

---

УДК 521|523.62-726

**І.О. ЛУКОВСЬКИЙ**, академік НАН України,  
завідувач відділом, Інститут математики НАН України,  
e-mail: lukovsky@imath.kiev.ua  
**Н.А. ПУСТОВОЙТОВ**, кандидат фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник,  
Інститут математики НАН України,  
e-mail: kopustnik@ukr.net

---

## ВНЕСОК ІНСТИТУТУ МАТЕМАТИКИ НАН УКРАЇНИ В НАУКУ ПРО КОСМОС

---

*Піонерські спроби побудови сучасної картини Всесвіту, в якій крім сил тяжіння діють електромагнітні сили, були зроблені в Інституті математики Української академії наук: в 1920-х роках академік Д.О. Граве з учнями провів дослідження впливу електричних і магнітних сил на рух планет Сонячної системи. Створена при цьому математична модель дозволила отримати якісне пояснення відхилень між розрахунками за законом Ньютона і експериментальними даними. Було введено поняття області в навколосемному просторі, де відбувається взаємодія сонячного вітру з геомагнітним полем. На початку 1960-х рр. за допомогою космічних апаратів ця область була відкрита і отримала назву «магнітосфера». Стаття містить розповідь про результати цих мало-відомих досліджень.*

**Ключові слова:**

*фізика космосу, закон тяжіння Ньютона, проблема трьох тіл, перигелій Меркурія, сонячний вітер, математична модель Сонячної системи, космічна електродинаміка, магнітогідродинаміка, дослідженні космічними апаратами.*

---

*«... справжня мета небесної механіки полягає  
не в обчисленні ефемерид..., а в тому, щоб переконатися,  
чи достатньо закону Ньютона для пояснення всіх явищ»*

*Анри ПУАНКАРЕ (вибр. твори, том 1, с. 12)*

© І.О. ЛУКОВСЬ-  
КИЙ, Н.А. ПУСТО-  
ВОЙТОВ,  
2017

1. Сучасна наука про космос увібрала в себе мабуть всі знання, набуті людством. Після споглядальних міфологічної та античної картин світу, багаточисленні астроно-

мічні спостереження надали змогу встановити геліоцентричну систему (М. Коперник, 1543) і закони руху планет (Й. Кеплер, 1619), що разом із механікою Галілея — Ньютона дозволило отримати закон всесвітнього тяжіння (1687) і механічну модель Всесвіту, в якій між усіма тілами діють тільки сили тяжіння.

В подальші два століття працями Ейлера, Лагранжа, Лапласа та багатьох математиків і астрономів створювалися теорії руху Місяця і всіх відомих тоді планет в рамках вихідного закону тяжіння. При цьому постійно тривали спроби вникнути у фізичну сутність закону із залученням всіляких гіпотез і з використанням останніх досягнень науки (теорії електрики, теорії відносності). Тільки з появою висотних ракет (1946), супутників (1957) та міжпланетних станцій (1959) почалося реальне вивчення верхніх шарів атмосфери і колоземного простору. Отримані при цьому експериментальні дані підтвердили першу з гіпотез (1916) про сонячний вітер із заряджених часток, яка пояснила природу північних сьйв (Біркеленд — Штермер). Виявилися справедливими основні положення про електричну гіператмосферу Д.О. Граве. Застосування новітніх досягнень фізики елементарних часток і теорії ядра для опису процесів у космосі та впливу електричних і магнітних сил на рух планет дозволило створити фундамент нової моделі Всесвіту — космічну електродинаміку і магнітну гідродинаміку (Х. Альфен).

У 20-х роках минулого століття, ще задовго до вирішальних експериментів, група дослідників Інституту математики на чолі з академіком Д.О. Граве зробила перші успішні спроби дати математично обґрунтовані моделі аномальних явищ у русі планет сонячної системи і описала можливу роль електромагнітних сил у космосі. Серед публікацій, присвячених цим дослідям [1–26], далі в основному використовується підсумкова праця Д.О. Граве [13].

2. На початку ХХ ст. виникають перші державні дослідницькі математичні заклади. 8 березня 1920 р. Загальні збори Української академії наук (УАН) одногосно обирають дійсним академіком УАН Дмитра Олександровича Граве (1863–1939), одного із організаторів академії, і доручають йому якнайшвидше організувати Математичний інститут УАН. У квітні Інститут, незважаючи на всі негаразди, розпочав діяльність.

