

КОНТАКТНЕ ДИНАМО ЯК ГЕНЕРАТОР КОГЕРЕНТНИХ КОСМІЧНИХ ФОРМ РУХУ ТА ДЖЕРЕЛО ПЛАНЕТАРНОЇ, СОНЯЧНОЇ, ГАЛАКТИЧНОЇ І МЕТАГАЛАКТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ. ЧАСТИНА ІV

На основі запропонованої моделі космічного контактного динамо розглянуті фізичні механізми часової перемінності різномасштабних космічних об'єктів: пульсарів, цефеїд, активних галактичних ядер, джерел гамма-сплесків, барстерів. Показано, що густина ядер пульсарів значно нижча за відомі теоретичні значення для моделей замагнічених нейтронних зір, що свідчить про хибність концепції існування нейтронних зір, як таких. Встановлено, що пульсаційна стала цефеїд залежить від їх структурних параметрів, а також від порядкового індексу пульсацій, що ставить під сумнів широке використання цих об'єктів у якості "стандартних свіч" при вимірюванні космічних відстаней. Контактні механізми перемінності галактичних об'єктів з активними ядрами (квazarів, блазарів, сейфертівських галактик та ін.) не потребують штучних теоретичних конструкцій у вигляді центральних чорних дір. Це також відноситься до джерел гамма-сплесків та барстерів. Показано, що контактна генерація релятивістських джетів, а також нерелятивістських струменів (в об'єктах Гербіг-Гаро) йде за рахунок вивільнення внутрішньої електромагнітної енергії металізованого водню, запасеної в активних ядрах відповідних космічних систем на початковому етапі гравітаційного колапсу. Ця ж енергія вивільняється при катастрофічному розширенні (а не при вторинному колапсі) ядер нових та наднових зір, що прямо суперечить існуючим уявленням про спалахи цих зір. Відмічено, що відомі спектри випромінювання більшості космічних об'єктів пояснюються властивостями квазидвовимірної контактної наведеної та тривимірної спіральної турбулентності, які відзначаються оберненим каскадом енергії при прямому каскаді ентропії (спіральності). При цьому немонотонність спектрів космічної турбулентності обумовлена контактною генерацією когерентних структур руху. Критично проаналізовано існуюче космологічне тлумачення червоного зміщення у спектрах далеких галактик та наднових зір. Показано, що таке зміщення в дійсності обумовлене резонансним розсіянням світла на частинках космічного пилу, що супроводжується поверхневою трансформацією світлових хвиль в червону частину спектру. Це вказує на хибність відомих теорій космологічної сингулярності (Великого Вибуху) та прискореного розширення Всесвіту. Відмічено, що неврахування істотного запасу внутрішньої електромагнітної енергії металізованого водню в енергетичному балансі космічних систем стало фатальною помилкою існуючої астрофізики, яка врешті скотилась до містичних понять чорної матерії та темної енергії, закладених в основу стандартних астрофізичних та космологічних моделей.

Ключові слова: контактне динамо, космічна система, енергія, металічний водень, активні галактичні ядра, пульсари, цефеїди, гамма-сплески, барстери, релятивістські джети, турбулентність, червоне зміщення, космологічна сингулярність.

YU. P. ZASPA

Khmelnitsky National University

CONTACT DYNAMO AS A GENERATOR OF THE COHERENT SPACE FORMS OF MOTION AND A SOURCE OF THE PLANETARY, SOLAR, GALACTIC, AND METAGALACTIC ENERGY. PART IV

Basing on the model of space contact dynamo the physical mechanisms of time variability of multiscale space objects: pulsars, Cepheid, active galactic cores, gamma-ray burst sources, bursters. It is revealed that the density of pulsars cores is much lower than well-known theoretical values for magnetized neutron stars models that shows the fallacy of the concept of the neutron stars existence. It is found, that pulsating Cepheid constant depends on their structural parameters and also on the sequence of pulsations index, which casts doubt on the widespread use of these facilities as "standard candles" for cosmic distances measuring. Contact mechanisms of the variability of galactic objects with active cores (quasars, Blazar, Seyfert galaxies, etc.) do not need any artificial theoretical constructs like central black holes. This also belongs to the sources of gamma-ray bursts and bursters. It is shown that the contact in relativistic jets generation and non-relativistic jets (in the Herbig-Garo objects) is due to release of the metallic hydrogen internal energy stored in the active cores of the relevant space systems at the initial stage of gravitational collapse. Equal energy releases during the catastrophic expansion (not the secondary collapse) of the cores of new and supernovae stars that directly contradicts existing ideas about the flashes of such stars. It is noted, that the well-known emission spectra of the majority of cosmic objects is explained by the properties of two-dimensional contact-induced and three-dimensional spiral turbulence that are marked for the inverse energy cascade in the direct cascade enstrophy (helicity). This nonmonotonous of the cosmic turbulence spectra is caused by the contact generation of the coherent movement structures. The existing cosmological interpretation of the red shift in the spectra of distant galaxies and supernovae stars is critically analysed. It is explained that such bias actually caused by the light scattering resonance on particles of cosmic dust, accompanied by superficial transformation of light waves into the red part of the spectrum. This points to the fallacy of the well-known theories of cosmological singularity (Big Bang) and the accelerated expansion of the Universe. It is marked that the neglect of substantial reserve of the internal electromagnetic metallic hydrogen energy in the energy balance of the space systems was a fatal mistake in the existing astrophysics that eventually came to mystical concepts of dark matter and dark energy underlying in the basis of the standard astrophysical and cosmological models.

Key words: contact dynamo, space system, energy, metal hydrogen, active space cores, pulsars, Cepheid, bursters, relativistic jets, turbulence, redshift, the cosmological singularity.

Вступ

Розрахунок зоряної еволюції на основі моделі ідеального газу став фатальною помилкою класичної астрофізики, що усунула з її поля зору основне джерело енергії більшості космічних систем – внутрішню

електромагнітну енергію металізованого водню в ядрах цих систем, стиснутих гравітаційним колапсом на початковій стадії еволюції [1]. Ця помилка не була випадковою, оскільки виростає на підготовленому ґрунті найбільшої містифікації в історії фізики – загальної теорії відносності Ейнштейна [2]. Остання, перетворена в релігію, є основою сучасної ”нової фізики”, зацікленої на сингулярностях, чорних дірах та темній енергії – поняттях, що не піддаються спостереженню, однак, спекуляція якими регулярно приносить Нобелівські дивіденди [3–8]. Оскільки така астрофізика (і така ж космологія [9–13]) не здатна пояснити бодай сонячну активність [1, 2], то в питаннях галактичного і метagalacticного масштабів політ її фантазії досягає апогею, породжуючи Великий Вибух, Інфляцію, Прискорене Розширення Всесвіту та Чорну Матерію з Темною Енергією, що цим заправляють [9–13]. Не зупиняючись на таких казочках космологічного характеру, розберемо спочатку відомі астрофізичні фантазії щодо нейтронних зір в образі пульсарів [14–18], або ж чорних дір в ролі генераторів релятивістських струменів (джетів) [19–22], а також подібні уявлення про квазари, блазари, гамма-сплески, барстери, цефеїди та інші космічні об’єкти з активними ядрами, адекватне описання яких неможливе без розуміння механізмів космічного контактного динамо.

Пульсари

Відкриття нейтрона Чедвіком у 1932 р. справило неабияке враження на швейцарських астрономів Бааде та Цвіккі, котрі одразу запропонували світові концепцію нейтронних зір небаченої густини [16, 18]. Ця концепція, сприйнята спочатку саркастично [18], дістала сильну підтримку тогочасної астрофізики, вихованої в дусі Ейнштейнівського релятивізму та Шварцшильдових колапсів [10]. Перша експериментальна реєстрація радіопульсарів у 1967 р. одразу [14] і надовго [15–17] була взята на озброєння теоретиками замагнічених нейтронних зір. За півстоліття, що пройшло з того часу, цим теоретикам так і не вдалось домовитись про фізику пульсарів, розділяючи останні, наприклад, на ”нормальні” радіопульсари та аномальні рентгенівські пульсари (AXP) [16, 17]. За останніми, як і за втаємниченими джерелами м’яких гамма-сплесків (SGR), на думку астрофізиків сучасності, приховуються магнітари – відносно молоді нейтронні зорі із надсильними магнітними полями ($B \geq 10^{14}$ Гс) [16].

