

На правах рукопису
УДК 530.145

ВІЛЬЧИНСЬКИЙ СТАНІСЛАВ ЙОСИПОВИЧ
ДЕЯКІ ПИТАННЯ РЕЛЯТИВІСТСЬКОЇ ТЕОРІЇ НАДПРИННОСТІ

01.04.02 — теоретична фізика

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на отримання вченого ступеня
кандидата фізико-математичних наук

AB 28.399

Робота виконана в Київському Університеті ім.Тараса Шевченка

Науковий керівник: член-кор. АН України, доктор фізико-математичних наук, професор П.І.Томін

Ріційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор Е.А.Палицький

доктор фізико-математичних наук, професор Е.Г.Петров

Провідна науковс-дослідницька організація:

Харківський фізико-технічний інститут, м.Харків

Захист відбудеться " 9 " листопада 1993р. в 14 год.

на засіданні Спеціалізованої ради Д 068.1822 при фізичному факультеті Київського Університету ім.Тараса Шевченка.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотечі КУ.

Автореферат розіслано " 8 " листопада 1993р.

Вчений секретар ради

Е.М.Верлан

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00810676 (S)

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Актуальність теми. Останнім часом досить значна увага приділяється побудові і розвитку розгорнутої релятивістської теорії надплинності. Ць обумовлено тим, що, з однієї сторони, досягнення квантової теорії поля і теорії елементарних часток привели до висновку про існування вакуумних конденсатів в теоріях поля зі спонтанно порушеними симетріями, які можуть проявляти надплинні властивості. З другої сторони, в сучасній астрофізиці для ядер нейтронних зірок надійно встановлено [1], що в них існує надплинна фаза, обумовлена куперівським спарюванням нуклонів, причому суттєву роль в фізиці нейтронних зірок грають квантові вихори, що мають місце в цій фазі, а висока густина ядра нейтронної зірки приводить до того, що фермієвська швидкість стає порядку швидкості світла c - що, в свою чергу, обумовлює необхідність розгляду релятивістських ефектів в рівняннях гідродинаміки надплинної фази в нейтронних зірках. Крім того, значні проблеми виникають при спробі пояснити фізичну природу і екстремальні характеристики релятивістських струменів в квазарах і радіогалактиках на основі відомих механізмів виділення та переносу енергії [2,3]. Багато спеціалістів схиляється до висновку про те, що феномен релятивістських астрофізичних струменів зв'язаний з поки що невідомою "новою фізикою". Одним з можливих шляхів рішення проблеми струменевої активності квазарів і ядер галактик являється квантово-польовий підхід, який базується на ідеї про те, що необхідною "новою фізикою" є фізика польових вакуумних конденсатів, які характеризуються специфічною надплинною внутрішньою динамікою, подібною до динаміки макроскопічних квантових рідин в надплинному

гелії та надпровідниках. Бозе-конденсати в надплинному гелії і надпровідниках є прикладом квантових рідин, які мають квантову динаміку на макрорівні. Польові вакуумні конденсати в квантових теоріях поля зі спонтанно порушеними симетріями, які є релятивістськими аналогами квантових рідин, також, в принципі, можуть проявляти надплинні властивості, але їх динаміка повинна бути суттєво релятивістською і для її опису необхідно розвинути релятивістське узагальнення теорії надплинності. Рівняння релятивістської теорії гідродинаміки і "двошвидкісної" термодинаміки, які узагальнюють нерелятивістську теорію надплинності Ландау, були сформульовані в явно лоренц-коваріантній формі в роботах [1,4,5]. Необхідність розвитку і поглиблення релятивістської теорії надплинності для її подальшого застосування в релятивістській астрофізиці, космології і квантових теоріях поля зі спонтанно порушеними симетріями і обумовлює актуальність даної дисертаційної роботи.

