

Поняття про збурений рух.

Якби будь-яке тіло Сонячної системи притягувалось тільки Сонцем, то воно рухалось би точно за законом Кеплера. Такий рух тіл називають незбуреним. Насправді тіла Сонячної системи притягуються не тільки Сонцем але між собою. Тому ні одне тіло Сонячної системи не рухається точно по еліпсу, колу, чи гіперболі.

Відхилення в русі планет від законів Кеплера називається збуреннями, а реальний рух-збуреним рухом.

Зміну елементів орбіти тіла внаслідок притягання іншими тілами, крім центрального називається збуреннями, або нерівностями елементів.

Збурення елементів поділяють на вікові і періодичні.

Вікові збурення тіл Сонячної системи залежить від взаємного розташування їх орбіт, які змінюються дуже мало. Тому вікові збурення елементів відбуваються в одному і тому ж напрямі і їх величина приблизно пропорційна часу. Віковим збуренням піддаються: довгота висхідного вузла Ω і довгота перегелія π .

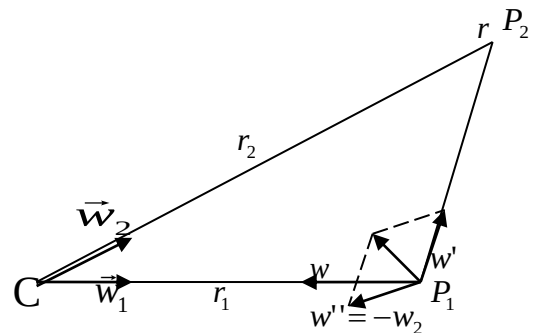
Період збурення залежать від відносного положення тіл на орбітах, які через певні проміжки часу повторюються. Періодичні збурення елементів орбіт перемінно повторюється то в одному, то в протилежному напрямі і їм піддаються всі елементи орбіт.

Оскільки у великих планет незбурені орбіти замкнені, а віковим збуренням піддаються лише довготи вузлів і довготи перигеліїв, то планетна система в близькому майбутньому залишається такою, якою вона є тепер. Але питання про стійкість Сонячної системи протягом надзвичайно довгих проміжків часу(декілька мільярдів років), залишається не вирішеним.

Поняття про збурюючу силу.

Нехай три тіла: Сонце С масою M на віддалі r_1 від Сонця планета P_1 масою m_1 і планета P_2 масою m_2 на віддалі r_2 від центра Сонця, і на віддалі r від планети P_1 Сонце одержить прискорення $w_1 = G \frac{m_1}{r_1^2}$ в напрямі

планети P_1 і $w_2 = G \frac{m_2}{r_2^2}$ від планети P_2 в



напрямі CP_2 . Розглянемо рух планети P_1 відносно Сонця. На планету діють сили, які викличуть прискорення $w = G \frac{M}{r_1^2}$ в напрямі P_1C , $w' = G \frac{m_2}{r^2}$ в напрямі P_1P_2 .

$$w'' = -w_2 = G \frac{m_2}{r_2^2} \text{ в напрямку паралельному } P_2C.$$

Прискорення w - прискорення відносного руху створене притяганням Сонця, обумовлює рух планети навколо Сонця, за законом Кеплера.

Прискорення w' і w'' - прискорення збурюючої сили, обумовлюють відхилення в русі планети P_1 від законів Кеплера.

Збурююча сила складається з двох сил:

1. Сила дії планети P_2 на планету P_1 .
2. Сила дії планети на Сонце.

Оскільки прискорення w'' Відкладається в сторону протилежну w_2 , то збурююча сила є геометричною різницею дії збурюючого тіла на планету і на Сонце. В загальному випадку збурююча сила напрямлена до збурюючого тіла. Збурююча сила буде напрямлена точно до збурюючого тіла P_2 тільки в тому випадку, якщо тіла P_1 і P_2 знаходяться на одній прямій з Сонцем і до того ж по одну сторону від Сонця.

Якщо тіла P_1 і P_2 знаходяться на одній прямій з Сонцем, але по різні сторони від нього, то збурююча сила напрямлена від збурюючого тіла. Величина і напрям збурюючої сили внаслідок руху тіл безперервно змінюється.

Сила, що збурює рух Місяця.

Притягання Сонця надає Місяцю прискорення $w = G \frac{M}{r_1^2}$, де M - маса Землі r_1 - віддаль від Сонця до

Місяця Земля діє на місяць з певною силою і надає прискорення. $g = G \frac{m}{r^2}$, де m - маса Землі, r - віддаль

від Землі до М. $\frac{w}{g} = \frac{M}{m} \left(\frac{r}{r_1} \right)^2$.

Оскільки $\frac{M}{m} = 333000$, а $\frac{r}{r_1} = \frac{1}{390}$, то сила притягання Місяця Сонцем в два з хвостиком рази більша за силу притягання Місяця Землею.

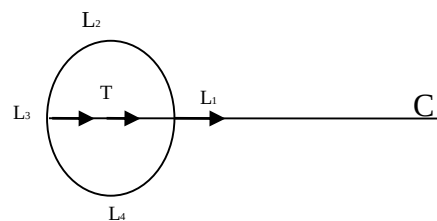
На рух Місяця відносно Землі впливає не сила притягання Місяця а різниця притягань Сонцем Місяця і Землі.

Земля внаслідок дії Сонця одержує прискорення $w' = G \frac{M}{a^2}$, a - віддаль від сонця до Землі. Збурююче прискорення w_1 руху Місяця дорівнює різниці прискорень $\vec{w}$ і $\vec{w}'$. Найбільшого значення це прискорення w_1 досягає тоді, коли Місяць L_1 знаходиться між Сонцем C і Землею T .

$w_1 = \frac{GM}{(a-r)^2} - \frac{GM}{a^2} = \frac{GM}{a^2} \frac{2ar - r^2}{(a-r)^2 a^2}$. Оскільки $r \ll a$ то $a-r$ мало відрізняється від a і $(a-r)^2 \approx a^2$ а в чисельнику знехтуємо r^2 . Тоді $w_1 \approx G \frac{2rM}{a^3}$.

В ситуації L_3 прискорення, якого надає Місяцю Сонце майже таке саме:

$$w_i = \frac{GM}{a^2} - \frac{GM}{(a+r)^2} = GM \frac{a^2 + 2ar + r^2 - a^2}{a^2(a+r)^2} = GM \frac{2ar + r^2}{a^2(a+r)^2} \approx G \frac{2rM}{a^3}.$$



Таким чином, сила яка збурює рух Місяця обернено пропорційна кубу віддалі до Сонця $\frac{w_1}{g} = 2 \frac{M}{m} \left(\frac{r}{a} \right)^3$. Величина цієї сили становить $\frac{1}{90}$ сили притягання Місяця Землею.

В положенні L_1 збурююча сила Сонця віддаляє Місяць від Землі. В положенні L_3 - віддаляє Землю від Місяця. В положеннях L_2 і L_3 збурююча сила трохи зближує Місяць і Землю оскільки сили з якими Сонце притягує їх рівні за величиною і напрямлені під гострим кутом.