

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ**

Əlyazması hüququnda

NURİDƏ YAŞAR QIZI ƏKBƏROVA

**XARİCİ MAQNİT SAHƏSİNDƏ NEYTRİNO VƏ
ANTİNEYTRİNOLARIN YÜKLÜ LEPTON VƏ
ANTİLEPTONLARA ANNİHİLİYASISI**

2212.01 – Nəzəri fizika

Fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ – 2016

Dissertasiya işi Naxçıvan Dövlət Universitetinin Ümumi və nəzəri fizika kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: AMEA-nın müxbir üzvü, f.r.e.d.,
professor **V. A. HÜSEYNOV**

Opponentlər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor **T. M. ƏLİYEV**
Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor **R. Q. CƏFƏROV**

Aparıcı təşkilat: AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutu
“Nizamsız Bərk Cisimlərin Radiasiya Fizikası”
laboratoriyası

Dissertasiyanın müdafiəsi ..21/04..... 2016-cı il saat ___-da Bakı Dövlət Universiteti nəzdində yaradılmış D 02.012 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ 1148, Bakı şəhəri, Z. Xəlilov küçəsi 23, Əsas bina

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin Elmi Kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “ _____ ” _____ 2016-cı il tarixdə göndərilib.

**D.02.012 Dissertasiya Şurasının
Elmi katibi**

f.-r.e.n, dos. M.R.Rəcəbov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Müasir elementar zərrəciklər fizikasının mühüm problemlərindən biri yüksək enerjili elementar zərrəciklərin qarşılıqlı təsirinə güclü xarici sahələrdə tədqiq olunmasıdır. Olduqca güclü xarici sahələrə astrofiziki obyektlərdə rast gəlinir. Neytron ulduzlarının maqnitoferasında olduqca güclü maqnit sahələri mövcuddur. Belə ki, həmin obyektlərdə mövcud olan güclü maqnit sahələrinin intensivliklərinin qiyməti Şvinger sahə intensivliyi tərtibində və hətta ondan böyük ola bilər: $H \geq H_0 = m_e^2 c^3 / e\hbar = 4,41 \times 10^{13} Qs$. $H \sim 10^{15} Qs$ intensivlikli maqnit sahələrinə maqnitlar adlanan anomal rentgen pulsarlarında və yumşaq qamma şüaların təkrarlayıcılarında rast gəlinir. İfratəni ulduzların partlayışı zamanı isə $H \sim 10^{15} Qs - 10^{17} Qs$ tərtibli maqnit sahələri yaranır. Nisbətən kiçik intensivlikli maqnit sahələri ($H \sim 10^9 Qs$) ağ cırtıdan ulduzlarda müşahidə olunur. Yerdə laboratoriya şəraitində alınan maqnit sahələrinin intensivlikləri $H \sim 10^7 - 10^8 Qs$ tərtibinə yaxındır. Nisbətən zəif maqnit sahələri ($H \sim 10^4 Qs$) sürətləndiricilərdə (məsələn, Böyük Adron Kollayderinin ATLAS qurğusunda) və müasir maqnit rezonans tomoqraf aparatlarında tətbiq olunur. Güclü elektrik sahələrinə bir sıra kristallarda (ocümlədən monokristallarda) rast gəlinir. Məsələn, germanium monokristalı $E \leq 10^{14} V/m$ intensivlikli güclü daxili elektrik sahəsinə malikdir. Neytrino və antineytrinonun iştirakı ilə gedən lepton elektrozəif qarşılıqlı təsir prosesləri sırasında neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və yüklü antileptonlara annihilyasiyası prosesləri ($\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$, $\nu_L + \tilde{\nu}_l \rightarrow l^- + l^+$) xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Burada ν_i və ν_L neytrinoların üç növünü (ν_e, ν_μ, ν_τ), $\tilde{\nu}_i$ və $\tilde{\nu}_l$ antineytrinoların üç növünü ($\tilde{\nu}_e, \tilde{\nu}_\mu, \tilde{\nu}_\tau$), l^- və l^+ yüklü leptonların üç növünü (e^-, μ^-, τ^-) və l^+ yüklü antileptonların üç növünü (e^+, μ^+, τ^+) göstərir. Bu proseslər güclü maqnitləşmiş ulduzlarda, ifratəni ulduzların partlayışında və ulduzlararası fəzada gedən proseslərdə mühüm rol oynayır. Belə ki, $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$ proseslərinə ifratəni

ulduzların mühüm enerji mənbəyi və γ -şüaların alışmasının mümkün mexanizmi kimi baxılır. $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$ və $\nu_L + \tilde{\nu}_l \rightarrow l^- + l^+$ prosesləri həm də yüksək enerjili kosmik yüklü leptonların və antileptonların yeni mənbələri olmaq baxımından tədqiqat obyekti kimi diqqəti cəlb edir.

İşin məqsədi xarici, sabit, bircins maqnit sahəsində mühit faktorları (xarici maqnit sahəsinin intensivliyinin qiyməti, mühitin temperaturu, yüklü lepton (antilepton) qazının kimyəvi potensialı), neytrino və antineytrinoların impulslarının polyar və azimutal bucaqları, ixtiyari Landau səviyyəsində doğulan yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin eninə və uzununa polyarlaşmaları nəzərə alınmaqla neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və yüklü antileptonlara annihilyasiyası proseslərinin effektiv kəsiklərini hesablamaq, effektiv kəsiklərin neytrino və antineytrinoların enerjiləri nisbətində həssaslığını aydınlaşdırmaq, polyarlaşma effektlərini təhlil etmək, bucaq və spin asimetriyalarını müəyyənləşdirmək və alınmış nəticələrin mümkün astrofiziki tətbiqlərini göstərməkdir.

İşin elmi yeniliyi. Dissertasiya işində ilk dəfə olaraq:

1) xarici, sabit, bircins maqnit sahəsində mühit faktorları, neytrino və antineytrinoların impulslarının polyar və azimutal bucaqları, ixtiyari Landau səviyyəsində doğulan yüklü lepton və antileptonların spinlərinin eninə və uzununa polyarlaşmaları nəzərə alınmaqla $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$ proseslərinin effektiv kəsikləri hesablanmış, effektiv kəsiklərin bucaq və spin dəyişənlərindən asılılıqları tədqiq olunmuş, polyarlaşma effektləri təhlil edilmiş, spin və bucaq asimetriyaları hesablanmış, mühit faktorlarının rolu aydınlaşdırılmış və alınmış nəticələrin mümkün astrofiziki tətbiqləri göstərilmişdir;

