

КОНТАКТНЕ ДИНАМО ЯК ГЕНЕРАТОР КОГЕРЕНТНИХ КОСМІЧНИХ ФОРМ РУХУ ТА ДЖЕРЕЛО ПЛАНЕТАРНОГО, СОНЯЧНОГО І ГАЛАКТИЧНОГО МАГНЕТИЗМУ. ЧАСТИНА I

На основі аналізу сучасних гео- та геліосейсмологічних даних, а також отриманих розрахункових і експериментальних результатів, запропонований новий механізм генерації гравітаційно-акустичних та магнітних збурень поля руху космічних систем, центральні ядра яких складаються з двох частин, що здійснюють динамічну контактну взаємодію в процесі диференційного обертання. Джерелом енергії такого обертання є гравітаційне стиснення, що забезпечує твердотільний стан металізованої водневої плазми в ядрах зірок та галактик, а також шарів нейтрального водню в ядрах планет, зокрема, шарів водню, осаджених на контактному розриві внутрішнього твердого ядра Землі. Переходи водню з металічного в діелектричний стан на етапах релаксації контактної тиску, які супроводжуються значним енерговиділенням підтримують диференційне обертання складених ядер. Розрахований спектр низькочастотних гравітаційних хвиль, що генеруються контактом у сонячному ядрі, та завузлюють космічне поле руху астероїдів у Головному поясі, сімействі Хільди, троянських астероїдів Юпітера, та у поясі Койпера Сонячної системи. Саме ці хвилі обумовлюють всі основні цикли сонячної активності і, зокрема, 500-600-літній цикл, пов'язаний з мінімумом Маундера. Обґрунтована альтернативна до відомих теорій гідромагнітного динамо концепція контактної динамо – як джерела планетарного, сонячного і галактичного магнетизму.

Ключові слова: контактне динамо, когерентність, космічне поле руху, гравітаційні хвилі, сонячна активність, металічний водень, ядро, контактний розрив, магнетизм

YU. P. ZASPA

Khmelnytsky National University

CONTACT DYNAMO AS THE GENERATOR OF COHERENT SPACE FORMS OF MOTION AND THE SOURCE OF PLANETARY, SOLAR AND GALACTIC MAGNETISM. PART I

On the basis of modern geo- and helioseismic data analysis and also the computational and experimental results which were received, the new mechanism of generation of the gravity-acoustic and magnetic perturbations of the motion field of the space systems is proposed, the central cores of which consist of two parts, that are performing the dynamic contact interaction during the process of differential rotation. The source of energy of such rotation is the gravitational compression which provides the solid state of the metallized hydrogen plasma in the stellar cores and galactic cores, as well as the neutral hydrogen layers of planets, in particular, layers of hydrogen deposited on the discontinuity of the interior solid core of the Earth. The hydrogen transitions from metal into dielectric state at the stages of relaxation of contact pressure, accompanied by the strong release of energy, support the differential rotation of the compound cores. The calculated range of the low-frequency gravitational waves that are generated by the contacts in the solar core, and are knotting the cosmic field movement in the Main asteroid belt, the family of Hilda, Trojan asteroids of Jupiter and the Kuiper belt in the Solar system. Exactly these waves cause all the major cycles of the solar activity and in particular the 500-600-year old cycle that is associated with the Maunder Minimum. The well substantiated alternative of the well-known theories of the hydromagnetic dynamo the contact dynamo concept - as the source of planetary, solar and galactic magnetism.

Keywords: contact dynamo, coherence, cosmic field movement, gravitational waves, solar activity, metallic hydrogen, core, contact discontinuity, magnetism

Вступ

Динаміка нестационарної контактної взаємодії деформованих твердих тіл все ще залишається одним із “темних кутків” сучасної фізики. Неголономність в’язей не дозволяє прямо застосовувати тут розвинутий математичний апарат теоретичної механіки твердого тіла [1], а наявність контактної розриву – методи механіки суцільного середовища [2]. Практично всі спеціальні контактні задачі вирішені в квазістатичній, або ж кінематичній постановці – з нехтуванням інерційних членів у рівняннях руху [3]. Чисельні методи фізичної мезомеханіки (рухливих клітинних автоматів, скінчених елементів та ін.) [4] хоч і поєднують моделювання контактної взаємодії на різних масштабних рівнях, все ж використовують апріорно задані макроруху без врахування важливих зворотних зв’язків у динамічній системі, що змінюють граничні умови задачі.

Однак, лишень в таких “темних кутках” і лежать ключі від найбільших таємниць, ілюзій та міфів сучасної фізики. Серед останніх слід відзначити гідромагнітне динамо як джерело планетарного, сонячного і галактичного магнетизму [5-10], уявлення про газоподібний (або ж рідкий) плазмовий стан ядра Сонця та інших зірок головної послідовності на діаграмі Герцшпрунга – Рессела [10], твердження про відносність інерції та відсутність постульованої Ньютоном абсолютної інерційної системи відліку, які в поєднанні з презумпцією однорідності та ізотропності Всесвіту є основою загальної теорії відносності Ейнштейна [11] та класичних Фрідманових, а також сучасних стандартних космологічних моделей [11-12].

Якщо космологічні моделі становлять скоріше загальноприродничий інтерес, то питання земного і сонячного магнетизму, сонячної активності мають “архіважливе” практичне значення. Запропонована майже століття тому Дж. Лармором [10] ідея гідромагнітного динамо – генерації великомасштабного магнітного поля конвективними рухами плазми – старанно культивується і в наші дні. Наприклад, в нещодавно

опублікованому огляді з питань сонячного динамо [8] налічується біля трьохсот посилань на роботи з цієї теми. Гідромагнітне динамо вважається єдиним реальним механізмом магнетизму Землі [5-10], незважаючи на відсутність будь-яких доказів його існування та труднощі відповідних кінематичних несамоузгоджених моделей [5-9], які за свою більш як півстолітню історію так і не змогли пояснити характер варіацій магнітного поля Землі і Сонця, а також, власне, саму сонячну активність.

Блукання у тому ж таки “темному кутку” контактної трибодинаміки з ідеєю когерентності (взаємопов’язаності) процесів у динамічній системі [13-16] несподівано виявило різочу подібність експериментальних акустограм контактної взаємодії у звичайних технічних системах [16] з часовими рядами, що характеризують варіації сонячної активності в динамічній системі зовсім іншого масштабу. Ця несподіванка виявилась неабияким стимулом для пошуку того ж таки контакту деформівних твердих тіл в умовах Сонця, який міг би забезпечити широкий спектр варіацій його активності. Перша частина результатів такого пошуку наводиться в даній роботі.

Гідродинамічне та топологічне описання твердотільних контактних систем

Успіхи теоретичної механіки твердого тіла, як уже відзначалось, обмежуються голономними системами, до яких, на жаль, реальні контактні системи не відносяться. Аналогічно, можливості сучасної контактної механіки деформівних твердотільних тіл обмежені квазістатикою та кінематикою розрахункових схем, що практично виключає їх з розгляду динамічних задач, де інерційні складові в рівняннях руху є невід’ємними. В результаті навіть “елементарне” кочення кульки підшипника похилою площиною не описується ні теоретичною механікою твердого тіла, ні сучасною контактною механікою деформівних твердих тіл [13-15].

Для подолання цих труднощів потрібно знаходити і розвивати альтернативні підходи. Несподіване проявлення універсальних спектрів гідродинамічної турбулентності в акустограмах контактної взаємодії деформівних твердих тіл [16] дає надію на успіх у парадоксальному, з першого погляду, застосуванні гідродинамічних методів в твердотільних системах. Ці методи, як відомо, базуються на тих же законах Ньютона, однак записаних для фізично малих об’ємів середовища. Це дозволяє використати тут апарат теорії поля (швидкостей, завихреності, напружень та ін.) вже без нехтування інерційними складовими в рівняннях руху. Суттєвою особливістю сучасних методів теорії поля є їх топологічна спрямованість, що явно проступає, наприклад, в задачах згаданого вище гідромагнітного динамо [7, 17, 18]. Питання, пов’язані з контактною генерацією магнітного поля в космічних системах будуть розглянуті в другій та третій частинах даної роботи. Однак, почати варто з найбільш інтригуючої загадки фізики Сонця – сонячної активності, а у вужчому розумінні – сонячної циклічності, яка не має адекватного пояснення до цього часу, хоча документально ретельно засвідчена ще з часів Маундера [19]. Як буде показано нижче, всі відомі цикли сонячної активності можуть бути дешифровані, виходячи з попереднього аналізу “звичайного” контактного руху монетки або ж обручки площиною стола. Однак, цей рух виявляється рівно настільки ж складним, як і рух астероїдів у Головному поясі та поясі Койпера, або ж астероїдів сімейства Хільди та троянців Юпітера. Космічне поле руху цих астероїдів є повним аналогом поля швидкостей та завихреності руху монетки, чи обручки, а характерні частоти обох полів розраховуються за спільними формулами гідродинаміки для поверхневих та внутрішніх гравітаційних хвиль. Різниця полягає лише в контактах: в умовах Сонця головний контакт (контакти) знаходиться на границі внутрішнього та зовнішнього твердотільних ядер, в той час, як у земному випадку він у буквальному розумінні слова лежить у нас на столі. Було б недоречно в цих умовах не дослухатись до контактного “дзвону монети”.

