1. Нижні та верхні планети. За особливостями свого видимого руху на небесній сфері планети поділяються на дві групи: нижні (Меркурій, Венера) і верхні (Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун і Плутон). Рух верхніх і нижніх планет небесною сферою відбувається по-різному.

Меркурій і Венера перебувають на небі або в тих же сузір'ях, що й Сонце, або в сусідніх. При цьому вони можуть знаходитись як на захід, так і на схід від нього, але не далі 28° (Меркурій) і 48° (Венера).

Найбільше кутове відхилення планети від Сонця на схід нази­вається найбільшою східною елонгацією (з лат. - «відда­ляюся»), на захід - найбільшою західною елонгацією

При східній елонгації планету видно на заході у променях вечірньої заграви незабаром після заходу Сон­ця через деякий час вона також заходить. Потім, переміщую­чись зворотним рухом (зі сходу на захід, проти видимо­го руху Сонця), спочатку повільно, а потім все швидше планета починає наближати­ся до Сонця, ховається в його променях і стає невидимою. В цей час планета проходить між Землею та Сонцем і настає її нижнє сполучення із Сонцем.

Через деякий час після нижнього сполучення планета знову стає ви­димою, але вже на сході, в променях ранкової зорі, незадовго перед появою Сонця. Далі, продовжуючи переміщен­ня зворотним рухом, планета досягає найбільшої західної елонгації, зу­пиняється на деякий час і знову продовжує рух, але вже прямий, у на­прямку до Сонця.

Повернувшись до Сонця, планета незабаром зникає в його проме­нях і знову стає невидимою. В цей час вона проходить за Сонцем, і відбувається її верхнє сполучення, після якого через деякий час вона знову стає видимою на заході в про­менях вечірньої заграви. Далі цикл повторюється.

Таким чином, нижні планети, подібно до маятника, «коливають­ся» відносно Сонця.

Інакше відбувається видимий рух верхніх планет. Коли верхню планету видно після заходу Сон­ця на західному небосхилі, вона переміщується серед зір прямим рухом, тобто з заходу на схід, як і Сонце. Але швидкість її руху мен­ша, ніж у Сонця, тому Сонце наздо­ганяє планету, і вона на деякий час перестає бути видимою.

Потім, коли Сонце обжене пла­нету, вона стає видимою на сході перед появою Сонця. Швидкість її прямого руху поступово змен­шується, планета зупиняється, потім починає переміщення зво­ротним рухом зі сходу на захід, причому її траєкторія нагадує петлю.

В середині дуги свого зворотного руху планета знаходиться в сузір'ї, протилежному Сонцю; таке її положення називається про­тистоянням.

Через деякий час планета знову зупиняється, змінює напрямок сво­го руху на прямий, знову з заходу на схід. Згодом її наздоганяє Сонце, вона перестає бути видимою - і цикл руху починається спочатку.

В середині дуги свого прямого руху, під час періоду невидимості, планета знаходиться в одному сузір'ї з Сонцем, і таке її положення на­зивається сполученням із Сонцем.

Розташування планети на 90° на схід від Сонця називається східною квадратурою, на 90° на захід - західною квад­ратурою.

Всі вищеописані особливі положення планет відносно Сонця нази­ваються конфігураціями.

Проміжок часу S між двома послідовними однаковими конфігу­раціями планети називається її синодичним періодом обертання.

Для Меркурія він становить 116 діб, для Венери - 584 доби, для Марса, Юпітера і Сатурна відповідно - 780, 399 і 378 діб.

Особливості руху планет пов'язані з тим, що ми спостерігаємо їхній рух із Землі, яка також обертається навколо Сонця. Отже, петля в русі верхньої планети - це відображення руху Землі по орбіті, і чим далі планета, тим менший розмір петлі. Ширина петлі зворотного руху Марса дорівнює 15°, Юпітера - 10°, Сатурна - 7°.

