Somsikov A.I.

Reasons for the rotation of the planets

The reason of own rotation of planets of solar system is considered

Feature of the solar system is the *double* rotation of its planets: on a closed orbit and relatively to its own axis of rotation of each planet, including the Sun.

The reasons of both rotations should be found out.

Orbital rotation

Its comprehensive explanation dates to Newton's time under the Law of Universal Gravitation.

The stable state of a dynamic system while keeping the distance to the centre of rotation is achieved at circular uniform movements and observing the equality of opposite directed centripetal and centrifugal accelerations [1]. An example is the horizontal rotation of a stone tied on a rope (Fig. 1).

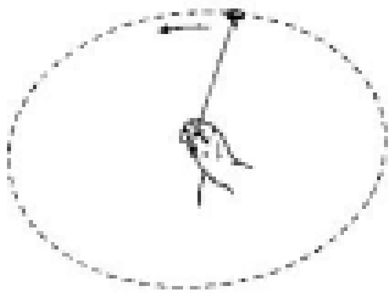

Fig. 1. Horizontal rotation of a stone tied on a rope.

Centrifugal acceleration a_{cf} is $a_{cf} = \frac{V^2}{R}$, where V is the linear velocity of rotation of the body centre, R is the radius vector from the centre of rotation to the body centre, and centripetal acceleration a_{cp}, directed the opposite, is $a_{cp} = -a_{cf}$. The angular velocity of rotation ω of the radius vector R in the body centre is $\omega = \frac{V}{r}$. All points of a body which are at distance r from its centre have additional rotation concerning this centre with linear velocity V_1 and angular velocity ω_1 equal to $\omega_1 = \frac{V_1}{r}$. If a body is rigidly connected to the centre of its rotation represented by a rope, angular velocity ω_1 is equal to angular velocity of rotation of the body centre: $\omega_1 = \omega$, therefore $V_1 = \omega_1 r = \omega r$, and angular velocity of body rotation ω_2 is $\omega_2 = \omega + \omega_1 = 2\omega$.

The rotation of the planets with angular velocity ω corresponds to the *annual* cycle, and the additional rotation with angular velocity ω_1 corresponds to the *daily* cycle.

Body *connection* with the centre of rotation can be *intangible*, represented by the gravity f expressed by the formula $f = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2}$, where m_1 is body 1 mass, m_2 is body 2 mass, R is distance between bodies 1 and 2, γ is a gravitational constant determined by arbitrariness of mass unit selection ($\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} m^3 \cdot s^{-2} \cdot kg^{-1}$) and has no physical sense of its own (Fig. 2).

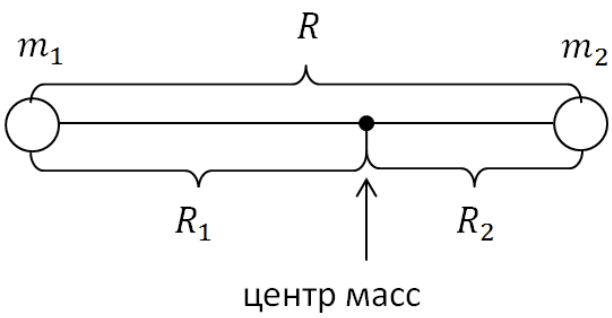

Fig. 2. Gravitational interaction of bodies with masses m_1, m_2.

Both coefficients (γ in the Law of Universal Gravitation and k in Newton's second law) are equal to a dimensionless unit in the *physical* system of units proposed by W. Thomson, while the Law of Universal Gravitation has the simplest form $f = \frac{m_1 m_2}{R^2}$ and the choice of a unit of mass *is not arbitrary*.

Bodies 1 and 2 rotate relative to the common *centre of masses* located at distances R_1 from the centre of body 1 and R_2 from the centre of body 2 ($m_1 \neq m_2$ corresponds to $R_1 \neq R_2$) with the same angular velocity for their orbital motions $\omega = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2}$.