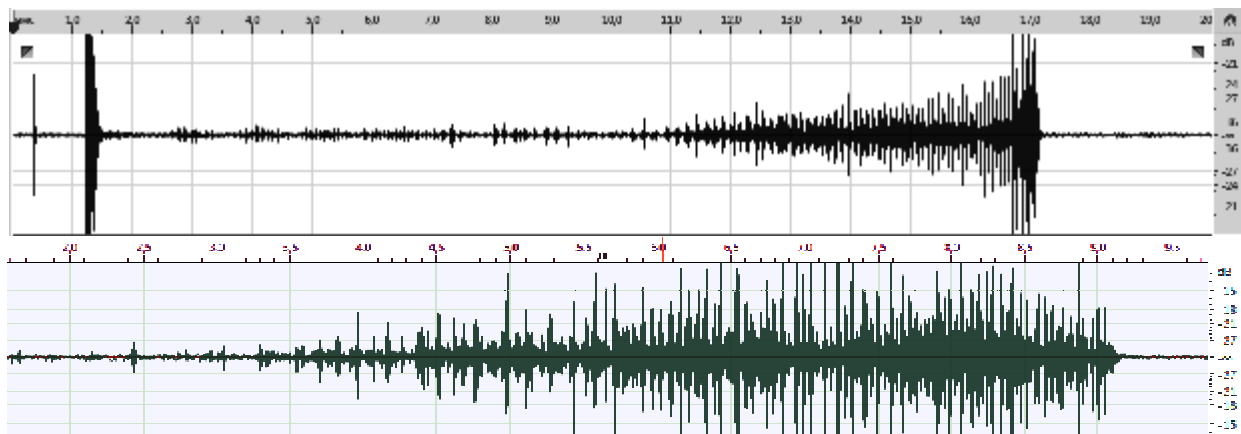


Рис. 1. Загальні акустограми руху металевого кільця (а) та дзеркального диску (б) полірованою площиною дзеркала (а) та шліфованою площиною стола (б).

На рисунках 1-2 показані різномасштабні акустограми руху металевого кільця (обручки) зовнішнім діаметром 23 мм та дзеркального диску діаметром 71 мм, запущених “з ребра” полірованою площиною дзеркала (рис. 1а) та шліфованою площиною гетинаксового стола (рис. 1б, рис.2). Видно, що поле руху містить численні когерентні складові, згруповані в різних масштабах часу. Основний найбільш виражений

масштаб (рис. 1) є аналогом відомого майже 11- літнього періоду в циклах сонячної активності (рис. 3-4). Рух ротора умовно розбивається на два етапи. На першому етапі внаслідок епізодичної втрати рівноваги вертіння генеруються вихор-хвильові збурення поля швидкостей руху та відповідного поля контактних напружень, відображеного в сигналі акустичної емісії. Перехід від рівноважного кінематичного вертіння до невірноваженого динамічного здійснюється в класичних канолах переміжності гідродинамічної турбулентності (рис. 1, рис. 2а,б). Високочастотні збурення на першому етапі автомодулюються низькочастотним сигналом з періодом порядку секунди (рис. 1а), що виникає, як неважко помітити, внаслідок спірального завузленого руху ротора площиною стола.

На другому етапі здійснюється перехід до переважно горизонтального (похилого) положення площини ротора. Останній здійснює складний рух у вигляді одночасного кочення, вертіння, прецесії та високочастотних стрибків. На завершальній стадії руху кочення практично зупиняється (що видно по рисунку на монеті), а прецесія та стрибки у випадку кільця – наростають (рис. 1а). У результаті накладання великої сукупності мод руху формується загальна хмара поля швидкостей руху ротора, яку слід розглядати саме в гідродинамічному аспекті – як збурений шар рідини між дном (площиною контакту) та поверхнею на рівні центра мас ротора. Форми руху в такій моделі визначаються відомими гравітаційно-акустичними хвилями в рідині [20], причому найбільші за часовим масштабом збурення відносяться до низькочастотних гравітаційних мод. Саме вони модулюють високочастотну переважно акустичну складову, яка є основою сигналу акустичної емісії (рис. 2).

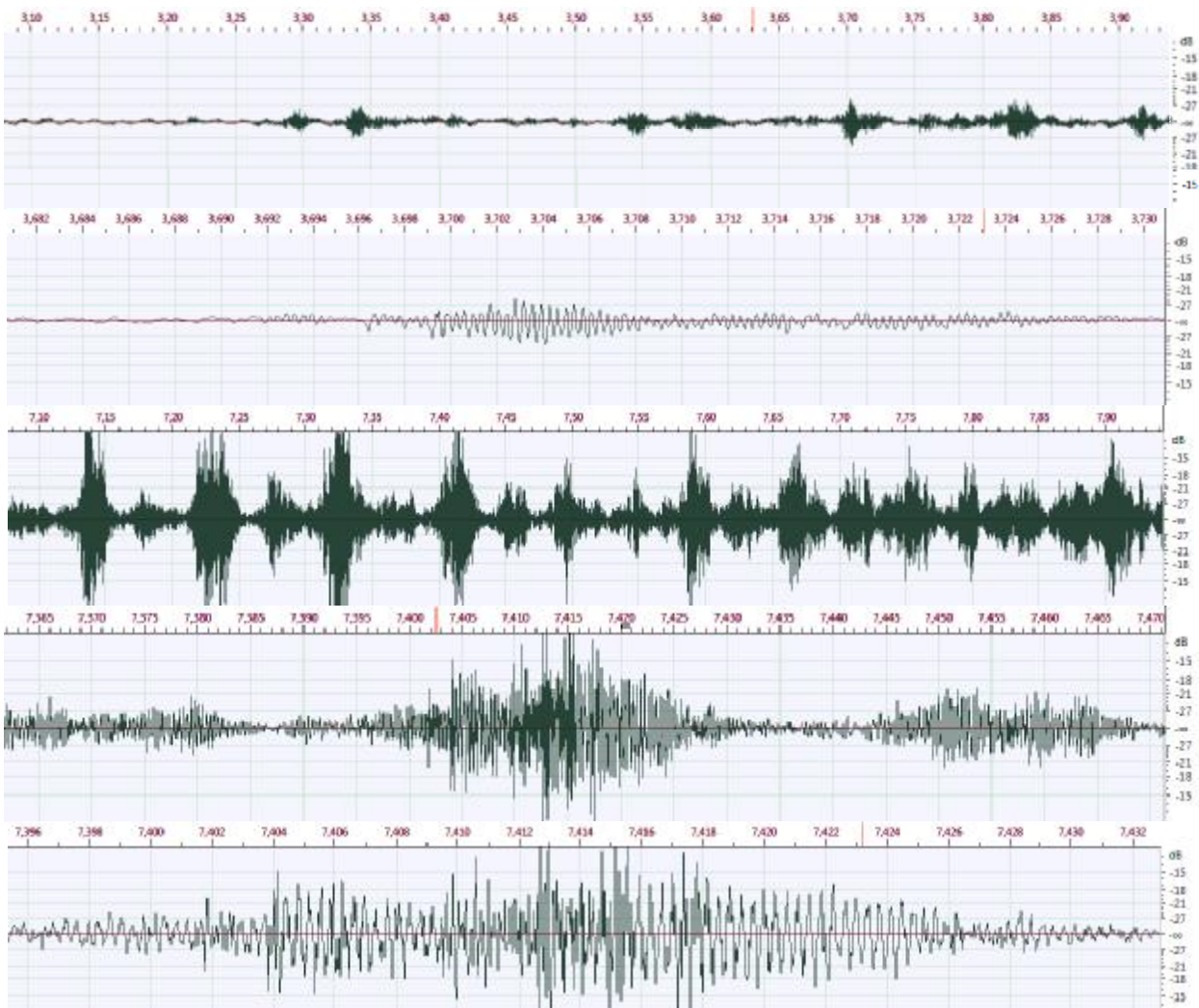


Рис.2. Різномасштабні акустограми руху дзеркального диску, які відповідають загальній акустограмі, показаній на рисунку 1б.

