

УДК 537.312.625:35.317.1:539.213:530.1

АКТИВНЫЕ ФЕМТО И НАНООБЪЕКТЫ, СОЛНЕЧНЫЙ И МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ВЕТРЫ В АНИЗОТРОПНЫХ МОДЕЛЯХ

© 2020 г. В. С. Абрамов*

Донецкий физико-технический институт имени А.А. Галкина, Донецк, Украина

*E-mail: vsabramov2018@gmail.com

Поступила в редакцию 15.07.2020 г.

После доработки 10.08.2020 г.

Принята к публикации 26.08.2020 г.

Активные фемто и нанобъекты могут определять состав, структуру, поведение солнечного и межзвездного ветров (потоков различных частиц) вблизи Солнца, Земли и в межзвездном пространстве вблизи гелиопаузы. В рамках анизотропной модели выполнены оценки параметров, согласующиеся с данными экспериментов на космической обсерватории Planck, радиотелескопов UTR-2 и URAN-2, зондов Parker Solar Probe, Voyager 2 и Voyager 1.

DOI: 10.31857/S0367676520120030

ВВЕДЕНИЕ

Методы когерентной лазерной спектроскопии и современное развитие нанотехнологий дают возможность исследовать активные фемтообъекты (протоны, нейтроны, атомный и мюонный водороды, лептоны) во фрактальных квантовых системах. В [1–3] экспериментально получены оценки размеров радиуса протона в атомном и мюонном водородах. Активные фемтообъекты типа лептонов имеют аномалии магнитных свойств [4–8]. Для нейтрино наблюдается эффект осцилляций [5]. Для ускоренно расширяющейся Вселенной в [9] получены связи постоянной Хаббла (старое значение) с параметрами бозона Хиггса и реликтового излучения. Экспериментальные данные о затухании γ -лучей на межгалактическом фоне (полученные обсерваторией Planck на основе Fermi-LAT и Cherenkov telescopes) позволили определить новые значения постоянной Хаббла, плотности материи во Вселенной, которые объясняются взаимодействием γ -лучей с реликтовыми фотонами [10]. С другой стороны, экспериментальные данные о составе, структуре и поведении солнечного ветра (потоков различных частиц) вблизи Солнца [11–16], Земли [17] и в межзвездном пространстве вблизи гелиопаузы [18–22] должны быть связаны с новыми значениями постоянной Хаббла. В состав солнечного и межзвездного ветров могут входить специфические частицы, определяемые автором как активные нанобъекты [7] и фемтообъекты [8]. Целью работы является описание характеристик активных фемто и нанобъектов, солнечного и межзвездного ветров и гелиопаузы в анизотропных моделях.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛЬНОГО ФЕМТООБЪЕКТА

На основе результатов работ [7–9] вводим основные параметры ξ_{2p} , Ω_{A0} , r_p модельного фемтообъекта:

$$\xi_{2p} = \chi_0 / n'_F = 1 / (N'_p - N); \quad (1)$$

$$\Omega_{A0} = n_{A0} E_e / E_{H0}; \quad r_p = 2r_e / (z'_i n'_F),$$

которые связаны с известными параметрами квантовой электродинамики

$$r_e = e^2 / (m_e c_0^2); \quad \hbar c_0 = e e_{\alpha 0}; \quad e_{\alpha 0} = e \alpha_0; \quad (2)$$

$$\alpha_0 = \hbar c_0 / e^2; \quad E_e = m_e c_0^2 = e^2 / r_e;$$

$$r_{0p} = m_e r_e / m_p = e^2 / E_p; \quad E_p = m_p c_0^2 = e^2 / r_{0p};$$

$$\mu_B = e \hbar / 2m_e; \quad \mu_N = e \hbar / 2m_p.$$

Здесь $r_e = 2.81794092$ фм и $r_{0p} = 1.534698568$ ам, m_e и m_p , $E_e = 0.51099907$ МэВ и $E_p = 938.2723226$ МэВ – классические радиусы, массы покоя, энергии покоя для электрона и протона; c_0 – скорость света в вакууме; \hbar – постоянная Планка; e , $e_{\alpha 0}$ – заряд и перенормированный заряд электрона; α_0 – постоянная тонкой структуры; μ_B – магнетон Бора; μ_N – ядерный магнетон, $m_p / m_e = 1836.152701$.

