Харківська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів № 134

Астрономія

Тема: «Закони Кеплера»

Виконала учениця 9-А класу

Уразгільдєєва Карина Віталіївна

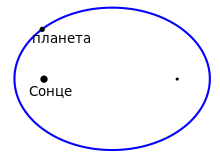
Науковий керівник

Козинець Олена Василівна

Харків 2018

Закони Кеплера — три емпіричні залежності, що описують рух [планет](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B0) навколо [Сонця](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5" \o "Сонце). Названо на честь німецького астронома [Йоганеса Кеплера](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D1%80_%D0%99%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%BD" \o "Кеплер Йоган), який відкрив їх шляхом аналізу спостережень руху [Марса](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%81_(%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B0)) навколо [Сонця](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5" \o "Сонце), здійснених данським астрономом [Тихо Браге](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%B0%D0%B3%D0%B5_%D0%A2%D0%B8%D1%85%D0%BE).

Перший закон Кеплера

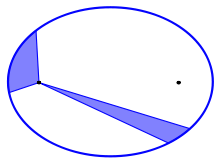
[](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Kepler-first-law_(uk).svg)

Всі планети обертаються навколо Сонця [еліптичними орбітами](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D1%96%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%96%D1%82%D0%B0" \o "Еліптична орбіта), в одному з фокусів в яких перебуває Сонце (всі орбіти планет і тіл Сонячної системи мають один спільний фокус, в якому, власне, і розташовано Сонце).

Найближча до Сонця точка орбіти називається [перигелієм](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%B9" \o "Перигелій), а найдальша від нього точка — [афелієм](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%84%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%B9" \o "Афелій).

Ступінь витягнутості еліпса характеризується його [ексцентриситетом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D1%81%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82" \o "Ексцентриситет). Ексцентриситет дорівнює відношенню відстані фокуса від центра до довжини великої півосі (середньої відстані планети до Сонця). Коли фокуси й центр збігаються, еліпс перетворюється на коло. Орбіти планет — еліпси, які мало відрізняються від кіл; їх ексцентриситети малі. Наприклад, ексцентриситет орбіти Землі е = 0,017.

Другий закон Кеплера

[](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Kepler-second-law.svg)

Радіус-вектор планети (тіла Сонячної системи) за рівні проміжки часу описує рівновеликі площі.

Лінійна швидкість руху планети неоднакова в різних точках її орбіти: що ближча планета до Сонця, то більша її швидкість. Швидкість руху планети у перигелії найбільша, а в афелії — найменша. Однак площа, яку «замітає» радіус-вектор за певний проміжок часу, не залежить від того, в якій частині орбіти перебуває планета. Площа, яку «замітає» радіус вектор за одиницю часу називається секторною (сегментною) швидкістю.

Таким чином, другий закон Кеплера кількісно визначає зміну швидкості руху планети орбітою.

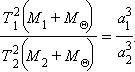
З погляду [класичної механіки](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0" \o "Класична механіка), другий закон Кеплера є проявом [закону збереження моменту імпульсу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%B7%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%83_%D1%96%D0%BC%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%83).

Третій закон Кеплера

Квадрати зоряних періодів обертання планет відносяться, як куби великих півосей їхніх орбіт.

https://college.ru/astronomy/course/content/javagifs/63230101873133-4.gif

На відміну від двох перших законів Кеплера, що стосуються властивостей орбіти кожної окремо взятої планети, третій закон пов'язує властивості орбіт різних планет між собою. Якщо [сидеричні періоди](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%BE%D0%B4" \o "Сидеричний період) обертання двох планет {\displaystyle T\_{1}}Т2ТТТОТГРГРГТ1 та {\displaystyle T\_{2}}Т2, а довжини [великих півосей](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%BF%D1%96%D0%B2%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%8C) їхніх орбіт, відповідно, а1{\displaystyle a\_{1}} та {\displaystyle a\_{2}}а2, то виконується співвідношення:

{\displaystyle \left({\frac {T\_{1}}{T\_{2}}}\right)^{2}=\left({\frac {a\_{1}}{a\_{2}}}\right)^{3}.}

Цей закон Кеплера пов'язує середні відстані планет від Сонця з їхніми [зоряними періодами обертання](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%BE%D0%B4" \o "Сидеричний період) і надає змогу встановити відносні відстані планет від Сонця, інакше кажучи, дає змогу подати великі півосі всіх планетних орбіт в одиницях великої півосі земної орбіти.

Велику піввісь земної орбіти взято за [астрономічну одиницю відстаней](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F" \o "Астрономічна одиниця), але її абсолютне значення було визначено пізніше, лише у XVIII столітті.

Відношення кубу півосі до квадрата періоду обертання є сталою для всіх планет Сонячної системи і залежить лише від [маси Сонця](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D0%B0_%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%86%D1%8F" \o "Маса Сонця) і [гравітаційної сталої](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B0" \o "Гравітаційна стала), як довів пізніше Ньютон:

{\displaystyle {\frac {a\_{1}^{3}}{T\_{1}^{2}}}={\frac {GM\_{\bigodot }}{4\pi ^{2}}}}.

Таким чином, це співвідношення дає можливість визначити [масу Сонця](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D0%B0_%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%86%D1%8F" \o "Маса Сонця)

Відхилення від законів Кеплера

З погляду фізики, закони Кеплера описують рух матеріальної точки навколо нерухомого [центра мас](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80_%D0%BC%D0%B0%D1%81) у межах ньютонівської теорії [гравітації](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F" \o "Гравітація). Насправді на рух планети впливає сила тяжіння не лише з боку Сонця, а й з боку інших планет. Сонце має скінченну масу, а отже центр Сонця також рухається внаслідок тяжіння планет. Крім того, ньютонівська теорія не враховує ефекти, які можна розрахувати лише у рамках [загальної теорії відносності](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F_%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96" \o "Загальна теорія відносності). Перелічені фактори призводять до [збурень](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%96%D1%82%D0%B8" \o "Збурення орбіти) — невеликих відхилень фактичного руху планет від законів Кеплера.

Задача:

Визначити масу Урана в одиницях маси Землі, порівнюючи рух Місяця навколо Землі з рухом супутника Урана - Титані, який обертається навколо нього з періодом 8d.7 на відстані 438 000 км. Період обертання Місяця навколо Землі 27d.3, і середня відстань її від Землі складає 384 000 км

Розв’язок

Для вирішення завдання необхідно скористатися третім уточненими законом +Кеплера. Так як для будь-якого тіла масою m, що обертається навколо іншого тіла М масою на середній відстані a з періодом T:

http://images.astronet.ru/pubd/2002/03/19/0001175354/img178.gif

то ми маємо право для будь-якої пари звертаються навколо одна одної небесних тіл записати рівність:

http://images.astronet.ru/pubd/2002/03/19/0001175354/img179.gif

Беручи за першу пару Уран з титанієй, а за другу - Землю з Місяцем, а також нехтуючи масою супутників в порівнянні з масою планет отримаємо:

http://images.astronet.ru/pubd/2002/03/19/0001175354/img180.gif

Список використаних джерел:

1. <http://www.astronet.ru/db/msg/1175352/node11.html>
2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B8_%D0%9A%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%B0>
3. Підручник з астрономії Прешляк