На рисунках 5-7 показані аналогічні хмари поля руху, сформовані астероїдами навколо Сонця. Спеціально слід зауважити, що твердотільність технічних та нетвердотільність космічних роторів становить тут скоріше психологічну, ніж фізичну різницю. Спостерігаючи “в профіль” за рухом монетки, або ж обручки, площиною стола, при бажанні можливо побачити той же рух астероїдів навколо Сонця, або ж рух зірок у галактичному диску.

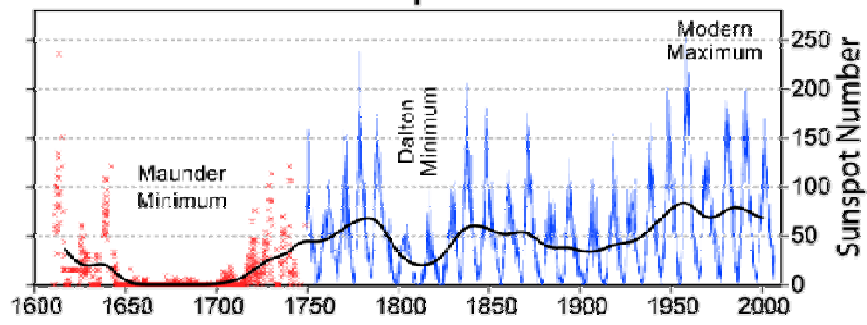


Рис.3. 400-літня історія числа сонячних плям [36]

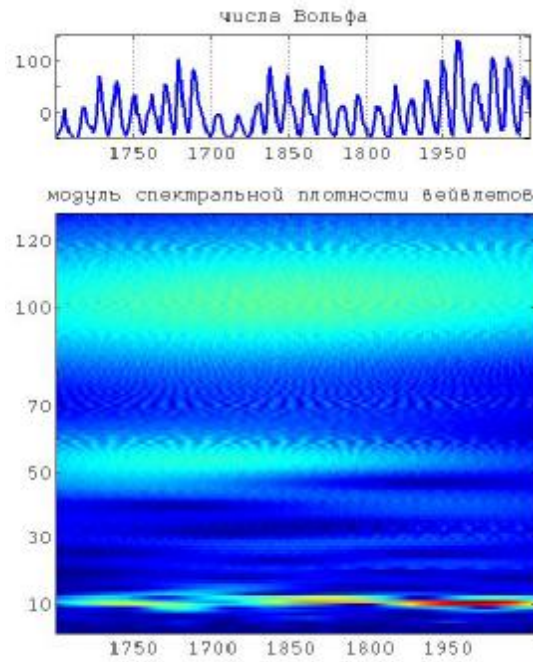


Рис. 4. Середньорічні числа Вольфа (вгорі) та розподіл спектральної густини вейвлет - перетворення цього часового ряду (внизу) [21] (горизонтальна шкала містить очевидну технічну помилку в “круглих” датах, однак тут подається авторський варіант без змін).

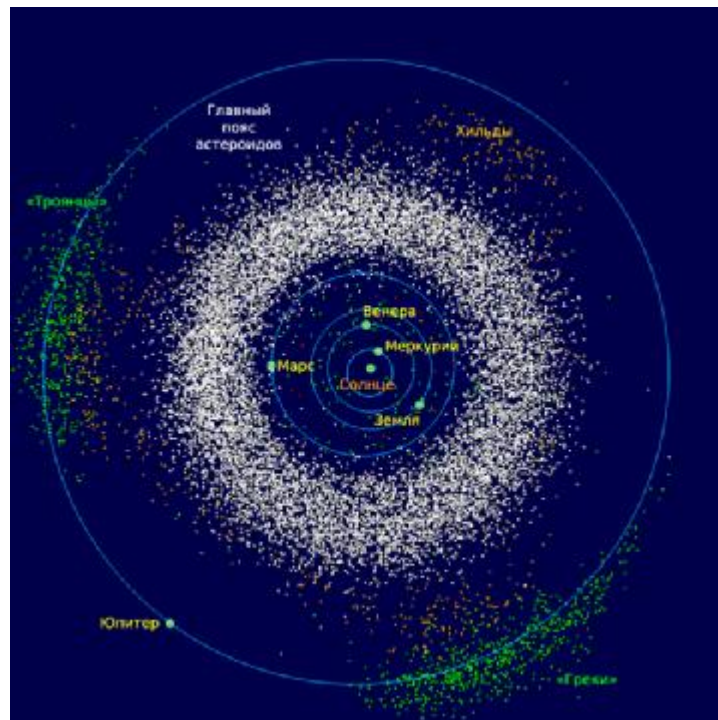


Рис. 5. Головний пояс астероїдів, астероїди сімейства Хильди та троянські астероїди Юпітера [37].

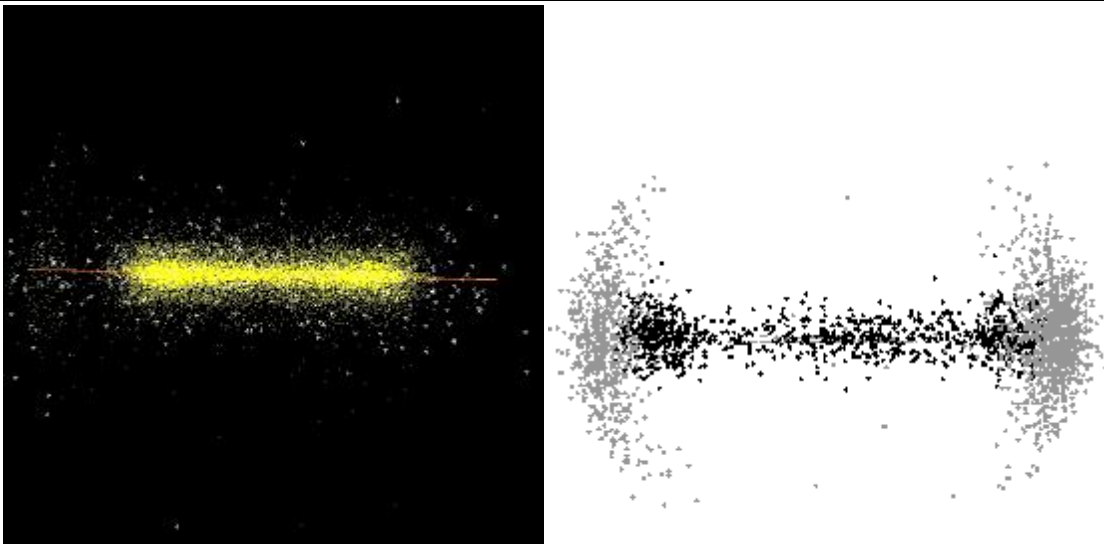


Рис. 6. Вигляд головного поясу астероїдів (зліва), а також астероїдів сімейства Хільди та троянців Юпітера (справа) при спостереженні в площині екліптики [38,39].

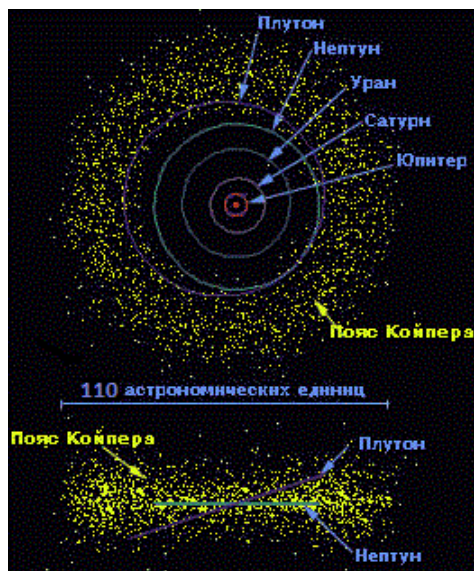


Рис. 7. Пояс Койпера [40].

Вихідним параметром розрахунку в гідродинамічній моделі гравітаційно-акустичних хвиль є частота плавучості (Брента-Вяйсяля) [20]:

$$N(z) = \left[-\frac{g}{\rho} \cdot \left(\frac{\partial \rho}{\partial z} + \frac{\rho \cdot g}{c^2(z)} \right) \right]^{1/2} \tag{1}$$

Тут g – напруженість гравітаційного поля, ρ – густина рідини, яка залежить від нормальної координати z (висоти шару рідини, що відраховується від дна), c – швидкість звуку. За фізичною суттю N є частотою вертикальних, тобто нормальних до дна, коливань елемента рідини. У нашому випадку N слід вважати циклічною частотою нормальних контактних коливань ротора, яка суттєво залежить від їх амплітуди. При низькій амплітуді коливань – порядку контактного зближення – ця частота визначається контактною жорсткістю та масою ротора. В протилежному випадку великих амплітуд контактних коливань в полі сили тяжіння їх частота визначається лише напруженістю гравітаційного поля та висотою підйому центра мас ротора h :

$$N(h) = 2p \cdot (g / 8h)^{1/2}. \tag{2}$$

Незважаючи на формальну різницю в технічному та сонячному контактах (перший знаходиться на периферії ротора, а другий – поблизу центру), топологічно поля швидкостей руху середовища, що збурюється контактом, в обох випадках однакові. Ця топологічна спільність і є основою для єдиного описання обох систем руху з незіставленими масштабами.