Numerical example

Let's consider the Sun-Earth system, where m_1 is mass of the Earth ($m_1 = 5.98 \cdot 10^{24}$ kg), m_2 is mass of the Sun ($m_2 = 1.98 \cdot 10^{30}$ kg, $m_2 \gg m_1$), R_1 is the radius of Earth rotation in orbit around the Sun, equal to the distance between their centres ($R_1 = 1.49 \cdot 10^{11}$ m, $R_2 \to 0$).

The centripetal acceleration of the Earth a_{cp} (the gravitational acceleration of the Earth to the Sun), directed along the Earth-Sun line, is:

$$a_{cp} = \gamma \frac{m_2}{R_1^2} = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{1.98 \cdot 10^{30}}{(1.49 \cdot 10^{11})^2} = 0.6 \cdot 10^{-3} m \cdot s^{-2}$$

Its centrifugal acceleration a_{cf} is $a_{cf} = \frac{V^2}{R_1}$, where V is the linear velocity of Earth's motion in orbit with radius R_1, determined by the formula $V = \frac{2\pi R_1}{T}$, where T is the period of Earth's rotation (year duration $T = 365.26 \cdot 24 \cdot 3600$ s):

$$a_{cf} = \frac{V^2}{R_1} = \frac{(2\pi R_1)^2}{R_1 T^2} = 0.6 \cdot 10^{-3} m \cdot s^{-2}$$

The condition of circular movement with radius R_1, corresponding to equality of opposite directed accelerations a_{cf} and a_{cp}, is executed.

The same, of course, for all other cases.

Own rotation

Except for the same angular velocity of orbital motions $\omega = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2}$ of both bodies 1 and 2, shown in Fig. 2, the interacting bodies also acquire rotations concerning their own centres of masses with different angular velocities $\omega_1 \neq \omega_2$, determined by the inequality of distances $R_1 \neq R_2$ and masses $m_1 \neq m_2$. These additional rotations are like the one shown in Fig. 1 with the difference that the connection between bodies 1, 2 is not rigid, therefore the additional angular velocities ω_1, ω_2 may not be equal both among themselves and the total angular velocity of their orbital motions ω.

How to determine these extra angular velocities ω_1, ω_2? For simplification let us consider it on examples of interactions in the Sun-planet system, the peculiarity of which is the ratio of masses of the planet m_1 and the Sun m_2 ($m_1 \ll m_2$) and distances ($R_1 \gg R_2$) or $R_2 \to 0$, $R_1 \to R$. This corresponds to the rotation shown in Fig. 1, where the centre of the orbital rotation of the planet is the Sun in the absence of a rigid connection, causing the inequality of angular velocities ω and ω_1, that is, the daily and annual cycles.

Daily cycle

Centripetal acceleration of the planet is $a_{cp} = \frac{m_2}{R^2}$, where m_2 is its mass, R is the distance between the centres of the planet and the Sun (in the *physical* system of Thomson units), and centripetal acceleration is $a_{cf} = \frac{V^2}{R_1}$, where R_1 is the distance from the centre of the planet to the centre of mass, V is the linear velocity of rotation perpendicular to the planet-Sun direction.

In this case, as mentioned above, $R_1 \to R$, that is, $a_{cf} = \frac{V^2}{R}$.

Both accelerations a_{cf}, a_{cp} are equal in size and opposite in direction in the centre of the planet, therefore its resulting acceleration $a_{res} = a_{cp} - a_{cf} = 0$. The planet evenly spins in orbit with radius $R_1 = R$ with linear velocity $v = \sqrt{\frac{m_2}{R}}$ and angular velocity $\omega = \frac{V}{R} = \sqrt{\frac{m_2}{R^3}}$. This is an *inertial* motion relative to the centre of mass of the planet-Sun system [2].

The equality of accelerations a_{cf}, a_{cp} is violated on the planet surface with radius r because of their unequal dependence on distance R. When increasing or decreasing this distance by ΔR, we have: $a_{res} = a_{cp} - a_{cf} = \frac{m_2}{(R \pm \Delta R)^2} - \frac{V^2}{(R \pm \Delta R)^2} \neq 0$.

