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.

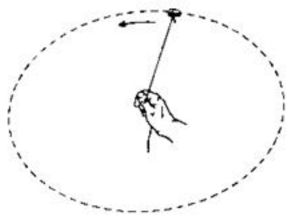

Рис. 1. Горизонтальное вращение камня, привязанного на веревке.

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).

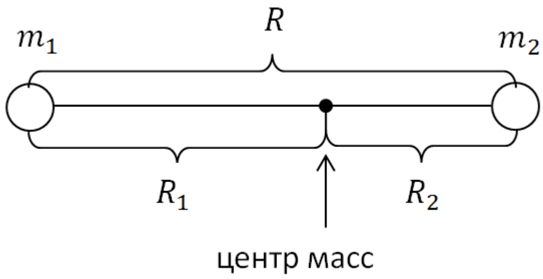

Рис. 2. Гравитационное взаимодействие тел с массами m_1, m_2 .

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

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

Ее центробежное ускорение $a_{\text{цб}}$ составляет $a_{\text{цб}} = \frac{V^2}{R_1}$, 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) :

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

Условие кругового движения с радиусом R_1 , соответствующее равенству противоположно направленных ускорений $a_{\text{цс}}$ и $a_{\text{цб}}$, 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 $a_{\text{цс}}$ планеты $a_{\text{цс}} = \frac{m_2}{R^2}$, где m_2 – ее масса, R – расстояние между центрами планеты и Солнца (в *физической* системе единиц Томсона) и центробежное ускорение $a_{\text{цб}} = \frac{V^2}{R_1}$, 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 $a_{\text{цб}} = \frac{V^2}{R}$.

В центре планеты оба ускорения $a_{\text{цс}}$, $a_{\text{цб}}$ равны по величине и противоположны по направлению, поэтому ее результирующее ускорение $a_{\text{рез}} = a_{\text{цс}} - a_{\text{цб}} = 0$. 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 $a_{\text{цс}}$, $a_{\text{цб}}$ нарушается ввиду неодинаковой их зависимости от расстояния R. При возрастании или уменьшении этого расстояния на величину ΔR имеем: $a_{\text{рез}} = a_{\text{цс}} - a_{\text{цб}} = \frac{m_2}{(R \pm \Delta R)^2} - \frac{V^2}{R \pm \Delta R} \neq 0$.

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 $\text{Т}_\text{О}$ *орбитального*, называемого сидерическим, и $\text{Т}_\text{С}$ *собственного* круговых вращений, составляет $\text{Т}_{\text{МО}} = 88$ дней, $\text{Т}_{\text{МС}} = 58{,}5$ дней. То есть $\Delta\omega_\text{М} < \omega_\text{М}$, а их отношение составляет $\frac{\Delta\omega_\text{М}}{\omega_\text{М}} = 0{,}66$. То есть период собственного вращения Меркурия меньше периода его орбитального вращения.

При том же самом сидерическом периоде Солнца $\text{Т}_{\text{СО}} = \text{Т}_{\text{МО}} = 88$ дней период $\text{Т}_{\text{СС}}$ собственного его вращения составляет $\text{Т}_{\text{СС}} = 25$ дней . То есть $\Delta\omega_\text{С} < \omega_\text{С}$, а их отношение составляет $\frac{\Delta\omega_\text{С}}{\omega_\text{С}} = 0{,}28$. Период собственного вращения Солнца в системе Солнце-Меркурий меньше периода его орбитального вращения.

У Венеры $\text{Т}_{\text{ВО}} = 225$ дней , $\text{Т}_{\text{ВС}} = 243$ дней , то есть ее $\frac{\Delta\omega_\text{В}}{\omega_\text{В}} = 1{,}08$. Период собственного вращения Венеры уже превышает период ее орбитального вращения.

Период собственного вращения Солнца в системе Солнце-Венера $\frac{\Delta\omega_\text{С}}{\omega_\text{С}} = 0{,}1$, 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 $T_{30} = 365$ дней , $T_{3C} = 1$ день, то есть ее $\frac{\Delta\omega_3}{\omega_3} = 0{,}0027$.

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*».