З точки зору космічного контактного динамо все виглядає геть по іншому: змінне в часі випромінювання пульсарів широкого діапазону електромагнітного спектру генерується в контактних зонах об’єктів з активними ядрами. Орієнтація цих зон в Абсолютному просторі зберігається на протязі багатьох обертів внутрішнього ядра системи, що дозволяє нам регулярно спостерігати випромінювання тих пульсарів, зони контакту в яких ”дивляться” на Землю. Довготривала стабільність частоти пульсацій забезпечується синхронною (з обертанням) прецесією внутрішнього ядра системи. Періоди пульсацій задаються виразами для m - n -мод космічного контактного динамо [2]:

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

$$T_{n,i} = \frac{4\pi^2 R}{NH} \cdot \frac{n-1/2}{i_n}, \quad n, i_n = 1, 2, 3 \dots \quad (2)$$

Тут R – радіус ядра, H – товщина оболонки, m, n – поперечні модові індекси, i_m, i_n – поздовжні індекси, N – еквівалентна частота плавучості:

$$N = 2\pi \cdot (g/8h)^{1/2}, \quad (3)$$

де g – напруженість гравітаційного поля в зоні контактного розриву, h – висота нормальних контактних коливань [2], яка в даному випадку спрощено вважається однаковою для просторових зон контакту, що відповідають m - та n - модам (випромінювання, тим не менш, генерується переважно в локалізованій зоні n -моди контактної взаємодії [2]). Умова синхронізації мод приводить до обмеження :

$$\frac{m}{i_m} = \frac{n-1/2}{i_n} = \frac{1}{2} \cdot k^{-1}, \quad k = 1, 2, 3 \dots, \quad (4)$$

яке визначає період пульсацій k -го порядку:

$$T_{m-n}^k = \frac{2\pi R}{H} \cdot \left(\frac{2h}{g}\right)^{1/2} \cdot k^{-1}, \quad k = 1, 2, 3 \dots \quad (5)$$

Напруженість гравітаційного поля на контактній поверхні представимо у вигляді:

$$g = \frac{4}{3} \pi R \cdot G < \rho >, \quad (6)$$

де G – стала всесвітнього тяжіння, $< \rho >$ – середня густина ядра, що дає:

$$T_{m-n}^k = \left(\frac{6\pi h \cdot R}{G \cdot < \rho >}\right)^{1/2} \cdot H^{-1} \cdot k^{-1}, \quad k = 1, 2, 3 \dots \quad (7)$$

З останнього виразу отримуємо оцінку середньої густини ядра через період пульсацій $T_{m-n}^{k=1}$ першого порядку:

$$\langle \rho \rangle = \frac{6\pi \cdot (hR / H^2)}{G \cdot (T_{m-n}^{k=1})^2}. \quad (8)$$

Як видно, максимальна густина ядра характерна для короткоперіодичних пульсарів. В такому випадку ядро, що швидко обертається, значно менше за оболонку, тому виконуються умови:

$$hR / H^2 \ll 1, \quad (9)$$

$$\langle \rho \rangle \ll \frac{6\pi}{G \cdot (T_{m-n}^{k=1})^2}. \quad (10)$$

Для відомих пульсарів при $T_{m-n}^{k=1} > 1,3$ мсек [16]

$$\langle \rho \rangle \ll 2 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3. \quad (11)$$

Отже, за нашими оцінками, середня густина ядер пульсарів значно нижча за “необхідні” [14–17] величини у відомих теоріях пульсарів як замагнічених нейтронних зір. Характерне збільшення періодів пульсацій радіопульсарів згідно (7) пов’язане зі збільшенням радіуса ядра внаслідок його декомпресії в результаті контактної-наведених фазових переходів водню, або ж зі зменшенням товщини оболонки. Як відомо, у “класичних” теоріях це збільшення періоду пульсацій пов’язують із сповільненням обертання ядра внаслідок енергетичних втрат [14–17]. Таке пояснення втрачає силу у тому реальному [9] випадку, коли період пульсацій зменшується внаслідок, наприклад, потовщення оболонки.

Вирази (7)–(8) залишаються справедливими і для “аномальних” рентгенівських пульсарів з великими періодами і, відповідно, великими ядрами відносно низької середньої густини.

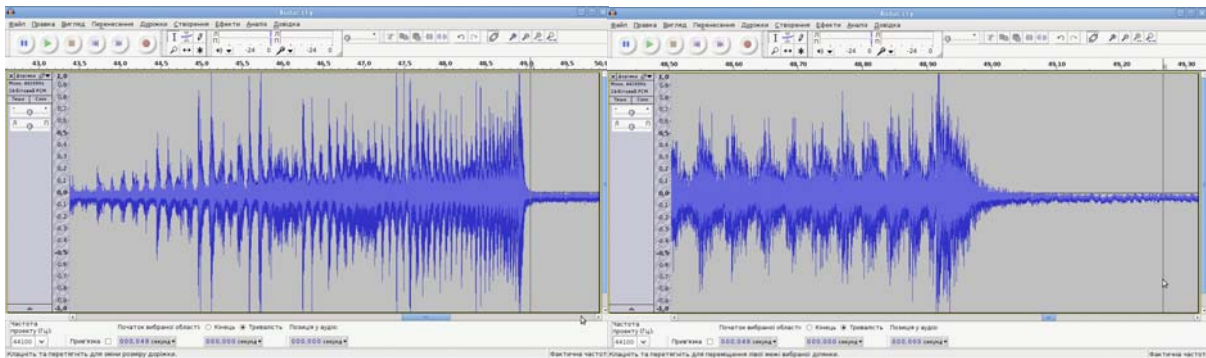


Рис. 1. Акустограми руху металевого кільця, запущеного “з ребра” шліфованого площиною гетинаксового стола

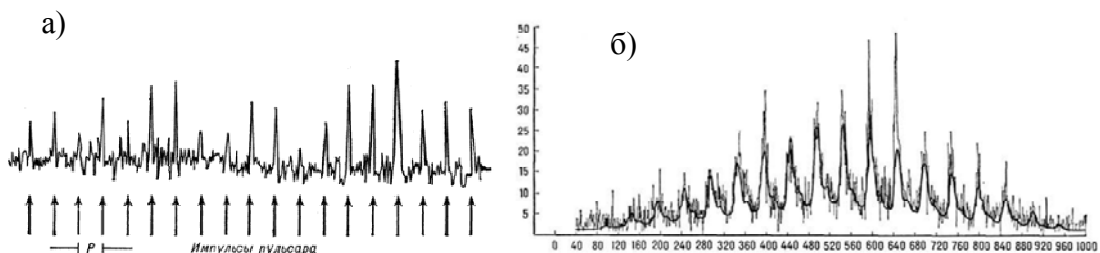


Рис. 2. Випромінювання радіопульсара (а) та рентгенівського пульсара (б) [9, 23]

На рис. 1 наведені акустограми руху металевої обручки діаметром 22 мм, запущеної “з ребра” площиною стола, що можуть розглядатись як технічна ілюстрація до тематики пульсарів. Зокрема, на цих акустограмах (рис. 1б) присутні субімпульси ударного характеру, вельми характерні і для пульсарів [9, 23, 24] – рис. 2.

Гамма-сплески та барстери

Ці астрофізичні об’єкти, що становлять значні труднощі для сучасної астрофізики [9, 13, 16, 17], мають ту ж контактну природу, що й пульсари, однак їх аперіодичність (сплески) або ж “погана” періодичність (барстери) пов’язані з гіршим рівнем когерентності системи, що виявляється в епізодичному переході до жорсткої контактної взаємодії ударного характеру. Інший сценарій – передусім для барстерів – циклічний вихід діаграми направленості контактної-наведеного випромінювання з земного поля зору внаслідок впливу довгоперіодичних процесійних мод руху внутрішнього ядра системи.

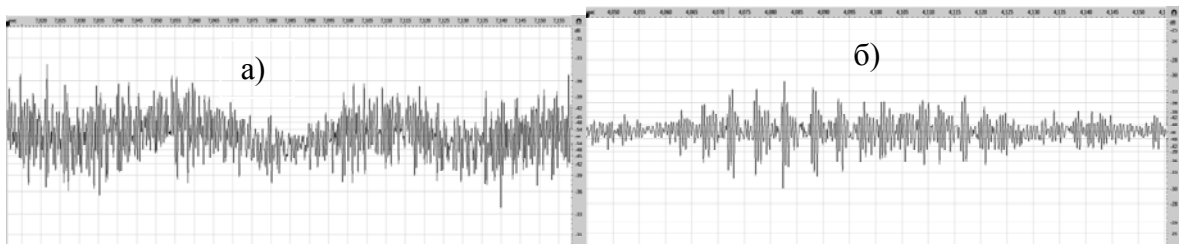


Рис. 3. Акустограми руху кульки підшипника площинною стола в умовах домінування *m*-моди (а) та *n*-моди (б) руху

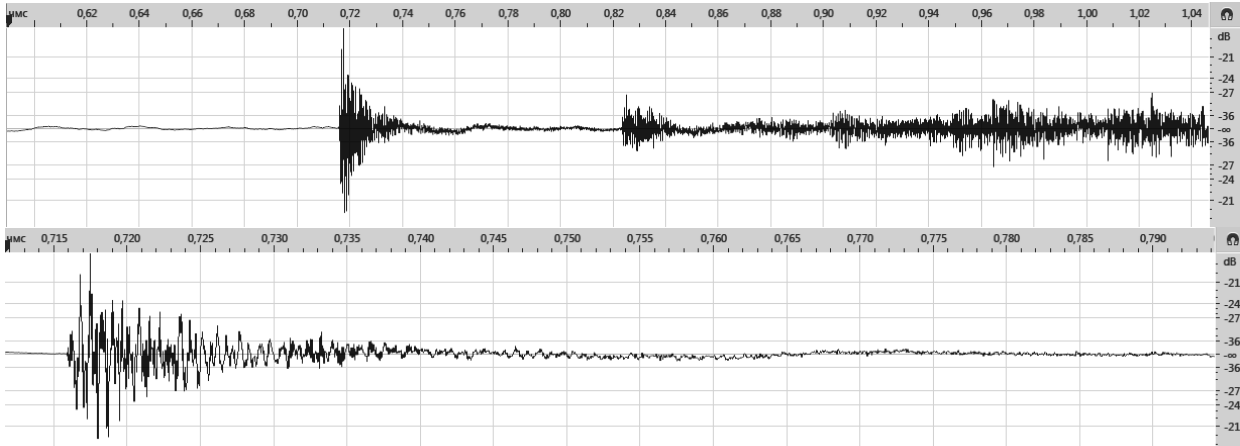


Рис. 4. Різномасштабні акустограми акустичних сплесків, що супроводжують вкидання кульки підшипника на площину дзеркала