Рішення гідродинамічних рівнянь руху аналогічного обмеженого шару нестискуваної рідини в гравітаційному полі приводять до наступного дисперсійного рівняння гравітаційних хвиль [20]:

$$g \cdot x \cdot \left[(N/w)^2 - 1 \right]^{1/2} \cdot \operatorname{tg} \left\{ x \cdot H \cdot \left[(N/w)^2 - 1 \right]^{1/2} \right\} = N^2 - w^2. \quad (3)$$

Тут w – циклічна частота хвиль, x – хвильове число в площині, паралельній шару рідини, H – товщина шару рідини. Остання в нашому випадку приймає два суттєво різних значення: або радіуса ротора R (на першому етапі розглянутого вище руху технічного ротора), або ж висоти h (на другому етапі). У випадку космічних систем це відповідає або відстані до Сонця, або ж півтовщині "середньозваженої" астероїдної хмари, яка розглядається в профіль в площині екліптики (рис. 6, 7). Ця півтовщина розраховується на відстані R до Сонця за формулою:

$$h = R \cdot (b/a), \quad (4)$$

де a і b – відповідно ширина та висота (товщина) профілю хмари астероїдів.

Відмічені два випадки ($H = R$, $H = h$) визначають суттєво різні за частотою і формою руху моди гравітаційних хвиль. При цьому специфіка нестационарних контактних реакцій проявляється у тому, що вони здатні формувати поле руху збуреного середовища, яке формально відповідає не тільки вертикальному, але й центрально-симетричному (майже горизонтальному для технічного ротора) напряму напруженості зовнішнього поля. В сонячних системах руху, де гравітаційне поле є дійсно центрально-симетричним, навпаки – висота h формально відраховується не від центру, а перпендикулярно до площини космічного диску (кільця). У цьому, власне, і проявляється взаємодоповнення двох контактних систем із незіставними масштабами при вирішенні даної задачі.

Рівняння (3) отримане за певних граничних умов [20]: нульової нормальної швидкості частинок середовища на дні (непроникність) та постійному тиску на поверхні рідини. Ці граничні умови відповідають нашій задачі. Крім того, тут виконуються умови:

$$x \cdot H \ll 1, \quad N/w \gg 1. \quad (5)$$

За цих умов рішення (3) розбивається на три характерних випадки, які відповідають, по перше, гравітаційній моді нульового порядку, що поширюється з груповою швидкістю $(g \cdot H)^{1/2}$ (поверхнева мода):

$$w_0 = x_0 \cdot (g \cdot H)^{1/2}, \quad (6)$$

по друге, дискретному набору внутрішніх хвиль, що визначається з умови:

$$x \cdot H \cdot \left[(N/w_n)^2 - 1 \right]^{1/2} = (n-1/2)p, \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (7)$$

по третє, дискретному набору внутрішніх хвиль, який знаходиться з умови:

$$x_m \cdot H \cdot \left[(N/w_m)^2 - 1 \right]^{1/2} = mp, \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (8)$$

Друга умова в (5) дозволяє суттєво спростити вирази (7) – (8):

$$w_n = x_n \cdot N \cdot H / (n-1/2)p, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (9)$$

$$w_m = x_m \cdot N \cdot H / mp, \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (10)$$

Рівняння (6), (9), (10) визначають закони дисперсії поверхневих та внутрішніх гравітаційних хвиль, однак вони не дозволяють визначити, власне, частоти мод. Для цього слід використати додаткову умову кратності між довжиною хвилі та довжиною резонатора в системі когерентного контактного генератора хвиль. Остання є системою типу ядро-оболонка [15]. Тут роль ядра, що генерує збурення, виконує механічний контакт ротора зі статором (або ж іншим ротором), а роль оболонки – оточуюче фізичне середовище, яке у випадку космічних систем простягається далеко за межі твердотілого центра. За умови локальності контакту та завихореності поля збурень швидкостей частинок середовища, як показує аналіз, резонатор має спіральну, або ж кільцеву структуру. Остання добре проглядається в хмарах астероїдів – рис. 5-7. Для завузленого спірального резонатора середнім радіусом R можливі дві різні форми кратності:

$$2pR = i \cdot l_i / 2, \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (11)$$

$$l_j = 2pR \cdot j, \quad j = 1, 2, 3, \dots \quad (12)$$

У першому випадку на довжині кільця вкладається ціле число півдовжин хвилі (короткі хвилі), а у другому випадку довжина хвилі кратна довжині одного кільця резонатора (довгі хвилі). Умови (11) – (12) визначають подвійну структуру спектру гравітаційних хвиль, що задається дисперсійними співвідношеннями (6), (9), (10). При цьому обмеження (5) дозволяють провести певну селекцію мод, що відповідають фізичним умовам задачі:

Співвідношення (11), (12) доцільно переписати в термінах хвильових чисел:

$$x_i = 2p / l_i = i / 2R, \quad i = 1, 2, 3 \quad (13)$$

$$x_j = 2p / l_j = 1 / (jR), \quad j = 1, 2, 3 \quad (14)$$

Для поверхневої моди нульового порядку можливі лише довгі хвилі, що задаються останнім виразом. Підставляючи (13), (14) в (6), (9), (10), отримуємо відповідні дискретні спектри мод:

$$w_{0,j} = (g \cdot H)^{1/2} / (jR), \quad j = 1, 2, 3 \dots \quad (15)$$

$$w_{n,i} = \frac{NH}{pR} \cdot \frac{i}{2n-1}, \quad n, i = 1, 2, 3 \dots \quad (16)$$

$$w_{n,j} = \frac{2NH}{pR} \cdot \frac{1}{j(2n-1)}, \quad n, j = 1, 2, 3 \dots \quad (17)$$

$$w_{m,i} = \frac{NH}{2pR} \cdot \frac{i}{m}, \quad m, i = 1, 2, 3 \dots \quad (18)$$

$$w_{m,j} = \frac{NH}{pR} \cdot \frac{1}{m \cdot j}, \quad m, j = 1, 2, 3 \dots \quad (19)$$

Оскільки часові ряди чисел Вольфа та сонячної постійної, що характеризують активність Сонця [10, 21], містять характерні періоди гравітаційних хвиль, а не їх частоти, то для зручного порівняння теоретичних спектрів з фактичними даними доцільно переписати (15) – (19) в термінах періодів мод:

$$T_{0,j} = 2pRj / (gH)^{1/2}, \quad j = 1, 2, 3 \dots \quad (20)$$

$$T_{n,i} = \frac{2p^2R}{NH} \cdot \frac{2n-1}{i}, \quad n, i = 1, 2, 3 \dots \quad (21)$$

$$T_{n,j} = \frac{p^2R}{NH} \cdot j(2n-1), \quad n, j = 1, 2, 3 \dots \quad (22)$$

$$T_{m,i} = \frac{4p^2R}{NH} \cdot \frac{m}{i}, \quad m, i = 1, 2, 3 \dots \quad (23)$$

$$T_{m,j} = \frac{2p^2R}{NH} \cdot m \cdot j, \quad m, j = 1, 2, 3 \dots \quad (24)$$

Порівняння (20) – (24) з періодами сонячної активності слід проводити із врахуванням топології та симетрії руху космічної речовини у Сонячній системі (рис. 5-7). Як видно, найчіткіше тут проявлена кільцева (тороїдальна) топологія у Головному поясі астероїдів та у поясі Койпера – рис. 5, 7. Такому випадку відповідають поверхневі моди нульового порядку, в першу чергу основна мода з періодом $T_{0,1}$. Оскільки, як уже зазначалося, величина H може приймати два характерні значення $H = R$ і $H = h$, то для цих двох випадків отримуємо:

$$T_{0,1}^R = 2\pi R / (gR)^{1/2}, \quad T_{0,1}^h = 2\pi R / (gh)^{1/2} \quad (25).$$

Вирази (25) варто переписати, враховуючи радіальну залежність напруженості сонячного гравітаційного поля:

$$g(R) = g_0 \cdot R_s^2 / R^2, \quad (26)$$

де $g_0 = 2,7 \cdot 10^2 \text{ м/с}^2$ – напруженість на поверхні Сонця, $R_s = 7 \cdot 10^8 \text{ м}$ – радіус Сонця. Тоді отримаємо:

$$T_{0,1}^R = 2\pi R \cdot (R / g_0)^{1/2} / R_s, \quad T_{0,1}^h = 2\pi R^2 \cdot (g_0 h)^{-1/2} / R_s. \quad (27)$$

Для Головного поясу астероїдів приймаємо: $R = 2,8 \text{ а.о.}$ (1 астрономічна одиниця = $1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$), $h = 0,53 \text{ а.о.}$ Ці величини визначені, виходячи з масштабів на рис. 5,6, які задаються розміром орбіти Юпітера. Підставляючи їх в (27), отримуємо:

$$T_{0,1}^R = 4,7 \text{ років}, \quad T_{0,1}^h = 10,8 \text{ років}. \quad (28).$$

Друга величина тут практично співпадає із середнім приблизно 11-літнім періодом сонячного циклу ($\approx 10,85$ років), врахуванням шляхом простого ділення загальної тривалості 24-х циклів сонячної активності на кількість циклів. Перший період також представлений у спектрах сонячної активності, однак значно слабше [21]. Отже, головний приблизно 11-літній період активності Сонця відмічений у формах руху Сонячної системи кільцевим (тороїдальним) завузленням у Головному поясі астероїдів.