Слід зауважити, що головним принципом, покладеним в основу діяльності УАН, була її прикладна спрямованість. Д.О. Граве — вихованець математичної школи П.Л. Чебишова, сподвижник В.І. Вернадського, учений енциклопедичних знань, визнаний засновник алгебраїчної школи Росії і СРСР — заклав фундамент подальших досягнень Інституту математики НАН України у галузі теоретичної та прикладної математики. З 1920 по 1939 рік в Інституті математики було проведено перші дослідження у напрямках, які у другій половині ХХ ст. врешті-решт сформувалися як космічна фізика та космічна балістика, з вивченням космічного простору і траєкторій космічних апаратів. В цей самий час в Інституті виконувалися теми з оборонної тематики, зокрема із зовнішньої балістики.

У перші роки існування Інституту Д.О. Граве націлив своїх учнів і співробітників на розв'язання математичних задач, пов'язаних із дослідженнями фундаментальних проблем будови Всесвіту, електродинаміки, релятивістської і квантової механіки та їх застосувань. Це вимагало високого професійного рівня і постійного знайомства з останніми досягненнями в цих галузях науки і техніки. Тому робочим осередком в Інституті був постійно діючий семінар (тричі на тиждень), на якому доповідались результати кожного співробітника і обговорювалися новини теоретичної і експериментальної астрономії, нової фізики.

У 1921—1922 рр. ці роботи проводилися у комплексній Лабораторії експериментальних досліджень з натуральної філософії. На жаль, майже не залишилось матеріалів про її діяльність. Найбільш повний опис Лабораторії можна знайти в монографії В.М. Урбанського [27]. Сам Граве ситуацію з Лабораторією описував таким чином:

«На засіданні Другого відділення Української академії наук від 13.V.1921 (протокол 88, § 1166, 1246) було постановлено за моєю доповіддю якомога швидко влаштувати «Лабораторію експериментальних досліджень з натуральної філософії». Натуральну філософію я розумів у англійському сенсі слова, як механіку і математичну фізику. Питання про цю лабораторію сплигло ще раз у

1926 році, причому проєктована лабораторія отримала назву «астрономічна радіолабораторія», бо я бажав у самій назві вказати, чим я передбачаю займатися. Ці передбачення досі не здійснені. У наміченій мною галузі насамперед потрібно здійснити щось подібне тому, що зробив Гаусс для земного магнетизму: потрібно розвинути теорію, придумати прилади» [13, с. 366].

З трьох напрямків досліджень, запланованих у Лабораторії, — макроскопічного, мікроскопічного і біологічного, — вдалося розвинути лише перший, зосереджений на вивченні процесів у космічному просторі.

Ще у студентські роки Граве почав займатися астрономією, працюючи в Пулковській обсерваторії, і надалі продовжував співробітництво з багатьма вітчизняними та зарубіжними астрономами. Саме заняття астрономією, особливо праця в обсерваторії, дозволили йому зрозуміти фундаментальне



Х. АЛЬФВЕН (1908—1995)



Д.О. ГРАВЕ (1863—1939)

значення експерименту і стати у подальшому ініціатором досліджень з природознавства та створення наукової обсерваторії в Академії. На жаль, обсерваторію було відкрито лише у 1944 році, довелося користуватися університетською обсерваторією і займатися здебільшого теоретичними дослідженнями [27].

На початку наукової діяльності Д.О. Граве присвятив свою магістерську дисертацію основній проблемі класичної небесної механіки — проблемі трьох тіл. Тут він встановив, які саме інтеграли відповідної системи диференціальних рівнянь цієї проблеми не залежать від закону дії сил між тілами [1]. Цього ж року (1896) з'явилась перша теорія, що пояснювала північні саяйва взаємодією потоку заряджених часток, які можливо випромінює Сонце, з магнітним полем Землі [30].

У 1920-х роках Граве разом із учнями почав створювати нову небесну механіку, в якій між космічними тілами крім гравітаційних сил діють сили електромагнітні. Хоча вирішальні експерименти було проведено тільки через 30 років, отримані ним у той період результати виявились у більшості справедливими [31; 32].

Провідними дослідниками в групі Граве, яка фактично розробляла нову математичну модель Всесвіту, були молоді учені Юрій Дмитрович Соколов (1896–1971) і Вадим Євгенович Дяченко (1896–1954).

Ю.Д. Соколов після закінчення в 1921 р. Київського університету почав багаторічну плідну наукову діяльність в УАН. Її основи закладено на семінарах Граве. Він був найближчим помічником і співробітником Граве у багатьох його починаннях, брав участь у астрономічних спостереженнях, в роботі Лабораторії і, нарешті, в спільних розробках низки теоретичних і прикладних питань. Перші результати, отримані Ю.Д. Соколовим у зв'язку із розв'язанням задачі про рух матеріальної точки, що притягується до нерухомого центру і знаходиться у стані вимушених коливань, показали його наукову самостійність і зрілість. Значний внесок Соколовим зроблено в якісну та аналітичну теорію диференціальних рівнянь. Його досягнення у розв'язанні класичної задачі трьох тіл увійшли в його докторську дисертацію «Про умови загального зіткнення трьох тіл, що взаємно притягуються за законом Ньютона» (1929). В 1939 р. Ю.Д. Соколова було обрано членом-кореспондентом АН УРСР.