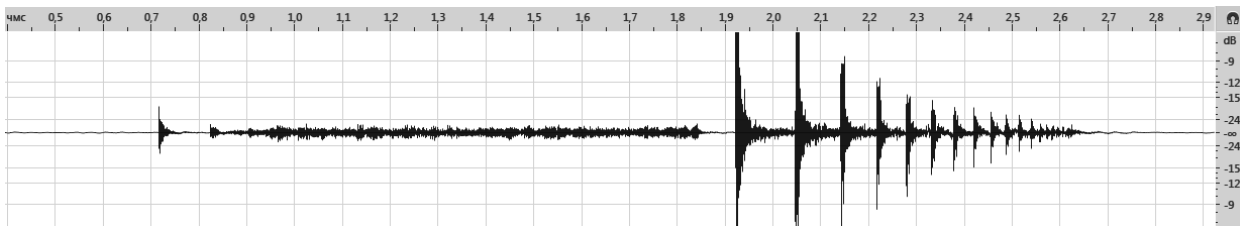


Рис. 5. Акустограма кочення кульки підшипника площинною дзеркала з наступним зіскоком на площину стола

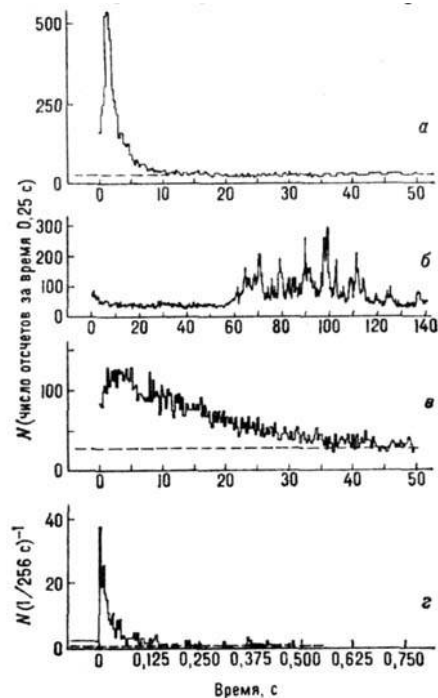


Рис. 6. Типи спостережуваних гамма-сплесків [9]

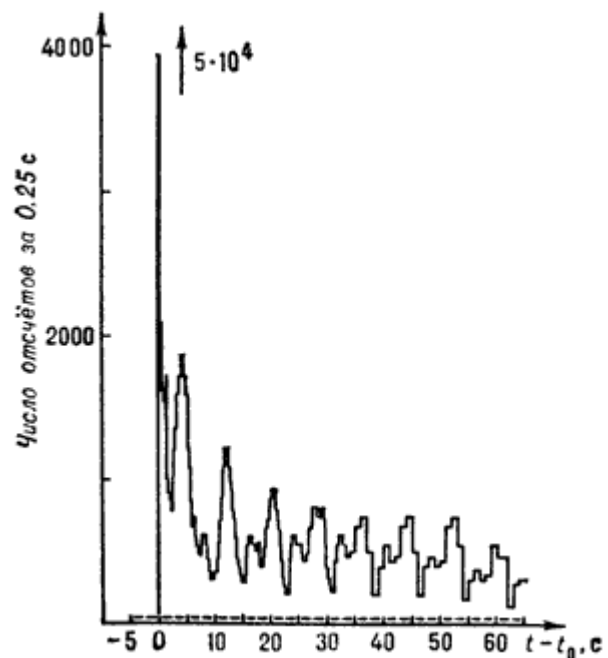


Рис. 7. Часовий профіль одного із гамма-сплесків [25]

На рис. 3 в якості технічної ілюстрації наведені акустограми кочення кульки підшипника діаметром 12 мм шліфованою площинною гетинаксового стола для двох випадків: з домінуванням ”м’якої” *m*-моди руху (рис. 3а) та домінуванням ”жорсткої” *n*-моди руху (рис. 3б). Як видно, у другому випадку спостерігаються

характерні акустичні сплески, пов'язані з епізодичною втратою контакту при підскоках, що завершуються мікроударамі. Подібні акустичні сплески супроводжують також початковий контакт при вкиданні кульки на площину стола (рис. 4), а також після її зіскоку на стіл з попереднім рухом площиною дзеркала (рис. 5). Як видно, інтенсивність контактної взаємодії, що відображена рівнем звуку, значно посилюється при переході від "спокійного" до "ударного" кочення.

Квазіперіодична, або ж епізодична втрата когерентності відносного контактного руху в об'єктах з активними ядрами, що характеризуються як джерела гамма-сплесків та барстери, дає цілком аналогічну картину, однак вже не в акустичному, а в жорсткому електромагнітному діапазоні хвиль – рис. 6–8. Виражена дублетність гамма-сплеску на рис. 7 пов'язана з охоплюючим характером контакту ядро-оболонка, що при домінуванні "жорсткої" n -моди пояснює також явну асиметрію дублетів. Присутність слабшої m -моди руху фактично проявляє другий порядок ($k = 2$) періодів у виразі (5).

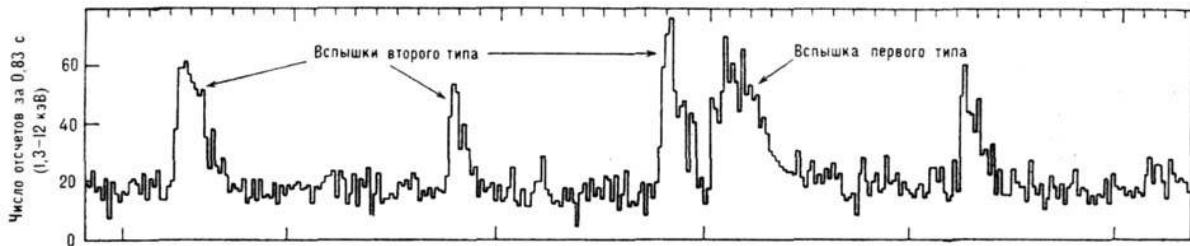


Рис. 8. Серія спалахів "швидкого" барстера MXB 1730-335 [9]

Цефеїди

Відомі теорії пульсацій цефеїд [9, 26] не менш суперечливі, ніж відомі теорії пульсарів, гамма-сплесків та барстерів. У нашому випадку періоди пульсацій цефеїд задаються тими ж співвідношеннями (7) – (8), однак за умови великого розміру пульсацій ($h \sim H$) у відносно тонкій оболонці ($H \ll R$):

$$h \cdot R / H^2 \gg 1. \tag{12}$$

Ця умова при значних періодах пульсацій цефеїд (рис. 9), все ж приводить до значно нижчих, ніж у пульсарів, середніх густин ядра $\langle \rho \rangle$. В пульсаціях деяких цефеїд добре помітні періоди другого порядку ($k = 2$) – рис. 9.

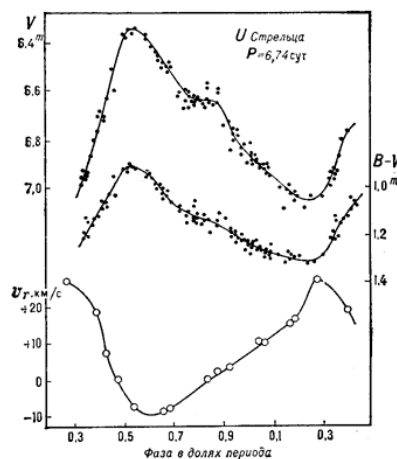


Рис. 9. Криві блиску в жовтих променях (V), показники кольору (B-V) та значення променевої швидкості (v_r) класичної цефеїди U Стрільця з періодом 6,74 діб [26]

Із виразу (7) отримуємо:

$$T_{m-n}^k \cdot (\langle \rho \rangle)^{1/2} = \left(\frac{6\pi}{G} \right)^{1/2} \cdot \frac{(hR)^{1/2}}{H} \cdot k^{-1} = Q, \tag{13}$$

де Q – т.з. пульсаційна стала [26], що, як видно, суттєво залежить від структурних параметрів цефеїд, а також від порядкового індексу k . Це ставить під сумнів широке використання цефеїд у якості "стандартних свіч" з метою вимірювання космічних відстаней [9, 26].

Когерентні структури руху в атмосфері Спокійного Сонця

Вищенаведені вирази (5), (7) для періодів m - n - мод контактної динамо, отримані в рамках гідродинамічної моделі когерентної контактної взаємодії [2], мають досить широке застосування (у т.ч. – в

технічних контактних системах). Зокрема, розраховані параметри пульсацій цефеїд у вузькому поверхневому шарі цілком аналогічні пульсаціям нашого Сонця, вираженим, однак, значно слабше, що й виправдовує його характеристику як Спокійного Сонця (Quiet Sun). Цей спокій сонячної периферії, звичайно, вельми порушують непрохані "гості із центру", що безнадійно застрягають на поверхні Сонця у вигляді плям в очікуванні неминучої і катастрофічної зміни своєї топології [2]. Щодо глобальних пульсацій саме Спокійного Сонця, то їх характерні періоди можуть бути розраховані за виразами (5) при $R = R_s = 7 \cdot 10^8$ м (радіус Сонця), $g = 2,7 \cdot 10^2$ м/с² (напруженість гравітаційного поля на поверхні Сонця [9]) та у наближенні $H \approx h \sim 300 \div 2000$ км (характерні товщини фотосфери та хромосфери [9]), що дає:

$$T_{m-n}^k \approx (3 \div 8) \cdot k^{-1}, \text{ діб}; k = 1, 2, 3 \dots \quad (14)$$

Ця оцінка добре узгоджується з періодограмами вимушених коливань напруженості магнітного поля сонячних плям (рис. 10), а також із результатами спектрального аналізу доплерограм надгрануляції Сонця (рис. 11). Зареєстровані геліосейсмологами глобальні інерційні хвилі у верхніх шарах конвективної зони з характерними періодами 6–9 діб, [29], судячи з усього, когерентно пов'язані з розрахованими тут глобальними довгоперіодичними коливаннями фотосфери та хромосфери Сонця. Щодо відомих короткоперіодичних локальних коливань у когерентних структурах сонячної грануляції, мезо- та надгрануляції, то відповідні періоди також можуть бути розраховані за формулою (5) – з тією різницею, що у якості радіуса резонатора R тут слід взяти не R_s , а, відповідно, характерні радіуси комірок грануляції, мезо- і надгрануляції. У першому випадку при $R_g \approx 0,5 \div 0,7$ Мм, $H \approx h \approx 300$ км з (5) отримуємо характерні періоди пульсацій на масштабах грануляції:

$$T_{m-n}^k \approx (500 \div 700) \cdot k^{-1}, \text{ сек}; k = 1, 2, 3 \dots, \quad (15)$$

