

UOT 539.12-17

**MAQNİTLƏŞMİŞ MÜHİTDƏ NEYTRİNO-ANTİNEYTRİNO CÜTLƏRİNİN  
ELEKTRON-POZİTRON CÜTLƏRİNƏ ANNİHİLYASİYASINDA  
ELEKTRON VƏ POZİTRONLARIN ƏSAS LANDAU SƏVİYYƏSİNDƏN  
YUXARIDA YARANMASI HALLARI****R.E.QASIMOVA***AMEA Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası, Bakı Dövlət Universiteti,  
Qafqaz Universiteti, Naxçıvan Dövlət Universiteti  
gasimovar@yahoo.co.uk*

*Müəyyən edilmişdir ki, güclü maqnitləşmiş mühitdə neytrinolar maqnit sahəsinin əksi istiqamətində, antineytrinolar isə maqnit sahəsi istiqamətində hərəkət etdikdə neytrino-antineytrino cütlərinin elektron-pozitron cütlərinə annihilasiyası hesabına eyni zamanda pozitronların doğula biləcəyi ən aşağı səviyyə birinci Landau səviyyəsi, elektronların doğula biləcəyi ən aşağı səviyyə isə ikinci Landau səviyyəsidir. Pozitronlar birinci Landau səviyyəsində doğulduqda elektronların  $n' \geq 3$  qiymətlərinə uyğun aşağı Landau səviyyələrində doğulması qadağan olunub.*

**Açar sözlər:** əsas Landau səviyyəsi, aşağı Landau səviyyələri, maqnit sahəsi, neytrino-antineytrino annihilasiyası, elektron-pozitron cütləri

Elektronun və ya pozitronun kütləsi Şvinqer sahə intensivliyinin qiymətini  $H_0 = m_e^2 c^3 / e\hbar = 4,41 \times 10^{13} Qs$  müəyyən etdiyinə görə ifratgüclü maqnit sahələri elektron və pozitronların iştirakı ilə gedən proseslərə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Bu cür güclü sahələrdə maqnit sahəsi hesabına elektronun və ya pozitronun qazandığı enerji və maqnit sahəsi ilə elektronun və ya pozitronun spini arasındakı qarşılıqlı təsir enerjisi elektronun və ya pozitronun sükunət enerjisi tərtibində və ya ondan böyük olur. Ona görə də intensivliyinin qiyməti Şvinqer sahə intensivliyinin qiymətini aşan maqnit sahələrində sahə və spin effektlərini nəzərə almaq lazım gəlir. Kifayət qədər güclü və ifratgüclü maqnit sahələrinə maqnitləşmiş astrofiziki obyektlərdə və proseslərdə rast gəlinməsi [1-16], bu cür sahələrin ağır ionların toqquşması zamanı meydana çıxması [17-23], hətta  $\sim 10^{20} Qs$ -dan daha yüksək tərtibli kifayət qədər güclü və ifratgüclü maqnit sahələrinin mümkün varlığı [24-34] və o cümlədən, bu cür sahələrin kosmik obyektlərdə və hadisələrdə meydana çıxmasının istisna olunmaması [26-28, 31] yüksək enerjili elementar zərrəciklərin müxtəlif qarşılıqlı

təsir proseslərinin, o cümlədən elektron və pozitronların iştirakı ilə gedən neytrino (antineytrino) proseslərinin intensiv maqnit sahələrində tədqiq olunması üçün stimül yaradır.