Мета і задачі роботи. Метою даної роботи є розв'язок деяких питань релятивістської теорії надплинності /РТН/. В роботі вирішуються наступні задачі:

- формулювання і доведення в РТН основних гідродинамічних теорем Кельвіна, Лагранжа і Бернуллі;
- вивчення можливих типів вихорових збуджень в релятивістських надплинних системах;
- введення дисипативних членів в рівняння РТН і дослідження ефектів, обумовлених наявністю в системі дисипацій;
- феноменологічний вивід основних рівнянь РТН, що описують релятивістську надплинну систему, в якій співіснують два типи

надплинних конденсатів і одна "нормальна" компонента;

- вивчення можливих типів вихорових і колективних /звуків/ збуджень в таких системах.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи заключається в тому, що в ній вперше:

- доведені теореми, які є релятивістськими аналогами гідродинамічних теорем Кельвіна, Лагранжа і Бернуллі в класичній гідродинаміці;

- показано подвоєння числа цих теорем в порівнянні з числом теорем в звичайній "одношвидкісній" гідродинаміці;

- обґрунтовано існування та описано можливі типи вихорів в релятивістських надплинних системах: надплинні, нормальні і температурні вихори. Обговорено зв'язок між ними. Запропоновано модель серцевини надплинного вихору;

- з врахуванням наявності в системі дисипативних ефектів виведені рівняння, які описують розповсюдження першого, другого і четвертого звуків в РН і отримано вирази для їх швидкостей;

- дано феноменологічний вивід рівнянь гідродинаміки і термодинаміки для систем, в яких співіснують два типи надплинних компонент і одна нормальна компонента;

- досліджено можливі типи вихорів та звуків в цій системі.

Практична і наукова цінність роботи визначається тим, що в ній послідовно досліджені деякі питання релятивістської теорії

надплинності: розглянені гідродинамічні теореми в РГН; описані можливі типи вихорів в релятивістських надплинних системах; вивчені глибокі ефекти, обумовлені наявністю в системі дисипацій; в явно лоренц-коваріантній формі отримані рівняння РГН, які описують динаміку "трёхкомпонентної" релятивістської надплинної системи. Практична цінність роботи в тому, що отримані в ній результати можуть бути використані при спробі інтерпретації струйної активності квазарів і ядер галактик на основі фізики релятивістських надплинних вакуумних конденсатів квантової хромодинаміки, для вирішення ще деяких інших проблем релятивістської астрофізики і космології.

Основні положення, які виносяться на захист.

1. Сформульовані і доведені основні гідродинамічні теореми в РГН та показано подвоєння таких теорем в порівнянні зі звичайною "одношвидкісною" релятивістською гідродинамікою.

2. Показано, що в релятивістських надплинних системах можуть існувати три типи вихорів: надплинні, температурні і нормальні і досліджені їх властивості.

3. Досліджені рівняння РГН з урахуванням дисипативних процесів в системі та досліджені видозміни гідродинамічних теорем, до яких приводить врахування дисипацій.

4. Розглянуто рівняння для звуків в РГН і знайдено вирази для швидкостей першого, другого і четвертого звуків в системі з врахуванням наявності в системі дисипацій.

5. Отримано і досліджено систему рівнянь, що описують трёхкомпонентну релятивістську надплинну систему, в якій співіснують два типи конденсатів і нормальна компонента.

Апробація роботи. Матеріали дисертації доповідались на семінарах відділу астрофізики і елементарних часток Інституту теоретичної фізики АН України, на кафедрі теоретичної фізики Київського університету ім. Тараса Шевченка, на науковій конференції "Наука-21 вік" /Київ, 1993 р./

Публікації. Основні матеріали дисертації опубліковані в 6 наукових роботах, перелік яких приведено в кінці автореферату.

Об'єм та структура дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів і заключення, викладених на 102 сторінках тексту. Вона утримує список літератури з 54 найменувань.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обговорюється актуальність і мета роботи, дається короткий опис розділів.

В першому розділі сформульовані і доведені теореми в РТН, які є релятивістськими аналогами гідродинамічних теорем Кельвіна, Лагранжа і Бернуллі в класичній гідродинаміці.

В п.1.1. приведені основні рівняння релятивістської гідродинаміки та термодинаміки [4], що описують квантову систему, яка знаходиться в локально-рівноважному стані нижче критичної точки, коли в ній співіснують нормальна /газ збуджень/ та надплинна /конденсат/ компоненти. Приведені рівняння є релятивістським узагальненням нерелятивістської теорії Ландау надплинного гелію.

