. Biraq bunday bolmaydı hám belgili aralıqta Jer magnit maydanı birden úziliske iye boladı. Kúnniń joldasları járdemindegi tekseriwlerde Jerdiń kúndiz waqtında  $10R_j$  aralıqta Jerdiń turaqlı magnit maydanı birden azayıp, úziliske iye bolǵanı anıqlanǵan. Jerdiń magnit maydanı hám onıń kúsh sızıqları baǵıtı turaqlı saqlanıp turatuǵın bólimine magnitosfera dep ataladı. Magnitosfera shegarası bolsa magnitopauza dep ataladı. Magnitopauza Quyash samalı tásirinde payda boladı. Quyash samalı bóleksheleri jer magnit maydanı tásirinde arqa hám qubla tárepke awısadı. Elektronlar arqaǵa, teris zaryadlanǵan bóleksheler bolsa qublaǵa aǵıp, jerdi aylanıp ótiwshi  $J$ - tok payda etedi. Bul toktıń magnit maydanı magnitosferanı Quyash samalı menen tolǵan fazadan ajratıp turadı.  $J$ - tok shamalı polyusten qaraǵanda saat baǵıtına tegis baǵıtlanǵan bolıp, jerdiń magnit maydanı  $\vec{B}$  menen  $[\vec{J} \times \vec{B}]$  kúshti payda qıladı. Bul kúsh bolsa Quyash samalı basım kúshine qarsı baǵıtlanǵın bolıp, onı teńsalmaqlıq jaǵdayına alıp keledi. Sol sebepli jerdiń kúndizgi tárepinde magnit maydan qısılǵan, onıń kernewligi artadı, keshki



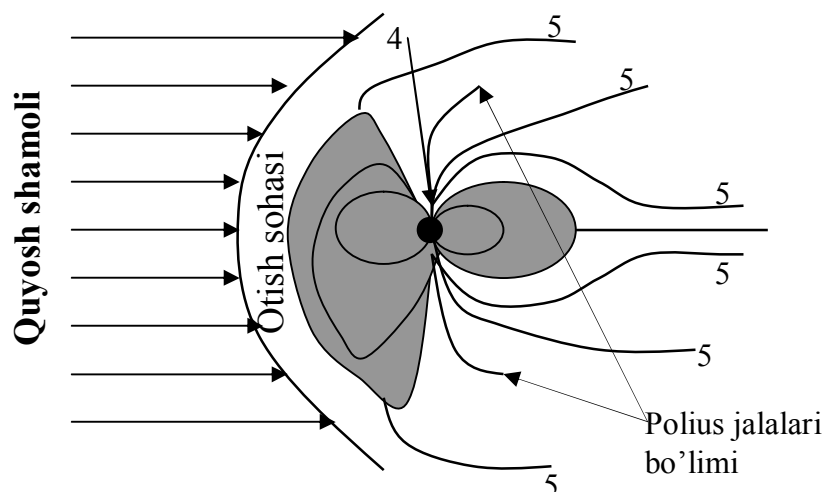
tárepinde bolsa magnitosfera sozılǵan, maydan hálsiregen boladı. Sol sebepli, kúndizgi tárepinde bólekshelerdi uslap qalıw bólimi magnitosfera shegarasına shekem sozılǵan, keshki tárepinen bolsa bul bólimi magnitosferanıń tek bir bólimin ǵana quraydı.

Joqarı keńisliklerde Jer betinen shıqqan kúsh sızıqları Quyash samalı menen birge fazada júdá uzaq aralıqlarǵa shekem sozıladı. Bunday shleyf Jer betinen  $3 \cdot 10^3 R_J$  aralıqlarda bayqalǵan. Quyash samalı bóleksheleri magnitosfera menen soqlıǵısıp tolqın frontın payda qıladı. Bul tolqın front magnitopauzadan bir – neshshe  $R_J$  aralıqta jaylasadı. Magnitopauza hám tolqın frontı arasındaǵı faza kúshli qızǵan plazma menen tolǵan boladı. Magnitosferanıń kúndizgi tárepindegi qızılǵan kúsh sızıqları menen keshki tárepindegi Quyash samalı tásirinde sozılǵan kúsh sızıqları arasında nol sızıq payda bolıp, bul sızıq boylap Quyash samalı bóleksheleri Jerdiń polyus zonalarına qarsılıqsız kirip keledi. Tekseriwler sonı kórsetedi, radiaciyalıq jolaq yadrolıq komponentasınıń 99% in protonlar, qalǵanı deytron hám tritonlardan turadı. Deytron hám tritonlar protonlardıń atmosferadaǵı yadrolıq óz-ara tásirinen payda boladı degen qararlar bar. Radiaciyalıq belbewdegi elektronlar bolsa neytronıń hálsiz bóliniwi esabınan dep qaralǵan. Biraq joqarı



energiyalı ( $E_e > 780keV$ )

7.suwret. Meridional kesimi



7-suwret. Meridional kesimi. 1 – tolqin fronti, 2 – magnitopauza, 3 - nol sızıq, 4 – Jer, 5 - Jer magnit maydanı sızıqları.