а також при $R_{sg} \approx 15 \div 20$ Мм, $H \approx h \approx 2000$ км – на масштабах надгрануляції:

$$T_{m-n}^k \approx (100 \div 130) \cdot k^{-1}, \text{ хвилин}; k = 1, 2, 3 \dots \quad (16)$$

Отримані оцінки добре узгоджуються з відомими даними [30, 31]. Зауважимо, що при високих порядкових індексах ($k \gg 1$) періоди пульсацій структур надгрануляції (16) опускаються до величин, характерних для структур грануляції (15) та мезогрануляції, що забезпечує часовий зв'язок когерентних структур руху різного просторового масштабу у сонячній атмосфері. Це вельми характерно для контактної наведеної космічної турбулентності [1, 2, 32]. Осцилограми змінності поверхневої мозаїки Сонця (рис. 12) у цьому розумінні цілком аналогічні акустограмам контактної взаємодії у звичайних технічних системах [33, 34].

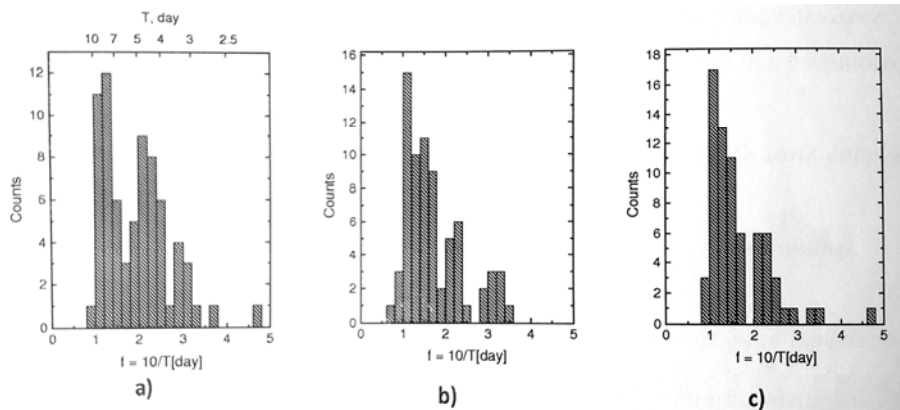


Рис. 10. Спектри різних мод коливань сонячних плям за космічними SOHO MDI-даними: а) – коливання напруженості магнітного поля, б) – широтні коливання, с) – довготні коливання [27]

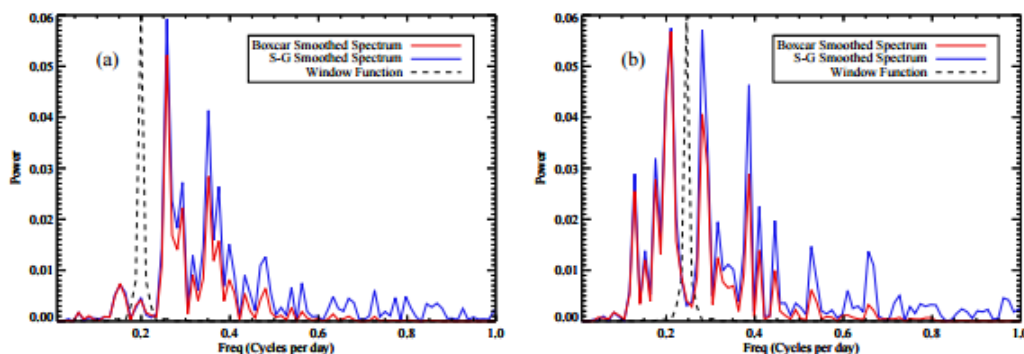


Рис. 11. Спектри доплерограм надгрануляції Сонця [28]

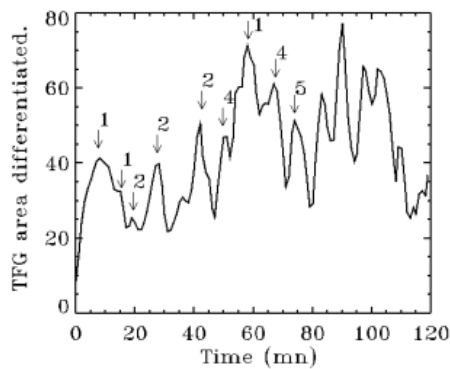


Рис. 12. Часова змінність поверхневої мозаїки Сонця [37]

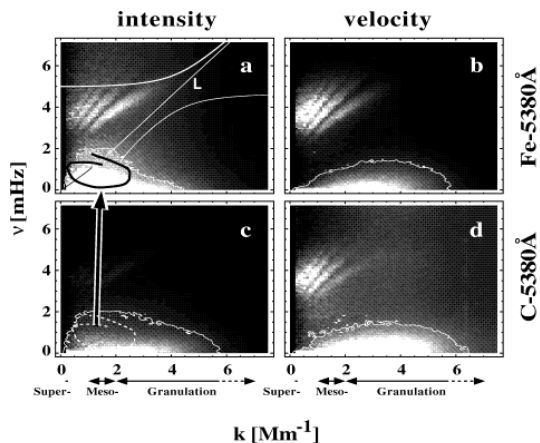


Рис. 13. k-v-спектри сонячної фотосфери [35]

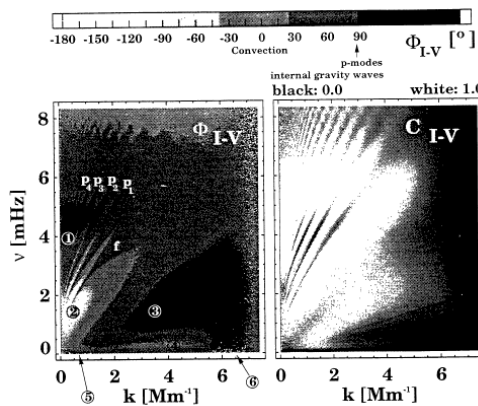


Рис. 14. k-v-спектр сонячної фотосфери та відповідна карта когерентності [36]

Слід відмітити також, що між довжиною контактно-наведених гравітаційних хвиль у сонячній атмосфері λ та радіусом R комірки-резонатора існує зв'язок двох видів [2, 32]:

$$2\pi R = i \cdot \lambda_i / 2, \quad i = 1, 2, 3, \dots \text{ – короткі хвилі,} \tag{17}$$

$$\lambda_i = 2\pi R \cdot j, \quad j = 1, 2, 3, \dots \text{ – довгі хвилі.} \tag{18}$$

Як видно, для коротких хвиль при низьких значеннях i , а для довгих – при всіх значеннях j , довжина хвилі значно перевищує радіус комірки. Це пояснює, зокрема, плутанину з масштабами при аналізі результатів космічних даних в роботах [35, 36], коли грануляції приписується діапазон хвильових чисел, що на порядок перевищує реальні дані, помилково віднесені на рахунок мезогрануляції – рис. 13. При цьому характерний кластер контактно-наведених когерентних структур руху у фотосфері Сонця (позиція 2 на рис. 14) по суті заміщується "антагоністичними" по фазі коливаний ділянками великих хвильових чисел (позиції 3, 6 на рис. 14).

В контексті енергетики та магнетизму Сонця відмітимо також, що довгоперіодичні (~10–13 років) інерційні хвилі в конвективній зоні Сонця, більш відомі як торсійні сонячні коливання [38–41], хоч і відіграють важливу роль у генерації глобального магнітного поля, однак по суті являють собою лише передавальну ланку в механізмі геліоконтактного динамо. Саме останнє енергетично забезпечує диференційний рух шарів сонячної речовини, "в готовому вигляді" взятий за основу у відомих несамоузгоджених теоріях гідромагнітного динамо [32]. Чітка змінність знаку глобального сонячного магнітного поля в квазідинадцятирічних циклах, очевидно, відповідає правилу Ленца для електромагнітної індукції, внаслідок якого напрям прецесійної n -моди руху внутрішнього ядра на початку циклу [2] автоматично встановлюється таким, щоб послабити існуюче магнітне поле.

Квазидвовимірна (та спіральна тривимірна) контактно-наведена космічна турбулентність

На рис. 15 показані енергетичні спектри випромінювання космічних об'єктів різного виду: галактик, квазарів, пульсарів, залишків спалахів наднових зір, а також спектри потоків космічних частинок, у т.ч. нейтрино. На рис. 16 для порівняння наведені теоретичні спектри вимушеної квазидвовимірної турбулентності [42]. Як видно, спостерігається подібність спектрів всіх вказаних видів. Немонотонність степеневих ділянок та зміна їх нахилу пов'язані з виділеністю мод накачки та генерацією когерентних структур руху, які обмежують довгохвильове крило спектрів [2, 34, 42]. Ці структури разом із хаотичною компонентою визначають "двофазний" стан космічної турбулентності. Турбулентна енергія переноситься в бік більших просторових та часових масштабів, в той час, як перенос енстрофії в бік малих масштабів забезпечує високі частоти, та, відповідно, енергії окремих квантів – космічних частинок (рис. 15 е-ж). Уявне

протириччя цього твердження знімається саме дискретним характером переносу, за якого енергія на великих масштабах накопичується не за рахунок частоти, а за рахунок кількості квантів [33]. Спектри радіоігалактичної турбулентності, яка має тривимірний характер, свідчать про її спіральність (гідродинамічну, струмову та магнітну), що забезпечує характер енергетичного переносу, аналогічний щодо розглянутої вище квазидвовимірної турбулентності.

