

12.04.2022

Група 35

Фізика і астрономія

Урок: 56

Тема: Закони Кеплера

Мета уроку: Вивчити : основні закономірності руху планет, закони Кеплера.

Навчити застосовувати: закони Кеплера та закон всесвітнього тяжіння.

Ознайомити з поняттями: планета, конфігурації планет — сполучення, елонгації та протистояння.

Матеріали до уроку:

Основні закономірності руху планет.

Слово “планета” походить від грецького слова, що означає “мандрівник”, і дійсно планети постійно змінюють своє положення в небі відносно зір. Протистояння – планету видно з Землі цілу ніч у протилежному від Сонця напрямку

Конфігураціями планет називають характерні взаємні положення планет відносно Землі й Сонця

Елонгація — видима кутова відстань між і планетою і Сонцем

Сидеричний період обертання визначає рух тіл відносно зір. Це час, протягом якого планета, рухаючись по орбіті, робить повний оберт навколо Сонця.

Синодичний період обертання визначає рух тіл відносно Землі і Сонця. Це проміжок часу, через який спостерігається одні й ті самі послідовні конфігурації планет (протистояння, сполучення, елонгації).

Одним з найбільш великих інтелектуальних досягнень 16-го і 17-го століть було усвідомлення того, що Земля це теж планета і всі планети обертаються навколо Сонця. Рух планет, що спостерігається з Землі, може бути використаний для досить точного визначення їх орбіт.



Перша і друга з цих ідей були опубліковані Миколою Коперником в Польщі в 1543 році. Закони, за якими рухаються планети, були виведені між 1601 і 1619 роками німецьким астрономом і математиком Йоханнесом Кеплером. Він використовував величезну (за мірками того століття) кількість точних даних про спостережувані планетарні рухи, зібрани його наставником, датським астрономом Тихо Браге. Методом спроб і помилок Кеплер виявив три емпіричних закони, які точно описували рух планет:

1. Кожна планета сонячної системи рухається по еліптичній орбіті і в одному з фокусів цього еліпса знаходиться Сонце.

2. Кожна планета рухається в площині, що проходить через центр Сонця, причому за рівні проміжки часу радіус-вектор, що з'єднує Сонце і планету, замітає собою рівні площині.

3. Відношення квадратів періодів обертання планет навколо Сонця пропорційні відношенню кубів довжини великих півосей їх орбіт.

Кеплер не зінав, чому планети рухаються таким чином. Три покоління по тому, коли Ньютона звернув свою увагу на рух планет, він виявив, що кожен із законів Кеплера може бути виведений. Ці закони є наслідком законів руху Ньютона.

Перший закон Кеплера

На основі дослідних даних Ньютона сформулювали три основних закони руху тіл (закон інерції, закон динаміки матеріальної точки, закон дії і протидії). На основі третього закону Кеплера та закону динаміки Ньютона вивів закон всесвітнього тяжіння:

Два тіла притягаються одне до одного із силою, пропорційною добутку мас цих тіл і обернено пропорційною квадрату відстані між ними:

$$\mathbf{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

де m_1 і m_2 — маси двох тіл, що притягаються одне до одного; r — відстань між ними; $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ — гравітаційна стала.

На основі закону всесвітнього тяжіння та законів механіки Ньютона математично довів, що під дією сили тяжіння (гравітаційної сили) тіло масою m буде рухатися щодо тіла масою M по одній з кривих: еліпсу, колу, параболі або гіперболі.

Таким чином, Ньютон уточнив й узагальнив перший закон Кеплера: **під дією тяжіння одне небесне тіло рухається в полі тяжіння іншого небесного тіла по одному з конічних перерізів — еліпсу, колу, параболі або гіперболі.**



З цього випливає, що період супутника або планети на круговій орбіті пропорційний степені r^3 радіуса орбіти. Ньютон зміг показати: це ж співвідношення вірно для еліптичної орбіти з заміною радіуса орбіти r на велику піввісь a .

Зверніть увагу, що період не залежить від ексцентриситету e . Астероїд на витягнутій еліптичній орбіті з великою головною віссю a матиме такий же період обертання, що і планета на круговій орбіті радіуса a .

Ключова відмінність полягає в тому, що астероїд рухається з різною швидкістю в різних точках своєї еліптичної орбіти (рис. 2), в той час як швидкість планети постійна навколо своєї кругової орбіти.

Приклад розв'язування задачі:

Дано: $\frac{a_M}{a_3} = 1,52$

Знайти: $\frac{T_M}{T_3} = ?$

Закони Кеплера

Середня відстань від Марса до Сонця в 1,52 рази більша, ніж середня відстань від Землі до Сонця. У скільки разів більше триває марсіанський рік, ніж земний?

Розв'язання:

$$\frac{T_M^2}{T_3^2} = \frac{a_M^3}{a_3^3}$$

$$\frac{T_M}{T_3} = \sqrt{\frac{a_M^3}{a_3^3}} = \sqrt{\left(\frac{a_M}{a_3}\right)^3}$$

$$\frac{T_M}{T_3} = \sqrt{1,52^3} \approx 1,9$$