В п.1.2. на основі рівнянь РТН сформульовані і доведені гідродинамічні теореми Кельвіна, Лагранжа і Бернуллі. Доведено, що криволінійний інтеграл від надплинного імпульсу P_1 вздовж замкне-

ного простороподібного контуру, утвореного елементами надплинної компоненти, не змінюється при русі контуру. Це є релятивістський аналог теореми Кельвіна про циркуляцію в класичній гідродинаміці. Показано, що якщо в деякий момент часу t_0 має місце рівність

$$\partial_2 p_\lambda - \partial_\lambda p_2 = 0,$$

то вона матиме місце і в усі наступні моменти часу - це є релятивістське узагальнення теореми Лагранжа, і що величина

$$\mu \sqrt{1 - w^2} / (1 - v^2)$$

/тут μ - хімічний потенціал, w - ейштейнівська різниця надплинної v^2 та нормальної w^2 швидкостей/ не змінюється вздовж ліній надплинного поля швидкостей. Останнє є релятивістський аналог теореми Бернуллі.

В п. I.3 знайдено в якому виді А-вектор

$$A^\lambda = T u^\lambda + \mu \rho_n S_n^{-1} (u^\lambda - v^\lambda \gamma^{-1})$$

/тут T - інваріантна температура, ρ_n - густина нормальної компоненти, S_n^{-1} - густина ентропії нормальної компоненти, $\gamma = u^\lambda v_\lambda$ / для якого виконуються теореми Кельвіна, Лагранжа та Бернуллі і показано, що в границі $c \rightarrow \infty$ / c - швидкість світла/ знайдений вектор переходить в вектор, для якого в нерелятивістській теорії надплинності мають місце аналогічні теореми [6].

В п. I.4 для знайденого А-вектору сформульовані і доведені "другі" гідродинамічні теореми в РПН: про збереження циркуляції А-вектору вздовж замкненого простороподібного контуру, утвореного елементами нормальної компоненти; про те, що якщо в деякий момент часу t_0 має місце рівність

$$\partial_2 A_\lambda - \partial_\lambda A_2 = 0$$

то вона матимиме місце і в усі наступні моменти часу; про те, що величина

$$\left(T + \mu \rho_n S_n^{-1} \right) / \sqrt{1-u^2} + \mu \rho_n S_n^{-1} \gamma^{-1} / \sqrt{1-v^2}$$

є постійною вздовж ліній току нормального поля швидкостей.

В розділі 2 на основі показаного в розділі I, подвоєння числа гідродинамічних теорем в РТН обґрунтовується можливість одночасного існування в надплинних системах двох типів вихорів - надплинних і температурних.

В п.2.1 описується надплинний вихор. Квантові рідини, включаючи вакуумні конденсати, що описуються комплексним параметром порядку - ефективною хвильовою функцією - виду

$$\psi(x) = \eta(x) \exp [i \varphi(x) \hbar^{-1}]$$

допускають існування квантово-вихорових збуджень з квантованою циркуляцією надплинного імпульсу $\beta(x)$. Показано, що обов'язковою умовою існування надплинних вихорів є неоднорозмірність простору параметру порядку. Фізично ця умова забезпечується відцентровими силами, які зростають пропорційно r^{-3} до осі вихору / r - відстань до осі вихору/. Біля осі ці сили настільки великі, що розривають квантові кореляції, які формують конденсат, перетворюючи його в нормальну некогерентну фазу - тобто можна припустити, що серцевину надплинного вихору утворює нормальна компонента, яка швидко обертається.

В п.2.2 розглядається випадок, коли температура даної системи дорівнює нулю. В такій ситуації "другі" гідродинамічні теореми виконуються для вектору імпульсу нормальної компоненти, яка виникає в системі внаслідок розриву квантових кореляцій відцентровими

силами. В такому випадку в системі можуть співіснувати надплинні і нормальні вихори.

В п.2.3 описано так звані температурні вихори, існування яких обумовлено тим, що для A -вектору виконується теорема Кельвіна. Циркуляція цих вихорів є неперервною величиною.