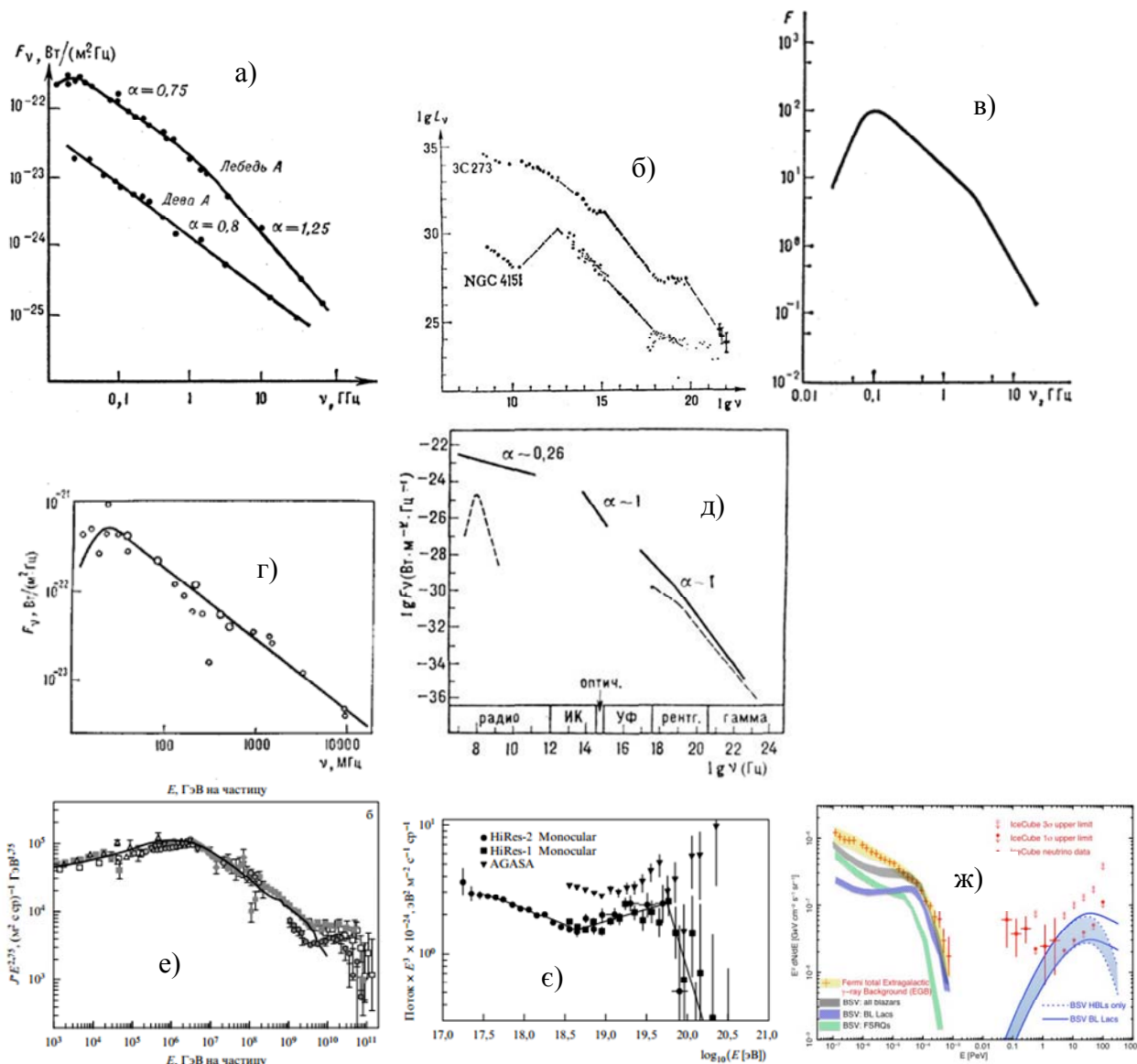


Рис. 15. Енергетичні спектри випромінювання деяких типових радіоігалактик (а) [43]; квазара 3С 273 та сейфєртівської галактики NGC 4151 (б) [9]; типовий спектр радіовипромінювання пульсара (в) [23]; спектр радіовипромінювання залишку від спалаху надвові Кассіопея А (г) [44]; спектр Крабовидної туманності з пульсаром (пунктир) (д) [9]; спектри енергії космічних частинок (е) [45], (є) [46], (ж) [47]

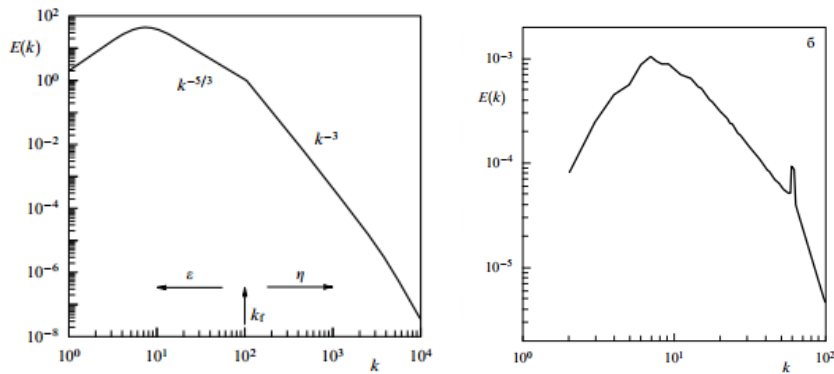


Рис. 16 Теоретичні спектри вимушеної квазидвовимірної турбулентності [42]

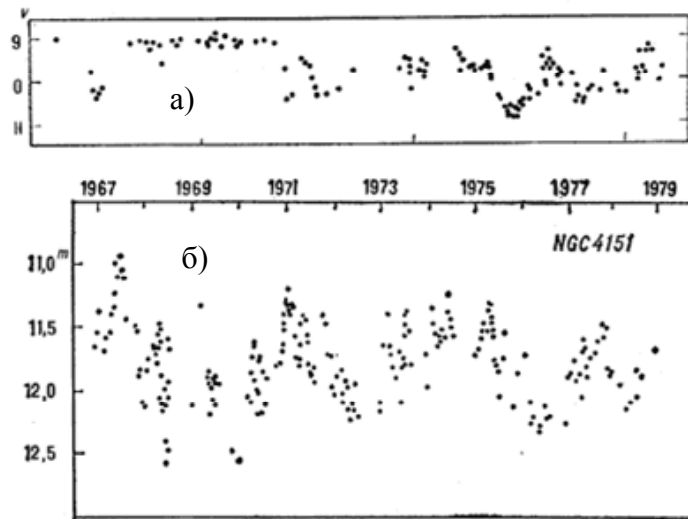


Рис. 17. Зміна блиску швидкої неправильної зорі RV Тільця (одиниця масштабу по осі абсцис – 100 діб) (а) [48] та сейфертівської галактики NGC 4151 (б) [49]

Часові періодограми змінності різномасштабних космічних об'єктів з активними ядрами цілком аналогічні у випадку невисокого рівня когерентності – рис. 17. Підвищений її рівень, як уже відзначалось, характерний, зокрема, для пульсарів, цефеїд та сонячної активності.

Релятивістські струмені (джети), спалахи нових та наднових зір

Колімовані потоки речовини та електромагнітного поля з багатьох астрофізичних об'єктів (активних галактичних ядер, квазарів, блазарів, молодих зір – об'єктів Гербіг-Гаро та ін. [9, 21, 22, 50]) не мають на сьогодні адекватного пояснення поза рамками контактної динамо. Спільність спостережуваних властивостей релятивістських та нерелятивістських джетів (рис. 18) наводить астрофізиків на думку про спільність фізичних механізмів їх формування [22]. Однак, в більшості випадків задіюються гіпотетичні механізми акреції на центральні чорні діри [19–22], а супутнє синхротронне випромінювання приймається за свідчення значних глобальних магнітних полів [22]. Розпад струменів на турбулентні згустки подалі від активного центру (рис. 18), як правило, відноситься на рахунок взаємодії з оточуючою космічною речовиною, або ж розвитку гідродинамічних та магнітогідродинамічних нестійкостей [19–22].

В рамках даного розгляду периферійна турбулізація пов'язується зі зміною режиму когерентності: від контактно-наведеної електромагнітної турбулентності (з відповідними когерентними структурами руху) до тривимірної гравітаційної турбулентності, що врешті еволюційно трансформується у тривимірні (балджи) та квазидвовимірні (диски) гравітаційні когерентні структури руху. Значний надлишок початкової кінетичної енергії, запозиченої з металізованого водневого ядра, при цьому трансформується у некеплерові (передусім прецесійні) форми фінітного руху космічної речовини навколо активного центру. Ці форми, що "проходять мимо класичної каси" (теореми віріала), по суті формують сучасні ілюзії присутності чорної матерії та темної енергії.