Compensation of this inequality in the motion of the planet with angular velocity ω is achieved by bringing it into rotation relative to its own centre of mass with angular velocity $\Delta\omega$ in the same direction as the orbital motion itself.

Depending on the ratio of distances R and ΔR determined by the planet radius r ($\Delta R = r$), the angular velocity of its own rotation $\Delta\omega$ may be less than, equal to or greater than ω.

For example, angular velocities ω and $\Delta\omega$ of Mercury, determined by periods of *orbital* rotation T_O, called sidereal, and its *own* circular rotation T_C, is T_{MO} = 88 days, T_{MC} = 58.5 days. Therefore, $\Delta\omega_M < \omega_M$, and their ratio is $\frac{\Delta\omega_M}{\omega_M} = 0.66$. That is, the period of Mercury's own rotation is less than the period of its orbital rotation.

With the same sidereal period of the Sun $T_{SO} = T_{MO}$ = 88 days, its own rotation period is T_{CS} = 25 days. Therefore, $\Delta\omega_S < \omega_S$, and their ratio is $\frac{\Delta\omega_S}{\omega_S} = 0.28$. The period of the Sun's own rotation in the Sun-Mercury system is less than the period of its orbital rotation.

Venus has T_{VO} = 225 days, T_{VC} = 243 days, therefore $\frac{\Delta\omega_V}{\omega_V} = 1.08$. The period of Venus' own rotation already exceeds the period of its orbital rotation.

The period of the Sun's own rotation in the Sun-Venus system is $\frac{\Delta\omega_S}{\omega_S} = 0.1$, that is not more than 10% of its orbital rotation period.

In other words, the Sun's own rotation is determined by the planet nearest to it, Mercury.

Approximately the same should have been expected for the Earth, which has a radius close to Venus and even greater distance from the Sun, but this expectation is very sharply violated in this case, because T_{EO} = 365 days, T_{EC} = 1 day, therefore $\frac{\Delta\omega_E}{\omega_E} = 0.0027$.

What is the reason for such a sharp violation? Because the Earth, unlike Mercury and Venus, is not alone, but forms a pair of Moon-Earth. The Moon, of course, is much smaller than the Sun and even the Earth, but its distance from the Earth is also much smaller, so its influence on the orbital rotation of the Earth is insignificant but decisive for the Earth's own rotation.

If there were no Moon, the lengths of day and year on Earth would be comparable, which would dramatically change the conditions for the existence of life, bringing them closer to those described in the fantastic work of Roger Zelazny [3].

As for the Moon, its periods of orbital and its own rotation coincide completely, which corresponds to the rigid connection shown in Fig. 1. Though the rigid connection itself is absent.

The characteristics of Mars, which does not have such a large satellite as our Moon, are even more surprising. On the other hand, the presence of two smaller satellites, although at much shorter distances from it, was enough to obtain the duration of its own rotation, close to the duration of Earth's day.

As for large planets, their own rotation periods are also determined not by the Sun, but by the presence of their own satellites, so they are even shorter.

This is a *qualitative* picture of the solar system in terms of sidereal and its own periods of rotation of its planets.

References

1. A. I. Somsikov, *Description of Rotation* (https://vixra.org/pdf/1809.0001v1.pdf).
2. A. I. Somsikov, *Law of Inertia* (https://vixra.org/pdf/1808.0611v1.pdf).
3. Roger Zelazny, *Jack of Shadows*.

Примечание. Это перевод с русского языка на английский. Оригинальный авторский текст дается ниже.

Сомсиков А.И.

Причины вращения планет

Рассмотрена причина собственного вращения планет Солнечной системы

Особенностью Солнечной системы является *двойное* вращение ее планет – по замкнутой орбите и относительно собственной оси вращения каждой планеты, включая Солнце.
Причины обоих этих вращений необходимо установить.

Орбитальное вращение

Его исчерпывающее объяснение дано еще во времена Ньютона по Закону всемирного тяготения.
Стабильное состояние динамической системы при сохранении постоянства расстояния до центра вращения, достигается при круговых равномерных движениях и соблюдении равенства противоположно направленных центростремительного $a_{цс}$ и центробежного $a_{цб}$ ускорений [1]. Примером может служить горизонтальное вращение камня, привязанного на веревке Рис. 1.

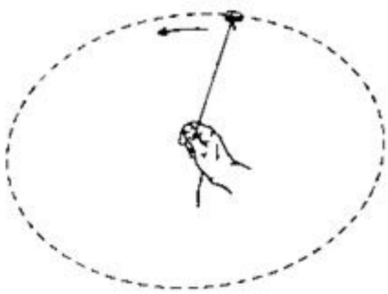

Рис. 1. Горизонтальное вращение камня, привязанного на веревке.

Центробежное ускорение $a_{цб}$ составляет $a_{цб} = \frac{V^2}{R}$, где V – линейная скорость вращения центра тела, R – радиус-вектор от центра вращения до центра тела, а центростремительное ускорение $a_{цс}$, направленное противоположно, составляет $a_{цс} = -a_{цб}$. Угловая скорость ω вращения радиуса-вектора R в центре тела составляет $\omega = \frac{V}{R}$. Все точки тела, находящиеся на расстоянии r от его центра, имеют дополнительное вращение относительно этого центра с линейной скоростью V_1 и угловой скоростью ω_1 , равной $\omega_1 = \frac{V_1}{r}$. При жесткой связи тела с центром его вращения, представленной веревкой, угловая скорость ω_1 равна угловой скорости ω вращения центра тела $\omega_1 = \omega$, поэтому $V_1 = \omega_1 r = \omega r$, а угловая скорость ω_2 вращения тела составляет $\omega_2 = \omega + \omega_1 = 2\omega$.
Вращение планет с угловой скоростью ω соответствует *годовому* циклу, а дополнительное вращение с угловой скоростью ω_1 – *суточному* циклу.
Связь тела с центром вращения может быть *нематериальной*, представленной силой f всемирного тяготения, выражаемой формулой $f = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2}$, где m_1 – масса тела 1, m_2 – масса тела 2, R – расстояние между телами 1, 2 , γ – гравитационная постоянная, определяемая произвольностью выбора единицы массы ($\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ м$^3 \cdot$ с$^{-2} \cdot$ кг$^{-1}$) и не имеющая собственного физического смысла (Рис. 2).

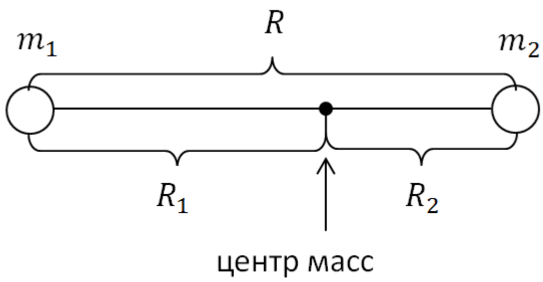

Рис. 2. Гравитационное взаимодействие тел с массами m_1, m_2 .

В *физической* системе единиц, предложенной У.Томсоном оба коэффициента γ – в законе всемирного тяготения и k – во втором законе Ньютона равны безразмерной единице. При этом Закон всемирного тяготения имеет простейший вид $f = \frac{m_1 m_2}{R^2}$, а выбор единицы массы *не произволен.*

Оба тела 1, 2 вращаются относительно общего *центра масс*, находящегося на расстояниях R_1 – от центра тела 1 и R_2 – от центра тела 2 ($m_1 \neq m_2$ соответствует $R_1 \neq R_2$), с одинаковой угловой скоростью $\omega = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2}$ для их орбитальных движений.

Числовой пример

В системе Солнце-Земля, где m_1 – масса Земли ($m_1 = 5{,}98{\cdot}10^{24}$кг), m_2 – масса Солнца ($m_2 = 1{,}98{\cdot}10^{30}$кг, $m_2 \gg m_1$), R_1 – радиус вращения Земли по орбите вокруг Солнца, равный расстоянию их центрами ($R_1 = 1{,}49{\cdot}10^{11}$м, $R_2 \to 0$).

Центростремительное ускорение $a_{цс}$ Земли (ускорение свободного падения Земли на Солнце), направленное по линии Земля-Солнце, составляет:

$$a_{цс} = \gamma \frac{m_2}{R_1^2} = 6{,}67{\cdot}10^{-11} \frac{1{,}98{\cdot}10^{30}}{(1{,}49{\cdot}10^{11})^2} = 0,6{\cdot}10^{-3} \text{ м·с}^{-2}.$$

Ее центробежное ускорение $a_{цб}$ составляет $a_{цб} = \frac{V^2}{R_1}$, где V – линейная скорость движения Земли по орбите с радиусом R_1, определяемая по формуле $V = \frac{2\pi R_1}{T}$, T – период земного вращения (длительность года $T = 365,26{\cdot}24{\cdot}3600$ с) :

$$a_{цб} = \frac{V^2}{R_1} = \frac{(2\pi R_1)^2}{R_1 T^2} = 0,6{\cdot}10^{-3} \text{ м·с}^{-2}.$$

Условие кругового движения с радиусом R_1 , соответствующее равенству противоположно направленных ускорений $a_{цс}$ и $a_{цб}$, выполняется.

То же, разумеется, и для всех других случаев.

Собственное вращение

Кроме одинаковой угловой скорости $\omega = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2}$ орбитальных движений обоих тел 1, 2 , показанных на Рис. 2 , взаимодействующие тела также приобретают вращения относительно собственных центров масс с неодинаковыми угловыми скоростями $\omega_1 \neq \omega_2$, определяемыми неравенством расстояний $R_1 \neq R_2$ и масс $m_1 \neq m_2$. Эти дополнительные вращения аналогичны показанному на Рис.1 с тем отличием, что связь между телами 1, 2 не является жесткой и потому дополнительные угловые скорости ω_1, ω_2 могут быть не равны как между собой, так и общей угловой скорости ω их орбитальных движений.

Как определить эти дополнительные угловые скорости ω_1, ω_2? Для упрощения рассмотрим это на примерах взаимодействий в системе Солнце-планета. Особенностью которой является соотношение масс m_1 планеты и m_2 Солнца $m_1 \ll m_2$ и расстояний $R_1 \gg R_2$ или же $R_2 \to 0$, $R_1 \to R$. Это соответствует вращению, показанному на Рис. 1, где центром орбитального вращения планеты является Солнце в отсутствие жесткой связи, вызывающее неравенство угловых скоростей ω и ω_1, то есть суточного и годового циклов.

Суточный цикл

Центростремительное ускорение $a_{цс}$ планеты $a_{цс} = \frac{m_2}{R^2}$, где m_2 – ее масса, R – расстояние между центрами планеты и Солнца (в *физической* системе единиц Томсона) и центробежное ускорение $a_{цб} = \frac{V^2}{R_1}$, где R_1 – расстояние от центра планеты до центра масс, V – линейная скорость вращения, перпендикулярная направлению планета-Солнце.

При этом, как уже сказано, $R_1 \to R$, то есть $a_{цб} = \frac{V^2}{R}$.

В центре планеты оба ускорения $a_{цс}$, $a_{цб}$ равны по величине и противоположны по направлению, поэтому ее результирующее ускорение $a_{рез} = a_{цс} - a_{цб} = 0$. Планета равномерно вращается по орбите с радиусом $R_1 = R$ с линейной скоростью V , равной $V = \sqrt{\frac{m_2}{R}}$ и угловой скоростью $\omega = \frac{V}{R} = \sqrt{\frac{m_2}{R^3}}$. Это *инерционное* движение относительно центра масс системы планета-Солнце [2].

На поверхности планеты с радиусом r равенство ускорений $a_{цс}$, $a_{цб}$ нарушается ввиду неодинаковой их зависимости от расстояния R. При возрастании или уменьшении этого расстояния на величину ΔR имеем: $a_{рез} = a_{цс} - a_{цб} = \frac{m_2}{(R \pm \Delta R)^2} - \frac{V^2}{R \pm \Delta R} \neq 0$.

Компенсация этого неравенства при движении планеты как целого с угловой скоростью ω , достигается приведением ее во вращение относительно собственного центра массы с угловой скоростью $\Delta\omega$ в том же направлении, что и само орбитальное движение.

В зависимости от соотношения расстояний R и ΔR, определяемого радиусом r планеты $\Delta R = r$ угловая скорость $\Delta\omega$ собственного ее вращения может быть меньше ω , равна или больше ее.

Например, угловые скорости ω и $\Delta\omega$ у Меркурия, определяемое периодами $\mathrm{T_O}$ *орбитального*, называемого сидерическим, и $\mathrm{T_C}$ *собственного* круговых вращений, составляет $\mathrm{T_{MO}} = 88$ дней, $\mathrm{T_{MC}} = 58{,}5$ дней. То есть $\Delta\omega_{М} < \omega_{М}$, а их отношение составляет $\frac{\Delta\omega_{М}}{\omega_{М}} = 0{,}66$. То есть период собственного вращения Меркурия меньше периода его орбитального вращения.

При том же самом сидерическом периоде Солнца $\mathrm{T_{CO}} = \mathrm{T_{MO}} = 88$ дней период $\mathrm{T_{CC}}$ собственного его вращения составляет $\mathrm{T_{CC}} = 25$ дней . То есть $\Delta\omega_{С} < \omega_{С}$, а их отношение составляет $\frac{\Delta\omega_{С}}{\omega_{С}} = 0{,}28$. Период собственного вращения Солнца в системе Солнце-Меркурий меньше периода его орбитального вращения.

У Венеры $\mathrm{T_{BO}} = 225$ дней , $\mathrm{T_{BC}} = 243$ дней, то есть ее $\frac{\Delta\omega_{В}}{\omega_{В}} = 1{,}08$. Период собственного вращения Венеры уже превышает период ее орбитального вращения.

Период собственного вращения Солнца в системе Солнце-Венера $\frac{\Delta\omega_{С}}{\omega_{С}} = 0{,}1$, то есть не превышает 10% периода его орбитального вращения.

Иными словами, собственное вращение Солнца определяется ближайшей к нему планетой – Меркурием.

Примерно то же должно было бы ожидаться и для Земли, имеющей близкое с Венерой радиус и еще большее расстояние до Солнца. Но в данном случае это ожидание нарушается, причем очень резко, поскольку $\mathrm{T}_{\text{ЗО}} = 365\ \text{дней}$, $\mathrm{T}_{\text{ЗС}} = 1$ день, то есть ее $\frac{\Delta\omega_{\text{З}}}{\omega_{\text{З}}} = 0{,}0027$.

Чем вызвано столь резкое нарушение? – Тем, что Земля, в отличие от Меркурия и Венеры, не является одинокой, а образует пару Земля-Луна. Луна, конечно, много меньше Солнца и даже Земли, но и ее расстояние до Земли тоже намного меньше. Поэтому ее влияние на орбитальное вращение Земли несущественно, зато на собственное вращение Земли является определяющим.

Если бы Луны не было, длительности дня и года на Земле были бы сопоставимы, что резко изменило бы условия существования жизни. Сближая их с описанными в фантастическом произведении Роджера Желязны [3] .

Что до самой Луны, то ее периоды орбитального и собственного вращения полностью совпадают, что соответствует жесткой связи, показанной на Рис. 1. Хотя сама жесткая связь при этом отсутствует.

Еще более удивительны характеристики Марса, не имеющего столь крупного спутника, как наша Луна. Зато наличие двух меньших спутников, притом на значительно меньших расстояниях до него, оказались достаточными для получения длительности его собственного вращения, близкой к длительности земных суток.

Что касается больших планет, то их периоды собственного вращения тоже определяются вовсе не Солнцем, а наличием собственных спутников. Поэтому они реально являются еще более укороченными.

Такова *качественная* картина Солнечной системы в части сидерических и собственных периодов вращения ее планет.

Литература

1. Сомсиков А.И. *«Описание вращения»* https://vixra.org/pdf/1809.0001v1.pdf .
2. Сомсиков А.И. *«Закон инерции»* https://vixra.org/pdf/1808.0611v1.pdf .
3. Роджер Желязны «*Джек из тени*».