Метою третього розділу є отримання рівнянь РГН з врахуванням наявності в системі дисипацій і вивчення ефектів, обумовлених дисипаціями.

В п.3.1 з вимог, що накладаються законом зростання ентропії і принципом симетрії кінетичних коефіцієнтів Онсагера, в рівнянні РГН було введено дисипативні члени. При рішенні поставленої задачі було використано математичне наближення, яке заключається в тому, що допускаються тільки дисипативні потоки, лінійні по відхиленням від рівноваги. Отримані рівняння повинні були бути коваріантними відносно претворень Лоренца. Вирішення питання про встановлення рівнянь РГН зводилось до встановлення виду додаткових членів в тензорі енергії-імпульсу та в векторі густини току, який був визначений з вищеперерахованих вимог.

В п.3.2 показано, що врахування дисипативних ефектів в рівняннях РГН приводить до того, що теореми Кельвіна, Лагранжа і Бернуллі мають місце тільки для вектору надплинного імпульсу, а для A -вектору /для якого в бездисипативному наближенні ці теореми також виконуються/ ситуація змінюється. Рівняння, якому задовільняє в цьому випадку A -вектор має вигляд

$$\dot{w}(\partial_\nu A_\lambda - \partial_\lambda A_\nu) = R_\lambda$$

де R_λ - член, обумовлений дисипаціями. Наявність в рівнянні для

A-вектору члена ρ_A , який в бездисипативному наближенні дорівнює нулю, приводить до того, що циркуляція вектору A_A вздовж простороподібного контуру, утвореного елементами нормальної компоненти, не є інтегралом руху, тобто теорема Кельвіна для A_A -вектору не виконується, а тому не виконуються теореми Лагранжа і Бернуллі також, що в свою чергу приводить до висновку про те, що дисипації в системі руйнують температурні вихори.

В п.3.3 на основі отриманих рівнянь ГН з врахуванням дисипативних ефектів, отримано рівняння, що описують розповсюдження в системі першого і другого звуків, і, крім того, знайдено вирази для їх швидкостей. Опис звуків приводився в явно коваріантній формі, лінеаризація рівнянь проводилась при спрощувчій умові, що в рівноважному стані надплинна і нормальна компоненти рухаються з однаковою швидкістю. Після виключення з лінеаризованої системи рівнянь похідних від ρ_1 , u_1^A , v_1^A / ρ - сумарна густина узагальненого заряду, індекси 0 і 1 означають рівноважні значення величин і їх малі відхилення від рівноваги відповідно/ була отримана система з двох рівнянь, які описують розповсюдження першого і другого звуків. Розглядаючи рішення системи у вигляді плоских хвиль і прирівнюючи до нуля визначник системи, було отримано дисперсійне біквдратне рівняння, корні якого визначають швидкості розповсюдження першого і другого звуків з врахуванням затухання:

$$\alpha_1^2 = (\partial\rho/\partial\varepsilon)\sigma + i\Gamma_{12} \quad - \text{квадрат швидкості першого звуку,}$$

$$\alpha_2^2 = [\sigma^2 \rho_1 (\varepsilon + \rho) / \mu \rho (\partial\sigma/\partial T)]_1 + \Gamma_{22} \quad \text{квадрат швидкості другого звуку}$$

/ тут ρ інваріантний тиск, ε - інваріантна густина енергії в змішаній системі координат, σ - густина ентропії на одиницю заряду/.

Дійсні частини знайдених виразів для швидкостей співпадають з отриманими раніше в бездисипативному наближенні [7], а мнімі частини τ_{12} і τ_{21} , які пропорційні кінетичним коефіцієнтам, описують затухання звуків.