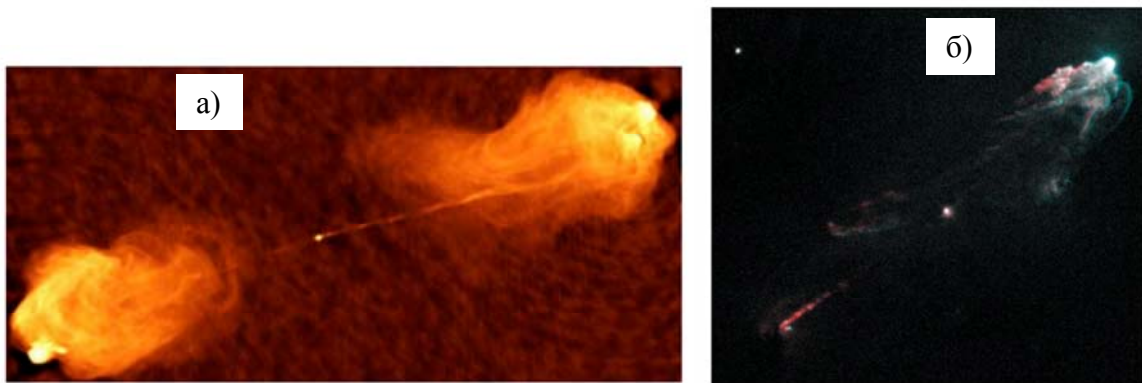


Рис. 18. Струмені радіогалактики Лебідь А (а) [21] та об'єкту Гербіг-Гаро HH1 (б) [50]

На рис. 19 наведена схема генерації джетів в контактах прецесійного верчення [2]. Високоїмовірною кутною асиметрією двох зон контакту дещо скошує джети один відносно одного (або ж формується лише один джет). Таке скошення помітно на прикладі радіогалактики Лебідь А – рис. 18а.

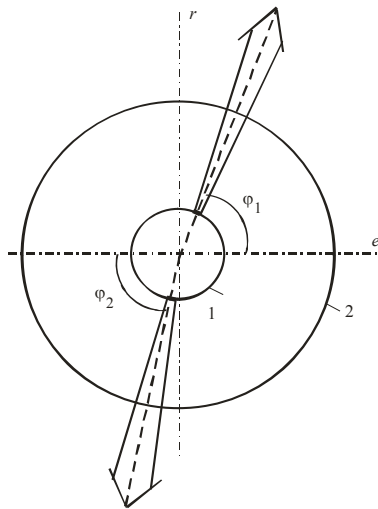


Рис. 19. Схема генерації джетів у космічних контактах прецесійного верчення (r – вісь обертання, e – екваторіальна площина, 1 – ядро, 2 – оболонка)

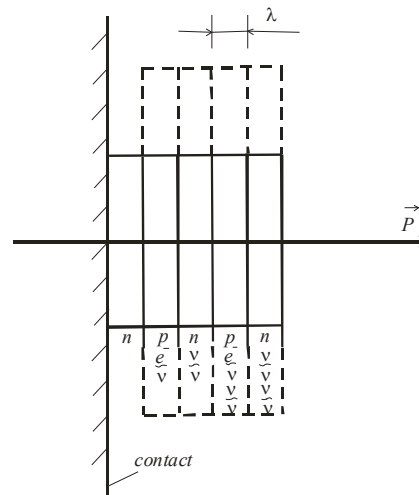


Рис. 20. Схема когерентної контактно-наведеної структури руху на нейтрон-протонних та нейтрино-антинейтринних парах

Контактна анізотропія в умовах високих тисків та рекордного питомого енерговиділення при фазових переходах водню формує локалізовані в просторі і часі когерентні структури руху. В таких умовах важливе значення можуть мати ефекти вимушеного випромінювання – як показано на рис. 20 на прикладі контактної генерації когерентних структур руху, утворених нейтрон-протонними та нейтрино-антинейтринними парами ферміонів. Такого роду структури, рухаючись направлено у вигляді "потяга навпаки" (локомотив позаду, гнучка зчипка) здатні утворювати релятивістські струмені, об'єднуючи "вагони" різного класу: радіо-, оптичного, рентгенівського, γ -випромінювання. Довжина хвилі де Бройля λ для протонів та нейтронів, "деформованих" тиском нейтринного та γ -випромінювання (рис. 20), може бути достатньо малою – для пояснення високоенергетичного крила спектрів на рис. 15.

Іншим джерелом контактної генерації космічних частинок надвисоких енергій ϵ , звичайно, вибухи нових та наднових зір. Однак, на протипагу відомим астрофізичним моделям [9, 51], ці вибухи пояснюються не колапсом, а розширенням (декомпресією) внутрішнього металізованого водневого ядра зорі, що супроводжується катастрофічним енерговиділенням та розлітанням (бодай частковим) оболонки, а в гіршому випадку – і ядра також. Квазідвовимірність контактної взаємодії тут забезпечується фронтом ударних хвиль, що пояснює характер турбулентних спектрів залишків наднових (рис. 15г, д).

"Космологічне" та гравітаційне червоне зміщення, гравітаційне лінзування та мікролінзування

Патологічна тяга теоретичної астрофізики до сингулярностей [9–11] ніколи не сприймалася астрофізикою реальною. Видатний астроном Едвін Хаббл, як відомо [12], врешті відмовився від своєї початкової доплерівської інтерпретації червоного зміщення в спектрах далеких галактик. Однак, його ім'я і досі спекулятивно використовується тими, хто домальовує скривлену Ейнштейнівську картину простору-часу, в центрі якої – Великий Вибух та розширення Всесвіту [52]. Вельми давні недоплерівські пояснення червоного зміщення в спектрах галактик [53] на сьогодні надійно затиснуті пресом офіційної навколофізичної пропаганди [54]. Прикладом такої пропаганди є стаття [55], в якій її автори високомірно повчають видатного експериментатора Р.В. Паунда як "правильно" інтерпретувати отримане ним (вперше в історії фізики) гравітаційне зміщення частоти γ -квантів в полі Земного тяжіння [56]. Неодмінним елементом повчання є "знаменитий Ейнштейнівський ліфт", що вільно падає з прискоренням g , і в кому гравітація відсутня [55]. Те, що вільне падіння з прискоренням g – це і є прояв гравітації – не бентежить нікого (ні А. Ейнштейна, ні Л.Б. Окуня [55]).

Нас, однак, бентежить прискорене розширення Всесвіту, "відкрите" не так давно [6–8] в результаті грубої маніпуляції зі спектрами далеких наднових: спочатку відкидаються "неугодні" зорі та дискретні компоненти спектрів, потім ефектно коригується почервоніння спектрів від космічного пилу – і прискорення готове. На рис. 21 наведені результати обробки спектрів далеких наднових, запозичені з Нобелівської лекції [6]. Як видно, ефект від пилу явно "працює" на прискорення. На спектрах рис. 22а, 23а виділяється сильна дискретна лінія, що довільно приписується радикалу ОН (на рис. 23а). Однак, більш традиційна інтерпретація такого роду виділених ліній як Лайман – альфа L_{α} водню (рис. 23 б) приводить до червоного зміщення $z \approx 3,5$ на рис. 23а, де автором вказано $z \approx 0,458$. Так з яким же прискоренням розширюється цей Всесвіт?

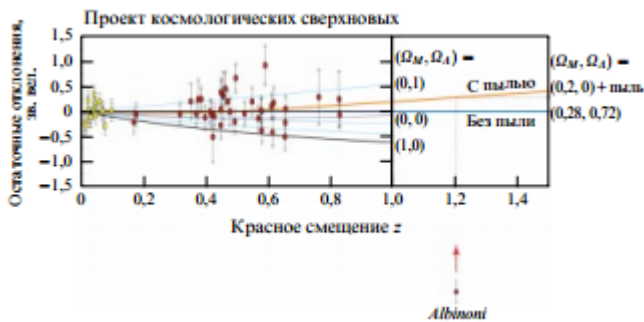


Рис. 21. Результаты обработки спектров далеких надновых [6]

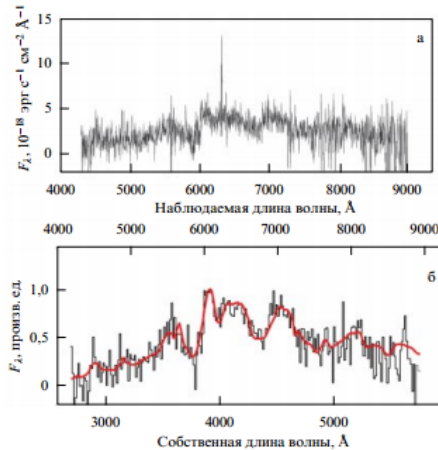


Рис. 22. Спектр однієї з наднових до (а) та після (б) видалення вузьких спектральних ліній і згладження континууму [6]

“Схильність” лінії L_{α} водню до рекордних червоних зміщень [57–58] вельми просто пояснити, виходячи із співвідношення (17) та графічної ілюстрації внесків різноманітних частинок космічного пилу в криву міжзоряного поглинання та розсіяння світла [9] – рис. 24. Максимум кривої при $\lambda^{-1} \approx 9 \text{ мкм}^{-1}$ відповідає довжині хвилі $\lambda \approx 0,11 \text{ мкм}$, що вельми близька до довжини хвилі лінії $L_{\alpha} : \lambda_{L_{\alpha}} \approx 0,12 \text{ мкм}$. Згідно з (17) такі хвилі відповідають характерним радіусам пилової частинки – резонатора

$$R_i = i \cdot \lambda_{L_{\alpha}} / 4\pi \approx i \cdot 0,001, \text{ мкм}; i = 1, 2, 3... \tag{19}$$

За даними [9] вказаний підйом кривої розсіяння до $\lambda^{-1} \approx 9 \text{ мкм}^{-1}$ обумовлюють силікатні частинки радіусами $0,005 \div 0,01 \text{ мкм}$. Форма таких частинок близька до сферичної, а їх число в одиниці об’єму приблизно в 1000 разів перевищує число пилинок, відповідальних за міжзоряне поглинання і розсіяння видимого світла [9]. Як слідує з (19), резонансна умова для цього типу частинок і лінії L_{α} водню задовольняється при $i \approx 5 \div 10$. По мірі червоного зміщення цієї лінії умова (19) виконуватиметься за рахунок зменшення порядкового модового індексу i . В умовах такого резонансного розсіяння світла на частинках космічного пилу відхилення напряму поширення світла від початкового може бути незначним, що неявно підтверджено, зокрема, в роботі [6], де пилове почервоніння спектрів далеких наднових не супроводжувалось суттєвим послабленням світлового потоку та ”замиванням” зображення космічного об’єкту. Останнє, як відомо, нерідко використовують у своїх аргументах прихильники “космологічності” червоного зміщення.