Модельные фемтообъекты – это активные объекты с размерами порядка классического радиуса электрона r_e . Модельные аттообъекты (с размерами порядка классического радиуса протона r_{0p}) описывают внутреннюю структуру нуклонов (наличие ядра и скалярного, вектор-

ного облаков [4]). В нашей модели [7] параметры модельного фемтообъекта [8] связаны с энергией покоя бозона Хиггса E_{H0} , параметром n_{A0} для черных дыр, числом квантов n_F , n'_F фермионного ($n_F + n'_F = 1$) поля из анизотропной модели (учитывающей наличие поля Хиггса), космологическим красным смещением z'_u , эффективной восприимчивостью χ_0 в отсутствие поля Хиггса, эффективным числом N в модели сверхизлучения Дикке. Значения этих параметров равны: $E_{H0} = 125.03238$ ГэВ, $N_{A0} = 58.04663887$, $n_F = 0.945780069$, $n'_F = 0.054219931$, $z'_u = 7.18418108$, $\chi_0 = 0.257104198$, $N = 17.0073101$. Из (1) находим параметры модельного фемтообъекта $\xi_{2p} = 4.741876161$, $\Omega_{A0} = 237.232775 \cdot 10^{-6}$, $r_p = 0.829458098$ фм и $N'_p = 17.21819709$.

Для учета стохастического поведения модельного фемтообъекта введем случайную величину $\hat{\xi}_{rp}$ с двумя возможными значениями ξ_{1p} , ξ_{2p} и вероятностями P_{1p} , P_{2p} , математическим ожиданием $M(\hat{\xi}_{rp}) = 1$. На основе ξ_{2p} , Ω_{A0} из (1) находим P_{1p} , P_{2p} , возможное значение ξ_{1p} , дисперсию $D(\hat{\xi}_{rp})$, среднее квадратичное отклонение $\sigma(\hat{\xi}_{rp})$ по формулам

$$\begin{aligned} P_{1p} &= \xi_{2p}/(\xi_{2p} + \Omega_{A0}); \quad P_{2p} = \Omega_{A0}/(\xi_{2p} + \Omega_{A0}); \\ P_{1p} + P_{2p} &= 1; \quad \xi_{1p} = (1 - \xi_{2p}P_{2p})/P_{1p}; \quad (3) \\ D(\hat{\xi}_{rp}) &= (\xi_{2p} - \xi_{1p})^2 P_{1p}P_{2p}; \quad \sigma(\hat{\xi}_{rp}) = D^{1/2}(\hat{\xi}_{rp}). \end{aligned}$$

Значения этих параметров из (3) равны: $P_{1p} = 0.999949973$, $P_{2p} = 50.027 \cdot 10^{-6}$, $\xi_{1p} = 0.999812796$, $D(\hat{\xi}_{rp}) = 700.495 \cdot 10^{-6}$, $\sigma(\hat{\xi}_{rp}) = 0.026466865$.

Далее введем случайную величину $\hat{r}_p = r_p \hat{\xi}_{rp}$ с двумя возможными значениями r_p^* , r_e^* и вероятностями P_{1p} , P_{2p} . Выражения для r_p^* , r_e^* , математического ожидания $M(\hat{r}_p)$, дисперсии $D(\hat{r}_p)$, среднего квадратичного отклонения $\sigma(\hat{r}_p)$ имеют вид

$$\begin{aligned} r_p^* &= \xi_{1p}r_p; \quad r_e^* = \xi_{2p}r_p; \quad M(\hat{r}_p) = \\ &= r_p^*P_{1p} + r_e^*P_{2p} = r_p; \quad D(\hat{r}_p) = \\ &= (r_e^* - r_p^*)^2 P_{1p}P_{2p}; \quad \sigma(\hat{r}_p) = D^{1/2}(\hat{r}_p). \end{aligned} \quad (4)$$

На основе (4) находим значения: $r_p^* = 0.82930282$ фм, $r_e^* = 3.933187582$ фм, $D(\hat{r}_p) = 481.936 \cdot 10^{-6}$ (фм)², $\sigma(\hat{r}_p) = 0.021953046$ фм. Наше расчетное значение протонного радиуса r_p^* в атоме водорода

практически совпадает с новым экспериментальным значением 0.8293 фм, полученным методом 2S-4P спектроскопии (на основе квантовой интерференции) [2]. Оценки параметров получены в [8]: радиусы $r_p^* = 0.876931544$ фм и $r_{p\mu} = 0.841841587$ фм практически совпадают со значениями 0.8768 фм (the CODATA value) и 0.84184 фм (определенное на основе тонкого и сверхтонкого расщепления в рамках квантовой электродинамики) [1]; радиус $r_{pt}^* = 0.833520268$ фм практически совпадает со значением 0.8335 фм для мюонного водорода [2]; радиус $r_{dt} = 0.208842481$ фм находится вблизи среднего квадратичного радиуса распределения электрического заряда в ядре нуклонов равного 0.21 фм [4].

