

ОТЗЫВ

официального оппонента к.ф.-м.н. Крайнева М. Б.

на диссертацию Годенко Егора Алексеевича

“Особенности распределения межзвёздных пылевых частиц в гелиосфере”,

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.1 – Физика космоса, астрономия и 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация Годенко Е. А. посвящена расчёту распределения межзвёздной пыли в гелиосфере, обсуждению ожидаемых особенностей этого распределения и проявления в нём как гелиосферных пространственных и временных явлений, так и характеристик прилегающей к гелиосфере локальной межзвёздной среды.

Диссертационная работа содержит Введение, четыре главы и заключение, а также четыре приложения (А, Б, В, Г). Полный объём работы составляет 172 страницы и включает 59 рисунков. В списке литературы – 81 библиографическая ссылка, включая 9 работ соискателя,

Во Введении содержится постановка задачи, дан обзор предшествовавших работ по теме и обсуждается структура диссертации.

В первой главе формулируется модель электромагнитных полей в гелиосфере и их влияния на межзвёздную пыль, а также изложены подходы к моделированию её распределения, используемые в следующих главах.

Вторая глава посвящена рассмотрению распределения пыли при учёте процессов только внутри гелиосферы, без учёта влияния межзвёздной среды и области её взаимодействия с гелиосферой.

В третьей главе подробно рассмотрен процесс образования на пылинках электрического заряда и его эволюция при пересечении ударного слоя и внутри гелиосферы.

Наконец, в четвёртой главе распределение пыли рассчитывается с учётом эффектов как в гелиосфере, так и вне её в рамках хорошо известной глобальной модели гелиосферы, разрабатываемой в течение многих лет в группе МГУ и Института проблем механики РАН.

В приложениях приводится подробный вывод, обсуждение и иллюстрация некоторых используемых в основных главах выражений и эффектов.

К важнейшим результатам, полученным диссертантом, я бы отнёс исследование релаксация заряда до равновесных значений при вхождении в гелиосферу в зависимости от размера частиц, а также демонстрацию чувствительности деталей распределения пыли в глубине гелиосферы к характеристикам локальной межзвёздной среды.

Отмечу некоторые замечания к диссертации.

1. Сформулированная в первой главе модель гелиосферного магнитного поля основана на важном предположении, существенном для целей диссертации, но противоречащем распространённым представлениям: «Внутри гелиосферной ударной волны солнечный ветер полагается сферически-симметричным» (стр. 25). Хорошо известно, что в периоды средней и низкой активности Солнца скорость солнечного ветра сильно (примерно в два раза) изменяется в пространстве, причём закономерно – в основании гелиосферы скорость СВ растёт с удалением от гелиосферного токового слоя. В результате вокруг токового слоя возникает долготный градиент

скорости, приводящий к взаимодействию разноскоростных потоков, что, в свою очередь, может сильно изменять форму токового слоя, распределение компонент магнитного поля по широте и долготе и т. д.

2. В этой же первой главе неверно сформулировано распределение полярности магнитных полей в короне (т.е. между фотосферой и гелиосферой): «... внутри сферы радиуса $r = R_0 = 3R_S$, где $R_S \approx 0.0047$ а.е. – радиус Солнца, области с положительной и отрицательной полярностью разделены на две равные части некоторой плоскостью» (стр. 28) – и далее в первой главе эта сфера представляется источником сферически симметричного СВ со скоростью 450 км/с (т. е. сверхзвукового и сверхальфвеновского). Но примерно на этом расстоянии ($R_0 = 3R_S$) скорость становится сверхзвуковой, но не сверхальфвеновской, какой она становится на примерно $r = R_1 = (20 - 25) R_S \approx 0.1$ а. е., где и начинается собственно гелиосфера. В слое $R_S < r < R_0$ предполагается потенциальное магнитное поле (т.е. отсутствие токов), а в слое $R_0 < r < R_1$ вращение короны считается твёрдотельным и токовый слой примерно сохраняет плоскую форму. Поэтому это расстояние (R_1) и должно фигурировать в модели в роли параметра внутренней границы гелиосферы. Но в диссертации в качестве этого параметра значится ($R_0 = 3R_S$), и он входит в выражения для сил и траекторий частиц (например, (1.16)).

3. В диссертации сравнительно мало внимания уделено результатам существующих наблюдения межзвёздной пыли в гелиосфере, например, на космическом аппарате Ulysses. Понятно, что в задачи, рассматриваемые в диссертации, сопоставление результатов расчётов распределения пыли с результатами наблюдений не входит. Однако, тогда и утверждать, что, например, «обнаружены области накопления межзвездной пыли» (стр. 10 и аналогично во других местах диссертации), надо с осторожностью. Недаром

достоверность полученных в диссертации результатов обосновывается близостью результатов расчётов с применением разных моделей, а не сравнением с наблюдениями.

Кроме того, можно отметить некоторые менее принципиальные замечания.

- 1) В формулах для силы (1.2), (1.3), (1.5), (1.6), (1.10) – сила разделена на массу, т. е. это ускорение, а не сила (и это видно из выражения для обезразмеривания F (1.12)!)
- 2) В выражении (1.3) « $\sigma_d = 4\pi a^2$ – геометрическое сечение пылинки» – это площадь сферы, не сечения.
- 3) B_E – в (1.9) – «индукция магнитного поля на орбите Земли». В действительности это модуль радиальной компоненты индукции. Кроме того, B_E в (1.9) предполагается одинаковым (по модулю) на всех широтах и долготах и на всех фазах солнечного цикла. Но в реальности он тоже зависит от фазы СЦ (увеличивается примерно в 1.5-2 раза от минимума к максимуму) и, вероятно, с расстоянием становится сильно неоднородной по широте и долготе.
- 4) В главе 3 процессы прилипания, электронной эмиссии и т. д. описываются с помощью токов (3.1, 3.5, 3.6), понимая под этим скорость изменения заряда пылинки во времени. Возможно, этот термин употребляется в соответствующей области физики, но это не обычный ток, характеризующий направленное движение заряженных частиц.

Однако сформулированные замечания не уменьшают важности полученных в диссертации результатов.

Диссертация Е. А. Годенко является законченным исследованием. Результаты диссертации опубликованы в российских и зарубежных журналах,

индексируемых в международных системах цитирования, докладывались на российских и международных конференциях.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

По объему и качеству выполненной работы, актуальности и новизне результатов диссертация соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям по специальностям 1.3.1 – Физика космоса, астрономия и 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы, а диссертант - Годенко Егор Алексеевич - несомненно достоин присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт имени П. Н. Лебедева (ФИАН)

Крайнев Михаил Борисович



Подпись Крайнева М. Б. заверяю:

Учёный секретарь ФИАН им. П. Н. Лебедева

28 апреля 2025 г.



Колобов А.В.

Контактные данные: тел. +7 (903) 265-10-22, e-mail: mkrainev46@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация: 01.04.16 – “Физика атомного ядра и элементарных частиц”

Адрес места работы: 119991, г. Москва, ул. Ленинский проспект, д. 53