2) xarici, sabit, bircins maqnit sahəsində mühit faktorları, neytrino və antineytrinoların impulslarının polyar və azimutal bucaqları, ixtiyari Landau səviyyəsində doğulan yüklü lepton və antileptonların spinlərinin eninə və uzununa polyarlaşmaları nəzərə alınmaqla $\nu_L + \tilde{\nu}_l \rightarrow l^- + l^+$ proseslərinin effektiv kəsikləri hesablanmış, effektiv kəsiklərin bucaq və spin dəyişənlərindən asılılıqları tədqiq olunmuş, polyarlaşma effektləri təhlil edilmiş, spin və bucaq asimetriyaları hesablanmış, mühit faktorlarının rolu aydınlaşdırılmış və alınmış nəticələrin mümkün astrofiziki tətbiqləri göstərilmişdir;

İşin praktiki əhəmiyyəti. 1. Xarici, sabit, bircins maqnit sahəsində mühit faktorları, neytrino və antineytrinoların impulslarının

polyar və azimutal bucaqları, ixtiyari Landau səviyyəsində doğulan yüklü lepton və antileptonların spinlərinin eninə və uzununa polyarlaşmaları nəzərə alınmaqla $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$ və $\nu_L + \tilde{\nu}_i \rightarrow L^- + l^+$ proseslərinin effektiv kəsiklərinin hesablanması, effektiv kəsiklərin bucaq və spin dəyişənlərindən asılılıqlarının tədqiq olunması, polyarlaşma effektlərinin təhlil edilməsi, mühit faktorlarının rolunun aydınlaşdırılması baxılan proseslərin ifratyeni ulduzların mühüm enerji mənbəyi və γ -şüaların sıçrayışlı alışmasının mümkün mexanizmi olmasını izah etmək baxımından mühüm astrofiziki əhəmiyyətə malikdir.

2. Neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və antileptonlara annihilyasiyası proseslərinin effektiv kəsiklərinin neytrino və antineytrinoların enerjiləri nisbətində həssas olmasının üzə çıxarılması, bu proseslər nəticəsində baş verən makrohadisələrin astrofiziki təzahüründə iki müxtəlifliyin ortaya çıxmasının müəyyən edilməsi astrofiziki tətbiqlər baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

3. Xarici, sabit, bircins maqnit sahəsində mühit faktorları, neytrino və antineytrinoların impulslarının polyar və azimutal bucaqları, ixtiyari Landau səviyyəsində doğulan yüklü lepton və antileptonların eninə və uzununa polyarlaşmaları nəzərə alınmaqla $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$ və $\nu_L + \tilde{\nu}_i \rightarrow L^- + l^+$ proseslərinin effektiv kəsiklərinin hesablanması, effektiv kəsiklərin bucaq və spin dəyişənlərindən asılılıqlarının tədqiq olunması, polyarlaşma effektlərinin təhlil edilməsi baxılan proseslərin yüksək enerjili kosmik yüklü leptonların və antileptonların yeni mənbələrinin müəyyən edilməsi baxımından praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Tədqiqatın nəticələrinin aprobasiyası. Dissertasiyada alınmış nəticələr INTAS-Cənubi Qafqaz 2006 Beynəlxalq İşçi Elmi Seminarında (Workshop INTAS-South Caucasus 2006, Tbilisi, Georgia, 19-21 April, 2006), 17-ci Beynəlxalq Spin Fizikası Simpoziumunda (17th International Spin Physics Symposium (SPIN 2006), Kyoto, Japan, 2-7 October 2006), Bakı Dövlət Universitetinin Fizika fakültəsinin elmi seminarında və Naxçıvan Dövlət Universitetinin Ümumi və nəzəri fizika kafedrasının elmi seminarlarında məruzə edilmişdir.

Dərc olunmuş materiallar. Tədqiqatın nəticələri üzrə 11 elmi məqalə, konfrans materialı və tezis dərc edilmişdir ki, onların siyahısı

dissertasiyanın avtoreferatında verilir.

Dissertasiyanın quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi 148 səhifə həcmində olub, girişdən, dörd fəsildən, nəticələrin qısa şərhindən və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

İşin qısa məzmunu. Dissertasiyanın girişində mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, mövzunun tədqiq olunma dərəcəsi araşdırılmış, tədqiqatın obyektinə və məqsədi ifadə edilmiş, dissertasiya işində tətbiq olunan tədqiqat üsulları, elmi yeniliklər, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin praktiki əhəmiyyəti verilmişdir.

Birinci fəsil xarici, sabit, bircins maqnit sahəsində neytrino cütlərinin spinləri eninə polyarlaşmış yüklü lepton və yüklü antilepton cütlərinə annihilyasiyası proseslərinin ($\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$) tədqiqinə həsr olunub. Birinci fəslin birinci yarım fəslində xarici maqnit sahəsində neytrino cütlərinin yüklü lepton-antilepton cütlərinə annihilyasiyası proseslərinin tədqiqinin müasir vəziyyəti təhlil olunmuş, məsələnin qoyuluşu verilmişdir. Birinci fəslin ikinci yarım fəslində sabit, bircins maqnit sahəsində yüklü lepton (antilepton) üçün Dirak tənliyinin həlli verilmişdir. Birinci fəslin dördüncü yarım fəslində baxılan proseslərin ümumi halda effektiv kəsiyini hesablamağa imkan verən düstur alınmışdır

$$\sigma = \frac{G_F^2}{4\pi} m_e^2 \frac{H}{H_0} \frac{1}{1 - \sin \mathcal{G} \sin \mathcal{G}' \cos(\alpha - \alpha') - \cos \mathcal{G} \cos \mathcal{G}'} \times \sum_{n,n'=0}^{\infty} \sum_i \frac{E_i E'_i}{|E'_i p_{zi} - E_i p'_{zi}|} (1 - f_{l^-}) (1 - f_{l^+}) R_0. \quad (1)$$

Burada \mathcal{G} (\mathcal{G}') və α (α'), uyğun olaraq, neytrionun (antineytrionun) polyar və azimutal bucaqları, p_{zi} (p'_{zi}), uyğun olaraq, yüklü antileptonun (yüklü leptonun) impulsunun sahə vektoru istiqamətində yönəlmiş z -oxu boyunca olan proyeksiyası olub, impulsun z -komponentinin saxlanması qanununu ifadə edən $p_z + p'_z - k_z - k'_z = 0$ tənliyinin kökləri, E_i (E'_i)- yüklü antileptonun (yüklü leptonun) enerjisi olub, enerjinin saxlanması qanununu ifadə edən $E + E' - \omega - \omega' = 0$ tənliyinin kökləri, f_{l^-} (f_{l^+})- yüklü lepton (yüklü antilepton) qazının Fermi-Dirak paylanma funksiyası, n (n')- yüklü