В результаті контактної-наведеної поверхневої турбулізації світлового потоку при його резонансній взаємодії з космічним пилом здійснюється трансформація хвиль в бік червоного зміщення. Акустичні аналоги подібної поверхневої трансформації хвиль показані на рис. 25, 26. В першому випадку здійснювалась трансформація звуку, згенерованого мікроударом сталевого стержня діаметром 9 мм по трубопроводу $\varnothing 50 \text{ мм}$ та довжиною 10 м (рис. 25). Початковий імпульсний сигнал з несучою частотою $\approx 6 \text{ кГц}$ в результаті проходження трубопроводом суттєво зменшує цю частоту до $\approx 3,5 \text{ кГц}$ та врешті турбулізується. Спектр такої турбулентності, як видно з рис. 25б, суттєво зміщений в червону сторону.

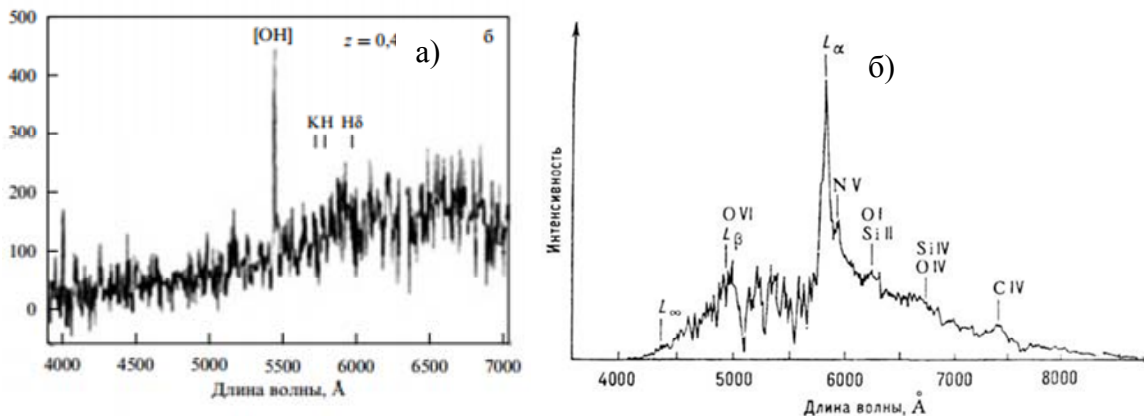


Рис. 23. Спектр хазяйської галактики надвові зорі SN 1992 bi (а) [6] та спектр квазара PKS 2000-330 з червоним зміщенням $z = 3,78$ (б) [9]

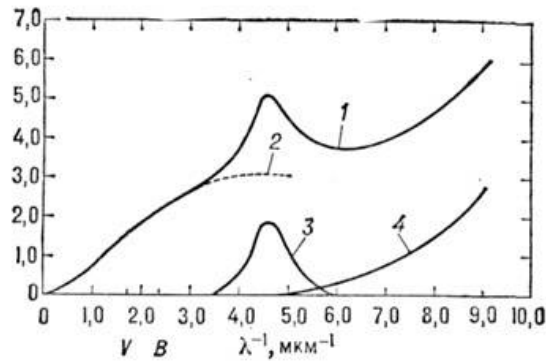


Рис. 24. Внесок різних частинок у криву міжзоряного поглинання: 1 – сумарна крива; 2 – розсіюючі частинки радіусами 0,10 ÷ 0,15 мкм; 3 – поглинаючі частинки радіусами 0,01 ÷ 0,02 мкм; 4 – розсіюючі частинки радіусами 0,005 ÷ 0,01 мкм [9]

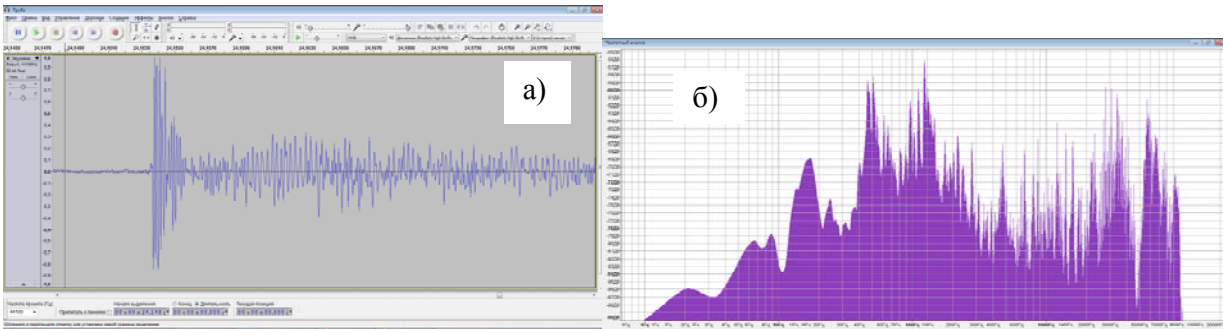


Рис. 25. Акустограма (а) та відповідний спектр Фур'є (б) трансформації акустичного сигналу у трубопроводі

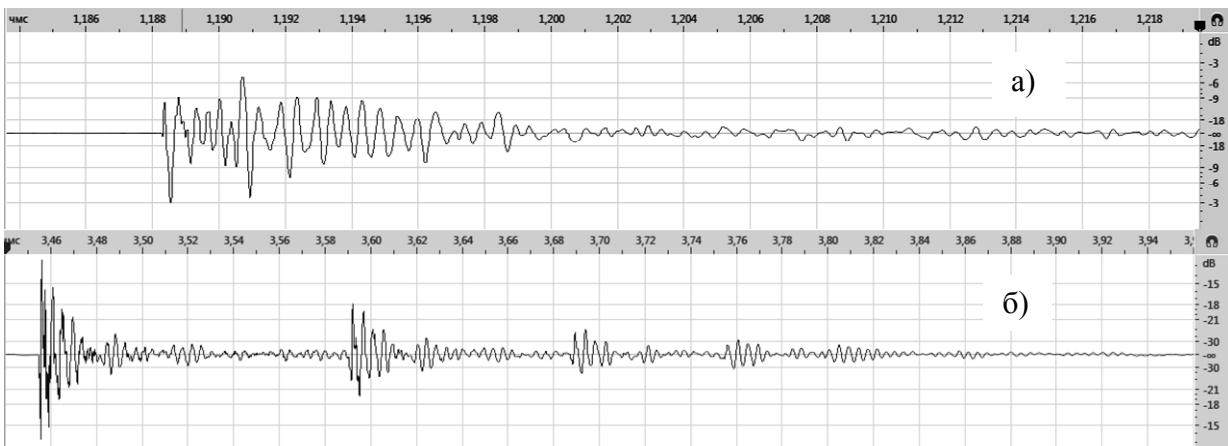


Рис. 26. Акустограми трансформації акустичних хвиль в результаті падіння кульки підшипника на площину гетинаксового стола (а) та на стопку паперу на столі (б)

Подібна поверхнева трансформація акустичних хвиль спостерігається також в результаті удару кульки підшипника $\varnothing 13,5$ мм по шліфованій поверхні гетинаксового стола (рис. 26а). В той же час, удар цієї кульки по стопці паперу товщиною ≈ 3 мм на столі хоч і призводить до трансформації форми сигналу, однак мало змінює початкову несучу частоту ударного імпульсу (рис. 26б). Це пов'язано з суттєвим послабленням ефектів поверхневої взаємодії хвиль порівняно з об'ємними ефектами у відносно товстій та м'якій стопці паперу.

Контактні пилові лінзи, що розглядалися нами раніше [2, 32], подібним чином здійснюють як "космологічне" червоне зміщення світла, так і його "гравітаційне" лінзування. Саме останнє, ефектно виконане Зодіакальною пиловою хмарою та пиловою короною Сонця, було спекулятивно використане свого часу апологетами "загального релятивізму" для відомого "подвоєння" Ньютонівського відхилення світла в гравітаційному полі Сонця [54]. Вже в наш час "нової фізики" перевірений метод фальсифікацій використовують модератори того ж-таки релятивізму на прикладі гравітаційного мікролінзування за містичною участю Чорної Матерії та Темної Енергії [59–61].

Висновок

Таким чином, механізм космічного контактного динамо є саме тією відсутньою ланкою в астрофізиці та космології, що переносить ці галузі знань з містики в науку.