СОЛНЕЧНЫЙ И МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ВЕТРЫ

Солнце является источником солнечного ветра (потоков фотонов и различных частиц) [11]. Фотоны достигают Земли за 8 мин, а высокоэнергетические частицы приходят с запаздыванием на 100 мин [12]. Для оценки характерных расстояний и времен используем выражения

$$\begin{aligned} L'_{ES} &= L_{ES}/Q_{H0} = c_0 t'_{ES} = v_{H0} t'_{ES}; \\ n_{H0} &= Q_{H0}^2 = (1 + |S'_{01}|)^2 = v_{01}^2/v_{02}^2; \quad (5) \\ v_{H0}^2 &= c_0^2/n_{H0}. \end{aligned}$$

С учетом расстояния от Земли до Солнца $L_{ES} = 1$ аи = $1.495995288 \cdot 10^8$ км, скорости света в вакууме $c_0 = 2.99792458 \cdot 10^5$ км · с⁻¹ находим оценки показателя преломления среды $n_{H0} = 1.080646077$, расстояния $L'_{ES} = 0.961962759$ аи, скорости фотонов в среде $v_{H0} = 2.8838918 \cdot 10^5$ км · с⁻¹, времен прихода фотонов на Землю от Солнца в вакууме $t_{ES} = 480.0293392$ с и в среде $t'_{ES} = 499.0103147$ с.

Для оценки времени запаздывания t_{0m} частиц, приходящих на Землю от Солнца, используем выражения

$$\begin{aligned} 2t_{0m} &= \tau_{0\gamma} \ln N_{0m}; \quad \tau_{0\gamma} = \tau_{0\alpha}/n_{0\alpha}; \quad \tau_{0\alpha} = v_{0\alpha}^{-1}; \\ n_{0\alpha} &= 1.5 + |\xi_{0H}|^2; \quad \ln N_{0m} = 2n_{0\alpha} \ln N_{0\alpha}; \quad (6) \end{aligned}$$

$$Q_{H2} N_{0\alpha} = 0.5 + \Omega'_{cl} + n'_{F\tau}; \quad v_{0\alpha} = v_{H0}/N_{0\alpha}.$$

Выражения (6) получены в рамках теории сверхизлучения Дикке и описывают основные параметры $\tau_{0\gamma}$, t_{0m} импульса сверхизлучения в среде из состояния с числом частиц N_{0m} . На основе $N_{0\alpha} = 3.557716045 \cdot 10^5$, $v_{H0} = 50.182731$ Гц, $|\xi_{0H}|^2 = 0.181800122$, $Q_{H2} = 1/3$, $n'_{F\tau} = 0.049012111$

находим оценки частоты $\nu_{0\alpha} = 141.0532217$ мкГц, времени релаксации $\tau_{0\alpha} = 118.1587096$ мин, фрактального параметра $n_{0\alpha} = 1.681800122$, времени когерентной спонтанной релаксации $\tau_{0\gamma} = 70.25728449$ мин, эффективных чисел активных частиц $N_{0\alpha} = 2.331250869$ и $N_{0m} = 17.23047995$, времени задержки $t_{0m} = 100.01012$ мин.

Далее находим связи энергий покоя E_{0E} и E_{H0} , масс покоя M_E и m_{H0} , гравитационных радиусов Шварцшильда R_{GE} и R_{H0} для Земли и бозона Хиггса, соответственно, по формулам

$$\begin{aligned} E_{0E}/N_a E_{H0} &= M_E/N_a m_{H0} = R_{GE}/N_a R_{H0} = n_{0E}; \\ E_{H0} &= c_0^2 m_{H0}; \quad m_{H0} = c_0^2 R_{H0}/2GN_a; \\ R_{GE} &= A_G E_{0E}; \quad A_G = R_{H0}/E_{H0} = 2GN_a/c_0^4; \\ R_{GE} &= N_{GE} L_{ES} = n_{0E} N_a R_{H0}; \quad M_E = 5.977 \cdot 10^{27} \text{ г.} \end{aligned} \quad (7)$$

На основе (7) находим основные параметры теории $A_G = 0.960836162$ фм(эВ) $^{-1}$, $n_{0E} = 73.87419814$, $R_{GE} = 5.347530124 \cdot 10^{18}$ км, $N_{GE} = 3.574563481 \cdot 10^{10}$.