antileptonun (yüklü leptonun) Landau enerji səviyyələrinin nömrəsini göstərən baş kvant ədədi, H - maqnit sahəsi intensivliyinin qiyməti, $H_0 = m_e^2 c^3 / e\hbar = 4,41 \times 10^{13} Q_s$ - Şvinger sahə intensivliyinin qiyməti, $G_F = 1,02 \times 10^{-5} m_p^{-2} \cong (294 Q_e V)^{-2}$ - zəif qarşılıqlı təsirin Fermi sabiti, m_e - elektronun kütləsi, $R_0 - \nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$ proseslərinin matris elementinin və ya amplitudunun modulunun kvadratı ilə müəyyən olunan kəmiyyətdir. R_0 kəmiyyəti neytrino və antineytrinoların impulslarının polyar və azimutal bucaqlarından asılı olan d_i ($i=1, 2, \dots, 10$) bucaq əmsalları ilə, müxtəlif indeksli $I_1 = I_{n,n'-1}$, $I_2 = I_{n-1,n'}$, $I_3 = I_{n-1,n'-1}$, $I_4 = I_{n,n'}$ Lyaher funksiyaları ilə və yüklü antileptonların və yüklü leptonların spinlərinin eninə polyarlaşmaları halında t_i ($i=1, 2, \dots, 20$) spin əmsalları ilə müəyyən edilir. (1) düsturunda mühit faktorları (xarici maqnit sahəsinin intensivliyinin qiyməti, mühitin temperaturu, yüklü lepton (antilepton) qazının kimyəvi potensialı), neytrino və antineytrinoların impulslarının polyar və azimutal bucaqları, ixtiyari Landau səviyyəsində doğulan eninə polyarlaşmış yüklü lepton və antileptonların spinləri nəzərə alınmışdır. Birinci fəslin beşinci yarım fəslində neytrino cütlərinin yüklü lepton-antilepton cütlərinə annihilyasiyası proseslərinin effektiv kəsiyinin bucaq dəyişənlərindən müxtəlif asılılıqları tapılmış və göstərilmişdir ki, proseslərin effektiv kəsiyi neytrino impulsunun α azimutal bucağının və antineytrino impulsunun α' azimutal bucağının hər birindən ayrı-ayrılıqda deyil, onların fərqi olan $\alpha - \alpha'$ bucağından asılıdır. Bu yarım fəsilə həm də göstərilmişdir ki, xarici sabit bircins maqnit sahəsində, neytrino cütlərinin yüklü lepton-antilepton cütlərinə annihilyasiyası proseslərinin effektiv kəsiyi neytrino və antineytrionun enerjiləri nisbətində həssasdır və bu həssaslıq neytrino və antineytrionun yüklü lepton və antileptona annihilyasiyası prosesləri nəticəsində baş verən makrohədəslərin astrofiziki təzahüründə iki müxtəlifliyin ortaya çıxmasına gətirib çıxarır. Birinci fəslin altıncı yarım fəslində Landau səviyyələrinin və polyar və azimutal bucaqların müxtəlif qiymətləri üçün matris elementinin və ya amplitudunun modulunun kvadratını müəyyən edən R_0 kəmiyyəti hesablanmış, neytrino və antineytrinolar sahəyə perpendikulyar olaraq

qarşı-qarşıya daxil olduqda bir halda pozitronlar birinci Landau səviyyəsində, elektronlar isə ikinci Landau səviyyəsində, digər halda pozitronlar ikinci Landau səviyyəsində, elektronlar isə birinci Landau səviyyəsində doğulduqda müvafiq effektiv kəsiklərin nisbəti tapılmışdır. Birinci fəslin yeddinci yarım fəslində maqnit sahəsinin baxılan proseslərə təsiri analitik və qrafik olaraq araşdırılmış və astrofiziki təbiiqlər baxımından maraqlı kəsb edən $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$ proseslərinə baxılmışdır. Elektron və pozitronların spinlərinin eninə polyarlaşmaları halında və $\mu \ll E \ll T$, $\mu \ll E' \ll T$ şərtləri daxilində neytrino və antineytrinolar sahəyə perpendikulyar istiqamətdə qarşı-qarşıya daxil olduqda ($\vartheta = \pi/2$; $\vartheta' = \pi/2$; $\alpha' = \alpha + \pi$) pozitronlar birinci Landau səviyyəsində ($n=1$), elektronlar isə ikinci Landau səviyyəsində ($n'=2$) yarandıqda $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$ proseslərinin effektiv kəsiyi üçün aşağıdakı sadə ifadə alınmışdır:

$$\sigma = \sigma_i(n=1, n'=2) = \sigma' \xi \frac{(1+\xi)^{1/2} (1+2\xi)^{1/2}}{[(1+\xi)^{1/2} + (1+2\xi)^{1/2}]^2} t_4. \quad (2)$$

Burada t_4 - yuxarıda qeyd olunan t_i spin əmsallarından biri, $\xi = H/H_0$ - adsız sahə parametri, $\sigma' = (\sqrt{2} G_F^2 m_e^2) / (16\pi)$ isə məlum fiziki və riyazi sabitlərlə ifadə olunan sabit vuruqdur. Bu yarım fəsilə göstərilmişdir ki, sahə effektlərinin öz təsirini əhəmiyyətli dərəcədə

göstərməyə başladığı $H = 10^2 H_0 \sim 10^{15} Q_s$ tərtibli maqnit sahələrində pozitronlar birinci Landau səviyyəsində, elektronlar isə ikinci Landau səviyyəsində doğulduqda $\nu_\mu + \tilde{\nu}_\mu \rightarrow e^- + e^+$

($\nu_\tau + \tilde{\nu}_\tau \rightarrow e^- + e^+$) prosesinin elektron və pozitronların spinlərinin sahənin əksi istiqamətində yönəldiyi halda baş verməsinin effektiv kəsiyi pozitronların spinlərinin sahə istiqamətində, elektronların spinlərinin isə sahənin əksi istiqamətində yönəldiyi haldakı effektiv kəsikdən təqibən 2900 dəfə böyükdür. Birinci fəslin səkkizinci yarım fəslində maqnit sahəsi olduğu halda kimyəvi potensial və temperatur kimi mühit faktorlarının təsiri analitik və qrafik olaraq araşdırılmışdır. Neytrino və antineytrinolar sahəyə perpendikulyar

istişamətdə qarşı-qarşıya daxil olduqda ($\mathcal{G} = \pi/2$; $\mathcal{G}' = \pi/2$; $\alpha' = \alpha + \pi$) pozitron birinci Landau səviyyəsində ($n = 1$), elektron isə ikinci Landau səviyyəsində ($n' = 2$) yarandıqda maqnit sahəsinin intensivliyi, mühitin temperaturu və elektron və pozitron qazlarının kimyəvi potensialları nəzərə alınmaqla $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$ proseslərinin effektiv kəsiyi üçün aşağıdakı sadə ifadə alınmışdır:

$$\sigma = \sigma_i(n=1, n'=2, \mu, T) = \sigma' \xi \left[\frac{(1+\xi)^{1/2}(1+2\xi)^{1/2}}{(1+\xi)^{1/2} + (1+2\xi)^{1/2}} \right] L_4 \left(1 - \frac{1}{e^{\frac{\sqrt{2}m_e(1+2\xi)^{1/2} - \mu}{T}} + 1} \right) \left(1 - \frac{1}{e^{\frac{\sqrt{2}m_e(1+\xi)^{1/2} + \mu}{T}} + 1} \right). \quad (3)$$

Burada μ və T , uyğun olaraq, elektron (pozitron) qazının kimyəvi potensialının mütləq qiyməti və temperaturudur.

