

doi.org/ 10.51452/kazatu.2022.4.1188

УДК 537.311; 519.68

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Мукушев Базарбек Агзашулы

Доктор педагогических наук, профессор

Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина

г. Астана, Казахстан

E-mail: mba-55@mail.ru

Аннотация

На основе энергетического подхода теоретически исследованы энергетические характеристики гравитационного взаимодействия между единичной массой (ЕМ), Солнцем и планетами. Для изучения характеристик этого взаимодействия выбрана следующая модель: Солнце, Венера и Земля «закреплены» в момент парада планет и их центры находятся на одной прямой. В гравитационном поле этих небесных тел перемещение единичной массы с поверхности Земли на поверхность Венеры происходит по прямолинейной траектории, проходящей через центры Солнца и планет.

Гравитационный потенциал Солнечной системы исследован с использованием компьютерных вычислений в среде ППП MathCAD.

Ключевые слова: Гравитационный потенциал; суперпозиция гравитации небесных тел; самоорганизация; пакет прикладных программ MathCAD.

Введение

Гравитационное взаимодействие между небесными телами (звезды, Солнце, планеты, естественные спутники этих планет, космические аппараты и др.) осуществляется посредством поля тяготения или гравитационное поле порождается этими телами и является одной из форм материи и ее самоорганизации (синергетический эффект). Для гравитационного поля, создаваемого несколькими телами, выполняется *принцип суперпозиции*. Основными характеристиками гравитационного поля являются *напряженность и потенциал*.

Гравитационный потенциал точки поля есть потенциальная энергия взаимодействия гравитационного поля с единичной массой, которая помещена в этой точке. Гравитационный потенциал в любой точке пространства есть алгебраическая сумма потенциалов отдельных тел.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования рассмотрено явление гравитационных взаимодействий небесных тел солнечной системы. Были использованы следующие методы исследования: энергетический подход, физическое, математическое и компьютерное моделирования, численные и графические методы.

Результаты

Исследуем перемещение ЕМ с поверхности Земли к планете Венера с учетом гравитационного влияния Солнца. Выберем гипотетическую модель, где Солнце, Венера и Земля «закреплены», находятся на одной прямой (рис.1).

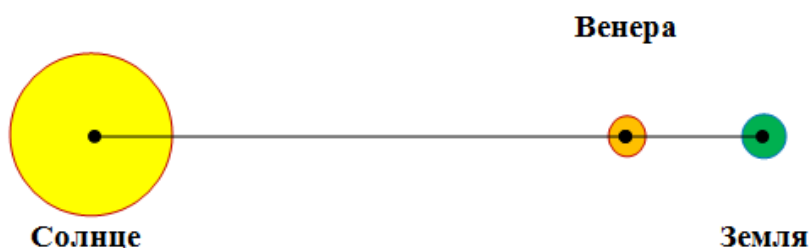


Рисунок 1. Расположение Солнца, Венеры и Земли при наступлении парада планет.

Мы изучим потенциальную энергию ЕМ в системе «Земля – Венера – Солнце» для 4 случаев, в которых рассматривается энергетическое состояние единичной массы, когда он будет находиться в различных точках Солнечной системы [1-6].

1. На основе принципа суперпозиции полей напишем значение потенциала в системе «Земля - Венера - Солнце» для любой точки прямой, соединяющей центры этих небесных тел, в условиях $|r| > R_C$:

$$V(r) = -\frac{GM_C}{|r|} - \frac{GM_B}{|l_1 - r|} - \frac{GM_3}{|l_2 - r|},$$

где M_C масса Солнца, l_1 – расстояние центров Солнца и Венеры, l_2 – расстояние центров Солнца и Земли.

2. При $|r| \leq R_C$ потенциал для поверхности Солнца напишем так:

$$V(r) = -\frac{GM_C}{R_C} \left(\frac{r}{R_C}\right)$$

3. Вычислим значение потенциала в системе «Венера - Солнце» для случая, когда ЕМ находится на поверхности Венеры.

$$V(r) = -G \frac{M_B}{R_B} - \frac{GM_C}{r},$$

где r лежит в интервале (или «дно потенциальной ямы» Венеры) $l_1 - R_B \leq r \leq l_1 + R_B$. Не будем учитывать гравитационное влияние Земли на поверхности Венеры в связи с тем, что $\left| -G \frac{M_B}{R_B} \right| \gg \left| -G \frac{M_3}{l_2 - l_1 - R_B} \right|$.

4. Вычислим значение потенциала в системе «Земля -Солнце» для случая, когда ЕМ находится на поверхности Земли.

$$V(r) = -G \frac{M_3}{R_3} - \frac{GM_C}{r}$$

где r находится в интервале $l_2 - R_3 \leq r \leq l_2 + R_3$.