Kosmik pozitronların və elektronların əsas mənbələrindən biri olmaq,  $\gamma$ -şüaların sıçrayışlı alışımasına təkan vermək baxımından

$$\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+ \quad (1)$$

reaksiyası üzrə baş verən neytrino və antineytrino cütlərinin elektron-pozitron cütlərinə annihilasiyası proseslərinin ifratgüclü maqnit sahələrində tədqiq olunması astrofiziki tətbiqlər baxımından xüsusi maraq kəsb edir. (1) reaksiyası üzrə gedən proseslər bir sıra müəlliflər tərəfindən [35-45] tədqiq olunmuşdur. Lakin həmin işlərdə maqnitləşmiş mühitdə neytrino-antineytrino cütlərinin elektron-pozitron cütlərinə annihilasiyası prosesləri nəticəsində elektronların və pozitronların hansı Landau səviyyəsində yarana bilməsinə və ya yarana bilməməsinə elektron və pozitronların spinləri və toqquşmanın həndəsəsi nəzərə alınmaqla kifayət qədər diqqət yetirilməmişdir. Təhlillər göstərir ki, maqnitləşmiş mühitdə neytrino və antineytrinolar sahə üzrə müxtəlif kombinasiyalarda qarşı-qarşıya hərəkət etdikdə (1) reaksiyası üzrə gedən proseslər hesabına elektronlar və pozitronlar eyni zamanda cüt şəklində ixtiyari aşağı Landau səviyyəsində doğula bilmir.

Bu işdə məqsəd maqnitləşmiş mühitdə neytrinolar maqnit sahəsinin intensivlik vektorunun əksi istiqamətində, antineytrinolar isə maqnit sahəsinin intensivlik vektoru istiqamətində hərəkət etdikdə neytrino-antineytrino cütlərinin elektron-pozitron cütlərinə annihilasiyası prosesləri nəticəsində elektronların və pozitronların spinləri nəzərə alınmaqla onların cüt şəklində doğula bilməsi mümkün olan aşağı və ən aşağı Landau səviyyələrini müəyyən etmək və alınan nəticələrin mümkün kosmik və astrofiziki tətbiqlərini göstərməkdir.

### **Neytrinolar maqnit sahəsinin əksi istiqamətində, antineytrinolar isə maqnit sahəsi istiqamətində hərəkət etdiyi halda proseslərin effektiv kəsiyi**

Maqnitləşmiş mühitdə neytrinolar maqnit sahəsinin əksi istiqamətində, antineytrinolar isə maqnit sahəsi istiqamətində hərəkət etdiyi halda neytrino-antineytrino cütlərinin elektron-pozitron cütlərinə annihilasiyası proseslərinin effektiv kəsiyi doğulan elektron və pozitronların spinlərinin eninə polyarlaşmaları halında aşağıdakı ifadə ilə verilir:

$$\sigma = \frac{G_F^2}{\pi} m_e^2 \frac{H}{H_0} \sum_{n,n'=0}^{\infty} \sum_i \frac{E_i E'_i}{|E_i p_{zi} - E'_i p'_{zi}|} (1 - f_{e^-}) (1 - f_{e^+}) I_{n,n'-1}^2(x). \quad (2)$$

Burada  $G_F$  - zəif qarşılıqlı təsirin Fermi sabiti,  $m_e$  - elektronun (pozitronun) kütləsi,  $H$  - maqnit sahəsinin intensivliyinin qiyməti,  $H_0 = m_e^2/e$  - Şvinqer sahə intensivliyi ( $\hbar = c = 1$  olan vahidlər sistemində),  $E_i (E'_i)$  və  $p_{zi} (p'_{zi})$ , uyğun olaraq, pozitronun (elektronun) enerjisi və impulsunun üçüncü kompo-

menti,  $f_{e^-}$  və  $f_{e^+}$ , uyğun olaraq, elektron və pozitron qazlarının Fermi-Dirak paylanma funksiyasıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, biz bu işdə (+---) siq-naturalı psevdoevklid metrikasından və  $\hbar = c = k_B = 1$  olan vahidlər siste-mindən istifadə edirik. Burada  $k_B$  - Bolsman sabitidir. (2) ifadəsinə daxil olan  $I_{n,n'-1}(x)$  funksiyası Lyaher funksiyasıdır. Ümumi halda, Lyaher funksiyası aşağıdakı düstur üzrə təyin olunur [46, 47]:

$$I_{m'}(x) = \left( \frac{n!}{n'} \right)^{1/2} e^{-x/2} x^{(n-n')/2} L_{n'}^{n-n'}(x). \quad (3)$$