У 1951 р. в Інституті математики було засновано серію «Монографії Інституту математики». Першим випуском серії стала робота Ю.Д. Соколова «Особливі траєкторії системи вільних матеріальних точок», де було підведено підсумки його досліджень з проблеми трьох тіл [24]. Дослідження стосувалися найбільш складної частини проблеми, пов'язаної із задачами вивчення так званих особливих траєкторій руху космічних тіл. Ці задачі вимагали розроблення нових методів. Ю.Д. Соколов, зокрема, узагальнив оцінки і теореми Пуанкаре, Вейрштраса, Пенлеве, Зундмана, Шазі. Результати Ю.Д. Соколова стали класичними і знайшли застосування у космічній балістиці при

розрахунках траєкторій міжпланетних станцій. Одним із визначних досягнень був успішний дванадцятилітній політ зонда «Розетта» на зустріч з кометою Чурюмова — Герасименко. Після чотирьох гравітаційних маневрів біля Землі і Марса зонд вийшов на розрахункову траєкторію, дістався комети, став її супутником, здійснив м'яку посадку апарата «Філі» і тим самим забезпечив виконання наукової програми експедиції.

В.Є. Дяченко — вихованець Морського корпусу, з 1919 по 1921 рік служив у штабі Дніпровської військової флотилії. За клопотанням Граве Дяченко було відряджено із флоту в УАН. У 1927 р. він закінчив аспірантуру і в 1928 р. став науковим співробітником. Перші його роботи, виконані під впливом Граве, пов'язані з теорією відносності, електронною оптикою, планетною механікою. У застосуванні цих теорій в небесній механіці та електронній мікроскопії В.Є. Дяченко отримав оригінальні і важливі результати. Він очолював групу в Інституті фізики, яка створювала електронний мікроскоп, розробляв методикку проектування та методи розрахунку електронних лінз.

З 1946 р. В.Є. Дяченко займався розробленням ефективних методів обчислювальної математики, методів електромодельовання для розв'язання задач математичної фізики, а також конструюванням обчислювальних приладів і машин.

3. Із самого початку основною математичною проблемою небесної механіки стала проблема  $n$  тіл, яка полягає у розв'язанні системи диференціальних рівнянь, що описують рух  $n$  тіл під дією гравітаційних сил. Виявилось, що скласти математичну модель відносно просто, а знайти її точний розв'язок можливо тільки у виняткових, найпростіших випадках. Наприклад, при вивченні руху двох тіл ( $n = 2$ ); а також при  $n = 3$ , коли одне тіло має скінченну масу, а два інших тіла мають майже нульові маси. Також було встановлено, що труднощі загальної проблеми ( $n$  — довільне) залишаються і при  $n = 3$ . Тому всі зусилля астрономів і математиків були спрямовані на розроблення наближених методів пошуку розв'язку саме проблеми трьох тіл. Ці дослідження стали головним джерелом ідей і методів в математиці з XVIII ст., сприяли появі таких її нових розділів як топологія, якісна теорія



Ю.Д. СОКОЛОВ (1896–1971)



В.Є. ДЯЧЕНКО (1896–1954)

диференціальних рівнянь, теорія динамічних систем, теорія стійкості руху, остаточне становлення яких завершилось у ХХ ст. Головним було те, що вони сприяли створенню широкого спектру числових та наближених методів розв'язку диференціальних рівнянь.

Класичний період небесної механіки завершується трьома томами «Нові методи небесної механіки» (1899) Анрі Пуанкаре (1854—1912), з ім'ям якого пов'язані основоположні ідеї згаданих вище нових розділів математики.

Та ще до свого виникнення суто гравітаційна картина Всесвіту зіткнулася з явищами, які неможливо було пояснити тільки за допомогою сил тяжіння. У 1610 р., завдяки появі телескопів було відкрито рухливі плями на Сонці, а в подальшому було встановлено 11-річну періодичність максимуму кількості цих плям і таку ж періодичність збурень геомагнітного поля. Крім того, більш точні вимірювання параметрів траєкторій руху планет виявили їх незбіг з розрахунковими. Не можна було пояснити поведінку деяких комет тільки дією сил тяжіння.

