

А. П. Кудін

Гравітація

ГРАВІТАЦІЯ (від лат. *gravitas* - вага, тяжіння) - універсальна взаємодія між усіма видами матерії, взаємне притягання тіл у Всесвіті. Ін. назва - Всесвітнє тяжіння. Залежно від величини сили і швидкості рухомих тіл розрізняють класичну (ньютонівську) теорію Г., теорію тяжіння Айнштейна і релятивістську теорію Г. Теорія Г., розвинена І. Ньютоном на основі праць Г. Галілея та Й. Кеплера (викладена 687 у кн. «Principia»), стала першою фіз. гіпотезою Г. - мала величина сили взаємодії і швидкість, далека від швидкості світла. Засновник теор. астрономії Й. Кеплер і фізик Дж. Бернуллі пояснювали наявність стабіл. планетар. схеми побудови Соняч. системи існуванням сил взаєм. притягання між тілами, що мають велику масу. Матем. формула, яка вдало описала цю взаємодію, - закон тяжіння І. Ньютона: дві матеріал. точки з масою m_1 і m_2 притягуються по лінії, що з'єднує їх центри, з силою F , прямо пропорційною добутку мас і обернено пропорційною квадрату відстані r між ними: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$. Коефіцієнт пропорційності G називається гравітац. сталою, яку вперше визначив Г. Кавендіш (1798): $G = (6,673 + 0,003) \cdot 10^{-8}$ см³/г с². Відповідно до цього закону, сила Г. залежить тільки від розташування матеріал. точок у даний момент часу, тобто вважається, що гравітац. взаємодія розповсюджується миттєво. Ньютонівська теорія Г. дала змогу описати з високою точністю широке коло астроном. явищ (рух планет у Сонячній системі, у подвій. зірках і галактиках). На її основі передбачено існування планети Нептун (1846), супутника Сіріуса та ін. Однак існують умови, що обмежують її застосування: через неузгоджуваність зі спец. теорією відносності її не можна застосувати до тих випадків, коли гравітац. поля настільки сильні, що розганяють рухомі тіла до швидкостей, близьких до світлової. Критерієм її застосовності є співвідношення між модулем гравітац. потенціалу поля і квадратом швидкості світла c у вакуумі: $|\phi| < c^2$. Крім того, ньютонівська теорія не описує траєкторію світла в гравітац. полі, її зміну при взаєм. переміщенні тіл у системі. Теорії Г. на основі спец. теорії відносності узагальнив А.

Айнштайн 1915–16, визначивши низку принципів. 1) Принцип еквівалентності – сили інерції в прискореній системі відліку еквівалентні гравітац. полю, тобто гравітац. поле в даній точці можна замінити введенням системи відліку, що рухається з прискоренням вільного падіння. Це еквівалентно однорідному гравітац. полю, однакового за величиною і напрямком у всьому просторі. А. Айнштайн показав, що в усякому кінцевому об'ємі простору область простір–час буде викривленою (неєвклідовою), тобто істинне гравітац. поле є проявом викривлення чотирирівимір. простору–часу. 2) Тіла своєю масою викривляють простір–час. Викривлення чотирирівимір. простору може здійснюватися також усіма видами енергій, які присутні в системі. Цей принцип є узагальненням принципу еквівалентності маси і енергії у спец. теорії відносності, що відображається формулою $E=mc^2$. 3) Гравітац. поле поширюється у вакуумі зі швидкістю світла. Створення цілісної релятивіст. теорії стало можливим тільки після відкриття неєвклідової геометрії, в розробленні якої зробили внесок М. Лобачевський та Г. Мінковський. Матем. апаратом, що вивчає неєвклідову геометрію у довільних координатах, є тензорний аналіз. Осн. задача теорії Г. – визначення геометрії просторово-часової координати – зводиться до знаходження матрич. тензора g_{ik} ріманової геометрії. Осн. гравітац. рівняння Айнштайна зв'язує величину g_{ik} з характеристиками матерії, яка створює поле:

$$R - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik}$$

R_i – тензор Річчі, який можна виразити через похідні величини q_{ik} ; $R = R_i g_{ik}$ (величина g_{ik} визначається з рівняння $q_{ik} g_{ik} = \delta_{im}$ – Кронекера символ); T_{ik} – тензор енергії–імпульсу матерії, компоненти якої виражаються через густину, потік імпульсу тощо. У випадку слабких гравітац. полів метрика простір–час мало відрізняється від євклідової і рівняння Айнштайна переходять у рівняння Ньютона. Однак є істотні відмінності – нелінійність, одночасне визначення і руху матерії, що створює поле, і самих характеристик поля. Теорія Айнштайна дала можливість пояснити існування гравітац. хвиль, червоне зміщення і затримку світла в гравітац. полі, повільне повертання еліптичних орбіт планет Сонячної системи (напр., для Меркурія це 43" за 100 років) тощо. При створенні заг. теорії відносності А. Айнштайн опирався на принцип еквівалентності сил інерції і тяжіння. Ігнорування такого фіз. параметра як потік енергії–імпульсу у заг. теорії поля Фарадея–Максвелла приводить до абсурд. висновку про неможливість перенесення гравітац. енергії в просторі від одного тіла до іншого, відмови від закону її збереження.

В основі релятивіст. теорії Г. (засн. Є. Шредінґер, Г. Вейль, Х. Лоренц) лежить уявлення про фіз. поле Фарадея-Максвелла, що має енергію-імпульс. З ним співставляють частинки зі спіном 2 і 0, геометрія простору-часу в цьому випадку - псевдоевклідова (простір Мінковського). В основу взаємодії поля з речовиною що відображається в законі збереження енергії-імпульсу і моменту кількості руху, покладено принцип геометризації, за яким рівняння руху речовини під дією тензорного гравітац. поля у просторі Мінковського з матрич. елементом Φ_{ik} може бути представлено як рівняння руху з матричним тензором M_{ab} . Основи цих двох уявлень у 80-х рр. 20 ст. Д. Гільберт і А. Логунов створили сучасну релятивіст. теорію Г. Якщо за Айнштайном Всесвіт замкнений, то за сучас. релятивіст. теорію Г. він нескінченний; абсолютно інший характер гравітац. колапсу: сповільнення часу, завдяки чому стиснення масивного тіла в системі відбувається протягом скінченного власного часу до певної гравітац. густини 10^{16} г/см³. У таких об'єктах гравітац. замикання не відбувається, тому речовина не зникає з нашого простору. З накопиченням знань про Г. виникли нові науки. напрями - космічна медицина і космічна біологія. Серед укр. вчених-дослідників Г. - О. Петров.

Рекомендована література

1. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 1. Москва, 1965;
2. Брумберг В. А. Релятивистская небесная механика. Москва, 1972;
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. Москва, 1973;
4. Проблемы космической биологии. Т. 33: Гравитация и организм. Москва, 1976;
5. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация / Пер. с англ. Т. 3. Москва, 1977;
6. Логунов А. А. Лекции по теории относительности и гравитации. Современный анализ проблемы. Москва, 1987;
7. Амбарцумян А. Р. Гравитация и квантовая теория поля: Сб. ст. Алма-Ата, 1990.

Бібліографічний опис:

Гравітація / А. П. Кудін // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. - К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2006. - Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-26797>

2001-2024 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України

([докладніше](#)).