П.3.4 посвячено вивченню четвертого звуку в релятивістських надплинних системах. Четвертий звук відповідає коливанням, які виникають в ситуації, коли нормальна компонента заторможена. Спочатку, в тому ж наближенні, що і при дослідженні першого і другого звуків, було отримано рівняння, що описує розповсюдження в системі четвертого звуку, і вираз для його квадрату швидкості в бездисипативному наближенні, а потім ця ж задача була рішена з врахуванням наявності в системі дисипацій. При лінеаризації рівнянь РПН, як в дисипативному, так і в бездисипативному наближенні, враховувалось те, що в випадку, коли нормальна компонента заторможена, рівняння закону збереження імпульсу не виконається: як відомо, між надплинною і нормальною компонентами існує взаємодія, яка прискорює нормальну компоненту, а тому, коли нормальна компонента заторможена, потрібно прикласти зовнішню силу для утримання надшлібини в спокої, що і веде за собою невиконання закону збереження імпульсу. Методика дослідження четвертого звуку аналогічна методиці, яка примінювалась при дослідженні першого і другого звуків: з лінеаризованої системи рівнянь отримували після виключення похідних від T_1 , P_1 , u_1^A , v_1^A диференціальне рівняння, яке описувало розповсюдження в системі хвиль четвертого звуку. Пошук рішення рівняння в виді плоских хвиль приводив до дисперсійного рівняння, з якого отримували вираз для квадрату швидкості четвертого

звучу. В бездисипативному наближенні він має такий вигляд

$$\alpha^2 = \frac{\rho_0 (1 + \rho_0 \sigma_0 \alpha)}{\rho_0 \rho_0 [(\partial \rho / \partial P)_T - \alpha (\partial \rho / \partial T)_P]}$$

а врахування дисипацій приводить до такого результату

$$\alpha^2 = \frac{\rho_0 (1 + \rho_0 \sigma_0 \alpha)}{\rho_0 \rho_0 [(\partial \rho / \partial P)_T - \alpha (\partial \rho / \partial T)_P]} + \nu (\alpha^{1j} \kappa_{\lambda} \kappa_{\lambda} + \alpha^{1jM} \kappa_{\lambda} \kappa_{\lambda} \kappa_{\mu}) \kappa_{\perp}^2$$

/тут α - коефіцієнт, пропорційний термодинамічним похідним, κ^{λ} - чотиримірний хвильовий вектор, $\kappa_{\perp}^2 = (\kappa_{\lambda} \kappa_{\lambda})^2 - \kappa_{\lambda} \kappa_{\lambda}^{\lambda}$, α^{1j} , α^{1jM} - коефіцієнти затухання четвертого звуку, пропорційні кінетичним коефіцієнтам/. Було визначено характер коливань в досліджуваній звуковій моді-хвилі четвертого звуку представляють собою осциляції температури, ентропії і густини узагальненого заряду в ситуації, коли нормальна компонента заторможена. В додатку до розділу 3 показано, що зробивши допущення термодинамічного характеру

$$\rho_0 (\partial \rho / \partial T)_P \ll 1, \quad T/\mu \ll 1$$

вирази для квадрату швидкості четвертого звуку як в бездисипативному наближенні, так і з врахуванням дисипацій можна звести до виду

$$\alpha^2 = \rho_0^{-1} (\rho_0 \alpha_1^2 + \rho_0 \alpha_2^2),$$

де вирази для квадратів швидкостей першого і другого звуків визначаються в залежності від врахування дисипацій.

В четвертому розділі було розглянуто релятивістську систему, в якій співіснують нормальна /газ збуджений/ і дві різні типні макроскопічні надплинні компоненти. Розгляд такої системи спонуканий результатами роботи [В], в якій показано, що квантові теорії поля з порушеною симетрією допускають співіснування двох ти-

пів конденсатів.

В п.4.1 дано феноменологічний вивід рівнянь, що описують таку систему. Рівняння були отримані з умови узгодження законів збереження енергії-імпульсу, узагальненого заряду, ентропії з рівняннями для надплинних швидкостей. Основними гідродинамічними змінними були вибрані вектори надплинних і нормальних швидкостей. Особливо потрібно відмітити те, що феноменологічний підхід в принципі допускає існування ненульової густини ентропії у надплинних компонент. Феноменологічний вивід релятивістських рівнянь бездисипативної гідродинаміки і термодинаміки надплинних систем, що розглядаються, узагальнює відповідний вивід для двокомпонентної релятивістської надплинної системи [4], який, в свою чергу, являється релятивістським узагальненням феноменологічного виводу дворідинних рівнянь для надплинного гелію.⁴