Elektronlardıń barlıǵı olardıń basqa derekleri de tezleniw mexanizmleri barlıǵın bildiredi. Jerdiń radiaciyalıq belbewi ózgerip turadı. Sırtqı radiaciyalıq belbewdiń variaciyası Quyash aktivligi hám Quyash samalı intensivligi menen baylanıslı. Sonıń menen bul variaciya bálentlik ózgeriwi menen sezilerli ózgeredi. Biraq ishki radiaciyalıq belbew turaqlı bolıp, sırtqı belbew sıyaqlı kúshli terbelislerge iye emes. Magnit boranları waqtında da radiaciyalıq belbewlerde kúshli ózgerisler baqlanadı. Bunda magnitosfera deformatsiyalanadı hám radiaciyalıq belbew qısıladı. Magnit boranı tawsılǵannan keyin bul ózgerisler jáne tiklenedi.

#### Bahalaw sorawları

1. Jerdiń radiaciyalıq poyası degende neni túsinesiz?
2. Jerdiń korpuskulyar nurlanıwın túsintiriń.
3. Jer magnitosferasını túsintiriń.
4. Magnitopauzanı túsintiriń.
5. Magnitosferanıń nol sızıǵın túsintiriń.

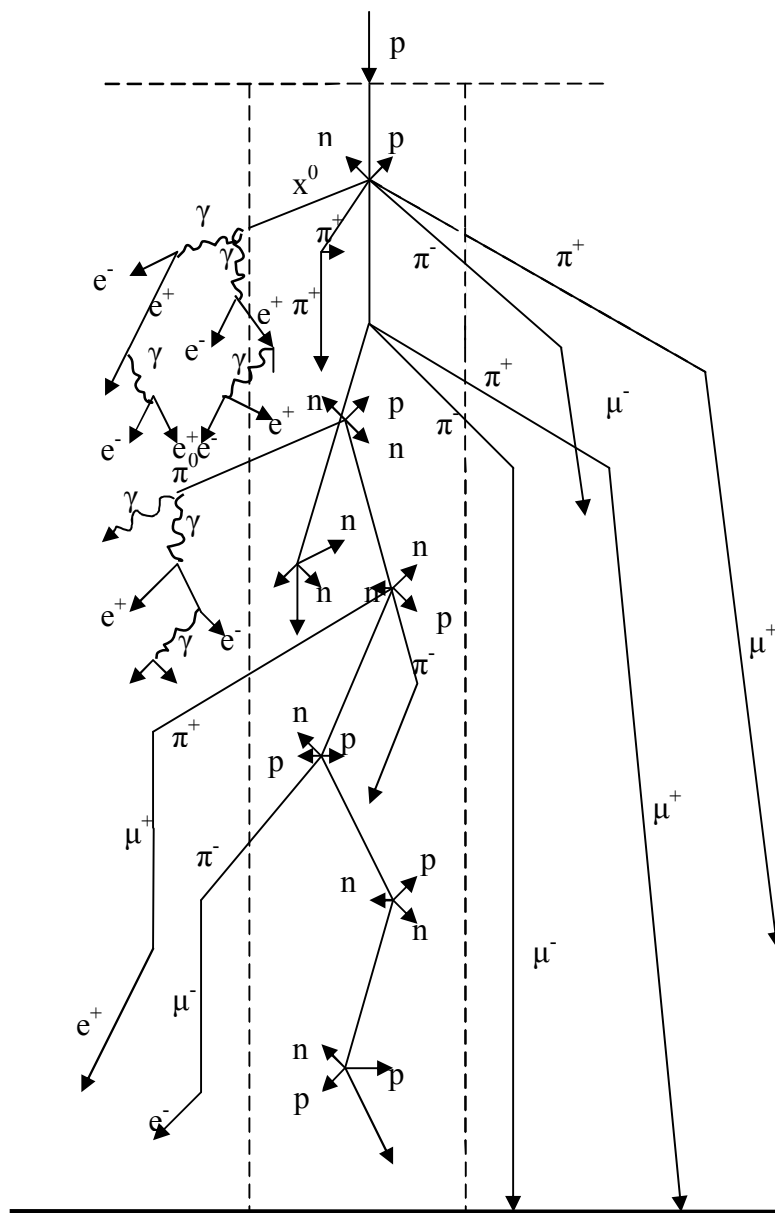
## 9. Kosmoslıq nurlarınıń atmosfera arqalı ótiwi.