С учетом (5) в рамках анизотропной модели [7, 8] находим скорости ν_{hS} , ν'_{hS} , расстояния L_{hS} , L'_{hS} , время прихода сигнала от гелиопаузы до Земли t_{hS} из выражений

$$\begin{aligned} \nu'_{hS} &= Q_{H0} \nu_{hS} = |\chi_{ef}| \nu_{01}; \quad L_{hS} = N_{hS} L_{ES}; \\ L'_{hS} &= N'_{hS} L_{ES}; \quad L^*_{hS} = L_{hS}/Q_{H0}; \quad N'_{hS} = n_{H0} N_{hS}; \\ L_{hS}/R_{GE} &= \nu_{hS}^2/c_0^2; \quad L_{hS}/L_{ES} = t_{hS}/t_{ES}. \end{aligned} \quad (8)$$

На основе (5)–(8) и значения $|\chi_{ef}| = 0.250425279$ из [7, 8], находим оценки $\nu_{hS} = |\chi_{ef}| \nu_{02} = 17.63386481$ км \cdot с $^{-1}$; $N_{hS} = 123.6734916$; $N'_{hS} = 133.6472735$; $L_{hS} = 1.850149607 \cdot 10^{10}$ км; $t_{hS} = t_{ES} N_{hS} = 16.49080679$ ч. Скорость ν_{hS} близка к скорости $\nu_{V2} = 17.5$ км с $^{-1}$ зонда V2, расстояние

$L^*_{hS} = 118.9692932$ ау находится вблизи расстояния до границы гелиопаузы $L_{V2} = 119$ ау из [18]. Для описания переходной области вблизи границы гелиопаузы вводим моменты времени t_1 , t_2 , t_3 , расстояния L_1 , L_2 , L_3 . Далее находим временные интервалы t_{31} , t_{21} , t_{32} :

$$\begin{aligned} t_{31} &= t_3 - t_1 = 1/\nu_{31}; \quad \nu_{31} = (1 - \psi_{02}) \nu_{H0} S_{2u}/N_{0A}; \\ t_{21} &= t_2 - t_1 = t_{31} P'_\tau; \quad t_{32} = t_3 - t_2 = t_{31} P'_\tau; \\ P_\tau + P'_\tau &= 1; \quad P'_\tau = 1/(2 + S'_{03}). \end{aligned} \quad (9)$$

Используя параметры $\psi_{02} = 0.984494334$, $S'_{03} = 0.460458718$ из [7, 8], получим численные значения:

частоты $\nu_{31} = 0.072287263$ мкГц; вероятностей $P_\tau = 0.593571722$, $P'_\tau = 0.406428278$; интервалов $t_{31} = 160.1122188$ дней, $t_{21} = 95.03808539$ дней, $t_{32} = 65.07413336$ дней. Полученные значения t_{21} и t_{32} практически совпадают с временными интервалами 95 и 65 дней для переходной области вблизи границы гелиопаузы из (см. рис. 1а [18]). Расстояние L_3 для межзвездного пространства (при $L_3 > L_2$) определяем из выражений

$$L_3 = N_{L3} L_{ES}; \quad N_{L3} = (1 - \Omega_{hL} - S_{2u}) N_{hS}. \quad (10)$$

Используя параметры $\Omega_{hL} = 0.000118617$ из [7, 8], N_{hS} из (8), находим значение $N_{L3} = 119.5712542$ и оценку расстояния $L_3 = 119.5712542$ ау. Для оценки L_1 (внутри гелиосферы при $L_1 < L_2$) используем характерные расстояния $L_{\mu e}$, $L_{\mu\mu}$, $L_{\mu\tau}$ для e , μ , τ -лептонов, соответственно, определяемые выражениями

$$\begin{aligned} L_{\mu e} &= N_{\mu e} L_{ES}; \quad N_{\mu e} = n_{\mu e} N_{hS}; \\ n_{\mu e} &= (2 + \Omega_{\mu e}) - (1 + S_{1u}); \quad L_{\mu\mu} = N_{\mu\mu} L_{ES}; \\ N_{\mu\mu} &= n_{\mu\mu} N_{hS}; \quad n_{\mu\mu} = (2 + \Omega_{\mu\mu}) - (1 + S_{1u}); \\ L_{\mu\tau} &= N_{\mu\tau} L_{ES}; \quad N_{\mu\tau} = n_{\mu\tau} N_{hS}; \\ n_{\mu\tau} &= (2 + \Omega_{\mu\tau}) - (1 + S_{1u}). \end{aligned} \quad (11)$$