В п.4.2 сформульовані гідродинамічні теореми, які мають місце в тій системі, а також обговорюються можливі типи вихорових збуджень в ній. Показано, що наявність в системі трьох полів швидкостей приводить до потроєння числа гідродинамічних теорем в порівнянні зі звичайною релятивістською гідродинамікою. З отриманих рівнянь слідує: 1/ теореми Кельвіна про збереження циркуляцій надплинних імпульсів P_{μ}^{λ} і P_{μ}^{ν} вздовж простороподібних контурів, утворених елементами надплинних компонент з густинами ρ_{μ} і ρ_{ν} відповідно; 2/ теореми Лагранжа про те, що якщо в певний момент часу t_0 мають місце співвідношення

$$\partial_{\nu} P_{\mu\lambda} - \partial_{\lambda} P_{\mu\nu} = 0, \quad \partial_{\nu} P_{\mu\lambda} - \partial_{\lambda} P_{\nu\mu} = 0,$$

то вони будуть мати місце і в усі наступні моменти часу; 3/ теоре-

ми Бернуллі про постійність величин

$$\rho \sqrt{1 - (u - v_c)^2} / (1 - v_c^2) \quad ; \quad \rho \sqrt{1 - (u - v_c)^2} / (1 - v_c^2)$$

вдвож відповідних ліній току надплинних швидкостей. Знайдено вектор, для якого також виконуються теореми Кельвіна, Лагранжа і Бернуллі, і рівняння, якому він задовільняє:

$$A^\lambda - T u^\lambda + S_n^\lambda [\rho_n P_n^\lambda - \rho_c P_c^\lambda - \rho_e P_e^\lambda], \quad u^\lambda \partial_\lambda A^\lambda - \partial^\lambda \Phi - A^\lambda \partial^\lambda u_\lambda$$

/тут S_n - густина ентропії нормальної компоненти, P_n^λ , P_c^λ , P_e^λ - вектори імпульсів нормальної і надплинних компонент відповідно/. З потроєння числа гідродинамічних теорем слідує, що в трьохрідинній теорії надплинності можуть існувати три типи вихорів - два надплинних і один температурний. Циркуляція надплинних вихорів є квантованою, а температурного - неперервною.

В п.4.3-4 розглянуто питання про розповсюдження першого, другого і четвертого звуків в системі, що вивчається. Лінеаризація рівнянь проводилась при тих же спрощуючих умовах, що і при дослідженні звуків в двовидкісній РТН. Рівняння, що описують розповсюдження звуків по своєму виду формально співпадають з відповідними рівняннями в двовидкісній теорії /різниця - в коефіцієнтах при похідних/. Характер коливань в отриманих звукових модах ідентичний характеру коливань в аналогічних звукових модах в дворідинній теорії надплинності [7], а власне: хвиля першого звуку представляє собою малі коливання густини і тиску при відсутності коливань температури, а в хвилі другого звуку надплинна і нормальна компоненти рухаються як одне ціле, сама хвиля являє собою коливання температури і ентропії при відсутності коливань тиску; хвилі четвертого звуку є осциляціями температури, тиску і ентропії в ситу-

ації, коли нормальна компонента заторможена.

В заключенні формулюються основні результати роботи:

- сформульовані і введені теореми в РТН, які є релятивістськими аналогами гідродинамічних теорем Кельвіна, Лагранжа і Бернуллі в класичній гідродинаміці. Показано подвоєння числа теорем в порівнянні з числом теорем в звичайній "одношвидкісній" гідродинаміці. Знайдено вектор, для якого, як і для вектору надплинного імпульсу, виконуються теореми Кельвіна, Лагранжа і Бернуллі /другі гідродинамічні теореми/. Показано, що знайдений вектор в нерелятивістській границі переходить в відповідний вектор в теорії надплинного гелію;

- обґрунтовано існування та описано можливі типи вихорів в релятивістських надплинних системах: надплинні, нормальні і температурні вихори. Надплинні і температурні вихори можуть існувати одночасно при ненульовій температурі в релятивістській системі. Коли температура стає рівною нулю, то в системі можуть співіснувати надплинні і нормальні вихори. Циркуляція надплинних вихорів є квантованою величиною, а циркуляція температурних і нормальних вихорів є величиною неперервною. Запропоновано модель серцевини надплинного вихору: нормальна /некогерентна/ компонента, яка виникає з надплинної внаслідок розриву квантових кореляцій відцентровими силами і швидко обертається, утворює серцевину надплинного вихору;