### Keń atmosfera jalaları

Jer hám basqada planetalar atmosferası kosmoslıq nurları ushın úlken tosıq esaplanadı. Atmosferada birlemshi kosmoslıq nurlarınıń atmosfera elementleri menen ózara tásirlesiwı nátiyjesinde payda bólğan bólekshelerge ekilemshi kosmoslıq nurları (ekilemshi bóleksheler) dep ataladı. Ekilemshi bóleksheler bolsa atmosfera qásiyetleri, onıń keńligi, tıǵızlıǵı hám xiymiyalıq quramına baylanıslı. Jer atmosferası tiykarınan 3 túrli gazdan quralǵan. *N* - azot 78,1% ti, *O* - kislorod 21% ti quraydı hám qalǵan bólimi bolsa uglerod oksidinen ibarat. Teńiz betinde hawa tıǵızlıǵı  $0,0012 \frac{g}{sm^2}$ , teńiz betinde atmosfera shegerasına shekemgi bolǵan hawa ústindegi zat muǵdarı bolsa  $1030 \frac{g}{sm^2}$  ge teń. Eger kosmoslıq nurları dereginen tap Jerge jetip kelgenshe  $5 \frac{g}{sm^2}$  zat arqalı ótiwin esapqa alsaq, atmosfera kosmoslıq nurları qásiyeti sezilerli ózgertiriwin biliw múmkin.

Jer atmosferanıń belgili turaqlı shegarası anıq emes. Hawa tıǵızlıǵı bálendliktiń artıwı menen áste – áste azayıp planetalar aralıq gaz tıǵızlıǵına teńlesedi. Bunda álbette onıń xiymiyalıq quramıda ózgeredi.

Ekilemshi bóleksheler payda bolıwı procesi shınjırı adronniń (proton yamasa yadro) atmosferadaǵı gaz elementleri yadrosı menen soqlıǵısıwdan payda boladı. Joqarı energiyali bóleksheler bunday soqlıǵısıwda ayırım bólekshe birlemshi bólekshe impulsiniń tiykarǵı bólimin ózinde saqlap qalıwı baqlanadı. Bunday bólekshege **lider**(baslawshi) bólekshe dep ataladı(8-suwret). Bul bólekshe atmosfera yadroları menen de jańadan tásirlesedi. Atmosferada izbe-iz sonday lider bólekshelerdiń yadrolar menen tásirlesiwı bir - neshe márte payda bola beredi. Bul processke yadro - kaskad process dep ataladı. Bul process 1949-jılı Pamirda islegen izertlewshiler tárepinen ashılǵan.



8-suwret.

Birlemshi bóleksheler energiyası  $E = 10 \div 10^4 GeV$  bolǵanda ekilemshi bóleksheler atmosferada bir – neshshe on mın kvadrat metr maydanǵa shashılǵan boladı. Sol sebebli ekilemshi kosmoslıq nurlarınıń hár bir komponentası óz aldına úyreniledi.

Joqarı  $E \geq 10^5 GeV$  energiyalarda bolsa yadro kaskadlarında bir neshe on mınnan milliardqa shekem bóleksheler payda boladı. Bul hádiyse keń **atmosfera jalaları** dep ataladı.

Keń atmosfera jalaların olar intensivliginiń júdá azlıǵı sebebli tuwrıdan tuwrı úyrenip bolmaydı. Máselen, 1 jıl dawamında  $1m^2$  betke hámme bolıp bir

neshe on bólekshe sáykes keledi. Biraq, bul processte elektron - foton kaskad payda bolıwı ólshew jumısların jeńillestiredi. Bul kaskad ólshemi  $100m$  ge shekem bolıp, ólshewshi detektor onı sezbeydi. Úskeneniń beti úlken, yaǵnıy  $S = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot 100^2 = 3 \cdot 10^4 m^2$  bolıwı onıń sezgirliǵın jeterli dárejege kótereddi. Sol sebepli, elektron - foton kaskadları arqalı keń atmosfera jalaların úyreniw  $E \geq 10^5 GeV$  energiyalı birlemshi bólekshe tuwralı maǵlıwmat alıwǵa múmkinshilik beredi. Keń atmosfera jalaların úyreniw tómendegi máselelerdi sheshiwge qaratıladı:

1. Keń atmosfera jalalarınıń qásiyetlerin úyreniw.
2.  $10^{15} eV$  ten joqarı energiyaǵa iye bolǵan bólekshelerdiń óz-ara tásirlesiwini úyreniw.
3. Astrofizikalıq máselelerdi úyreniw.