«У ХІХ столітті, коли покращились як прийоми обчислень небесної механіки, так і точність спостережень практичної астрономії, виявилось декілька розходжень між обчисленнями і спостереженнями, які не можна було приписати можливим помилкам тих та інших. Це такі розходження.

Вікове збурення у русі перигелію Меркурія за спостереженням було 574" (сек. дуги) у століття, а за обчисленнями тільки 533", причому різниця у 41" не мала пояснення. Наступне за величиною розходження помічено в довготі висхідного вузла Венери і дорівнює  $-10''$  у століття. Крім цих розходжень значно меншу зустрічаються в елементах Землі і Марса» [13, с. 352].

Слід особливо відзначити, що математики зробили не тільки теоретичний внесок у розв'язання цих проблем і у вивчення впливу космосу на земні явища, а й брали безпосередню участь у відповідних експериментальних дослідженнях. Так, Ф.В. Бессель (1786—1846, директор Кенігсберзької обсерваторії) одним із перших висловив гіпотезу про вплив електричних сил на рух і форму комет. Творець сучасної метрологічної бази вимірювання магнітного поля Землі К.Ф. Гаус (1777—1855, директор Гетінгенських астрономічної і магнітної обсерваторій), автор математичної теорії цього поля, експериментально довів космічне походження варіацій земного магнетизму. Спостереження підтвердили ці припущення про існування у космічному просторі негравітаційних сил.

Подальші покоління математиків продовжили традицію Гауса. Коли виникла перша теорія північних сьайв із порівняння цього явища з електричним разрядом (Біркеланд, 1896), професор університету Осло К.Ф. Штермер (1874—1957) теоретично розвинув гіпотезу про те, що саме потік заряджених частинок, так званий «сонячний вітер», є причиною збурень магнітного поля Землі і полярних сьайв [30], склав рівняння руху частинок сонячного вітру при їх взаємодії з магнітним полем Землі і запропонував числовий метод його розв'язання (широко відомий метод Штермера). Як і Гаус, Штер-

мер винаходив і сам виготовляв необхідні прилади, за допомогою яких він, зокрема, виміряв висоту північного саява.

Д.О. Граве підтримував тісний контакт зі Штермером, обговорюючи з ним фізичні і математичні питання, особливо ті, що пов'язані з числовим розв'язанням відповідних диференціальних рівнянь. У 1916 р. академік-кораблебудівник О.М. Крилов удосконалив числовий метод Штермера (пов'язавши його з методом Адамса).

У 1926 р. за пропозицією Граве Штермера було обрано іноземним членом УАН. Оцінюючи внесок Штермера в теорію полярних саяв, Граве писав:

«За цією теорією Сонце посилає у простір величезне число як чисто негативних електронів (промені  $\beta$ ), так і часток іонізованої матерії (промені  $\alpha$ ). Ця електрична субстанція, потрапляючи на близьку відстань від Землі, захоплюється магнітним полем землі і падає у земну атмосферу в областях, близьких до магнітних полюсів Землі.

С. Störmer працює вже більше 20 років над вивченням північних саяв, причому ним зроблено величезну роботу як у математичній теорії руху падаючих електронів, так і у систематичному спостереженні за саявами...

Талановитий математичний аналіз Störmer'a дав чудове зображення якісної сторони явища. З'ясувалось, чому електрони падають поблизу полюсів, чому північне саяво часто має вигляд завіси тощо. З листування зі Störmer'ом я дізнався, що при північному саяві відіграють роль як промені  $\alpha$ , так і промені  $\beta$ , причому в кожному певному саяві можна з'ясувати характер променів» [13, с. 349].

З аналізу та обговорення експериментів і теоретичних робіт норвезького вченого Граве робить висновки про їх можливе застосування та поширення не тільки на сонячну, а й на всі зоряні системи завдяки використанню в небесній механіці принципів і методів електродинаміки, проведенню широкого спектру експериментів з вимірювання радіовипромінювання:

«Отже, за цією теорією небесна механіка набуває цілком нового характеру. Замість пустого безмовного простору ми маємо простір, в якому циркулюють в усіх напрямках електрони і протони, бо безсумнівно, що



Х. БІРКЕЛЕНД (1867—1917)



К. ШТЕРМЕР (1874—1957)

не лише сонце посилає їх у простір, а й також всі гарячі тіла, якими є нерухомі зорі...

Простір заповнений усілякими коливними процесами: світовими, тепловими, а також герцевськими, а відтак для вивчення електричних процесів, що в ньому відбуваються, можливо застосовувати прийоми радіотехніки.