На основе (11), $\Omega_{\mu e}$, $\Omega_{\mu\mu}$, $\Omega_{\mu\tau}$ из [7, 8] находим оценки $L_{\mu e} = 118.1796344$ ау, $L_{\mu\mu} = 118.1811855$ ау, $L_{\mu\tau} = 118.1840014$ ау. Для поиска L_2 (как границы гелиопаузы) рассмотрим случайную величину \hat{L}_2 с двумя возможными значениями L_3 из (10), $L_1 = L_{\mu e}$ из (11) и вероятностями $P_{\psi 01}$, $P'_{\psi 01}$. Для математического ожидания $M(\hat{L}_2)$, дисперсии $D(\hat{L}_2)$, отклонения $\sigma(\hat{L}_2)$ имеем

$$\begin{aligned} M(\hat{L}_2) &= P_{\psi 01} L_3 + P'_{\psi 01} L_{\mu e} = L_2; \quad D(\hat{L}_2) = \\ &= (L_3 - L_{\mu e})^2 P_{\psi 01} P'_{\psi 01}; \quad \sigma(\hat{L}_2) = D^{1/2}(\hat{L}_2); \\ P_{\psi 01} + P'_{\psi 01} &= 1; \quad P'_{\psi 01} = \psi_{01}/(1 + S'_{03} + \psi_{01}); \\ \psi_{01} &= 1.015268884. \end{aligned} \quad (12)$$

Численные значения расстояния $L_2 = 119.0005661$ ау, пространственных интервалов $L_{32} = L_3 - L_2 = 0.57068813$ ау, $L_{21} = L_2 - L_{\mu e} = 0.8209317$ ау практически совпадают со значениями 119 ау, 0.57 ау, 0.82 ау из [18]. На основе (9), (12) находим средние значения скоростей ν_{21} (внутри гелиосферы),

v_{32} (за границей гелиопаузы), скачок скоростей δv_{21} (на границе гелиопаузы)

$$\begin{aligned} v_{21} &= L_{21}/t_{21} = L_{31}P_{\psi 01}/t_{31}P_{\tau}; \quad v_{32} = L_{32}/t_{32} = \\ &= L_{31}P'_{\psi 01}/t_{31}P'_{\tau}; \quad L_{31} = L_3 - L_1; \quad \delta v_{21} = \quad (13) \\ &= v_{32} - v_{21}; \quad v_{32}/v_{21} = \psi_{01} = \varepsilon_{01}/E_{H0} = v_{01}/v_{H0}. \end{aligned}$$

Численные значения равны: $v_{21} = 14.95635805 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$, $v_{32} = 15.18472495 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$, $\delta v_{21} = 228.366896 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Отметим, что вероятности $P_{\psi 01}$ и P_{τ} связаны между собой через условную вероятность $P_{\psi\tau}$, а отношение скоростей и скачок скоростей позволяют ввести вероятности P_{ψ} , P'_{ψ} выражениями типа

$$\begin{aligned} P_{\psi 01} &= P_{\tau}P_{\psi\tau}; \quad P_{\psi\tau} = (2 + S'_{03})/(1 + S'_{03} + \psi_{01}) = \\ &= 1/(1 + n_{01}); \quad P_{\psi} + P'_{\psi} = 1; \quad P_{\psi} = 1/\psi_{01} = \quad (14) \\ &= v_{21}/v_{32}; \quad P'_{\psi} = \delta v_{21}/v_{32}; \\ n_{01} &= (\psi_{01} - 1)/(2 + S'_{03}). \end{aligned}$$

Из (14) следует, что n_{01} является функцией двух аргументов ψ_{01} и S'_{03} . Если поле Хиггса отсутствует ($\psi_{01} = 1$), то из (14) получим: $n_{01} = 0$; $P_{\psi\tau} = 1$, $P_{\psi 01} = P_{\tau}$, $P_{\psi} = 1$, $P'_{\psi} = 0$; скачок скорости $\delta v_{21} = 0$ и $v_{21} = v_{32}$. Наличие поля Хиггса ($\psi_{01} \neq 1$) приводит к появлению скачка скоростей при пересечении границы гелиопаузы.