Література

1. Заспа Ю.П. Контактне динамо як генератор когерентних космічних форм руху та джерело планетарної, сонячної, галактичної і метagalacticкої енергії. Частина III // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2016. – № 3.
2. Заспа Ю.П. Контактне динамо як генератор когерентних космічних форм руху та джерело планетарного, сонячного, галактичного і метagalacticкого магнетизму. Частина II // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2016. – № 2(235). – С. 36–52.
3. Тэйлор Дж.Х. Двойные пульсары и релятивистская гравитация : Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 1993 г. // УФН. – 1994. – Т. 164, № 7. – С. 757–764.
4. Халс Р.А. Открытие двойного пульсара : Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 1993 г. // УФН. – 1994. – Т. 164, № 7. – С. 743–756.
5. Смут Дж.Ф. Анизотропия реликтового излучения: открытие и научное значение : Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 2006 г. // УФН. – 2007. – Т. 177, № 12. – С. 1294–1317.
6. Перлмуттер С. Измерение ускорения космического расширения по сверхновым : Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 2011 г. // УФН. – 2013. – Т. 183, № 10. – С. 1060–1077.
7. Шмидт Б.П. Ускоренное расширение Вселенной по наблюдениям далеких сверхновых : Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 2011 г. // УФН. – 2013. – Т. 183, № 10. – С. 1078–1089.
8. Рисс А.Дж. Мой путь к ускоряющейся Вселенной : Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 2011 г. // УФН. – 2013. – Т. 183, № 10. – С. 1090–1098.
9. Физическая энциклопедия : в 5-и томах / под ред. А.М. Прохорова. – М. : Большая рос. энциклопедия, 1999. – 760 с.
10. Зельдович Я.Б. Релятивистская астрофизика. I / Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков // УФН. – 1964. – Т. LXXXIV, № 3. – С. 377–417.
11. Шандарин С.Ф. Крупномасштабная структура Вселенной / С.Ф. Шандарин, А.Г. Дорошкевич, Я.Б. Зельдович // УФН. – 1983. – Т. 139, № 1. – С. 83–134.
12. Черепашук А.М. История истории Вселенной / А.М. Черепашук // УФН. – 2013. – Т. 183, № 5. – С. 535–556.
13. Долгов А.Д. Космология: от Померанчука до наших дней / А.Д. Долгов // УФН. – 2014. – Т. 184, № 2. – С. 211–221.
14. Гинзбург В.Л. Пульсары / В.Л. Гинзбург // УФН. – 1971. – Т. 103, № 3. – С. 393–429.
15. Бескин В.С. Физика магнитосферы пульсара / В.С. Бескин, А.В. Гуревич, Я.Н. Истомин // УФН. – 1986. – Т. 150, № 2. – С. 257–298.
16. Потехин А.Ю. Физика нейтронных звезд / А.Ю. Потехин // УФН. – 2010. – Т. 180, № 12. – С. 1279–1304.
17. Бескин В.С. Радиопульсары – поиски истины / В.С. Бескин, Я.Н. Истомин, А.А. Филиппов // УФН. – 2013. – Т. 183, № 2. – С. 179–194.
18. Яковлев Д.И. Л.Д. Ландау и концепция нейтронных звезд / Д.И. Яковлев, П. Хэнсель, Г. Бейм, К. Петик // УФН. – 2013. – Т. 183, № 3. – С. 307–314.
19. Abramowicz M.A. Foundation of Black Hole Accretion Disk Theory / M.A. Abramowicz, P.C. Fragile // Living Rev. Relativity. – 2013. – V. 16, № 1. P. 1–88.
20. Bagchi J. et al. Mega parsec relativistic jets launched from an accreting supermassive blackhole in an extreme spiral galaxy / J. Bagchi. URL : arXiv:1404.6889v2[astro-ph.GA]29Apr2014
21. Hardee P. AGN jets: from largest to smallest angular scales / P. Hardee // J. Phys.: Conf. Ser. – 2008. – V. 131, № 012052. P. 1–13.
22. Бескин В.С. Магнитогидродинамические модели астрофизических струйных выбросов / В.С. Бескин // УФН. – 2010. – Т. 180, № 12. – С. 1241–1278.
23. Пульсары (радиопульсары) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.astronet.ru/db/msg/1188563>
24. Рентгеновские пульсары [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.astronet.ru/db/msg/1188644>
25. Гамма-всплески [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.astronet.ru/db/msg/1191481>
26. Цефеиды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.astronet.ru/db/msg/1188283>
27. Рыбак А.Л. Вариации магнитного поля солнечных пятен на разных временных шкалах : дисс. ... канд. физ.-мат. наук / Рыбак А.Л. – СПб : Главн. (Пулковская) астрон. обс., 2014. – 96 с.
28. Williams P.E. Properties of Supergranulation During the Solar Minima of Cycles 22/23 and 23/24 / P.E. Williams, W.D. Pesnell // J. of Phys.: Conf. Ser. – 2011. – V. 271, № 012082. – P. 1–4.
29. Gizon L. Wave-like properties of solar supergranulation / L. Gizon, T.L. Duvall, J. Schou // Nature. – 2003. – V. 421, № 2. – P. 43–44.
30. Пикельнер С.Б. Динамика солнечной атмосферы / С.Б. Пикельнер // УФН. – 1966. – Т. 88, № 3. – С. 505–526.
31. Rast M.P. The scales of granulation, mesogranulation, and supergranulation / M.P. Rast // The Astrophys. – 2003. – V. 597. – P. 1200–1210.

32. Заспа Ю.П. Контактне динамо як генератор когерентних космічних форм руху та джерело планетарного, сонячного і галактичного магнетизму. Частина 1 / Ю.П. Заспа // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2015. – № 5 (229). – С. 106–118.
33. Заспа Ю.П. Когерентная трибодинамика / Ю.П. Заспа // Трение и износ. – 2012. – Т. 33, № 6. – С. 659–674.
34. Заспа Ю.П. Каскадный транспорт енергії збурень в системах динамічної контактної взаємодії / Ю.П. Заспа, С.Г. Котогрив // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2015. – № 1 (221). – С. 47–52.
35. Straus Th. Dynamics of the solar photosphere. I. Two-dimensional spectroscopy of mesoscale phenomena / Th. Straus, D. Bonaccini // *Astron. Astrophys.* – 1997. – V. 324. – P. 704–712.
36. Straus Th. $k\text{-}\omega$ phase spectra obtained from space [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.na.astro.it/~straus/03_publications
37. Roudier Th. et.al. Mesoscale dynamics on the Sun's surface from HINODE observations / Th. Roudier // *Astronomy and Astrophys.* – 2009. – V. 495. – P. 945–952.
38. Gizon L. Helioseismology of time-varying flows trough the solar cycle / L. Gizon // *Solar Phys.* – 2004. – V. 224. – P. 217–228.
39. Hill F. Helioseismology and the Solar Cycle: Past, Present and Future / F. Hill // *J. Astrophys. Astr.* – 2008. – V. 29. – P. 75–84.
40. Howe R. et.al. A note on the torsional oscillation at solar minimum / R. Howe // *The Astrophys. J.* – 2009. – V. 701. – P. L87–L90.
41. Логинов А.А. Гидродинамическая модель торсионных колебаний Солнца / А.А. Логинов, О.К. Черемных, В.Н. Криводубский, Н.Н. Сальников // *Космічна наука і технологія.* – 2012. – Т. 18, № 1. – С. 74–81.
42. Данилов С.Д. Квазидвумерная турбулентность / С.Д. Данилов, Д. Гурарий // *УФН.* – 2000ю – Т. 170, № 9. – С. 921–968.
43. Радиогалактики [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.astronet.ru/db/msg/1188595>
44. Остатки вспышек сверхновых [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.astronet.ru/db/msg/1188518>
45. Птускин В.С. Происхождение космических лучей / В.С. Птускин // *УФН.* – 2010. – Т. 180, № 9. – С. 1000–1004.
46. Филоненко А.Д. Радиоастрономический метод измерения потоков космических частиц сверхвысокой энергии / А.Д. Филоненко // *УФН.* – 2012. – Т. 182, № 8. – С. 793–827.
47. Padovani P. et. al. A simplified view of blazars: the neutrino background [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [arXiv:1506.09135v1](https://arxiv.org/abs/1506.09135v1)[astro-ph.HE]30Jun2015
48. Переменные звезды [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.astronet.ru/db/msg/1188527>
49. Ядра галактик [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.astronet.ru/db/msg/1188309>
50. Reipurth B. Herbig-Haro Flows: Probes of Early Stellar Evolution / B. Reipurth, J. Bally // *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* – 2001. – V. 39. – P. 403–455.
51. Кошиба М. Рождение нейтринной астрофизики : Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 2002 г. / М. Кошиба // *УФН.* – 2004. – Т. 174, № 4. – С. 418–426.
52. Топоренский А.В. Хаббловский поток в картине наблюдателя / А.В. Топоренский, С.Б. Попов // *УФН.* – 2014. – Т. 184, № 7. – С. 767–774.
53. Мельников О.А. Недоплеровские объяснения красного смещения в спектрах далеких галактик / О.А. Мельников, В.С. Попов // *Некоторые вопросы физики космоса, сборник 2.* – М. : ВАГО АН СССР. – 1974. – С. 9–32.
54. Турышев В.Г. Экспериментальные проверки общей теории относительности: недавние успехи и будущие направления исследований / В.Г. Турышев // *УФН.* – 2009. – Т. 179, № 1. – С. 3–34.
55. Окунь Л.Б. Гравитация, фотоны, часы / Л.Б. Окунь, К.Г. Селиванов, В.Л. Телегди // *УФН.* – 1999. – Т. 169, № 10. – С. 1141–1147.
56. Паунд Р.В. О весе фотонов / Р.В. Паунд // *УФН.* – 1960. – Т. LXXII, № 4. – С. 673–683.
57. Ефремов Ю.Н. Постоянная Хаббла [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.astronet.ru/db/msg/1198709>
58. Bouwens R.J. et.al. Photometric constraints on the redshift of $z \sim 10$ candidate UDFj-39546284 from deeper WFC3 / IR + ACS + IRAC observations over the HUDF / R.J. Bouwens // *The Astrophys. J. Lett.* – 2013. – V. 765, № L16. – 6 p.
59. Гуревич А.В. Мелкомасштабная структура темной материи и микролинзирование / А.В. Гуревич, К.П. Зыбин, В.А. Сирота // *УФН.* – 1997. – Т. 167, № 9. – С. 913–943.
60. Захаров А.Ф. Гравитационное микролинзирование / А.Ф. Захаров, М.В. Сажин // *УФН.* – 1998. – Т. 168, № 10. – С. 1041–1082.
61. Верходанов О.В. Космологические результаты космической миссии "Планк". Сравнение с данными экспериментов WMAP и ВИСЕР2 / О.В. Верходанов // *УФН.* – 2016. – Т. 186, № 1. – С. 3–46.