Keń atmosfera jalalarınıń qásiyetlerin úyreniw qalǵan eki máseleniń sheshiliwine járdem beredi. Bul jalalar joqarı energiyalı bólekshelerdiń yadrolar menen bolatuǵın tásiiri tuwrasında jeterli maǵlıwmat bere aladı. Jalalar quramındaǵı elektron hám fotonlar tez kóbeyiw qásiyetine iye. Sol sebepli, jala orayı bólimindegi  $95 \div 98\%$ , oraydan  $200 \div 250m$  aralıqtaǵı  $80\%$  bóleksheler olardan payda boladı.

Keń atmosfera jalaları astrofizika ushında áhmiyetli esaplanadı. Olardı úyreniw arqalı birlemshi nurda  $E \geq 10^{10} GeV$  energiyalı bóleksheler barlıǵı, hámde kosmoslıq nurları anizotropiyası barlıǵı baqlanǵan. Keń atmosfera jalalarınıń uzınlıq ólshemi  $10 \div 20km$ , eniniń ólshemi bolsa  $100m$  bolıwı baqlanǵan Bulnda jala eniniń ólshemi kulon shashırawı esabınan payda boladı.

Keń atmosfera jalaları elektron-foton, adron, myuon komponentalardan basqa Cherenkov - Vavilov hámde radionurlanıw komponentalarına da iye.

1953-jılı ingliz alımları Galbrayt hám Jelli keń atmosfera jalalarında Jaqtılıq shaǵarıwın bayqan. Sol jılı qubla Pamirde A.Chudakov basshılıǵında keń atmosfera jalalarındaǵı Cherenkov nurlanıwı úyrenildi. Cherenkov - Vailov nurlanıwı teoriyasında hawanıń sındırıw kórsetkishi belgili atmosfera basımda

$n = 1,00029$  болып, бóлекше тезлиги  $\mathcal{B} > \frac{c}{n}$  болғанда нurlanıw payda болıwı керек. Esaplawlar нurlanıw payda болатуѓın энергиya электронлар ushın  $21MeV$ , myuonлар ushın  $4,3GeV$ , pionлар ushın  $6GeV$  болıwın kórsetedi. Radionurlanıw Cherenkov нurlanıwına qaraѓanda az энергиyaѓa iye болıp, ol jala waqtında belgili jiyilikli shawqımlar payda болıwına alıp keledi.

Keń atmosfera jalasına sebep болѓan biremshi бóлекше энергиyası jaladaѓı hámme komponentalar energiyları jıyındısı sıyaqlı tabıladı.

#### Bahalaw sorawları

1. Kosmoslıq нurlardıń atmosfera menen ózara tásirlesiwın túsindirıń.
2. Yadro - kaskad processin túsindirıń.
3. Keń atmosfera jalaların túsindirıń.

## **Paydalangan ádebiyatlar**

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. Гинзбург В. Астрофизика космических лучей. М.: Наука, 1984.
5. Лонгрей М. Астрофизика высоких энергий. М.: Мир, 1984.
6. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
7. M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
8. Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.
9. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
10. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
11. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
12. Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.
13. A.Jumamuratov.M.A.Jumamuratov. Atom yadrosı hám elementar bóleksheler fizikası. Tashkent-2016.

## **Интернет ресурслари**

1. [http://hea.iki.rssi.ru/HEAD\\_RUS/links\\_k.htm](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/](https://nuclphys.sinp.msu.ru/)

## Mazmunı

Kirisıw.....	3
1. Álemniń dúzilisi.....	4
2. Kosmoslıq nurları xarakteristikaları.....	7
3. Quyash samalı hám planetalar aralıq ortalıq. Quyashtıń kosmoslıq nurları.....	8
4. Kosmoslıq nurları fizikasınıń tiykarǵı túsinikleri.....	12
5. Bólekshelerdiń ózara tásirlesiwı.....	16
6. Galaktika kosmoslıq nurları. Kosmoslıq bóleksheleri .....	20
7. Kosmoslıq nurları kelip shıǵıwı hám tezleniw mexanizmleri .....	25
8. Kosmoslıq nurlarınıń planetalar menen ózara tásirlesiwı. Jer magnitosferası.....	26
9. Kosmoslıq nurlarınıń atmosfera arqalı ótiwi. Keń atmosfera jalaları.....	29
Paydalangan ádebiyatlar.....	47
Mazmunı.....	48