İkinci fəsil xarici, sabit, bircinc maqnit sahəsində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları nəzərə alınmaqla neytrino cütlərinin yüklü lepton və antilepton cütlərinə annihilyasiyası proseslərinin tədqiqinə həsr olunub. İkinci fəslin birinci yarım fəslində məsələnin qoyuluşu şərh edilmişdir. İkinci fəslin ikinci yarım fəslində xaricimaqnit sahəsində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında 4-ölçülü cərəyanın keçid amplitudunun komponentləri təyin edilmiş, daha sonra maqnit sahəsində $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$ proseslərində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında neytrino-antineytrino cütlərinin yüklü lepton-antilepton cütlərinə annihilyasiyası proseslərinin effektiv kəsiyi üçün (1) düsturuna analogi olan ümumi düstur alınmışdır. İkinci fəslin üçüncü yarım fəslində yüklü lepton və antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında proseslərin effektiv kəsiyi təhlil edilmiş, polyarlaşma effektləri tədqiq olunmuş və effektiv kəsiyin neytrino və antineytrionun enerjiləri nisbətində həssaslığı araşdırılmışdır. İkinci fəslin dördüncü yarım fəslində Landau səviyyələrinin və bucaqların müxtəlif qiymətləri üçün yüklü lepton və antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında R_0 kəmiyyəti hesablanmış, elektron və pozitronların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında və $\mu \ll E \ll T$, $\mu \ll E' \ll T$ şərtləri daxilində neytrino və antineytrinolar sahəyə perpendikulyar istiqamətdə qarşı-qarşıya daxil olduqda

($\mathcal{G} = \pi/2$; $\mathcal{G}' = \pi/2$; $\alpha' = \alpha + \pi$) pozitronlar birinci Landau səviyyə-

sində ($n = 1$), elektronlar isə ikinci Landau səviyyəsində ($n' = 2$) yarandıqda $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$ proseslərinin effektiv kəsiyi üçün aşağıdakı sadə ifadə alınmışdır:

$$\sigma = \sigma_i(n=1, n'=2) = \sigma' \xi \left[\frac{(1+\xi)^{1/2}(1+2\xi)^{1/2}}{(1+\xi)^{1/2} + (1+2\xi)^{1/2}} \right] L_4. \quad (4)$$

İkinci fəslin beşinci yarım fəslində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında maqnit sahəsinin baxılan proseslərə təsirini araşdırmaq məqsədilə konkret fiziki şəraitə baxılmış və mühit faktorlarının təsiri hesablanmışdır. Neytrino və antineytrinolar sahəyə perpendikulyar istiqamətdə qarşı-qarşıya daxil olduqda ($\mathcal{G} = \pi/2$; $\mathcal{G}' = \pi/2$; $\alpha' = \alpha + \pi$) elektron və pozitronların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında pozitron birinci Landau səviyyəsində ($n = 1$), elektron isə ikinci Landau səviyyəsində ($n' = 2$) yarandıqda, maqnit sahəsinin intensivliyi, mühitin temperaturu və elektron və pozitron qazlarının kimyəvi potensialları nəzərə alınmaqla $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$ proseslərinin effektiv kəsiyi üçün aşağıdakı sadə ifadə alınmışdır:

$$\sigma = \sigma_i(n=1, n'=2, \mu, T) = \sigma' \xi \left[\frac{(1+\xi)^{1/2}(1+2\xi)^{1/2}}{(1+\xi)^{1/2} + (1+2\xi)^{1/2}} \right] L_4 \left(1 - \frac{1}{e^{\frac{\sqrt{2}m_e(1+2\xi)^{1/2} - \mu}{T}} + 1} \right) \left(1 - \frac{1}{e^{\frac{\sqrt{2}m_e(1+\xi)^{1/2} + \mu}{T}} + 1} \right). \quad (5)$$

Maqnitə mühiti və $\nu_e + \tilde{\nu}_e \rightarrow e^- + e^+$ reaksiyası halında bu düstur baxılan proses üçün ənənə polyarlaşma halında alınmış uyğun düstur ilə müqayisəsindən

$\sigma_i(n=1, n'=2; \zeta = +1, \zeta' = -1; \mu, T) / \sigma_i(n=1, n'=2; \zeta = +1, \zeta' = -1; \mu, T) \cong 2,6$ nisbəti alınır. Bu, o deməkdir ki, maqnitərlərdə gedən $\nu_e + \tilde{\nu}_e \rightarrow e^- + e^+$ prosesində spinləri “sağ” polyarlaşmış pozitronların və spinləri “sol” polyarlaşmış elektronların yaranmasının effektiv kəsiyi spinləri sahə boyunca yönəlmiş pozitronların və spinləri sahənin əksi istiqamətində yönəlmiş elektronların yaranmasının effektiv kəsiyindən 2,6 dəfə böyükdür. İkinci fəslin altıncı yarım fəslində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları

halında $\nu_l + \tilde{\nu}_l \rightarrow l^- + l^+$ proseslərində spin asimetriyası hesablanmış və müəyyən edilmişdir ki, $\nu_\mu + \tilde{\nu}_\mu \rightarrow e^- + e^+$ və ya $\nu_\tau + \tilde{\nu}_\tau \rightarrow e^- + e^+$ prosesləri ilə müqayisədə $\nu_e + \tilde{\nu}_e \rightarrow e^- + e^+$ prosesində spin asimetriyası özünü daha qabarıq göstərir. Bu fərq onunla izah olunur ki, $\nu_e + \tilde{\nu}_e \rightarrow e^- + e^+$ prosesinə neytral cərəyanlarla yanaşı yüklü cərəyanlar da pay verir. İkinci fəslin yeddinci yarımfəslində elektron $n' = 2$ olan, pozitron isə $n = 1$ olan Landau səviyyələrində doğulduqda $\nu_l + \tilde{\nu}_l \rightarrow l^- + l^+$ proseslərinin effektiv kəsiyini müəyyən edən R_0 kəmiyyəti üçün müvafiq ifadə alınmış, neytrino və antineytrinin polyar bucaqları ilə müəyyən edilən bucaq asimetriyası hesablanmışdır.