Анизотропная модель [7, 8] и выражения (1), (4) позволяют нам получить связи скоростей v_{32} , v_{21} с характерными скоростями $v_{\psi u}$, v_{eu} (активных нано и фемтообъектов, входящих в состав солнечного и межзвездного ветров) типа

$$\begin{aligned} v_{32} &= n'_F v_{\psi u} = \chi_0 v_{eu} = \psi_{01} v_{21}; \quad (15) \\ v_{\psi u} &= \xi_{2p} v_{eu}; \quad \xi_{2p} = r_e^*/r_p. \end{aligned}$$

На основе (15) находим оценки $v_{eu} = 59.04358906 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$, $v_{\psi u} = 279.9773874 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. Скорость солнечного ветра $v_{\psi u}$ связана с постоянными Хаббла H_{01} и H_{02} , H_0 , H_0^* , H'_0 , скоростями v_{01} и v_{02} , v_0 , v_0^* , v'_0 для моделей из [8] выражениями

$$\begin{aligned} 0.5v_{\psi u} &= 2v_{02} - v_{0A} = v_W - v_q - v_{0A}; \\ v_q &= v_{01} - v_{02} = v_W - 2v_{02}; \quad v_W = v_{01} + v_{02} = \quad (16) \\ &= v_0 \Omega_{IH} + v_{02} = v_0^* \Omega_{IH}^* + v_{02} = v'_0 \Omega'_{IH} + v_{02}; \\ v_{0A} &= c_0/N_{0A}, \end{aligned}$$

где скорости $v_{0A} = 0.84265426 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$, $v_W = 143.615674 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$, $v_q = 2.784326 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$.

Скорость v_{hS} из (8) связана с характерными скоростями реликтовых фотонов v_{ra} , v_{ra}^* и скоростями v_{02} , v_0^* , v_{0p} , v_W , v_{hp} выражениями типа

$$\begin{aligned} 2v_{hS}v_{ra} &= v_{ra}^*v_{02}; \quad v_{ra} = c_0/N_{ra}; \\ v_{ra}^* &= 2|\chi_{ef}|v_{ra}; \quad v_{ra}^*v_{0p} = v_{ra}v_0^*; \quad v_W^2 = v_{0p}^2 + \\ &+ v_{hp}^2; \quad v_{ra} = 287.90391 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}; \quad v_{ra}^* = \quad (17) \\ &= 144.19683 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}; \quad v_{0p} = 134.75963 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}; \\ v_{hp} &= 49.651828 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}. \end{aligned}$$

Данные, полученные зондом Wind (интервал изменения скоростей солнечного ветра 600–300 $\text{км} \cdot \text{с}^{-1}$ (см. Fig. 6 в [17]), на радиотелескопах УТР-2, УРАН-2 (см. рис. 5 в [17]) показали, что солнечный ветер на орбите и за орбитой Земли состоит из набора потоков частиц с различными скоростями и плотностями. Структура этих потоков зависит от времени, солнечной активности [11, 12]. Анализ межмодовых (внутримодовых) взаимодействий частиц различных потоков [17] был выполнен методом межпланетных мерцаний на основе поведения пространственных и временных корреляционных функций для интенсивности излучения. Значения скоростей $2v_{0p}$, $v_{\psi u}$ и v_{ra} близки к скоростям 270, 280 и 290 $\text{км} \cdot \text{с}^{-1}$ отдельных мод солнечного ветра из [17]. Детальный анализ многомодовой структуры солнечного ветра в нашей модели возможен на основе спектров типа $v_{\psi ux} = 2v_{\psi u}S_{xu}$ и $v_{rax} = 2v_{ra}S_{xu}$. Из (17) следует возможность интерпретации скоростей v_{0p} и v_{hp} как радиальной и поперечной компонент суммарной скорости v_W . Наличие поперечных компонент $\pm v_{hp}$ солнечного ветра вблизи Солнца подтверждают данные, собранные зондом Parker Solar Probe [13–16]. Поведение поперечной компоненты (см. рис. 2 в [14]) является стохастическим и изменяется в диапазоне от 50 до $-50 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. В [16] такое поведение медленного солнечного ветра связывают с наличием экваториальных корональных дыр на Солнце. Быстрый солнечный ветер со скоростями $2v_{0p}$ возникает вблизи полюсов Солнца.

В нашей модели возможно описание многомодовой структуры солнечного и межзвездного ветров при пересечении гелиопаузы на основе скоростей v_{eu} из (15), v_W из (16), v_{ra}^* из (17) и соответствующих им спектров скоростей. Данные (см. рис. 4d [19] и Fig. 2 [21]) подтверждают стохастическое поведение и изменение скорости частиц солнечного ветра при пересечении гелиопаузы от

150 до 100 км · с⁻¹. Сложное динамическое поведение компонент плазмы (рис. 3, 4 из [21]) со скоростями вблизи v_{eu} , $2v_{eu}$ внутри гелиосферы указывает на наличие граничного слоя вблизи гелиопаузы.