Вказана зміна уявлення про характер міжпланетного простору має позначитися на зміні поглядів і обчислень небесної механіки. Справа стає набагато складнішою. До закону всесвітнього тяжіння, однаковому в усьому Всесвіті, приєднуються ще електромагнітні сили, що змінюються у неправильний спосіб у зв'язку із суто випадковими змінами еманції» [13, с. 349, 350].

Зважаючи на ймовірне існування у космосі електромагнітних полів саме Граве зробив одну з перших спроб пояснити розбіжність між величиною впливу електричних і магнітних сил, отриманою з теоретичних розрахунків за класичною теорією і за даними спостережень. Влітку 1926 року він разом із учнями обчислив параметри орбіт Меркурія і Венери з урахуванням електричних зарядів планет.

«Результати обчислень виявились дуже утішливими у якісному стосунку, бо всі поправки в елементах чотирьох найближчих до Сонця планет вийшли правильно як за знаками, так і за їх відносною величиною. Слабкою стороною аналізу виявились занадто великі електричні заряди планет...

Важливо відмітити, що найбільші коефіцієнти вийшли там, де потрібно, тобто саме при нерівностях перигелію Меркурія і вузлів Венери...» [13, с. 353, 358].

Спроби отримати кількісні значення відповідних аномалій привели до нереальних за величиною зарядів планет та вибору нової гіпотези про механізм впливу Сонця на їх рух.

«Безсумнівно, що великі заряди планет змушують відмовитися тільки від гіпотези індуктивного впливу сонця, але не взагалі від електромагнітної гіпотези... *Ми знаходимось перед явищем не індукції, а конвекції. Сонце посилає у простір хмари електронів, які вже на близькій відстані від планети справляють на неї пондеромоторний та інші впливи*» [13, с. 358].

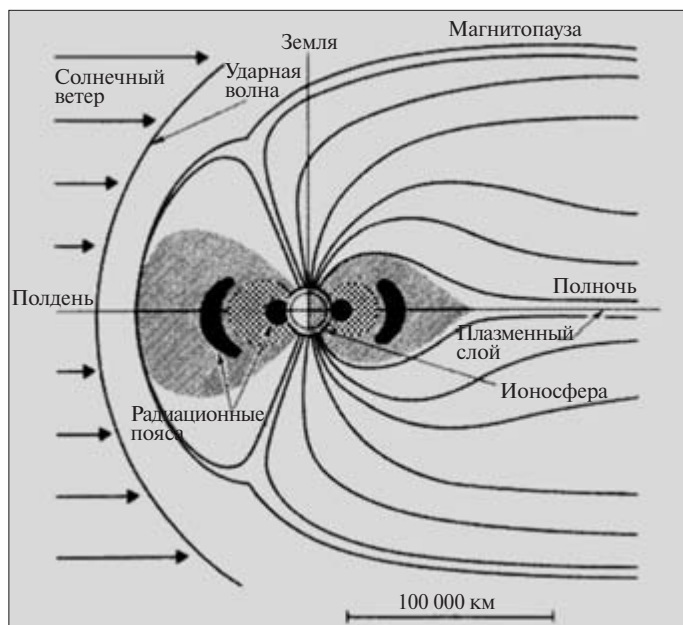
Для реалізації нової гіпотези Граве уводить поняття колоземної області, в якій відбувається взаємодія сонячного вітру насамперед із магнітним полем Землі (див. рис.):

«... Я увів нове поняття про так звану *електричну гіператмосферу*. Під цим терміном я розумію ту частину простору електромагнітного поля, що оточує планету, яка виявляє помітний вплив на її рух і на різні фізичні явища на ній.

Просторово гіператмосфера переміщується разом із планетою, субстанційно вона постійно змінюється, бо її перетинають усе нові й нові частки електрики.

Необхідно так або інакше підрахувати пондеромоторну дію на планету її гіператмосфери» [13, с. 358].





Магнітосфера Землі (електрична гіператмосфера за Д.О. Граве) – область взаємодії сонячного вітру з геомагнітним полем

«Найважливішим є обчислення пондеромоторних дій земної гіператмосфери на землю, при цьому не стільки важливою є сама величина цих дій, скільки її, так би мовити, порядок.

Для отримання цього результату природним є застосування теорії земного магнетизму. Тут ми маємо багатий сторічний запас спостережень, виконаних за допомогою прийомів дослідження, вказаних і розвинутих ще Gauss'ом.

Отже, на підставі всього вищесказаного у мене склалось переконання, що на підставі вивчення варіацій земного магнетизму можливо обчислити величину пондеромоторного впливу гіператмосфери на Землю.

Але таким шляхом не можна буде стежити за рухами електричних мас у самій гіператмосфері. Для вивчення динаміки гіператмосфери єдиним шляхом залишається застосування прийомів радіотехніки...