2. Закони Кеплера. Використовуючи дані Птолемея, М. Коперник визначив відносні відстані (в радіусах орбіти Землі) кожної з планет від Сонця, а також їхні сидеричні (відносно зір) періоди обертання навколо Сонця. Це дало змогу Йогану Кеплеру (1618-1621) встановити три закони руху планет.

І. Кожна з планет рухається навколо Сонця по еліпсу, в од-ому з фокусів якого знаходиться Сонце.

Еліпс - це замкнена крива, сума відстаней до кожної точки якої від фокусів F1 і F2 рівна його великій осі, тобто 2а, де а - велика піввісь еліпса.

Якщо Сонце перебуває у фокусі F1 a планета у точці Р, то відрізок прямої F1P називається радіусом-вектором планети.

Відношення е = с/а, де с - відстань від фокуса еліпса до його центра, називається ексцентриситетом еліпса. Ексцентриситет визначає відхилення еліпса (ступінь його витягнутості) від кола, для якого е = 0,0167.

Орбіти планет у Сонячній системі дуже мало відрізняються від колових. Так, найменший ексцентриситет має орбіта Венери: е = 0,007; найбільший - орбіта Плутона: е = 0,249; ексцентриситет земної орбіти становить е = 0,0167.

Найближча до Сонця точка планетної орбіти П називається п е р й -в л і є м , найдальша точка орбіти А- афелієм.

II. Радіус-вектор планети за однакові інтервали часу описує рівновеликі площі.

З цього закону випливає важливий висновок: оскільки площі 1 і 2 рівні, то по дузі P1P2 планета рухається з більшою швидкістю, ніж по дузі Р3Р4 тобто швидкість планети найбільша в пе­ригелії П і найменша в афелії А.

III. Квадрати сидеричних періодів обертання планет відносяться як куби великих півосей їхніх орбіт.

Якщо сидеричні періоди обертання двох планет позначити Т1 і Т2, а великі півосі еліпсів - відповідно а1 і а2, то третій закон Кеплера має ви­гляд

Закони Кеплера справедливі не лише для планет, а й для їхніх супутників, як природних, так і штучних.

У 1687 р. І. Ньютон, розглядаючи задачу взаємного притягання небесних тіл, точніше сформулював третій закон Кеплера для випад­ку, коли планета з масою М має супутник з масою m. Наприклад, для руху Землі навколо Сонця (сидеричний період ТÅ, піввісь орбіти аÅ) і Місяця навколо Землі (відповідно Тℂ і аℂ) третій закон Кеплера запи­сується так:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Мʘ + mÅ)ТÅ2 | = | аÅ3 |
| (mÅ + mℂ)Тℂ2 | аℂ3 |

де Мʘ, mʘ і mℂ - відповідно маси Сонця, Землі і Місяця.

Нехтуючи другими доданками в дужках (малими порівняно з пер­шими), можна визначити масу Сонця в одиницях маси Землі. Таким же чином можна визначити маси й інших небесних тіл, якщо вони мають природні чи штучні супутники.

3. Рух штучних супутників Землі. Наведемо деякі особли­вості руху штучних супутників Землі. У найпростішому випадку коло­вої орбіти, якщо висота Н супутника над поверхнею Землі і радіус R Землі виражені в кілометрах, його період обертання Т у хвилинах дорівнює

Наприклад, для висот Н = 220, 562 і 1674 км маємо період обер­тання Т = 89, 96 і 120 хв. Дуже цікавим є випадок, коли Н = 35 800 км: тоді Т = 23 год 56 хв 04 с. А це час, за який Земля здійснює оберт навколо власної осі. Тому, якщо орбіта такого супут­ника лежить у площині земного екватора, і він рухається в напрям­ку обертання Землі, то супутник увесь час перебуватиме «нерухомо» над певною точкою земного екватора. Така орбіта називається геостаціонарною.

Найбільша відстань на якій супутник все ще буде обертатись на­вколо Землі, - 1,5 млн км. Якщо ж супутник опиниться на більшій відстані, то тяжіння з боку Сонця збурюватиме його рух, або поверта­ючи супутник на менші висоти, або ж перетворюючи його в штучну планету.