Здесь не учитывается гравитационное влияние Венеры на поверхности Земли, так как $\left| -G \frac{M_3}{R_3} \right| \gg \left| -G \frac{M_B}{l_2 - l_1 - R_3} \right|$.

Создана компьютерная программа в среде MathCAD, где учтены все гравитационные действия, которые испытывает ЕМ в зависимости от различных его координат в системе «Земля – Венера - Солнце» (Листинг) [7-10].

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{M}_0 := 2.00 \cdot 10^{30} \text{ - Масса Солнца; } \mathbf{R}_0 := 7.00 \cdot 10^8 \text{ - Радиус Солнца;} \\
 & \mathbf{M}_1 := 4.87 \cdot 10^{24} \text{ - Масса Венеры; } \mathbf{R}_1 := 6.05 \cdot 10^6 \text{ - Радиус Венеры;} \\
 & \mathbf{M}_2 := 6.00 \cdot 10^{24} \text{ - Масса Земли; } \mathbf{R}_2 := 6.40 \cdot 10^6 \text{ - Радиус Земли;} \\
 & \mathbf{G} := 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ - Гравитационная постоянная;} \\
 & \mathbf{l}_1 := 1.08 \cdot 10^{11} \text{ - Расстояние между центрами Солнца и Венеры;} \\
 & \mathbf{l}_2 := 1.50 \cdot 10^{11} \text{ - Расстояние между центрами Солнца и Земли;} \\
 & \mathbf{V}(\mathbf{r}) := \begin{cases} \left(-G \cdot \frac{\mathbf{M}_0}{|\mathbf{r}|} - G \cdot \frac{\mathbf{M}_1}{|\mathbf{l}_1 - \mathbf{r}|} - G \cdot \frac{\mathbf{M}_2}{|\mathbf{l}_2 - \mathbf{r}|} \right) & \text{if } |\mathbf{r}| > \mathbf{R}_0 \\ \left[-G \cdot \frac{\mathbf{M}_0}{\mathbf{r}} \left(\frac{\mathbf{r}}{\mathbf{R}_0} \right) \right] & \text{if } |\mathbf{r}| \leq \mathbf{R}_0 \\ \left(-G \cdot \frac{\mathbf{M}_1}{\mathbf{R}_1} - G \cdot \frac{\mathbf{M}_0}{\mathbf{r}} \right) & \text{if } \mathbf{l}_1 - \mathbf{R}_1 \leq \mathbf{r} \leq \mathbf{l}_1 + \mathbf{R}_1 \\ \left(-G \cdot \frac{\mathbf{M}_2}{\mathbf{R}_2} - G \cdot \frac{\mathbf{M}_0}{\mathbf{r}} \right) & \text{if } \mathbf{l}_2 - \mathbf{R}_2 \leq \mathbf{r} \leq \mathbf{l}_2 + \mathbf{R}_2 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Листинг

На листинге M_C обозначено через M_0 , M_B – через M_1 , M_3 обозначено через M_2 , а $R_C \rightarrow R_0$, $R_B \rightarrow R_1$, $R_3 \rightarrow R_2$. Единицы по осям

системы координат представлены в системе СИ (ордината $V(r)$ – в джоуль/кг, абсцисса r – в метрах).

Эти планеты не рассматриваются как материальные точки. Посредством компьютерной программы построим график потенциал в Солнечной системе (нижняя часть рисунка 2). Здесь не видны «потенциальные ямы» Венеры и Земли в связи с тем, что значения «глубины потенциальной ямы» этих планет приблизительно в 3000 раз меньше чем глубина «потенциальной ямы» Солнца. Для обнаружения «потенциальных ям» планет масштаб ординаты графика потенциала единичной массы в Солнечной системе был увеличен в

500, раз и мы получили график в верхней части рисунка 2. Из этого графика видим едва заметные вертикальные пики, абсциссы которых соответствуют значениям расстояний этих планет от центра Солнца.

График потенциала Солнечной системы, который был представлен на рисунке 2, описывает энергетическую картину гравитационного поля Солнечной системы в двухмерном пространстве.

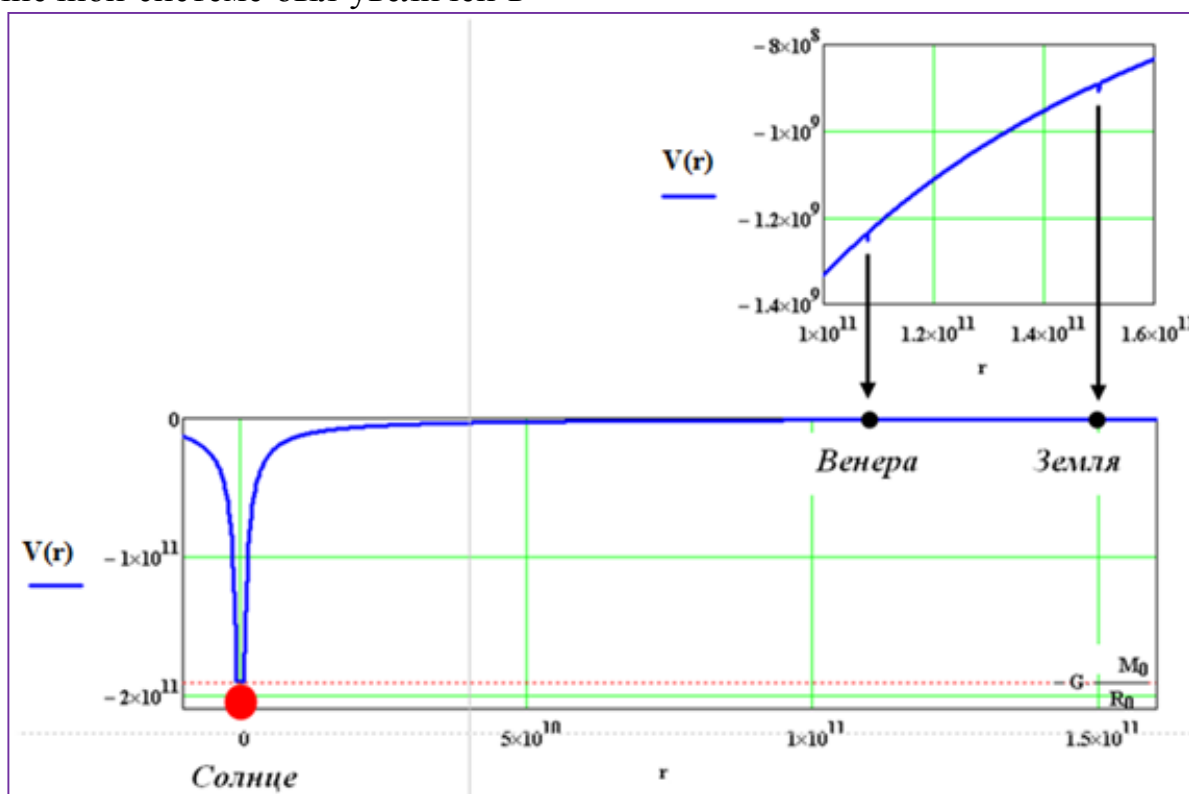


Рисунок 2. График потенциала Солнечной системы

Обсуждение

Проведено теоретическое исследование энергетических характеристик гравитационного взаимодействия между небесными телами. Нами рассмотрено гравитационное взаимодействия поле небесных тел Солнечной системы, когда перемещение единичной массы с поверхности Земли на поверхность Венеры происходит по прямолинейной траектории, проходящей через центры Солнца и планет. Гравитационный потенциал Солнечной

системы исследован с использованием компьютерных вычислений в среде ППП MathCAD.

Заключение

Исследование гравитационного взаимодействия между небесными телами дало следующие результаты:

- созданы математические модели, описывающие гравитационное взаимодействие между небесными телами;
- выявлены закономерности гравитационного потенциала различных точек Солнечной системы;
- гравитационный потенциал небесных тел изучен на основе численного метода;
- создана компьютерная программа, необходимая для графического представления гравитационного потенциала небесных тел;

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP14869376).

Список литературы

- 1 Стручков В.В., Яворский Б.М. Вопросы современной физики. М.: Просвещение, - 1973. – 496 с.
- 2 Холщевников К. В., Никифоров И. И. Свойства гравитационного потенциала в примерах и задачах [Текст] : Учебное пособие. Санкт-Петербург, -2008. - 72 с.
- 3 Сивухин Д.В. Общий курс физики (Механика) М.: Физматлит; Изд-во МФТИ, -2005. -520 с.
- 4 Дубошин Г. Н. Небесная механика. Основные задачи и методы М.: Наука, -1968. – 800 с.
- 5 Лукьянов Л.Г., Ширмин Г.И. Лекции по небесной механике. Алматы, - 2009. – 276 с.
- 6 Левантовский В. И. Механика космического полета в элементарном изложении. М.: Наука. -1980.– 512 с.
- 7 Кирьянов Д. Mathcad 14 в подлиннике. -Санкт-Петербург, -2007. -682 с.
- 8 Очков В. MathCAD 14 для студентов, инженеров и конструкторов. - Санкт-Петербург, -2007. – 370 с.
- 9 Mukushev B.A., Shaping Scientific Worldview of Schoolchildren by Including Synergetics into the Content of Education [Text] / Zheldybaeva B.S., Musatayeva I.S., Mukushev B.A., Kariev K.U., Turdina A.B. // Integration of Education. -2018. -№22(4). -P.632-647. DOI: 10.15507/1991-9468.093.022.201804.632-647.
- 10 Mukushev B.A., Beresnev M., Bondar O. V. Comparison of Tribological Characteristics of Nanostructured TiN, MoN, and TiN/MoN Arc-PVD Coatings

References

- 1 Struchkov V.V., Yavorsky B.M. Questions of modern physics. M.: Enlightenment, - 1973. – 496 p. [in Russian].
- 2 Kholoshevnikov K. V., Nikiforov I. I. Properties of the gravitational potential in examples and problems [Text]: Textbook. St. Petersburg, -2008.- 72 p. [in Russian].
- 3 Sivukhin D.V. General course of physics (Mechanics) M.: Fizmatlit; MIPT Publishing house, -2005. -520 p. [in Russian].
- 4 Duboshin G. N. Celestial mechanics. Main tasks and methods M.: Nauka, - 1968. – 800 p. [in Russian].
- 5 Lukyanov L.G., Shirmin G.I. Lectures on celestial mechanics. Almaty, 2009. – 276 p. [in Russian].
- 6 Levantovsky V. I. Mechanics of space flight in an elementary presentation. M.: Nauka. -1980. – 512 p. [in Russian].
- 7 Kiryanov D. Mathcad 14 v podlinke [Mathcad 14 in the original] St. Petersburg: «BHV-Petersburg», -2007. -682 p. [in Russian].
- 8 Oshkov B. MathCAD 14 dlyastudentov, inzhenerov i konstruktorov [MathCAD 14 for students, engineers and designers] Saint-Petersburg: «BHV-Petersburg», -2007. -370 p. [in Russian].
- 9 Mukushev B.A., Shaping Scientific Worldview of Schoolchildren by Including Synergetics into the Content of Education. [Text] / Zheldybaeva B.S., Musatayeva I.S., Mukushev B.A., Kariev K.U., Turdina A.B. // Integration of Education. -2018. -№22(4). -P. 632-647. DOI: 10.15507/1991-9468.093.022.201804.632-647.
- 10 Mukushev B.A., Beresnev M., Bondar O. V. Comparison of Tribological Characteristics of Nanostructured TiN, MoN, and TiN/MoN Arc-PVD Coatings [Text] / Journal of Friction and Wear, -2014. -Vol. 35.-No. 5.-P. 374–382. © Allerton Press, Inc., (Impact- factor - 0,75)

АСПАН ДЕНЕЛЕРІНІҢ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨРІСІНІҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

Мукушев Базарбек Агзашулы

Педагогика ғылымдарының докторы, профессор

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті

Астана қ., Қазақстан

Аннотация

Энергетикалық тәсіл негізінде бірлік масса және Күн мен планеталар арасындағы гравитациялық өзара әрекеттесудің энергетикалық сипаттамалары теориялық тұрғыдан зерттелген. Бұл өзара әрекеттесудің сипаттамаларын зерттеу үшін келесі модель таңдалды: Күн, Венера және Жер планеталар парады кезінде «бекітілген» және олардың центрлері бір түзу сызықта орналасқан жағдай. Осы аспан денелерінің гравитациялық өрісінде бірлік массасының Жер бетінен Венера бетіне жылжуы Күн мен планеталардың центрлері арқылы өтетін түзу сызық бойымен жүреді.

Күн жүйесінің гравитациялық потенциалы Mathcad ортасында компьютерлік есептеулерді қолдану арқылы зерттелді.

Кілт сөздер: Гравитациялық потенциал; аспан денелерінің ауырлық күшінің суперпозициясы; өздігінен ұйымдасу; MathCAD қолданбалы бағдарламалар пакеті.

ENERGY CHARACTERISTICS OF THE GRAVITATIONAL FIELD OF CELESTIAL BODIES

Mukushev Bazarbek Agzashuly

*Doctor of pedagogical sciences, professor
S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University*

Astana, Kazakhstan

E-mail:mba-55@mail.ru

Abstract

Based on the energy approach, the energy characteristics of the gravitational interaction between a unit mass (EM), the Sun and planets are theoretically investigated. To study the characteristics of this interaction, the following model was chosen: the Sun, Venus and Earth are "fixed" at the moment of the parade of planets and their centers are on the same straight line. In the gravitational field of these celestial bodies, the movement of a single mass from the surface of the Earth to the surface of Venus occurs along a rectilinear trajectory. This trajectory is passing through the centers of the Sun and planets.

The gravitational potential of the Solar System has been investigated using computer calculations in the MathCAD PPP environment.

Keywords: Gravitational potential; superposition of gravity of celestial bodies; self-organization; MathCAD application software package.