Burada  $L_{n'}^{n-n'}(x)$  çoxhədlisi

$$x = \frac{\omega^2 \sin^2 \vartheta + \omega'^2 \sin^2 \vartheta' + 2\omega\omega' \sin \vartheta \sin \vartheta' \cos(\alpha - \alpha')}{2eH} \quad (4)$$

arqumentindən asılı olan Lyaher çoxhədlisidir [48]:

$$L_k^s(x) = \frac{1}{k!} e^x x^{-s} \frac{d^k}{dx^k} (e^{-x} x^{k+s}). \quad (5)$$

(4) ifadəsində  $\vartheta(\vartheta')$  və  $\alpha(\alpha')$ , uyğun olaraq, neytrinin (antineytrinin) impulsunun polyar və azimutal bucağı,  $\omega$  - neytrinin enerjisi,  $\omega'$  isə antineytrinin enerjisidir. (2) ifadəsinə daxil olan  $t_4$  spin əmsalı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$t_4 = \frac{1}{8} \left[ g_+(1 + \nu\nu') - g_-(1 - \nu^2)^{1/2} (1 - \nu'^2)^{1/2} \zeta\zeta' - 2g_\perp(\nu + \nu') \right] (1 - \zeta\beta)(1 + \zeta'\beta'). \quad (6)$$

Burada

$$\nu = \frac{p_z}{E}, \quad (7)$$

$$\nu' = \frac{p'_z}{E'}, \quad (8)$$

$$\beta = \frac{m_e}{\sqrt{E^2 - p_z^2}}, \quad (9)$$

$$\beta' = \frac{m_e}{\sqrt{E'^2 - p_z'^2}}, \quad (10)$$

$$E = \sqrt{m_e^2 + 2eHn + p_z^2}, \quad (11)$$

$$E' = \sqrt{m_e^2 + 2eHn' + p_z'^2}, \quad (12)$$

$$g_\pm = g_V^2 \pm g_A^2, \quad (13)$$

$$g_\perp = g_V g_A, \quad (14)$$

$\zeta$  və  $\zeta'$  - uyğun olaraq, pozitronun və elektronun spinlərinin sahə istiqamətində və ya onun əksi istiqamətində proyeksiyaları,  $g_V = -0,5 + 2\sin^2\theta_w$ ,  $g_A = -0,5$  ( $\nu_\mu\tilde{\nu}_\mu \rightarrow e^-e^+$  və  $\nu_\tau\tilde{\nu}_\tau \rightarrow e^-e^+$  prosesləri üçün),  $g_V = 0,5 + 2\sin^2\theta_w$ ,  $g_A = 0,5$  ( $\nu_e\tilde{\nu}_e \rightarrow e^-e^+$  prosesi üçün),  $\theta_w$  – Vaynberq bucağı,  $\sin^2\theta_w \sim 0,23$  [49].

Biz bu işdə elektronların və pozitronların əsas və aşağı Landau səviyyələrində doğulmasının mümkünlüyünü araşdırırıq və konkret olaraq,  $n$  və  $n'$  kvant ədədlərinin əsas və aşağı Landau səviyyələrinə uyğun gələn  $n, n' = 0, 1, 2, 3, 4$  qiymətlərinə baxırıq.  $n$  və  $n'$  kvant ədədlərinin  $n, n' = 0, 1, 2, 3, 4$  qiymətlərindən düzəldilmiş və elektronların və pozitronların müxtəlif Landau səviyyələrində yerləşdiyi hallara uyğun olan  $(n, n')$  şəklində aşağıdakı kombinasiyalar mümkündür: (0, 0), (0, 1), (0, 2), (0, 3), (0, 4), (1, 0), (1, 1), (1, 2), (1, 3), (1, 4), (2, 0), (2, 1), (2, 2), (2, 3), (2, 4), (3, 0), (3, 1), (3, 2), (3, 3), (3, 4) və s.