- показано, використовуючи введені в цій роботі в рівняння РТН дисипативні члени, що врахування дисипацій приводить до відомої гідродинамічних теорем; гідродинамічні теореми Кельвіна, Лагранжа і Бернуллі виконуються для надплинного імпульсу, а в

рівняння для A -вектору в правій частині з'являється ненульовий член, пропорційний кінетичним коефіцієнтам, що приводить до того, що циркуляція A -вектору перестав бути інтегралом руху;

- виведені рівняння, які описують розповсюдження першого, другого і четвертого звуків в РТН з врахуванням наявності в системі дисипацій. Отримано вирази для швидкостей першого, другого та четвертого звуків та знайдено коефіцієнти затухання звуків;

- побудовано релятивістську теорію наддлинності систем, в яких співіснують два типи конденсатів і одна нормальна компонента, отримано в явно лоренц-коваріантній формі рівняння, що описують таку систему. Досліджено можливі типи вихорів та звуків в цій системі.

Список літератури, яка цитується.

1. Лебедев В.В., Халатников И.М. Релятивистская гидродинамика сверхтекучей жидкости. ЖСТФ, 1982, 83 №/11/, С.1601-1614.
2. Горбацкий В.Г. Введение в физику плазтик и скопления галактик. М.: Наука, 1986.
3. Qasrati, Proc. of 119 Symp. of IAU/Ed. by G. Swagup, 1986.
4. Фомин П.И., Шадура В.Н. Релятивистская термодинамика и гидродинамика систем со сверхтекучестью. Феноменологический подход. ДАН УССР, Сер.А., 1985, №6, С.58-63.
5. Боголюбов Н.Н. /мл./, Ковалевский М.Ю., Курбатов А.М., Петлинский С.В., Ярасов А.Н. К макроскопической теории сверхтекучих жидкостей, УДН, т.149, В.4, С.585-620.
6. Saffman P.G. Phys Fluid, 11, 2505, 1968.
- Паттерман С. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. М., Мир, 1978, 520.
7. Фомин П.И., Шадура В.Н. Первый и второй звуки в релятивистской

теории сверхтекучести. Препринт ИТФ-84-56Р, 1984, 14 с.

8. Nambu Y, Jona-Lasinio G., Phys. Rev., 122, 345, 1961.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вильчинский С.И., Фомин П.И. К теории четвертого звука в релятивистской теории сверхтекучести. Препринт ИТФ-90-54Р, Киев, 1990, 12 с.
2. Вильчинский С.И., Фомин П.И. Удвоение основных гидродинамических теорем в релятивистской теории сверхтекучести. ДАН Украины, №12, 1992, с.55-63.
3. Вильчинский С.И., Фомин П.И. О типах вихрей в релятивистских сверхтекучих системах. ДАН Украины, №8, 1993, с.53-60.
4. Вильчинский С.И., Об учете диссипативных процессов в релятивистских сверхтекучих системах. Препринт ИТФ-92-33Р, Киев, 1992, 8 с.
5. Вильчинский С.И. Перший, другий і четвертий звуки в релятивістській теорії надплинності з врахуванням дисипативних ефектів. Препринт ІТФ-93-18Х, Київ, 1993, 8 с.
6. Вільчинський С.И., Фомін П.І. До релятивістської теорії надплинності з двома типами конденсатів. Препринт ІТФ-93-24Р, Київ, 1993, 24 с.

Підл. до друку 06.09.93 . Формат 60x84^{1/16}.
Папір друк. №3 . Спосіб друку офсетний. Умовн. друк. арк. 693 .
Умовн. фарбо-відб. 1,16 . Обл.-вид. арк. 10
Тираж 100 . Зам. № 5533 . Безплатно.

Фірма «ВІПОЛ»
252151, Київ, вул. Волинська, 60.

тефаника

аїни

20

Безплатно

Av 28.399