У наміченій мною галузі перш за всі потрібно здійснити дещо подібне тому, що зробив Gauss для земного магнетизму: потрібно розвинути теорію, придумати прилади і виробити прийоми спостереження, отже, потрібно покласти основи нової науки» [13, с. 366].

Гіпотеза Граве про будову навколоземного простору (електричну гіператмосферу) справдилася. Ця область на початку 1960-х років отримала назву магнітосфера. Порівнюючи свої оцінки із розрахунками за допомогою інших теорій, Граве зокрема відмічав:

«... теорія Einstein'а безсила пояснити нев'язку у вузлах Венери, необхідно, щоб збурення у вузлах Венери були проведені систематично за однією лише теорією Einstein'а, чого досі не зроблено» [13, с. 360].

«... Я передусім укажу, що токи у верхніх шарах атмосфери, існування яких безсумнівно, за моєю теорією пояснюються природним шляхом, як результат бомбардування земної атмосфери сонячними електронами. Щоб показати, наскільки просто пояснюється за моєю теорією вся загальна картина явищ земного магнетизму, я візьму найголовніші характерні сторони цієї картини у викладенні самого Gauss'а...

Безсумнівно, що справжня причина лежить у полі електронів, що летять від сонця до землі, яке обертається разом із сонцем відносно місця спостерігача.

За моєю гіпотезою можна припускати, що поблизу землі шляхи електронів, що летять, паралельні прямій, що з'єднує сонце і землю. Внаслідок малих розмірів землі порівняно з розмірами гіператмосфери можна нехтувати вузькою стрічкою позаду землі і можна вважати, що однорідне електричне поле не зустрічає від землі перешкоду в своєму поширенні.

... Картина з мого погляду є цілком ясна. Відбувається миттєве сильне збурення, коли пролітає повз землі згусток електронів або протонів у вигляді гігантської хмари.

Коли подібна хмара ударяє у землю, то відбуваються північні сяйва, магнітні бурі та стрілка компаса безладно рухається у різні сторони» [13, с. 352, 363, 366].

Результати з нової небесної механіки Граве і його учнів були широко представлені у наукових виданнях [1–26], а також обговорювались на Загальних зборах УАН і фізико-математичного відділення ([33–36], перелік доповідей див. Додаток), на II Всесоюзному математичному з'їзді [26]. Граве знайомив з ними відомих європейських астрономів і математиків. Від багатьох з них він одержав схвальні відгуки. Так, крім плідних контактів із норвезьким ученим К. Штермером Граве спілкувався зі шведським астрономом Болінім та професором Римського університету Тулліо Леві-Чівіта [13].

Цікаво відмітити, що використовуючи останні тогочасні здобутки фізики, астрономії, математики, створюючи нову модель космосу, Граве ділився з широкою громадськістю своїми роздумами про майбутнє людства і можливостями використання енергії із космосу [17; 18].