Üçüncü fəsil xarici, sabit, bircins maqnit sahəsində müxtəlif növ neytrino və antineytrinoların spinləri eninə polyarlaşmış müxtəlif növ yüklü lepton və yüklü antileptonlara annihilyasiyası proseslərinin ($\nu_L + \tilde{\nu}_L \rightarrow L^- + L^+$) tədqiqinə həsr olunub. Üçüncü fəslin birinci yarımfəslində xarici maqnit sahəsində neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və yüklü antileptonlara annihilyasiyası proseslərinin tədqiqinin müasir vəziyyəti və məsələnin qoyuluşu yığcam şəkildə şərh olunmuşdur. Üçüncü fəslin ikinci yarımfəslində elektrozəif qarşılıqlı təsirin vahid Vaynberq-Salam nəzəriyyəsinin 4-fermionlu aşağı energetik yaxınlaşmasında ($|q^2| \ll m_W^2$) xarici maqnit sahəsində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin eninə polyarlaşmaları halında proseslərin matris elementi və amplitudu hesablanmış, 4-ölçülü cərəyanın keçid amplitudunun komponentləri təyin edilmişdir. Üçüncü fəslin üçüncü yarımfəslində, baxılan proseslərin ümumi halda effektiv kəsiyini hesablamağa imkan verən düstur alınmışdır.

$$\sigma = \frac{G_F^2 e H}{4\pi [1 - \sin\theta \sin\theta' \cos(\alpha - \alpha') - \cos\theta \cos\theta']} \sum_{n,n'=0}^{\infty} \sum_i \frac{E_i E_i'}{|E_i p_{zi} - E_i' p_{zi}'|} (1 - f_L)(1 - f_L') R_0. \quad (6)$$

Burada θ (θ') və α (α'), uyğun olaraq, ν_L ilə işarə etdiyimiz neytrininin ($\tilde{\nu}_L$ ilə işarə etdiyimiz antineytrininin) polyar və azimutal bucaqları, p_{zi} (p_{zi}'), uyğun olaraq, l^+ ilə işarə etdiyimiz yüklü antileptonun (L^- ilə işarə etdiyimiz yüklü leptonun) impulsunun sahə vektoru istiqamətində yönəlmiş z – oxu boyunca olan proyeksiyası

olub, impulsun z -komponentinin saxlanması qanununu ifadə edən

$p_z + p_z' - k_z - k_z' = 0$ tənliyinin kökləri, E_i (E_i') - yüklü antileptonun (yüklü leptonun) enerjisi olub, enerjinin saxlanması qanununu ifadə edən $E + E' - \omega - \omega' = 0$ tənliyinin kökləri, f_L (f_L') - yüklü lepton (yüklü antilepton) qazının Fermi-Dirak paylanma funksiyası, n (n') - yüklü antileptonun (yüklü leptonun) Landau enerji səviyyələrinin nömrəsini göstərən baş kvant ədədi, R_0 - $\nu_L + \tilde{\nu}_L \rightarrow L^- + L^+$ proseslərinin matris elementinin və ya amplitudunun modulunun kvadratı ilə müəyyən olunan kəmiyyətdir. R_0 kəmiyyəti neytrino və antineytrinoların impulslarının polyar və azimutal bucaqlarından asılı olan d_i ($i = 1, 2, \dots, 10$) bucaq əmsalları ilə, müxtəlif indeksli $I_1 = I_{n,n'-1}$, $I_2 = I_{n-1,n'}$, $I_3 = I_{n-1,n'-1}$, $I_4 = I_{n,n'}$ Lyaher funksiyaları ilə və yüklü antileptonların və yüklü leptonların spinlərinin eninə polyarlaşmaları halında τ_i ($i = 1, 2, \dots, 9$) spin əmsalları ilə müəyyən edilir. Üçüncü fəslin dördüncü yarımfəslində spinləri eninə polyarlaşmış yüklü lepton və yüklü antileptonlar ixtiyari Landau səviyyəsində doğulduqda polyar və azimutal bucaqların müxtəlif qiymətləri üçün R_0 kəmiyyəti hesablanmışdır. Üçüncü fəslin beşinci yarımfəslində yüklü lepton və yüklü antileptonlar 1-ci və ya 2-ci Landau səviyyələrində doğulduqda polyar və azimutal bucaqların müxtəlif qiymətləri üçün R_0 kəmiyyəti hesablanmışdır. Üçüncü fəslin altıncı yarımfəslində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin eninə polyarlaşmaları halında mühit faktorlarının bu fəsildə baxılan proseslərə təsiri hesablanmışdır. Neytrino və antineytrinoların Oxy müstəvisində qarşı-qarşıya ($\alpha' = \alpha + \pi$) hərəkət etdiyi halda $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$ prosesi nəticəsində müonlar ikinci Landau səviyyəsində ($n' = 2$), pozitronlar isə birinci Landau səviyyəsində ($n = 1$) yarandıqda maqnit mühiti üçün baxılan prosesin effektiv kəsiyinin aşağıdakı düsturu alınmışdır:

$$\sigma = \sigma_i(n=1, n'=2; \mu, \mu', T) = 2\sigma' \frac{\xi(1+\xi)^{1/2}}{1+\sqrt{2}\frac{m_e}{m_\mu}(1+\xi)^{1/2}} \tau_1 \left[1 - \frac{1}{e^{\frac{\sqrt{2}m_e(1+\xi)^{1/2} + \mu}{T}} + 1} \right] \left[1 - \frac{1}{e^{\frac{m_\mu - \mu'}{T}} + 1} \right] \quad (7)$$

Burada m_e - pozitronun kütləsi, m_μ - müonun kütləsi, μ - pozitron qazının kimyəvi potensialının mütləq qiyməti, μ' - müon qazının kimyəvi potensialı, T - pozitron (müon) qazının temperaturudur. Neytrino və antineytrinoların Oxy müstəvisində qarşı-qarşısıya ($\alpha' = \alpha + \pi$) hərəkət etdiyi halda $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$ prosesi nəticəsində müonlar birinci Landau səviyyəsində ($n' = 1$), pozitronlar isə ikinci Landau səviyyəsində ($n = 2$) yarandıqda maqnit mühiti üçün baxılan prosesin effektiv kəsiyinin aşağıdakı düsturu alınmışdır:

$$\sigma = \sigma_i(n=2, n'=1; \mu, \mu', T) = 2\sigma' \frac{\xi(1+2\xi)^{1/2}}{1+\sqrt{2}\frac{m_e}{m_\mu}(1+2\xi)^{1/2}} \tau_2 \left[1 - \frac{1}{e^{\frac{\sqrt{2}m_e(1+2\xi)^{1/2} + \mu}{T}} + 1} \right] \left[1 - \frac{1}{e^{\frac{m_\mu - \mu'}{T}} + 1} \right] \quad (8)$$

Daha sonra göstərilmişdir ki, $m_e \xi^{1/2} \gg T, \mu \gg T$ və $\mathcal{G} = \pi/2, \mathcal{G}' = \pi/2, \alpha' = \alpha + \pi$ şərtləri daxilində mühit olmayan halda pozitronun birinci Landau səviyyəsində, müonun isə ikinci Landau səviyyəsində yaranmasının effektiv kəsiyi mühit olan haldakı effektiv kəsikdən $\sqrt{2} \cong 1,4$ dəfə böyükdür.