Для оценки характерных энергий ϵ_{0A} , E_{0A} , $\epsilon_{\lambda A}$, эффективной длины волны λ_A , эффективного числа N_{0n} частиц используем выражения типа

$$\begin{aligned} E_{H0}/\epsilon_{0A} &= E_{0A}/E_G = N_{0A}; \\ E_{H0}/E_{0A} &= \epsilon_{0A}/E_G = N_{0n}; \\ E_{H0}/E_G &= N_{HG} = N_{0n}N_{0A}; \\ \epsilon_{\lambda A}^2 &= \epsilon_{0A}E_{0A} = E_{H0}E_G; \quad \lambda_A = a_\lambda/\epsilon_{\lambda A}. \end{aligned} \quad (18)$$

С учетом $N_{0A} = 3.557716045 \cdot 10^5$, $N_{HG} = 1.031830522 \cdot 10^{16}$, a_λ из [7] находим оценки: $\epsilon_{0A} = 351.4400206$ кэВ, $E_{0A} = 4.311073329$ эВ, $\epsilon_{\lambda A} = 1.230887363$ кэВ, $\lambda_A = 1.007114093$ нм, $N_{0n} = 2.900261036 \cdot 10^{10}$. Наличие многомодовой структуры ветров, поля Хиггса приводит к замене $\epsilon_{\lambda A}$, λ_A на $\epsilon_{\lambda A}^*$, λ_A^* по формулам

$$\begin{aligned} \epsilon_{\lambda A}^* &= \Psi_{rc}\epsilon_{bb}; \quad \lambda_A^* = a_\lambda/\epsilon_{\lambda A}^* = 2R_{\lambda A}; \\ E_{\lambda A} &= R_{\lambda A}/A_G; \quad \epsilon_{bb} = \epsilon_{0A}(|S_{1u}| + S_{2u}); \\ \Psi_{rc} &= 2\Delta_{rc}/E_{0A} = (\epsilon_{01} - \epsilon_{02})S_{1u}/\epsilon_{02}S_{2u}. \end{aligned} \quad (19)$$

Численные значения параметров равны: $\epsilon_{bb} = 28.04240401$ кэВ, $\Psi_{rc} = 0.04420725$, $\Delta_{rc} = 95.29034744$ мэВ, $\epsilon_{\lambda A}^* = 1.239677565$ кэВ, $\lambda_A^* = 0.999972933$ нм, $E_{\lambda A} = 0.520365996$ МэВ. Энергия $E_{\lambda A}$ (для частиц внутри гелиосферы) связана с энергией $E_{\lambda L}$ (для частиц за гелиопаузой) выражениями типа

$$\begin{aligned} E_{\lambda A} &= (\Omega_{\tau L} + n_g\Omega_{0G})E_{\lambda L}; \quad \Omega_{0G}N_{0A} = \\ &= 1.5 + \Omega'_{c1} + n'_{F\tau}; \quad E_{rc}^2 = E_{0A}^2 - 4\Delta_{rc}^2; \quad (E'_{rc})^2 = \\ &= E_{0A}^2 + 4\Delta_{rc}^2, \quad \Omega_{0G} = 4.99501253 \cdot 10^{-6}; \\ E_{\lambda L} &= 213.07725 \text{ МэВ}; \quad E_{rc} = 4.3068587 \text{ эВ}; \\ E'_{rc} &= 4.3152838 \text{ эВ}; \quad n_g = 8. \end{aligned} \quad (20)$$

Полученные оценки энергий ϵ_{bb} , $E_{\lambda L}$ согласуются с энергиями 28 кэВ, 213 МэВ из [18], а энергия $E_{\lambda A}$ согласуется с энергией 0.5 МэВ из [20].

Магнитные характеристики частиц ветров имеют особенности поведения при пересечении гелиопаузы: наблюдается скачок магнитного поля с 0.42 до 0.68 нТ (Fig. 1a [19]); компоненты магнитного поля могут иметь различные знаки (рис. 3 [19]); наличие магнитного барьера (рис. 4a [19]); изменение направления компонент магнитного поля (рис. 6b, 6c [19]).