Для поясу Койпера приймаємо $R = 42 \text{ а.о.}$, $h = 10,5 \text{ а.о.}$ (рис. 7), що дає:

$$T_{0,1}^R = 270 \text{ років}, \quad T_{0,1}^h = 550 \text{ років}. \quad (29).$$

Виходячи з результатів попереднього аналізу, слід зробити висновок про основну роль другого періоду у цій парі, а також про те, що саме 500-600 – літній цикл сонячної активності, відмічений кільцевим (тороїдальним) завузленням космічного поля руху астероїдів у поясі Койпера, і відповідає за “таємничий” мінімум Маундера у другій половині 17-го століття (рис. 3), коли на протязі близько 70-ти років на Сонці майже не спостерігалось плям [19]. Сучасний абсолютний максимум цього циклу, очевидно, був досягнутий у 1956-58 рр. у ході 19-го циклу (рис. 3,4) і ближчих два століття нас очікує довготривале зниження сонячної

активності, що завершиться у першій половині 23-го століття черговим “мінімумом Маундера”. Це вселяє надію на позитивні кліматичні зміни на Землі, перегрітій не стільки вельми збалансованою сонячною активністю, скільки катастрофічною техногенною діяльністю людства. Спостерігаючи за останнім, на жаль, розумієш, що така надія майже напевно виявиться марною.

Найбільш помітними нетороїдальними завузленнями космічного поля руху в сонячній системі є “трикутне” завузлення у астероїдному сімействі Хільди та бінарно-трійчасте завузлення у сусідньому полі троянських астероїдів Юпітера (рис.5, 6.). Топологія такого поля відповідає внутрішнім модам третього порядку, періоди яких задаються рівняннями (21) - (24) при $n, m, i, j = 3$. Для короткохвильових мод руху астероїдів сімейства Хільди при $R = 4,5$ а.о., $h = 0,83$ а.о. (рис. 5, 6) отримуємо такі періоди коливань:

$$T_{n,i=3}^R = 9,7 \text{ років}, \quad T_{n,i=3}^h = 53 \text{ роки}, \quad (30),$$

$$T_{m,i=3}^R = 11,6 \text{ років}, \quad T_{m,i=3}^h = 64 \text{ роки}, \quad (31).$$

Як слідує з отриманих результатів, саме завузлення космічного поля руху астероїдів сімейства Хільди з полем руху у Головному поясі астероїдів обумовлює значні коливання тривалості “одинадцятирічного” циклу, який на протязі історії спостережень змінювався, наприклад, з $\approx 9,4$ років у 1749-1800 рр. до $\approx 11,2$ років у 1800-1900 рр. [21]. Друга частина періодів у (30)-(31) також знаходить реальні відображення в часових рядах сонячної активності (рис. 4.).



Рис. 8. Візуалізації форм руху дзеркального диску площиною стола

Для короткохвильових мод третього порядку поля руху троянських астероїдів Юпітера приймаємо $R = 5,3$ а.о. (дещо за орбітою Юпітера), $h = 3,2$ а.о. – рис. 5,6. Остання величина є вельми значною – в порівнянні з Головним поясом астероїдів та сімейством Хільди. Тут існує певна аналогія з астероїдами Розсіяного диску, що оточують пояс Койпера. Як і троянці Юпітера, вони рухаються по дуже нахилених, іноді вертикальних орбітах [22], контактуючи із значно спокійнішим тороїдальним космічним полем руху, характерним для поясу Койпера. Відмітимо очевидну асиметрію моди третього порядку, пов’язаної з троянцями Юпітера. Така асиметрія вельми характерна і для технічних контактних систем. На рис.8 наведені спіральні траєкторії руху зайчика лазерного випромінювання, відбитого від дзеркального диску, що здійснює вищезгаданий рух поверхнею стола на завершальному його етапі. Вони отримані методом цифрової відеозйомки з послідовним суміщенням кадрів. Як видно, спостерігається одностороння ламаність траєкторій руху зайчика, пов’язана із “завалом” ротора на одну сторону, що виявляє додаткові акустично-гравітаційні моди вищих частот. Повторення загального ходу в деталях свідчить про те, що когерентність системи зберігається принаймні на протязі декількох прецесійних обертів диску, частота яких відповідає основній гравітаційній моді. Аналогічно до цього, третя мода космічного руху за орбітою Юпітера “завалена” в бік точки Лагранжа L3 навпроти нього (через Сонце). Ця асиметрія, власне, і обумовлює “аномально” високі орбіти троянців Юпітера – в порівнянні, наприклад, з астероїдами сімейства Хільди (рис. 6 б).

Для короткохвильових мод третього порядку поля руху троянських астероїдів Юпітера з (21), (23) отримуємо:

$$T_{n,i=3}^R = 22,4 \text{ років}, \quad T_{n,i=3}^h = 37 \text{ років}, \quad (32)$$

$$T_{m,i=3}^h = 45 \text{ років}, \quad T_{m,i=3}^R = 27 \text{ років}, \quad (33)$$

Перша величина в (32) дуже близька до подвоєного значення ≈ 11 -літнього періоду сонячної активності і нерідко приймається за основний цикл, оскільки за цей час в середньому відновлюється полярність глобального магнітного поля Сонця [10].

Широковідомий квазістолітній цикл сонячної активності, очевидно, слід шукати серед довгохвильових мод тих же троянців Юпітера, або ж астероїдів сімейства Хільди. Із співвідношень (22), (24) отримуємо для троянських астероїдів Юпітера:

$$T_{n,j=3}^R = 100 \text{ років}, \quad T_{n,j=3}^h = 170 \text{ років}, \quad (34)$$

$$T_{m,j=3}^R = 120 \text{ років}, \quad T_{m,j=3}^h = 200 \text{ років}, \quad (35)$$

Повертаючись до завузленого космічного поля руху астероїдів сімейства Хільди, аналогічно отримуємо періоди довгохвильових мод третього порядку у цьому полі:

$$T_{n,j=3}^R = 44 \text{ роки},$$

$$T_{n,j=3}^h = 240 \text{ років}, \quad (36)$$

$$T_{m,j=3}^R = 52 \text{ роки},$$

$$T_{m,j=3}^h = 290 \text{ років}, \quad (37)$$

Як видно з (30) - (37), відносно топологічно складне завузлення космічного поля руху поблизу орбіти Юпітера обумовлює широкий спектр коливань сонячної активності. Саме ці коливання спостерігаються в часових рядах чисел Вольфа і сонячної постійної [21]. В цілому, майже півстолітній період сонячної активності (рис.4) "забезпечений" рухом астероїдів сімейства Хільди, в той час, як майже столітній цикл – рухом троянців Юпітера.

Отже, варіації сонячної активності, що становлять загадку вже не одне століття, обумовленні не прямим впливом великих планет на рух Сонця, як це зазвичай вважається, а згенерованими в ядерному сонячному контакті (контактах) і завузленими в оточуючому космічному просторі збуреннями поля руху космічної речовини, розпорошеної у вигляді астероїдів, пилу та газу, а також плазми у геліосфері Сонця. Дехто вважає що речовину ледь не космічним сміттям, жалюгідними залишками великих планет, адже сумарна маса всіх астероїдів разом узятих вряд чи більша маси Землі [22]. Однак, саме ця розпорошена маса в дійсності і забезпечує той зворотній зв'язок із генеруючим контактом, що вибирає з суцільного спектру гравітаційних мод (3) дискретні форми руху, які представлені в часових рядах сонячної активності.