Звичайно, не всі припущення і твердження Д.О. Граве витримали іспит часом. І не дивно, бо тільки в 1950-х роках, коли почалися дослідження колоземного простору за допомогою експериментальних висотних ракет, супутників Землі і міжпланетних автоматичних станцій, було остаточно встановлено структуру атмосфери Землі, будову її космічного околу, а також механізм взаємодії геомагнітного поля з електромагнітними космічними і сонячними полями [28; 29; 31]. Тому гідні поваги ті результати, які здобув Д.О. Граве з учнями в умовах обмеженої інформації, користуючись математичними методами та фізичною інтуїцією.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Grave D.A. Sur le probleme de trois corps. *Nouv. Annales de Mathem.* 1896. No 15. P. 537—547.
2. Граве Д.А. Основные законы движения. *Изв. Екатеринославского горного института.* Екатеринослав, 1924. XIV.
3. Grave D.A. Über der Zusammenhang zwischen Astronomie, Meteorologie und Botanik. *Зап. фіз.-матем. відділу ВУАН.* 1925. I, вип. 3. С. 53—55.
4. Grave D.A. Über ein Poincaresches Problem. *Зап. фіз.-матем. відділу ВУАН.* 1925. I, вип. 3. С. 57—59.
5. Grave D.A. Über die elektromagnetischen Grundagen der Mechanik. *Зап. фіз.-матем. відділу ВУАН.* 1925. I, вип. 3. С. 84—90.
6. Граве Д.О. Електромагнітні сили в сонячній системі. *Зб. математично-природописно-лікарської секції Наукового товариства ім. Шевченка.* 1925. XXIII—XXIV. С. 43—46.
7. Grave D.A., Sokolov U.D. Sur le mouvement du perihelie de Mercure. *Труди фіз.-матем. відділу ВУАН.* 1926. V, вип. 1. С. 1—11.
8. Граве Д.О. Теорія відносності в історичній перспективі. *Зб. істор.-філолог. відділу ВУАН* (Ювіл. збірник на пошану акад. Д. Багалія). 1926. № 51, ч. 1. С. 220—237.
9. Grave D.A. Über die electromagnetisch Erscheinungen im Sonnensysteme. *Зап. фіз.-матем. відділу ВУАН.* 1927. II, вип. 2. С. 9—12.
10. Граве Д.А. По поводу магнитных аномалий. *Доклады АН СССР.* 1928. № 16—17. С. 316—318.
11. Граве Д.А. Оценка влияния электрической гипертатмосферы на земной магнетизм. *Доклады АН СССР.* № 22. С. 319—325.
12. Граве Д.А. Принципы механики. *Вестник Коммунистической академии.* 1928. XXVII. С. 273—291.
13. Граве Д.А. Электрическая гипертатмосфера и земной магнетизм. *Изв. АН СССР,* сер. VII, отд. физ.-матем. наук. 1928. № 4—5. С. 347—366.
14. Grave D.A. Les nouveaux principes de la mecanique celeste. *Труди фіз.-матем. відділу ВУАН.* 1929. IX, вип. 4. С. 325—335.
15. Граве Д.О. Теоретична механіка на основі техніки. Харків, К.: Державне вид-во України, 1930. 394 с.
16. Граве Д.О. Математика та її застосування. *Журн. матем. циклу ВУАН.* 1931. № 1. С. 3—14.
17. Граве Д.А. Как устроена вселенная. Популярный очерк. Госуд. изд-во Украины, 1923. 59 с.
18. Граве Д.А. Междупланетное пространство, как источник электрической энергии. *Коммунист.* 19.05.1921.
19. Соколов Ю.Д. До Дюферінгового методу чисельного інтегрування диференціальних рівнянь. *Бюл. Ін-ту шкiр. пром-сті.* 1934. № 1. С. 19—26.
20. Соколов Ю.Д. Про загальний співудар в симетричному випадку задачі трьох тіл. *Журнал Ін-ту математики ВУАН.* 1934. № 1. С. 27—34.
21. Соколов Ю.Д. Про співудар в зближеній задачі трьох тіл, що обопільно притягаються (або відштовхуються) пропорціонально їхнім масам і якійсь функції відповідного віддалення. *Журнал Ін-ту математики ВУАН.* 1934. № 3/4. С. 133—156.
22. Соколов Ю.Д. Про деякі особливості задачі трьох тіл. *Журнал Ін-ту математики ВУАН.* 1935. № 1. С. 107—118.
23. Соколов Ю.Д. Про особливі траєкторії в задачі трьох тіл, що обопільно притягаються пропорціонально їхнім масам і якійсь функції відповідного віддалення. *Журнал Ін-ту математики ВУАН.* 1934. № 3/4. С. 114—125.
24. Соколов Ю.Д. Особые траектории системы свободных материальных точек. К.: Изд-во Ин-та математики АН УССР. 1951. 126 с.

25. Дяченко В.Є. Обчислення поправок руху вузлів планети Венери за теорією релятивності. *Журнал Ін-ту математики ВУАН*. 1934. № 2. С. 93—94.
26. Дяченко В.Є. Новый метод релятивистских поправок в задачах планетной механики. *Труды Всесоюзного математического съезда*. 1936. С. 365—378.
27. Урбанский В.М. Дмитрий Граве и время. К.: Наук. думка, 1998. 272 с.
28. Ракетные исследования верхней атмосферы / Под ред. Р.Л. Ф. Бойд, М.Дж. Ситон. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1957. 416 с.
29. Исследования верхней атмосферы с помощью ракет и спутников. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961. 472 с.
30. Аббот Ч. Солнце. М.-Л.: ОНТИ, 1936. 463 с.
31. Космическая астрофизика / Под ред. У. Лиллер. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1963. 333 с.
32. Альфвен Г., Фельтхаммар К.-Г. Космическая электродинамика. М.: Мир, 1967. 260 с.
33. Історія Національної Академії наук України (1924—1928): Документи і матеріали. К., 1998. 762 с.
34. Історія Національної Академії наук України (1929—1933): Документи і матеріали. К., 1998. 542 с.
35. Історія Національної Академії наук України (1934—1937): Документи і матеріали. К., 2003. 832 с.
36. Історія Національної Академії наук України (1938—1941): Документи і матеріали. К., 2003. 920 с.