Dördüncü fəsil xarici, sabit, birinc maqnit sahəsində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları nəzərə alınmaqla müxtəlif növ neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və yüklü antileptonlara annihilasiyası proseslərinin tədqiqinə həsr olunub. Dördüncü fəslin birinci yarımfəslində maqnit sahəsində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında $\nu_L + \tilde{\nu}_l \rightarrow L^- + l^+$ proseslərinin matris elementi və amplitudu hesablanmışdır. Dördüncü fəslin ikinci yarımfəslində maqnit sahəsində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və yüklü antileptonlara annihilasiyası proseslərinin effektiv kəsiyi üçün (6) düsturuna analogi olan ümumi düstur alınmışdır. Göstərilmişdir ki, yüklü antileptonların və yüklü leptonların spinlərinin

eninə polyarlaşmaları halında olduğu kimi uzununa polyarlaşma halında da R_0 kəmiyyətinin ifadəsinə d_i ($i = 1, 2, \dots, 10$) bucaq əmsalları və müxtəlif indeksli $I_1 = I_{n, n'-1}, I_2 = I_{n-1, n'}, I_3 = I_{n-1, n'-1}, I_4 = I_{n, n'}$ Lyaher funksiyaları daxildir. Lakin 4-cü fəsilə alınmış sözügedən düstur (6) düsturundan fərqi ondadır ki, 4-cü fəslin həmin düsturuna daxil olan R_0 kəmiyyəti yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin eninə polyarlaşmaları halına uyğun gələn τ_i ($i = 1, 2, \dots, 9$) spin əmsalları ilə deyil, uzununa polyarlaşma halına uyğun gələn r_i ($i = 1, 2, \dots, 9$) spin əmsalları ilə müəyən edilir. Dördüncü fəslin üçüncü yarımfəslində maqnit sahəsində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında proseslərin effektiv kəsiyi təhlil edilmiş və göstərilmişdir ki, istər $\mathcal{G} = 0, \mathcal{G}' = \pi$ olan halda, istərsə də $\mathcal{G} = \pi, \mathcal{G}' = 0$ olan halda son haldakı yüklü lepton və yüklü antileptonlar ixtiyari Landau səviyyəsində doğula bilmir. Məsələn, neytrinolar sahənin əksi istiqamətində, antineytrinolar isə sahə istiqamətində hərəkət etdikdə yüklü antileptonlar əsas Landau səviyyəsində ($n = 0, p_z = 0, \zeta = +1$) doğulduqda yüklü leptonlar birinci Landau səviyyəsində ($n' = 1$) doğulur və effektiv kəsik son haldakı yüklü leptonların spin hallarına həssas olur. Bu zaman spinləri “sağ” polyarlaşmış yüklü leptonlar və spinləri “sol” polyarlaşmış yüklü leptonlar bərabər və ya simmetrik şəkildə yaranmır və yüklü leptonun spininə nəzərən asimmetriya ortaya çıxır. Neytron ulduzu halında $\nu_\mu + \nu_e \rightarrow \mu^- + e^+$ prosesi üçün bu asimmetriya təqribən 58% təşkil edir. Dördüncü fəslin dördüncü yarımfəslində göstərilmişdir ki, yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında maqnit sahəsində müxtəlif növ neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və yüklü antileptonlara annihilasiyası proseslərinin effektiv kəsiyi neytrino və antineytrinoların impulslarının istiqamətinin inversiyasına nəzərən asimmetrikdir və ortaya çıxan asimmetriya $A = (\sigma_{\pi 0}^{12} - \sigma_{0\pi}^{21}) / (\sigma_{\pi 0}^{12} + \sigma_{0\pi}^{21})$ düsturu üzrə hesablanır.

Burada $\sigma_{0\pi}^{21} = \sigma(\mathcal{G} = 0, \mathcal{G}' = \pi, n = 2, n' = 1)$ və $\sigma_{\pi 0}^{12} = \sigma(\mathcal{G} = \pi, \mathcal{G}' = 0, n = 1, n' = 2)$. $p_z \cong 0, p'_z \cong 0$ olan nisbətən

sadə halda neytron ulduzu mühiti ($H = H_0$) üçün sözügedən asimmetriyaya dair aparılmış ədədi qiymətləndirmələrin nəticələri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

	$\zeta = +1,$ $\zeta' = +1$	$\zeta = +1, \zeta' = -1$	$\zeta = -1, \zeta' = +1$	$\zeta = -1,$ $\zeta' = -1$
A	-2,2 %	-1,9 %	26,6 %	26,7 %

Dördüncü fəslin beşinci yarım fəslində yüklü lepton və yüklü antileptonların spinlərinin uzununa polyarlaşmaları halında mühit faktorlarının təsiri nəzərə alınmışdır. Konkret qiymətləndirmə üçün maqnitarlarda gedən $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$ prosesinə baxılmışdır.

Maqnitər mühitində neytrino və antineytrinolar Oxy müstəvisində qarşı-qarşıya ($\alpha' = \alpha + \pi$) hərəkət etdiyi halda $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$ prosesi nəticəsində müonların və pozitronların spinləri uzununa polyarlaşmış olarsa və müonlar ikinci Landau səviyyəsində ($n' = 2$), pozitronlar isə birinci Landau səviyyəsində ($n = 1$) yaranarsa, onda prosesin effektiv kəsiyi üçün aşağıdakı sadə düstur doğrudur:

$$\sigma = \sigma_i(n=1, n'=2; \mu, \mu', T) = 2\sigma' \frac{\xi(1+\xi)^{1/2}}{1 + \sqrt{2} \left(1 + \frac{m_e}{m_\mu} \xi\right)^{1/2}} r_1 \left[1 - \frac{1}{e^{\frac{\sqrt{2}m_e(1+\xi)^2 + \mu}{T}} + 1} \right] \left[1 - \frac{1}{e^{\frac{m_\mu - \mu'}{T}} + 1} \right] \quad (9)$$

Uzununa polyarlaşma halında pozitronların spinləri “sol”, müonların spinləri isə “sağ” polyarlaşdıqda, eninə polyarlaşma halında isə pozitronların spinləri sahənin əksi istiqamətində, müonların spinləri isə sahə boyunca yönəldikdə maqnitər mühiti üçün ($H = 10^2 H_0$) aşağıdakı nisbət alınmışdır:

$$\frac{\sigma_i(n=1, n'=2; \zeta = -1, \zeta' = +1; \mu, \mu', T)}{\sigma_i(n=1, n'=2; \zeta = +1, \zeta' = -1; \mu, \mu', T)} \cong 49,846 \cong 50. \quad (10)$$

