

Теорія збуреного руху космічних тіл

Багато робіт Ейлера присвячено розробці теорії збуреного руху. Наприклад, спочатку не могли пояснити рух місячного перигея і неправильності в рухах Юпітера і Сатурну на основі руху одного тіла в полі тяжіння іншого. Якщо ж перші кроки тут були зроблені Даламбером і Клеро, то широка планомірна розробка теорії збуреного руху, розроблена Ейлером, дала змогу це зробити. Ейлер створив метод варіації елементів, покладений в основу теорії збуреного руху планет; він дав також перші описи ефективних проміжних орбіт, відмінних від еліпса. Одночасно з Даламбером Ейлер став розробляти теорію добового обертання Землі, що збурюється притяганням Місяця і Сонця. Однак він пішов набагато далі, спираючись на створену ним механіку твердого тіла.

У 1744 р. був опублікований тритомний трактат Ейлера, присвячений теорії руху планет і комет: «Теорія руху планет і комет, що містить легкий метод, який дозволяє за допомогою декількох спостережень визначити орбіти як планет, так і комет» («Theoria motuum planetarum et cometarum, continens methodum facilem ex aliquot observationibus orbitas cum planetarum tum cometarum determinandi»). Тут, як це випливає з самої назви, дається спосіб визначення орбіт за допомогою кількох спостережень.

Кращою перевіркою теорії тяжіння Ньютона було пояснення нею складного руху планет. У простому випадку задачі двох тіл, тобто коли розглядається рух одного небесного тіла в полі тяжіння іншого, рух одного тіла завжди відбувається з постійною секторною швидкістю (пригадаємо другий закон Кеплера: радіус-вектор планети за рівні проміжки часу описує рівні площі по конічному перерізу, у фокусі якого знаходиться інше тіло). Такі орбіти називаються незбуреними або кеплеровими (*кожна з яких визначається шістьма величинами, що носять назву елементів орбіти*).

Насправді ж, рух небесних тіл значно складніший завдяки так званім збурюючим впливам інших тіл, так що орбіти можуть бути надзвичайно різноманітними. Вивчення таких «збурених» орбіт пов'язане з великими математичними труднощами вже навіть у випадку трьох тіл.

Ейлер зробив багато надзвичайно важливих, хоч і не цілком досконалих, добавок до планетної теорії. У трьохтомному трактаті, що вийшов в 1744 р., вперше розглядаються питання збуреного руху.

Найголовнішими нерівномірностями планетних рухів, виявленими із спостережень в епоху до Ньютона, вважалася поступальна хода лінії

апсид і вкрай повільне зменшення нахилу екліптики. До цього можна додати зміну орбітальних швидкостей руху Юпітера і Сатурну, помічених Галлеєм. Ньютон загалом показав, що переміщення лінії апсид даної планетної орбіти, а також зміна у відносних положеннях площин, в яких рухаються збурююча і збурювана планети, відбувається під впливом збурюючої дії однієї планети на іншу, але не провів детальних обчислень впливом.

Нерівномірність руху Землі, що проявляється у видимій нерівномірності руху Сонця, а також Юпітера і Сатурна, були найважливішими з планетних нерівностей, і тому Паризька Академія неодноразово призначала премії за роботу з цих питань. Ейлер неодноразово намагався дати пояснення нерівномірності руху Юпітера і Сатурну, при цьому йому вдалося показати, що збурений вплив решти планет повинен зміщувати лінію апсид земної орбіти на 13" вперед щорічно, а нахил екліптики зменшувати приблизно на 48" в сторіччя. Обидва ці результати повністю узгоджувались із спостереженнями і проведеними згодом більш ретельними обчисленнями.

У роботі, удостоєній академічної премії 1756 р., але вперше опублікованої лише в 1771 р., Ейлер з достатньою повнотою розвинув метод дослідження збурень, на який він вказав у своїй місячній теорії в 1753 р. Цей метод, відомий під назвою варіації елементів або параметрів, відіграв дуже важливу роль в подальших дослідженнях.

Спробуємо дещо пояснити цей метод. Якщо знехтувати збурюючими прискореннями від інших тіл, то можна вважати, що планета рухається по еліпсу, у фокусі якого розташоване Сонце. В цьому випадку шість координат цілком визначають рух планети. При цьому лінія, що описується планетою протягом одного оберту, вже не є еліпсом, хоча звичайно і не дуже відрізняється від нього. З часом ці "еліпси" міняються, тому що варіюють елементи орбіти, наприклад, між епохами Птолемея (150 років після н. е.) і Ейлера напрям лінії апсид земної орбіти змінився майже на 5°, змінилися частково і деякі інші параметри. Отже, дійсний шлях, що описує планета після великого числа обертів, є кривою, мало схожою на еліпс. Таким чином, збурювана планета описує у будь-який момент еліпс, який безперервно змінює свої елементи. Отже, завдання дослідження руху зводиться до визначення елементів того еліпса, який зображає рух планети в даний момент.

Ейлер розібрав декілька простих випадків. Зокрема (у 1744 і 1780 рр.), він запропонував метод визначення орбіт комет, коли орбіта наперед припускається параболічною (ексцентриситет $e = 1$). Тоді цю орбіту можна описати шістьма рівняннями з п'ятьма невідомими, а не шістьма рівняннями з шістьма невідомими, як це має місце в загальному випадку.

На основі теорії збуреного руху Ейлер удосконалив спосіб

знаходження кометних орбіт, виконав велику роботу по обчисленню еліптичної орбіти комети 1769 року.

Потрібно відзначити також участь Ейлера в обробці спостережень проходження Венери по диску Сонця 3.06.1769, проведених Петербурзькою академією в різних куточках Росії. Спостереження цього рідкісного явища мало велике значення для уточнення величини сонячного паралакса – однієї з найважливіших астрономічних постійних.

Слід відмітити, що повна теорія передобчислення проходження Венери і його використання для знаходження паралакса Сонця була незадовго до цього опублікована Лагранжем. Але ця теорія носить загальний характер і представляє теоретичний інтерес. Ейлер же підійшов до питання з чисто практичної сторони і вказав найбільш зручний шлях для обчислення коефіцієнтів рівнянь, що дають поправки паралакса і елементів орбіт Землі і Венери.

Література

1. Котек В.В. Леонард Эйлер-М.:ГУПИ,1961.-105с.
2. Тиле Р. Леонард Эйлер-К.Вища школа,1983.-190с.
3. Михайлов Г.К. Рукописные материалы Л. Эйлера в архиве академии наук СССР. Т.2.-М.:Наука, 1965.-573с.