ДОДАТОК

**Доповіді, заслухані на загальних зборах II  
(фізико-математичного) Відділу УАН  
(посилання [33—36])**

- Граве Д.А.* Об основании приемной станции для электромагнитных колебаний (1924).  
*Граве Д.О.* Взаемовідносини між астрономією, метеорологією та ботанікою (1925).  
*Граве Д.О.* Електромагнітні основи механіки (1925).  
*Граве Д.О.* Про застосування теореми Коші — Пікара до рівняння руху  $n$  тіл (1925).  
*Граве Д.О.* Про нижчу границю радіусів збіжності і розкладів координат у задачі трьох тіл (1925).  
*Граве Д.О.* Про досліди В.Є. Дяченка, що можуть мати деякі застосування в астрономії та фізиці (1925).  
*Граве Д.О.* Про задачу Пуанкаре (1925).  
*Граве Д.О.* Про вплив сонячних плям на смертність за закордонною пресою (1927).  
*Граве Д.О.* Про нову працю Stormer'a "An effect of sunlight on the altitude of aurora rays" (1927).  
*Граве Д.О.* Про працю Ю.Д. Соколова «Умови співудару трьох тіл, що обопільно притягаються за законом Ньютона» (1927).  
*Граве Д.О.* Про роботу Stormer'a «Resultats des mesures photogrammetriques auroresporeales observees dans la Norvege meridionale 1911—1922» (1927).  
*Граве Д.А.* Электромагнитные силы в солнечной системе (1927).  
*Граве Д.О.* Нові досліди акад. К. Штермера про луну радіохвиль, у зв'язку з теорією північних сьйв (1929).  
*Дяченко В.Є.* Про статистичні теорії сучасної фізики (1930).  
*Дяченко В.Є.* Принцип невизначеності Гайзенберга (1931).  
*Дяченко В.Є.* Проблема турбулентного руху (1931).  
*Дяченко В.Є.* Сучасна геометризація фізики (1931).

Одержано 03.02.2016

*И.А. Луковский*, академик НАН Украины, заведующий отделом,  
Институт математики НАН Украины,  
e-mail: lukovsky@imath.kiev.ua

*Н.А. Пустовойтов*, кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник, Институт математики НАН Украины,  
e-mail: kopustnik@ukr.net

#### ВКЛАД ІНСТИТУТА МАТЕМАТИКИ НАН УКРАЇНИ В НАУКУ О КОСМОСЕ

Пионерские попытки построения современной картины Вселенной, в которой кроме сил притяжения действуют электромагнитные силы, были предприняты в Институте математики Украинской академии наук: в 1920-х годах академик Д.О. Граве с учениками провел исследование влияния электрических и магнитных сил на движение планет Солнечной системы. Созданная при этом математическая модель позволила получить качественное объяснение отклонений между расчетами по закону Ньютона и экспериментальными данными. Было введено понятие области в околоземном пространстве, где происходит взаимодействие солнечного ветра с геомагнитным полем. В начале 1960-х гг. с помощью космических аппаратов эта область была открыта и получила название «магнитосфера». Статья содержит рассказ о результатах этих малоизвестных исследований.

**Ключевые слова:** физика космоса, закон тяготения Ньютона, проблема трех тел, перигелий Меркурия, солнечный ветер, математическая модель Солнечной системы, космическая электродинамика, магнитная гидродинамика, исследование космическими аппаратами.

*I.A. Lukovsky*, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
head of department, Institute of Mathematics, National Academy of Sciences of Ukraine,  
e-mail: lukovsky@imath.kiev.ua

*N.A. Pustovoitov*, PhD (Phys.-Math.), senior researcher,  
Institute of Mathematics, National Academy of Sciences of Ukraine,  
e-mail: kopustnik@ukr.net

#### THE CONTRIBUTION OF THE INSTITUTE OF MATHEMATICS OF THE NAS OF UKRAINE IN THE SPACE SCIENCE

Pioneering efforts to build a modern picture of the universe, in which apart from the attraction forces electromagnetic forces occur, was made at the Institute of Mathematics of the Ukrainian Academy of Sciences: in the 1920s, Academician D.O. Grave with students conducted a study of the impact of electric and magnetic forces on the motion of the planets in the solar system. The constructed mathematical model allowed for explaining the deviation between results produced by Newton's law and the experimental data. The concept of the area in near-Earth space where the solar wind interacts with the geomagnetic field was introduced. In the early 60s of the last century, with help of satellites, this area was discovered and given the name «magnetosphere». The article contains a story about the results of these little-known studies.

**Keywords:** space physics, Newton's law of gravity, the three-body problem, perihelion of Mercury, solar wind, a mathematical model of the solar system, cosmic electrodynamics, magneto hydrodynamics, research by spacecraft.