В рамках обмеженого об'єму першої частини даної роботи залишається лише конкретизувати, власне, цей загадковий контакт, що генерує збурення космічних масштабів, контакт, що знаходиться у "самому пеклі" – на границі внутрішнього та зовнішнього сонячних ядер – в умовах термоядерного синтезу.

Твердотільний контакт в надрах Сонця

Безперечні та вражаючі досягнення геліосейсмології [10,23,24] практично ніяк не оцінені спеціалістами по зоряній еволюції [10], та й, врешті, недооцінені самими геліосейсмологами. Ще в 80-х роках минулого століття на основі аналізу доплерівських зсувів частоти внутрішніх акустичних мод Сонця низької степені (з високими радіальними індексами [10]) був зроблений попередній висновок про те, що сонячне ядро обертається принаймні, в два рази швидше за оболонку [10]. Значно пізніше на основі аналізу вже аналогічних гравітаційних мод ця цифра була підвищена до значень 3-5 [23]. Однак, подальший більш ретельний аналіз 11-річного космічного спостереження внутрішніх акустичних мод Сонця [24] виявився вельми суперечливим. На рисунку 9 показані два результати рішення оберненої чисельної задачі (інверсії [24]) з розрахунку радіального профілю частоти обертання речовини Сонця на основі вимірюваного доплерівського зсуву в спектрах внутрішніх акустичних мод [24]. Рисунок 9а демонструє фактично двоядерну структуру, у якій зовнішнє сонячне ядро радіусом $r_2 \approx 0,2R_s$ обертається дещо повільніше за оболонку, в той час як внутрішнє ядро радіусом $r_1 \approx 0,1R_s$ обертається більш ніж втричі швидше за зовнішнє. Автори роботи [24] віднесли цей стрибок в розряд штучних технічних ефектів (артефактів), обмежившись варіантом (б), у якому внутрішнє ядро вже попадає у невизначену заштриховану область за межами довірчого інтервалу. Однак, навіть у такому випадку характер диференційного (щодо оболонки) обертання зовнішнього ядра зберігається. У цьому контексті варто відмітити зовсім недавнє геосейсмологічне відкриття двоскладного твердого ядра Землі з різною просторовою орієнтацією кристалів заліза у внутрішньому та зовнішньому ядрах – з практично аналогічним щодо сонячного співвідношенням радіусів ядер [25]. Така спільність дозволяє нам прийняти результати роботи [24], представлені на рис.9а, за дійсні, а не штучні. Для порівняння на рис.10 наведені радіальні профілі сонячного виробництва нейтрино у різних термоядерних реакціях синтезу [26], розраховані на основі стандартної еволюційної моделі Сонця [10].

Як видно, на сьогоднішній день запаси водню в центральній частині сонячного ядра вельми скоротились і максимум протон – протонної реакції відповідає значенням $r \approx 0,11R_s$. Отже, внутрішнє тверде ядро з високою імовірністю могло утворитись в результаті гравітаційного стиснення центральної частини, збагаченої гелієм та збідненої воднем. Тут одразу виникає запитання про джерела енергії диференційного руху двох ядер. Адже, як показують елементарні розрахунки, за умов сонячного ядра без сторонніх джерел енергії відносний рух ядер при мінімальному коефіцієнті контактного тертя ($\sim 0,01$) був би зупинений за час порядку однієї секунди. Термоядерне джерело живлення одразу слід виключити з контексту контактного синтезу когерентних форм руху, оскільки характерні часові параметри пружної

(електромагнітної) та ядерної взаємодії різняться на багато порядків величини [10]. Для вирішення цього питання слід згадати про конкретні фізичні умови в ядрі, розраховані в рамках стандартної моделі Сонця. Характерна густина в центрі сонячного ядра $\approx 160 \text{ г/см}^3$ [10], що на порядок перевищує густину важких земних металів, одразу кидає тінь на адекватність розрахунку стандартної моделі Сонця на основі рівняння стану ідеального газу [10]. Як відомо, при тисках порядку декількох сотень гігапаскаль водень переходить у металічний стан з густиною порядку $0,7 \text{ г/см}^3$ [27]. Тиск у центрі сонячного ядра становить порядку сорока мільйонів гігапаскаль, а температура $\sim 10^7 \text{ }^\circ\text{K}$ [10]. В якому стані там водень? Якщо у металічному, то який фазовий стан цієї плазми – рідкий, чи твердий? Тут варто зауважити, що автори ідеї металічного водню Ю.Вігнер та Х.Б.Хантингтон [10] схилились до графітоподібної шаруватої гексагональної ґратки. Ця ідея якнайкраще відповідає трибології твердотілого контакту між внутрішнім та зовнішнім ядрами Сонця. Адже розташування атомів гелію між площинами атомів водню в даному випадку, полегшуючи зсув цих площин, спричинюватиме ефект твердотілого контактного змащення, аналогічного графітному – з дифузією домішок між площини атомів вуглецю.

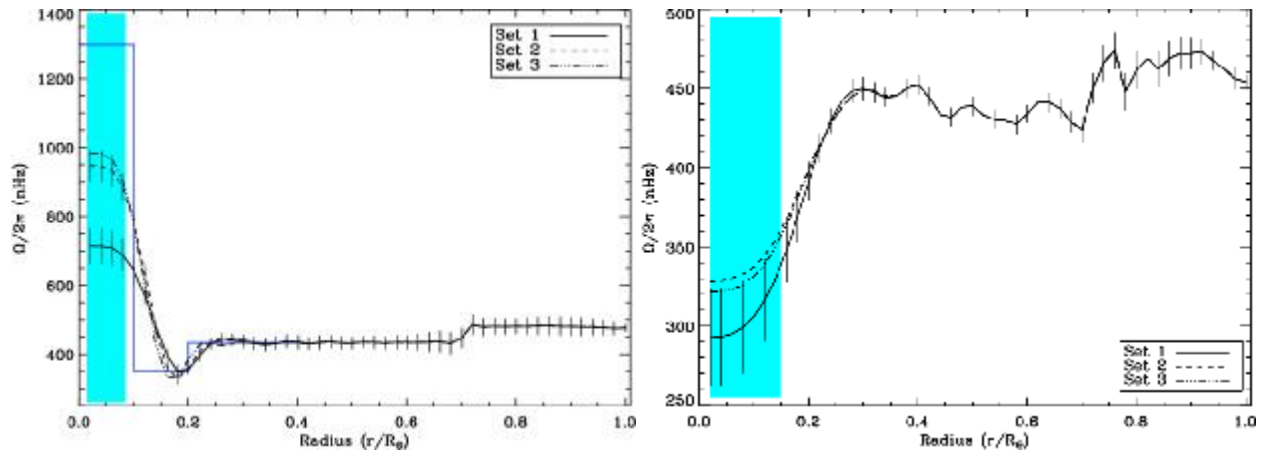


Рис. 9. Радіальні залежності екваторіальної частоти обертання речовини Сонця [24].

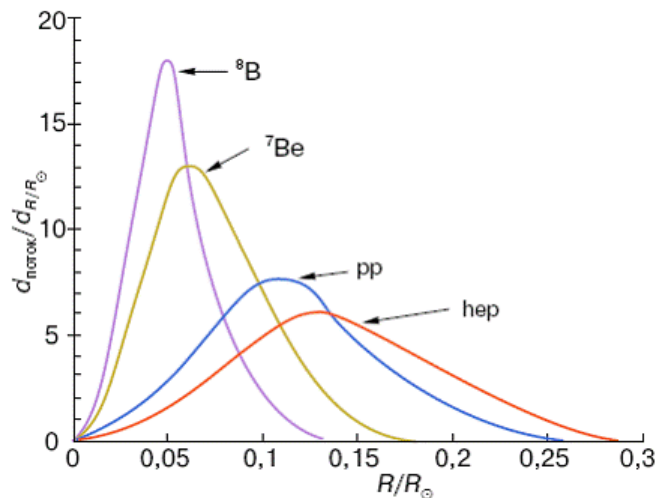


Рис. 10. Доля нейтрино, утворених у відповідних реакціях синтезу, в залежності від відстані до центру Сонця [26].

Як відомо, при зворотному переході водню з метастабільного металічного стану в діелектричний при умовах, що можуть бути досягнуті в рамках земних технологій, виділяється рекордна для відомих видів палива енергія з питомою густиною $\approx 216 \text{ МДж/кг}$ [27]. Якщо вважати, що в умовах релаксації тиску в ядерному геліоконтакті виділяється подібна густина енергії, то елементарний підрахунок приводить до товщини контактної сфери, необхідної для підтримання диференційного обертання ядер, порядку одного кілометра. В масштабах Сонця це зовсім небагато. Перехід на “аналогічний” технічний масштаб дає товщину твердотілого змащення, наприклад, порядку $0,1 \text{ мкм}$ для кульки підшипника діаметром 10 мм . Відмічена метастабільність металічної водневої плазми сприяє збереженню форми поверхонь ядер навіть за умов багатоциклічного порушення цілісності геліоконтакту, як і у звичайних технічних контактних системах.