Bu, o deməkdir ki, maqnitarlarda gedən $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$

prosesində pozitronlar birinci Landau səviyyəsində, müonlar isə ikinci Landau səviyyəsində doğulduqda spinləri “sol” polyarlaşmış pozitronların və spinləri “sağ” polyarlaşmış müonların yaranmasının effektiv kəsiyi spinləri sahənin əksi istiqamətində yönəlmiş

pozitronların və spinləri sahə boyunca yönəlmiş müonların yaranmasının effektiv kəsiyindən təqribən 50 dəfə kiçikdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Müəyyən edilmişdir ki, intensivlik vektoru Z - oxu boyunca yönəlmiş maqnit sahəsində neytrino və antineytrinolar Z - oxundan keçən müstəvidə həmin oxa nəzərən simmetrik polyar bucaqlar altında toqquşduqda neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və yüklü antileptonlara annihilyasiyası proseslərinin effektiv kəsiyi yüklü lepton və antileptonların spinlərinin həm eninə, həm də uzununa polyarlaşmaları hallarında neytrino və antineytrinoların enerjiləri nisbətənə həssasdır.

2. Mühit faktorlarının analitik və qrafik tədqiqi göstərir ki, kimyəvi potensialın $\mu = 20 m_e \sim 10 MeV$, temperaturun $T = 20 m_e \sim 10^9 K$ və maqnit sahəsi intensivliyinin $H \sim 10^{15} Gs$ qiymətlərində mühit faktorlarının neytrino-antineytrino cütlərinin elektron-pozitron cütlərinə annihilyasiyası $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$ proseslərinə təsiri əhəmiyyətli dərəcədədir.

3. Göstərilmişdir ki, maqnit sahəsində elektron neytrinoları və elektron antineytrinolarının elektron-pozitron cütlərinə annihilyasiyası $\nu_e + \tilde{\nu}_e \rightarrow e^- + e^+$ zamanı spinləri “sol” polyarlaşmış pozitronların və spinləri “sağ” polyarlaşmış elektronların yaranması ilə müqayisədə spinləri “sağ” polyarlaşmış pozitronların və spinləri “sol” polyarlaşmış elektronların yaranması dominantlıq təşkil edir və bu iki hal arasındakı asimmetriya 82% təşkil edir.

4. Müəyyən edilmişdir ki, maqnitarlarda gedən neytrino-antineytrino cütlərinin birinci Landau səviyyəsində olan pozitronlara və ikinci Landau səviyyəsində olan elektronlara annihilyasiyası $\nu_e + \tilde{\nu}_e \rightarrow e^- + e^+$ prosesində spinləri “sağ” polyarlaşmış pozitronların və spinləri “sol” polyarlaşmış elektronların yaranmasının effektiv kəsiyi spinləri sahə

boyunca yönəlmiş pozitronların və spinləri sahənin əksi istiqamətində yönəlmiş elektronların yaranmasının effektiv kəsiyindən 2,6 dəfə böyükdür.

5.Temperatur və kimyəvi potensial kimi mühit faktorları nəzərə alınmadıqda,neytrinolar və antineytrinolar sahəyə perpendikulyar istiqamətdə qarşı-qarşıya daxil olduqda yüklü leptonların spinlərinin eninə polyarlaşmaları halında $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$ prosesi hesabına pozitronun birinci Landau səviyyəsində, müonun isə ikinci Landau səviyyəsində yaranmasının effektiv kəsiyi mühit olan haldakı effektiv kəsikdən $\sqrt{2} \cong 1,4$ dəfə böyükdür.

6.Maqnit sahəsində müon neytrinoları sahənin əksi istiqamətində, elektron antineytrinoları isə sahə istiqamətində hərəkət etdikdə $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$ prosesi hesabına pozitronlar əsas Landau səviyyəsində yarandıqda birinci Landau səviyyəsində spinləri “sağ” polyarlaşmış müonların yaranması spinləri “sol” polyarlaşmış müonların yaranması ilə müqayisədə dominantlıq təşkil edir və bu zaman yaranan asimmetriya 58% təşkil edir.

7.Maqnit sahəsində müon neytrinoları sahə istiqamətində, elektron antineytrinoları isə sahənin əksi istiqamətində hərəkət etdikdə birinci Landau səviyyəsində “sol” polyarlaşmış pozitronların və ikinci Landau səviyyəsində müonların yaranması arasında mövcud olan asimmetriya təqribən 27% - dir.

8.Maqnitarlarda gedən $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$ prosesində pozitronlar birinci Landau səviyyəsində, müonlar isə ikinci Landau səviyyəsində doğulduqda spinləri “sol” polyarlaşmış pozitronların və spinləri “sağ” polyarlaşmış müonların yaranmasının effektiv kəsiyi spinləri sahənin əksi istiqamətində yönəlmiş pozitronların və spinləri sahə boyunca yönəlmiş müonların yaranmasının effektiv kəsiyindən təqribən 50 dəfə kiçikdir.

Dissertasiyanın mövzusu üzrə dərc olunmuş elmi işlərin siyahısı:

1. Qasımova R. E., Hüseynov V. A., Əkbərova N. Y., Qasımova H. B., Mahmudlu E. M. Maqnitləşmiş mühitdə neytrino-antineytrino cütlərinin eninə polyarlaşmış elektron və pozitronlara annihilasiyası // “Opto-, nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası” üzrə Beynəlxalq konfransın materialları. 25-26 dekabr 2015-ci il. Bakı, 2015, “Bakı Universiteti” nəşriyyatı, s.350-352.
2. Qasımova R. E., Hüseynov V. A., Əkbərova N. Y. Müon neytrinolarının və elektron antineytrinolarının müonlara və pozitronlara annihilasiyasına mühit faktorlarının təsiri // “Fizikanın aktual problemləri” Respublika elmi konfransının materialları. 17 dekabr 2015-ci il. Bakı, 2015, “Müəllim” nəşriyyatı, s.49-52.
3. Qasımova R. E., Hüseynov V. A., Əkbərova N. Y., Qasımova H. B., Mahmudlu E. M. Neytrino-antineytrino cütlərinin elektron-pozitron cütlərinə annihilasiyasına xarici maqnit sahəsinin təsiri // Azərbaycan Astronomiya Jurnalı, 2015, №2 (çapda).
4. Qasımova R. E., Hüseynov V. A., Əkbərova N. Y. Maqnit sahəsində müxtəlif növ neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və antileptonlara annihilasiyasının neytrino və antineytrinoların enerjiləri nisbətində həssaslığı // Journal of Qafqaz University, 2013, Volume 1, No2, pp.200-205.
5. Gasimova R. E., Huseynov V. A., Akbarova N. Y. Annihilation of neutrino- antineutrino pairs into charged lepton-antilepton pairs in strongly magnetized medium with allowance for transverse polarizations of charged leptons and antileptons // Journal of Qafqaz University, 2011, No32, pp.81-84.
6. Qasımova R. E., Hüseynov V. A., Əkbərova N. Y. Güclü maqnitləşmiş ulduzlarda neytrino-antineytrino cütlərinin yüklü lepton-antilepton cütlərinə annihilasiyası: polyarlaşma effektləri // Bakı Universitetinin Xəbərləri, 2009, № 2, s.106-113.
7. Qasımova R. E., Hüseynov V. A., Əkbərova N. Y. Maqnit sahəsində müxtəlif növ neytrino və antineytrinoların yüklü lepton və antileptonlara annihilasiyası: polyarlaşma effektləri // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Naxçıvan Bölməsinin Xəbərləri. Təbiət və texniki elmlər seriyası, 2008, №4, s.175-182.

8. Huseynov V. A., Gasimova R.E., Akbarova N.Y. Asymmetries arising in neutrino -electron scattering and neutrino -antineutrino annihilation into an electron- positron pair in stellar magnetic fields// **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** content/ news/ workshop/ Tbilisi/Documents/INTAS_south-caucasus-workshop-2006. Partnership.Data-base.xls.19-21 April 2006.Tbilisi, Georgia.
9. Huseynov V.A., Gasimova R. E., Hajiyeva B.T., Akbarova N.Y. Spin asymmetries arising in neutrino-lepton processes in a magnetic field and their macroscopic appearance // Proceedings of the 17th International Spin Physics Symposium (2-7 October 2006, Kyoto, Japan), American Institute of Physics Conference Proceedings, Melville, New York, 2007, Volume 915, pp. 248-251.
10. Huseynov V. A., Gasimova R. E., Hajiyeva B. T., Akbarova N. Y. Spin asymmetries arising in neutrino-lepton processes in a magnetic field and their macroscopic appearance // Abstract of the 17th International Spin Physics Symposium (2-7 October 2006, Kyoto, Japan), Kyoto 2006, p. 36.
11. Гусейнов В. А., Акперова Н. Я. Новые каналы реакций для некоторых пороговых слабых процессов в магнитном поле // "Fizikanın aktual problemləri" I Respublika elmi konfransı. Məruzələrin tezisləri, Bakı, 1998,s.156-157.

НУРИДА ЯШАР ГЫЗЫ АКПЕРОВА

Аннигиляция нейтрино и антинейтрино в заряженные лептоны и антилептоны во внешнем магнитном поле

РЕЗЮМЕ

Вычислены эффективные сечения процессов $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$ и $\nu_L + \tilde{\nu}_i \rightarrow L^- + l^+$ во внешнем постоянном однородном магнитном поле. Учтены факторы среды (температура среды, химический потенциал заряженного лептонного (антилептонного) газа), полярные и азимутальные углы импульсов нейтрино и антинейтрино, поперечные и продольные поляризации спинов заряженных лептонов и антилептонов, рождаемых на произвольных уровнях Ландау. Определено, что эффективные сечения исследуемых процессов чувствительны к отношению энергии нейтрино и антинейтрино. Показано, что во время процесса $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$ образование «правополяризованных» позитронов и «левополяризованных» электронов доминирует по сравнению с образованием «левополяризованных» позитронов и «правополяризованных» электронов и асимметрия между этими двумя случаями составляет 82%. Показано, что когда нейтрино и антинейтрино входят в поле в перпендикулярном направлении навстречу друг другу и спины заряженных лептонов и антилептонов поперечно поляризованы, эффективное сечение образования позитрона на первом уровне Ландау и мюонов на втором уровне Ландау в $\sqrt{2} \cong 1,4$ раза больше, чем эффективное сечение того же процесса при отсутствии среды. Определено, что когда мюонные нейтрино движутся против направления поля, а электронные антинейтрино - по направлению поля и позитроны рождаются на основном уровне Ландау за счет процесса $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$, тогда рождение «правополяризованных» мюонов на первом уровне Ландау доминирует по сравнению с рождением «левополяризованных» мюонов на первом уровне Ландау и асимметрия, возникающая при этом, составляет 58%. Указаны возможные астрофизические приложения полученных результатов в магнитары и другие нейтронные звезды.

**Annihilation of neutrinos and antineutrinos into charged leptons
and antileptons in an external magnetic field**

SUMMARY

The effective cross sections for the processes $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow l^- + l^+$ and $\nu_L + \tilde{\nu}_l \rightarrow L^- + l^+$ in an external constant uniform magnetic field are calculated. The medium factors (temperature of the medium, chemical potential of the charged lepton (antilepton) gas), the polar and azimuthal angles of the neutrino and antineutrino momenta, the transverse and longitudinal polarizations of the spins of the charged leptons and charged antileptons produced on arbitrary Landau levels are taken into account. It is determined that the cross sections of the investigated processes are sensitive to the ratio of the energies of the neutrinos and antineutrinos. It is shown that at the processes $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$ production of the positrons having a right-hand circular polarization and the electrons having a left-hand circular polarization dominates in comparison with production of the positrons having a left-hand circular polarization and the electrons having a right-hand circular polarization and the asymmetry between these two cases is 82%. It is shown that when neutrinos and antineutrinos collide head-on-head in perpendicular direction to the field and the spins of the charged leptons and charged antileptons are transversely polarized, the cross section of production of the positrons on the first Landau level and the muons on the first Landau level is $\sqrt{2} \cong 1.4$ times more than the cross section of the same process in absence of the medium. It is determined that when the muon neutrinos move opposite to the field direction but the electron antineutrinos move along the field direction and the positrons are produced on the ground Landau level at the expense of the process $\nu_\mu + \tilde{\nu}_e \rightarrow \mu^- + e^+$, production of the muons having a right-hand circular polarization on the first Landau level dominates in comparison with production of the muons having a left-hand circular polarization on the first Landau level and in this case the arising asymmetry is 58%. The possible astrophysical applications of

the obtained results to the magnetars and other neutron stars are indicated.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

НУРИДА ЯШАР ГЫЗЫ АКПЕРОВА

**АННИГИЛЯЦИЯ НЕЙТРИНО И АНТИНЕЙТРИНО В
ЗАРЯЖЕННЫЕ ЛЕПТОНЫ И АНТИЛЕПТОНЫ ВО
ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

2212.01-Теоретическая физика

АВТОРЕФЕРАТ

*диссертации, представленной на соискание ученой степени
доктора философии по физике*

БАКУ – 2016

Каğıз formatı 60x84 1/16.sayı 100.

«Bakı Universiteti» nəşriyyatı, Bakı, AZ 1148, Z.Xəlilov 23.