В нашей модели для оценки компонент магнитных полей $B_{y\beta x}$, $B_{y\beta x}^*$ используем частотные спектры типа

$$\begin{aligned} v_{y\beta x} &= \gamma_n B_{y\beta x}/2\pi = 2v_{y\beta} S'_{0x}; \quad v_{y\beta x}^* = \gamma_n B_{y\beta x}^*/2\pi = \\ &= 2v_{y\beta} S_{ux}; \quad y = 0, 1, 2; \quad v_{y\beta} = v_{0y}/N_{ra}; \\ B'_{2\beta 1} &= B_{2\beta 1}^*/(1.5 + n'_{zg} + S_{012}); \\ v_{00} &= v_{H0}; \quad v_{02} = \Psi_{02}v_{H0}. \end{aligned} \quad (21)$$

Здесь мы используем известное ядерное гиромангнитное отношение $\gamma_n/2\pi = 0.6535$ МГц/кЭ для дейтрона (²H) [4], $n'_{zg} = 0.114317037$ [7]. На основе (21) находим оценки: частоты $v_{2\beta 1}^* = 4.435348039$ мГц; скачка магнитных полей с $B'_{2\beta 1} = 0.419014654$ нТ до $B_{2\beta 1}^* = 0.678706662$ нТ при пересечении гелиопаузы. Численные значения отклонений полей типа $\delta B = B_{0\beta 1}^* - B_{0\beta 2} = 0.080401508$ нТ, $\delta B^* = B_{0\beta 1}^* - B_{0\beta 2}^* = 0.201919485$ нТ и $\delta B + \delta B^* = 0.282320993$ нТ (суммы отклонений) характерны для стохастического поведения магнитного поля от времени внутри гелиосферы и согласуются с литературными данными (рис. 6 [19]).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках анизотропной модели рассмотрены модельные фемтообъекты – активные объекты с размерами порядка классического радиуса электрона. Введены основные параметры модельного фемтообъекта, которые связаны с известными параметрами из квантовой электродинамики и бозоном Хиггса. Показано, что активные фемто и нанообъекты могут определять состав, структуру, поведение солнечного и межзвездного ветров (потоков различных частиц) вблизи Солнца, Земли и в межзвездном пространстве (вблизи гелиопаузы). Оценки радиуса протона, погрешностей измерений (на примере атома водорода) согласуются с экспериментальными данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pohl R., Antognini A., Nez F. et al. // Nature. 2010. V. 466. P. 213.
2. Beyer A., Maisenbacher L., Matveev A. et al. // Science. 2017. V. 358. P. 79.
3. Bernauer J.C. // EPJ Web Conf. 2020. V. 234. Art. № 01001.
4. Вонсовский С.В. Магнетизм микрочастиц. Москва: Наука, 1973.
5. Agafonova N., Alexandrov A., Anokhina A. et al. // Phys. Rev. Lett. 2018. V. 120. P. 1.
6. Barnett R.M., Carone C.D., Groom D.E. et al. // Phys. Rev. D. 1996. V. 54. № 1. P. 1.

7. *Абрамов В.С.* // Изв. РАН. Сер. физ. 2020. Т. 84. № 3. С. 371; *Abramov V.S.* // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2020. V. 84. № 3. P. 284.
8. *Абрамов В.С.* // Вестн. Донецк. ун-та. Сер. А. 2020. № 1. С. 35.
9. *Abramov V.S.* // CMSIM J. 2017. № 4. P. 441.
10. *Domínguez A., Wojtak R., Finke J. et al.* // Astrophys. J. 2019. V. 885. № 2. P. 137.
11. *Шукина Н.* // Вселенная, пространство, время. 2016. № 8(145). С. 4.
12. *Шукина Н.* // Вселенная, пространство, время. 2016. № 9(146). С. 16.
13. *McComas D.J., Christian E.R., Cohen C.M. et al.* // Nature. 2019. V. 576. P. 223.
14. *Kasper J.C., Bale S.D., Belcher J.W. et al.* // Nature. 2019. V. 576. P. 228.
15. *Howard R.A., Vourlidas A., Bothmer V. et al.* // Nature. 2019. V. 576. P. 232.
16. *Bale S.D., Badman S.T., Bonnell J.W. et al.* // Nature. 2019. V. 576. P. 237.
17. *Kalinichenko N.N., Olyak M.R., Konovalenko A.A. et al.* // Kinemat. Phys. Celest. Bodies. 2019. V. 35. № 1. P. 27.
18. *Krimigis S., Decker R., Roelof E. et al.* // Nat. Astron. 2019. № 3. P. 997.
19. *Burlaga L., Ness N., Berdichevsky D. et al.* // Nat. Astron. 2019. № 3. P. 1007.
20. *Stone E., Cummings A., Heikkila B. et al.* // Nat. Astron. 2019. № 3. P. 1013.
21. *Richardson J.D., Belcher J.W., Garcia-Galindo P. et al.* // Nat. Astron. 2019. № 3. P. 1019.
22. *Gurnett D.A., Kurth W.S.* // Nat. Astron. 2019. № 3. P. 1024.