Аналогічний геоконтактний механізм генерації гравітаційно-акустичних збурень потребує шару металічного водню між внутрішнім та зовнішнім ядрами Землі товщиною порядку 20 нанометрів (за попередніми оцінками). Цей шар, найімовірніше, і сформувався в процесі земної еволюції за рахунок дифузії водню в область контакту. Подібний механізм генерації збурень і пов’язаного з ними магнітного поля, очевидно, обумовлює високі значення напруженості останнього на планетах-гігантах, особливо на

Юпітері та Сатурні. Ці планети, як відомо, мають підпорядковане космічне поле руху, переважно кільцевої топології. Зважаючи на значно нижчі температури ($\sim 10^4 \text{ K}$ [10]), ніж на Сонці, їх відносно великі водневі ядра знаходяться не в рідкому, як це вважається, а в твердому стані. Оскільки водень є найпоширенішим елементом у Всесвіті, то контактне динамо також є джерелом зоряного і галактичного магнетизму – незалежно від протікання реакцій синтезу в надрах ядер цих астрофізичних систем. Розглянутий механізм, однак, не слід сприймати в контексті “вічного двигуна”, адже він лише когерентно трансформує енергію гравітаційного стиску в енергію диференційного руху складеного ядра.

Як показує аналіз, контактна генерація вихор-хвильових збурень космічного поля руху йде у напрямі мінімізації тривимірної енстрофії (інтегрального квадрата завихреності поля руху). Важливим побічним результатом цього процесу є сповільнення твердотілого обертання космічних роторів – Сонця, Землі, планет-гігантів та ін.. Адже твердотільне обертання в даному випадку не відповідає мінімуму енстрофії. На нашу думку, саме цей чинник обумовлює довготривале зниження частоти обертання вказаних роторів – випереджаючи припливне тертя та інші механізми сповільнення. Сонце, як відомо [28], за історію свого існування втратило біля 90% кутового моменту імпульсу. Тут варто додати, що розглянуте вище контактне джерело енергії, з нашого погляду, відповідає також за “дисбаланс” космічних енергетичних потоків на Землі та планетах-гігантах, які випромінюють у космос більше енергії, ніж отримують звідти.

Відмітимо також деякі аспекти геліоконтактного динамо в контексті відомої проблеми дефіциту сонячних нейтрино [10] та еволюційних моделей Сонця. В даній частині роботи розглянуті лише низькочастотні гравітаційні форми збурень космічного поля руху, що генеруються в міжядерному контакті. Аналіз високочастотних акустично-гравітаційно-магнітних збурень, який буде викладений у другій частині роботи, приводить до значень магнітного поля в локалізованих когерентних структурах руху, згенерованих геліоконтактом, порядку одного гігагауса (в об’ємі ядер). Для порівняння відмітимо, що напруженість поля цих же структур при досягненні ними границь Сонця (фотосфери) складає вже значно меншу величину $\sim 1\text{-}3 \text{ kG}$ – у сонячних плямах, що, власне, і являють собою ці структури. Якщо врахувати значне магнітне поле в сонячному ядрі, а не тільки слабке поле в конвективній зоні – як це робиться у відомих теоріях гідромагнітного динамо [5-10], то раніше встановлені вимоги на граничний магнітний момент нейтрино стосовно проблеми його сонячного дефіциту [29,31] понижаються на п’ять порядків. Це “повертає довіру” до класичних пояснень дефіциту сонячних нейтрино на основі механізму перевороту спіральності у магнітному полі [30], одночасно послаблюючи позиції прихильників альтернативної теорії нейтринних осциляцій [29,31].

Порівняння даних, наведених на рис.9,10, прямо вказує на те, що міжядерний контакт в умовах Сонця практично перерізає навіпіл теоретичний максимум протікання термоядерних реакцій протон – протонного циклу, розрахований на основі стандартної моделі Сонця. Це не може не впливати на загальну сонячну еволюцію, яка для зірки головної послідовності діаграми Герцшпрута - Рессела визначається саме реакціями синтезу в ядрі [10]. Незважаючи на відмічену вже суттєву різницю характерних часів електромагнітної та ядерної взаємодії, наявність контактного розриву посеред зони термоядерного синтезу може спричинити ряд довготривалих (кумулятивних) ефектів. По-перше, зниження середнього тиску в площині розриву приведе до зміщення максимуму реакції синтезу у підконтактну область в глибині зовнішнього ядра. Таке зміщення гратиме ту роль недифузного і неконвективного перемішування речовини в сонячному ядрі, яку вже давно шукають критики стандартної моделі Сонця [10]. Адже воно матиме своїм наслідком заміщення гелієм водню в цій області (внаслідок синтезу ядер). При цьому водень у самій контактній зоні залишиться “недовикористаним” через розривне падіння тиску. Результатом релаксації напружень у цьому процесі може стати утворення нового – зовнішнього контактного розриву в ядрі. В кінцевому рахунку це приведе до формування кільчастої структури “еволюційного зрізу” сонячної кулі, що аж ніяк не очікується в стандартних моделях зоряної еволюції [10].

Головний міжядерний контакт (точніше, контакти) має локальний характер і поміж іншого, як уже відмічалось, генерує локалізовані акустично – гравітаційно – магнітні збурення, які досягаючи фотосфери, формують відомі “метелики Маундера”. Крім цього внутрішнього твердотілого контакту важливу роль в динаміці Сонця відіграє також зовнішній газовий (плазмовий) шаруватий контакт на поверхні, утворений відносно тонким верхнім шаром конвективної зони (шаром неефективної конвекції [10]), фотосферою, нижньою хромосферою, верхньою хромосферою, внутрішньою короною Сонця. Розрахунок динаміки цього контакту, який буде зроблений у другій частині роботи, доводить, наприклад, що добре відома сонячна грануляція та надгрануляція являє собою когерентні гравітаційно-акустично-магнітні хвилі, а не результат “самоорганізованої конвекції”, як це зазвичай подається [10]. В поверхневому контакті в значній мірі формується міжпланетне магнітне поле та “здіймається” сонячний вітер, утворений внаслідок зміни топології когерентних структур руху, накопичених в атмосфері Сонця. Ця зміна топології, виражена в т.ч. у відомому перезамиканні силових ліній магнітного поля [32,33], сонячних спалахах, ударних хвилях та гігантських виверженнях плазми, по суті відображає собою конкуренцію двох контактних генераторів руху (внутрішнього та зовнішнього) за космічний життєвий простір. Земля та планети - гіганти хоч і потерпають від такої конкуренції (внаслідок, наприклад, магнітних бур), однак відносно захищені, як відомо, власним магнітним полем. Менш відомо, точніше – зовсім невідомо, що цей захист створюється по тій же контактній системі, як і на Сонці.

На завершення цього розгляду відмітимо стисло деякі аспекти контактного динамо, що виходять за

рамки Сонячної системи і про які йшлося у вступній частині роботи. Галактичне динамо, як показують розрахунки, що будуть викладені в третій частині роботи, відповідає тій самій спіральній та кільцевій топології завузленого космічного поля руху, однак в значно більших масштабах. В якості речовини, що збурюється контактним розривом в галактичному ядрі, виступає зоряний газ, а також газово – пилова суміш, які входять до складу галактичного середовища. Якщо кільцеві завузлені структури руху тут приховані у балджи (потовщенні), або ж у барі (перетинці), то спіральна структура “доступна для огляду” і вражає своєю красою. Низькочастотні гравітаційні хвилі, згенеровані галактичним контактом в ядрі, рухаються вдовж спіральних гілок, а не радіально, як це вважається у відомих вельми суперечливих теоріях галактичних хвиль гистини [34,35]. В той же час, високочастотна складова гравітаційних хвиль має компоненту руху, перпендикулярну площині галактичного диску, що й обумовлює відомі коливання Сонця поперек диску з напівперіодом $\sim 30\text{-}35$ млн. років [22]. Останній “за дивним збігом обставин” співпадає з характерним циклом масового вимирання багатьох видів тварин на протязі історії Землі [10].