Qeyd etmək lazımdır ki, Lyaher funksiyasının indekslərindən biri və ya hər ikisi mənfi qiymət aldıqda Lyaher funksiyası sıfıra bərabər götürülür [47].  $n' = 0$  qiyməti üçün

$$I_{n, n'-1}^2 = I_{n, -1}^2 = 0 \quad (15)$$

olduğuna görə (2) düsturundan proseslərin effektiv kəsiyinin sıfıra bərabər olması alınır. Deməli, neytrinolar maqnit sahəsinin əksi istiqamətində, antineytrinolar isə maqnit sahəsi istiqamətində hərəkət etdiyi halda neytrino-antineytrino cütlərinin elektron-pozitron cütlərinə annihilyasiyası hesabına elektronların əsas Landau səviyyəsində doğulması qadağan olunub.

Elektronların və pozitronların müxtəlif Landau səviyyələrində yerləşdiyi hallara uyğun olan  $(n, n')$  şəklində müxtəlif kombinasiyalar üçün proseslərin qadağan olunması və ya olunmamasına dair nəticələr cədvəldə göstərilmişdir.

Cədvəl

**$n, n' = 0, 1, 2, 3, 4$  indekslərinin müxtəlif qiymətləri üçün proseslərin effektiv kəsiyi, baş kvant ədədinin dəyişməsi və proseslərin qadağan olunması və ya olunmaması**

$(n, n')$	$\Delta n = n - n'$	Proseslərin effektiv kəsiyi $\sigma$	Proseslərin qadağan olunması (-) və ya qadağan olunmaması (+)
(0, 0)	0	$\sigma = 0$	–
(0, 1)	–1	$\sigma = 0$	–
(0, 2)	–2	$\sigma = 0$	–
(0, 3)	–3	$\sigma = 0$	–
(0, 4)	–4	$\sigma = 0$	–
(1, 0)	+1	$\sigma = 0$	–

(1,1)	0	$\sigma = 0$	-
(1,2)	-1	$\sigma \neq 0$	+
(1,3)	-2	$\sigma = 0$	-
(1,4)	-3	$\sigma = 0$	-
(2,0)	+2	$\sigma = 0$	-
(2,1)	+1	$\sigma = 0$	-
(2,2)	0	$\sigma = 0$	-
(2,3)	-1	$\sigma \neq 0$	+
(2,4)	-2	$\sigma = 0$	-
(3,0)	+3	$\sigma = 0$	-
(3,1)	+2	$\sigma = 0$	-
(3,2)	+1	$\sigma = 0$	-
(3,3)	0	$\sigma = 0$	-
(3,4)	-1	$\sigma \neq 0$	+

(2) ifadəsinə daxil olan  $I_{n,n'-1}(x=0)$  funksiyası  $\Delta n = n - n'$  fərqlinin yalnız

$$\Delta n = -1 \quad (16)$$

şərtini ödəyən  $n$  və  $n'$  qiymətləri üçün sıfırdan fərqli olub vahidə bərabərdir:  $I_{n,n'-1}(x=0) = 1$ .  $\Delta n = -1$  olduqda proseslərin effektiv kəsiyi

$$\sigma(\mathcal{G} = \pi, \mathcal{G}' = 0, n, n' = n + 1) = \frac{G_F^2 m_e^2 H}{\pi H_0} \sum_{n, n'=n+1}^{\infty} \sum_i \frac{E_i E'_i}{|E'_i p_{zi} - E_i p'_{zi}|} (1 - f_{e^-})(1 - f_{e^+}) t_4. \quad (17)$$

olur.

$n$  və  $n'$  baş kvant ədədlərinin

$$\Delta n \neq -1 \quad (18)$$

qiymətləri üçün  $I_{n,n'-1}(x=0)$  funksiyası sıfıra bərabər olduğuna görə effektiv kəsik

$$\sigma(\mathcal{G} = \pi, \mathcal{G}' = 0, n, n' \neq n + 1) = 0 \quad (19)$$

olur və  $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$  prosesləri qadağan olunub.

Ümumi halda  $t_4$  əmsalının sıfırdan fərqli olmasına baxmayaraq, maraqlıdır ki, həmin əmsal pozitronlara və elektronlara uyğun gələn  $n = 0, n' = 1$ ;  $n = 1, n' = 2$ ;  $n = 2, n' = 3$  və s. hallardan yalnız  $n = 0, n' = 1$  halında sıfıra bərabərdir. Buna əmin olmaq üçün  $t_4$  əmsalının (6) düsturu ilə verilən ifadəsini birinci Landau səviyyəsində olan pozitronlar ( $n = 1$ ) və əsas Landau səviyyəsində olan elektronlar ( $n' = 0, \zeta' = -1, p'_z = 0$ ) üçün hesablamaq lazımdır. Belə ki, bu halda (12) düsturunu (10) ifadəsində nəzərə alsaq,  $\beta' = 1$

alınır və

$$t_4 \sim (1 + \zeta' \beta') = (1 + \zeta') \quad (20)$$

asılılığında  $(1 + \zeta')$  vuruğu elektronun əsas halında ( $\zeta' = -1$ ) sıfıra çevrildiyinə görə  $t_4 = 0$  və

$$\sigma(\mathcal{G} = \pi, \mathcal{G}' = 0, n = 0, n' = 1) = 0 \quad (21)$$

olur.

Deməli, neytrinolar maqnit sahəsinin əksi istiqamətində, antineytrinolar isə maqnit sahəsi istiqamətində hərəkət etdikdə  $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$  prosesləri hesabına pozitronların və elektronların doğula biləcəyi aşağı Landau səviyyələri aşağıdakılardır:  $n = 1, n' = 2$ ;  $n = 2, n' = 3$ ,  $n = 3, n' = 4$  və s. Başqa sözlə, neytrinolar maqnit sahəsinin əksi istiqamətində, antineytrinolar isə maqnit sahəsi istiqamətində hərəkət etdikdə  $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$  prosesləri hesabına pozitronların və elektronların doğula biləcəyi aşağı Landau səviyyələri üçün

$$n' = n + 1 \quad (22)$$

münasibəti və ya (16) ifadəsi ilə verilən seçmə qaydası ödənilir. Burada  $n' = 2, 3, \dots$  və  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Beləliklə, təhlillər göstərir ki, neytrinolar maqnit sahəsinin əksi istiqamətində, antineytrinolar isə maqnit sahəsi istiqamətində hərəkət etdikdə  $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$  proseslərinin hesabına pozitronların əsas Landau səviyyəsində, elektronların isə nə əsas, nə də birinci Landau səviyyəsində doğulması mümkün deyil. Bu halda pozitronların və elektronların eyni zamanda cüt şəkildə doğula biləcəyi ən aşağı səviyyələr belədir: pozitronların doğula biləcəyi ən aşağı səviyyə birinci Landau səviyyəsi, elektronların doğula biləcəyi ən aşağı səviyyə isə ikinci Landau səviyyəsidir. Pozitronlar birinci Landau səviyyəsində doğulduqda elektronların  $n' \geq 3$  qiymətlərinə uyğun aşağı Landau səviyyələrində doğulması qadağan olunubdur.

### Yekun

Neytrinolar maqnit sahəsinin əksi istiqamətində, antineytrinolar isə maqnit sahəsi istiqamətində hərəkət etdikdə  $\nu_i + \tilde{\nu}_i \rightarrow e^- + e^+$  proseslərinin hesabına eyni zamanda pozitronların əsas Landau səviyyəsində, elektronların isə nə əsas, nə də birinci Landau səviyyəsində doğulması mümkün deyil. Bu halda pozitronların və elektronların eyni zamanda cüt şəkildə doğula biləcəyi ən aşağı səviyyələr belədir: pozitronların doğula biləcəyi ən aşağı səviyyə birinci Landau səviyyəsi, elektronların doğula biləcəyi ən aşağı səviyyə isə ikinci Landau səviyyəsidir. Pozitronlar birinci Landau səviyyəsində doğulduqda elektronların  $n' \geq 3$  qiymətlərinə uyğun aşağı Landau səviyyələrində doğulması qadağan olunubdur.

### ƏDƏBİYYAT

1. Липунов В.М. Астрофизика нейтронных звезд. М.: Наука, 1987, 296 с.

2. Meszaros P. High-energy radiation from magnetized neutron stars, Chicago: University of Chicago Press, (1992).
3. Duncan R.C., Thompson C. *Astrophys. J. Lett.*, 392 (1992) L9-L13.
4. Thompson C., Duncan R.C. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 275 (1995) 255-300.
5. Kouveliotou C., Duncan R.C., Thompson C. *Scientific American*, 288, No2 (2003) 24-31.
6. Heyl J.S., Kulkarni S.R. *Astrophys. J.*, 506 (1998) L61-L64.
7. Manchester R.N., Hobbs G.B., Teoh A., Hobbs M. *Astron. J.*, 129 (2005) 1993-2006.
8. Bisnovatyi-Kogan G.S., Popov Yu.P., Samochin A.A.. *Astrophys. and Space Sciences*, 41 (1976) 287-320.
9. Bisnovatyi-Kogan G.S. Workshop on Frontier Objects in Astrophysics and Particle Physics (Vulcano Workshop, 23-28 May 1994), Vulcano, Italy, (1994) 443-449.
10. Bruenn S.W. *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 58 (1985) 771-841.
11. LeBlanc J., Wilson J.R. *Astrophys. J.*, 161 (1970) 541-551.
12. Mezzacappa A., Bruenn S.W. *Astrophys. J.*, 405 (1993) 669-684.
13. Rampp M., Janka H.T. *Astrophys. J.*, 539 (2000) L33-L36.
14. Usov V.V. *Nature (London)*, 357 (1992) 472-474.
15. Katz J.I. *Astrophys. J.*, 490 (1997) 633-641.
16. Ruderman M.A., Tao L., Kluzniak W. *Astrophys. J.*, 542 (2000) 243-250.
17. Skokov V., Illarionov A.Y., Toneev V. *Int. J. Mod. Phys. A*, 24 (2009) 5925.
18. Deng W. -T., Huang X. -G. *Phys. Rev. C*, 85 (2012) 044907.
19. Bzdak A., Skokov V. *Phys. Lett. B*, 710 (2012) 171-174.
20. Kharzeev D.E., McLerran L.D., Warringa H.J. *Nucl. Phys. A*, 803 (2008) 227-253.
21. Chernodub M.N. *Phys. Rev. D*, 82 (2010) 085011.
22. Chernodub M.N. *Phys. Rev. Lett.*, 106 (2011) 142003.
23. Chernodub M.N. *Lect. Notes Phys.*, 871 (2013) 143-180.
24. Bander M., Rubinstein H. *Phys. Lett. B*, 280 (1992) 121-123.
25. Bander M., Rubinstein H. *Phys. Lett. B*, 289 (1992) 385.
26. Witten E. *Nucl. Phys. B*, 249 (1985) 557.
27. Chudnovsky E.M., Field G.B., Spergel D.N., Vilenkin A. *Phys. Rev. D*, 34 (1986) 944.
28. Kawati S., Kokado A. *Phys. Rev. D*, 39 (1989) 3612.
29. Grasso D., Rubinstein H. *Phys. Report*, 348 (2001) 163.
30. Shabad A., Usov V. *Phys. Rev. Lett.*, 96 (2006) 180401.
31. Shabad A., Usov V. *Phys. Rev. D*, 73 (2006) 125021.
32. Shabad A., Usov V. *Phys. Rev. Lett.*, 98 (2007) 180403.
33. Shabad A., Usov V. *Phys. Rev. Lett.*, 99 (2007) 228902.
34. Chakrabarty S. et al. *Phys. Rev. Lett.*, 78 (1997) 2898.
35. Люлька В.А. *Ядерная физика*, 42 (1985) 1211-1219.
36. Berezinsky V.S., Prilutsky O.F. *Astron. and Astrophys.*, 175 (1987) 309-311.
37. Goodman J., Dar A., Nussinov Sh.. *Astrophys. J.*, 314 (1987) L7-L10.
38. Cooperstein J., L.J. van den Horn, E. Baron. *Astrophys. J.*, 321 (1987) L129-L132.
39. Blanco-Pillado J.J., Vazquez R.A., Zas E. e-print archive: astro-ph/ 9902266.
40. Salmonson J.D., Wilson J.R. *Astrophys. J.*, 517 (1999) 859-865.
41. Gusseinov V.A. *Academic Open Internet Journal*, 4 (2001)  
<http://www.acadjournal.com/2001/v4/part4/p1>.
42. S. J. Hardy, M. H. Thoma. *Phys. Rev. D*, 63 (2001) 025014.
43. Salmonson J.D., Wilson J.R. *Astrophys. J.*, 561 (2001) 950-956.
44. Berezinsky V.S. *Astrophys. and Space Sciences*, 309 (2007) 453-463.
45. M. Giller. *Journal of Phys. G: Nucl. and Part. Phys.*, 35 (2008) 023201.
46. Соколов А.А., Тернов И.М. *Релятивистский электрон*. М.: Наука, 1983, 304 с.
47. Каминкер А.Д., Яковлев Д.Г. *Теоретическая и математическая физика*, 49 (1981) 248-260.

48. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М: Физматгиз, 1962, 1100 с.  
49. Л. Б. Окунь. Лептоны и кварки. М.: Наука, 1990, 346 с.

**СЛУЧАИ РОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ И ПОЗИТРОНОВ ВЫШЕ ОСНОВНОГО  
УРОВНЯ ЛАНДАУ ПРИ АННИГИЛЯЦИИ НЕЙТРИНО-АНТИНЕЙТРИННЫХ  
ПАР В ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННЫЕ ПАРЫ В ЗАМАГНИЧЕННОЙ СРЕДЕ**

**Р.Э.ГАСИМОВА**

**РЕЗЮМЕ**

Определено, что при движении нейтрино против направления магнитного поля, а антинейтрино вдоль направления магнитного поля в сильно замагниченной среде, первый уровень Ландау является наинизшим уровнем, на котором могут рождаться позитроны и второй уровень Ландау является наинизшим уровнем, на котором одновременно могут рождаться электроны за счет аннигиляции нейтрино-антинейтринных пар в электрон-позитронные пары. Когда позитроны рождаются на первом уровне Ландау, рождение электронов на низких уровнях Ландау, соответствующих значениям  $n' \geq 3$  запрещено.

**Ключевые слова:** основной уровень Ландау, низкие уровни Ландау, магнитное поле, нейтрино-антинейтринная аннигиляция, электрон-позитронные пары

**CASES OF PRODUCTION OF ELECTRONS AND POSITRONS ABOVE GROUND  
LANDAU LEVEL IN ANNIHILATION OF NEUTRINO-ANTINEUTRINO PAIRS  
INTO ELECTRON-POSITRON PAIRS IN MAGNETIZED MEDIUM**

**R.E.GASIMOVA**

**SUMMARY**

It is determined that when neutrinos move opposite to the magnetic field direction and antineutrinos move along the magnetic field direction in a magnetized medium, the first Landau level is the lowest level for the positrons where they can be produced and in this case the second Landau level is the lowest level for the electrons where they can be produced simultaneously at the expense of the annihilation of the neutrino-antineutrino pairs into the electron-positron pairs. When the positrons are produced on the first Landau level, production of the electrons on the Landau levels related to the values  $n' \geq 3$  are excluded.

**Key words:** ground Landau level, low Landau levels, magnetic field, neutrino-antineutrino annihilation, electron-positron pairs

*Redaksiyaya daxil oldu: 24.11.2015-ci il  
Çapa imzalandı: 12.02.2016-cı il*