Згадана у вступі загальна теорія відносності Ейнштейна та всі космологічні моделі на її основі (в т.ч. найсучасніші [12]) повністю суперечать ідейній основі проведеного тут аналізу, що збігається з Ньютонівським трактуванням абсолютного простору і абсолютного часу, а також “вродженої” інертності матеріальних об’єктів. Ніякого викривлення евклідового простору не спостерігається ні в сонячному ядрі зокрема, ні, як показують останні дослідження [12], у Всесвіті в цілому. “Реінкарнація” відомої космологічної постійної Ейнштейна для штучного вживлення Фрідманових космологічних моделей у реальність евклідового простору [12] не може приховати головної вади цих моделей – зухвалої впевненості в однорідності та ізотропності Всесвіту. Останнє, по суті, еквівалентне хаосу, якого ми не спостерігаємо в системах космічних масштабів. Механічний контакт деформівних твердих тіл, що знаходяться у відносному русі, - суттєво неоднорідний та анізотропний фізичний об’єкт. Він одночасно виступає не тільки збуджувачем, але й центром синтезу когерентних форм руху в своїй оболонці. Система систем типу ядро – оболонка може вважатись прямою альтернативою хаосу. Відкрита нещодавно анізотропія реліктового космічного випромінювання [12] у цьому контексті свідчить про те, що варто вести мову не стільки про Великий вибух (Big Bang), скільки про Великий контакт (Big Contact).

Отже, на основі проведеного аналізу може бути зроблений попередній висновок про те, що об’єднання підходів, характерних для теоретичної гідродинаміки та експериментальної трибології, може в деякій мірі розв’язати певні ілюзії та міфи, характерні для сучасної фізики.

Література

1. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики / Н.Н. Никитин. – М.: Высшая школа, 1990. – 607 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука. – 1982. – 621 с.
3. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. – М.: Мир. – 1989. – 510 с.
4. Дмитриев А.И. Многоуровневое моделирование процессов трения и износа на основе численных методов дискретной механики и феноменологической теории / А.И.Дмитриев, А.Ю. Смолин, В.Л. Попов, С.Г. Псахье // Физическая мезомеханика. – 2008. – Т.11. – С. 15–24.
5. Вайнштейн С.И. О происхождении магнитных полей в астрофизике (Турбулентные механизмы “динамо”) / С.И. Ванштейн, Я.Б. Зельдович // Успехи физических наук. – 1972. – Т.106, вып. 3. – С. 431–457.
6. Молчанов С.А. Конематическое динамо в случайном потоке / С.А. Молчанов, Д.Д. Соколов // Успехи физических наук. – 1985. – Т.145, вып. 4. – С. 593–628.
7. Зельдович Я.Б. Гидромагнитное динамо как источник планетарного, солнечного и галактического магнетизма / Я.Б. Зельдович, А.А. Рузмайкин // Успехи физических наук. – 1987. – Т.152, вып. 2. – С. 263–284.
8. Charbonneau P. Dynamo Models of the Solar Cycle // Living Rev. Solar Phys. – 2010. – №7, №3. – С. 1–91.
9. Соколов Д.Д. Динамо: на пути от астрофизических моделей к лабораторному эксперименту / Д.Д. Соколов, Р.А. Степанов, П.Г. Фрик // Успехи физических наук. – 2014. – Т. 184, №3. – С. 313–335.
10. Физическая энциклопедия. В 5-ти томах. Т.5 / Под ред. А.М. Прохорова. – М.: Большая российская энциклопедия. – 1999. – 760 с.
11. Паули В. Теория относительности / В. Паули. – М.: Наука. – 1991. – 328 с.
12. Смут Дж. Ф. Анизотропия реліктового излучения: открытие и научное значение / Дж. Ф. Смут // Успехи физических наук. – 2007. – Т. 177, №12. – С. 1294–1318.
13. Заспа Ю.П. Внутренний синтез движений и динамические характеристики внешнего трения / Ю.П. Заспа // Трение и износ. – 2011. – Т. 32, №3. – С. 233–247.
14. Заспа Ю.П. Когерентная трибодинамика / Ю.П. Заспа // Трение и износ. – 2012. – Т.33, №6. – С. 659–674.
15. Заспа Ю.П. Конкуренция мод и автомодуляционная неустойчивость в динамике когерентного трения / Ю.П. Заспа // Трение и износ. – 2013. – Т. 34, №4. – С. 415–427.
16. Заспа Ю.П. Каскадный транспорт энергии збурень в системах динамічної контактної взаємодії / Ю.П. Заспа, С.Г. Костогриз // Вісник Хмельницького нац-го у-ту. Технічні науки. – 2015. – №1 (221). – С.

47–52.

17. Moffatt H.K., Tsinober A, Helicity in Laminar and Turbulent Flow // Annu. Rev. Fluid Mech. – 1992. – V.24. – P. 281–312.
18. Berger M.A. Topological methods in astrophysics // Phil. Trans. R. Soc. Lond A. – 2001. – V. 359. – P. 1439–1448.
19. Эдди Дж. История об исчезнувших солнечных пятнах / Дж. Эдди // Успехи физических наук. – 1978. – Т.125, вып. 2. – С. 315–329.
20. Рабинович М.И. Введение в теорию колебаний и волн / М.И. Рабинович, Д.И. Трубецков. – М.: Наука. – 1984. – 563 с.
21. Кононович Э.В. Частотно-временной анализ рядов солнечной активности / Э.В.Кононович, И.В. Миронова, В.А. Батулин // Электронный научный журнал “Исследовано в России”. – 2006. – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/182.pdf>
22. Солнечная система [Электронный ресурс] / – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_система
23. Garcia R.A., Turck-Chieze S., Jimenez-Reyes S.J., Ballot J., Palle P.L., Eff-Darwich A., Mathur S., Provost J. Tracking solar gravity modes: the dynamics of the solar core // Science.-2007, V.316, 1591–1593
24. Garcia R.A., Mathur S., Ballot J., Eff-Darwich A., Jimenez-Reyes S.J., Korzennik S.G. Influence of Low-Degree High-Order p-Mode Splittings on the Solar Rotation Profile // Solar Phys.-2008, v.251, 119–133
25. Wang T., Song X., Xia H.H. Equatorial anisotropy in the inner part of Earth’s inner core from autocorrelation of earthquake coda // Nature Geoscience.-2015, V.8, 224–227
26. Орехов Д.И. Методическое пособие по физике нейтрино [Электронный ресурс] / Д.И. Орехов. – Режим доступа: http://neutrino-history.narod.ru/neutrino_main.htm
27. Silvera I.F., Cole J.W. Metallic Hydrogen: The Most Poverful Rocket Fuel Yet to Exist // J. of Physics: Conference Series.-2010, V.215, 1–9
28. Кичатинов Л.Л. Дифференциальное вращение звезд / Л.Л. Кичатинов // Успехи физических наук. – 2005. – Т.175, №5. – С. 475–494.
29. Вольфенштейн Л. Нейтринные осцилляции и солнечные нейтрино / Л. Вольфенштейн, Ю.У. Бейер // Успехи физических наук. – 1990. – Т. 160, вып. 10. – С. 155–171.
30. Дебрин А.В. Поиски магнитного момента нейтрино / А.В. Дебрин // Физика элементарных частиц и атомов ядра. – 2001. – Т. 32, вып. 3. – С. 734–751.
31. Смирнов О.Ю. Неускорительная нейтринная физика / О.Ю. Смирнов // Письма в ЭЧАЯ. А. – 2012. – Т.9, №9. – 10. – С. 70–128.
32. Сомов Б.В. Физические процессы в атмосфере Солнца, вызываемые вспышками / Б.В. Сомов, С.И. Сыроватский // Успехи физических наук. – 1976. – Т.120, вып.2. – С. 217–257.
33. Кадомцев Б.Б. Перезамыкание магнитных силовых линий / Б.Б. Кадомцев // Успехи физических наук. – 1987. – Т. 151, вып.1. – С. 3–29.
34. Марочник Л.С. Проблема спиральной структуры галактик / Л.С. Марочник, А.А. Сучков // Успехи физических наук. – 1974. – Т. 112, вып.2. – С. 275–308.
35. Ефремов Ю.Н., Корчагин В.И., Марочник Л.С., Сучков А.А. Современные представления о природе спиральной структуры галактик // Успехи физических наук.-1989, т.157, вып.4, 599-629
36. Солнечная активность // Электронный ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_активность
37. Троянские астероиды Юпитера // Электронный ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/Троянские_астероиды_Юпитера
38. Главный пояс астероидов // Электронный ресурс: <http://deepskying.com/glavnyj-poyas-asteroidov/>
39. Семейство Хильды // Электронный ресурс: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Семейство_Хильды](https://ru.wikipedia.org/wiki/Семейство_Хильды)
40. Пояс Койпера // Электронный ресурс: http://nashavselenaya.brogpost.com/2012/02/blog-post_26.html

Рецензія/Peer review : 4.10.2015 р.

Надрукована/Printed :1.11.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією