**Кольцевой орбитальный резонанс**

**Кирилл Бутусов**

В 1978 г. нами была опубликована работа «Золотое сечение в Солнечной системе» [1], где было показано, что в Солнечной системе наблюдается явление резонанса волн биений, приводящее к тому, что периоды и частоты обращений планет образуют геометрическую прогрессию со знаменателями Ф = 1,6180339 и Ф = 2,6180339, хорошо отображаемые числовыми рядами: Фибоначчи (1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987...) и Люка (2, 1, 3, 4, 7, 11, 18, 29, 47, 76, 123, 199, 322, 521, 843...), см. табл. 1, где n – числа Люка и Фибоначчи, а δ% – отклонение от резонансного значения nT в %.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тело | Т, лет | n | nT, лет | δ% |
| Ме | 0,24085 | 377 | 90,800 | 1,98 |
| В | 0,61521 | 144 | 88,590 | 0,50 |
| З | 1,00000 | 89 | 89,000 | 0,03 |
| Ма | 1,88089 | 47 | 88,401 | 0,71 |
| С | 29,4577 | 3 | 88,373 | 0,74 |
|  |  |  | 89,033 | 0,79 |
| Ц | 4,605 | 18 | 82,893 | 0,10 |
| Ю | 11,862 | 7 | 83,035 | 0,06 |
| У | 84,015 | 1 | 84,015 | 1,24 |
| Н | 164,78 | 1/2 | 82,394 | 0,71 |
| П | 247,69 | 1/3 | 82,565 | 0,50 |
|  |  |  | 82,980 | 0,52 |

Однако, кроме описанных в статье случаев проявления «золотого сечения» в Солнечной системе, нам удалось выявить ещё ряд новых интересных примеров такого же рода. В частности, мы обнаружили, что величины, обратные эксцентриситетам планетных орбит также близки к числам Люка и Фибоначчи (см. табл. 2, где e – эксцентриситет орбиты, а n – число Люка или Фибоначчи).

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тело | 1/e | n | 1/ne | δ% |
| П | 4,021 | 4 | 1,0054 | 0,44 |
| Ме | 4,863 | 5 | 0,9726 | 2,91 |
| Ма | 10,711 | 11 | 0,9737 | 2,80 |
| Ц | 13,157 | 13 | 1,0121 | 1,10 |
| С | 17,946 | 18 | 0,9970 | 0,40 |
| Ю | 20,652 | 21 | 0,9834 | 1,79 |
| У | 21,195 | 21 | 1,0093 | 0,82 |
| З | 59,772 | 55 | 1,0867 | 8,56 |
| Н | 116,686 | 123 | 0,9486 | 5,52 |
| В | 147,058 | 144 | 1,0212 | 2,01 |
|  |  |  | 1,0010 | 2,63 |

Так как орбиты планет эллиптичны и постепенно прецессируют, то каждая из них занимает кольцевую область между двумя круговыми орбитами с радиусами:

|  |  |
| --- | --- |
| rπ = (1 – e)a | (1) |
| rα = (1 + e)a | (2) |

где rπ – радиус орбиты в перигелии,

rα – радиус орбиты в афелии,

a – большая полуось орбиты.

Этим круговым орбитам соответствуют свои периоды, а интервал периодов может быть найден по следующей формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

где T – период обращения планеты, а ΔT – будет шириной орбиты, выраженной в терминах периодов. Назовем эту величину «периодом ширины орбиты». При этом оказалось, что «период ширины орбиты» связан с перодом обращения планеты, расположенной через одну орбиту ближе к Солнцу, следующим соотношением:

|  |  |
| --- | --- |
| kΔTn = Tn–2 , | (4) |

где k – целое число, чаще всего, близкое к единице, т.е. имеет место своеобразный резонанс, названный нами «кольцевым резонансом» (см. табл. 3).

Таблица 3а

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тело | ΔT, лет | k | kΔTn, лет |
| В | 0,0125 | 5 | 0,0627 |
| З | 0,0501 | 5 | 0,2509 |
| М | 0,5266 | 1 | 0,5266 |
| Ц | 1,0497 | 1 | 1,0497 |
| Ю | 1,7228 | 1 | 1,7228 |
| С | 4,9235 | 1 | 4,9235 |
| У | 11,890 | 1 | 11,890 |
| Н | 4,237 | 7 | 29,659 |
| П | 184,28 | 0,5 | 92,140 |

Таблица 3b

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Teло | T, лет | kΔTn / kΔTn–2 | δ% | k | kΔTn / kΔTn–2 | δ% |
| Сл | 0,0694 | 0,903 | 10,0 | 11/2 | 0,993 | 0,61 |
| Ме | 0,2408 | 1,041 | 4,8 | 24/5 | 1,000 | 0,07 |
| В | 0,6152 | 0,855 | 16,0 | 7/6 | 0,998 | 0,08 |
| З | 1,0000 | 1,049 | 5,6 | 20/21 | 0,999 | 0,02 |
| Ма | 1,8808 | 0,915 | 8,4 | 12/11 | 0,999 | 0,02 |
| Ц | 4,6052 | 1,069 | 7,6 | 14/15 | 0,997 | 0,16 |
| Ю | 11,862 | 1,002 | 0,8 | 1/1 | 1,002 | 0,28 |
| Ст | 29,457 | 1,006 | 1,3 | 7/1 | 1,006 | 0,73 |
| У | 84,015 | 1,096 | 10,3 | 5/11 | 0,997 | 0,24 |
|  |  | 0,993 | 7,2 |  | 0,999 | 0,24 |

Как видно из таблицы, при грубой подборке коэфициента k он чаще всего принимает значение 1 и даёт отклонение от резонансности, равное 7,2%, а при более тонкой подборке коэфициента, когда он не целочислен, но равен отношению небольших чисел, это отклонение имеет величину только 0,24%. Учитывая, что на самом деле мгновенный период обращения планеты меняется в широких пределах, можно считать, что резонанс всегда соблюдается даже при грубой подборке k. Как оказалось, экваториальный период вращения Солнца и все «периоды ширины орбит» планет земной группы имеют между собою общий резонанс. Для планет, внешних по отношению к Земной орбите также имеет место общий для них резонанс. Причём средние отклонения от резонансности для обеих групп планет не превышают 0,55%. Период общего резонанса для внешних планет превосходит аналогичный период для земной группы планет в 28 раз (см. табл. 4).

Таблица 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тело | ΔT | n | ΔT / n | δ% |
| В | 0,0125 | 2 | 0,00627 | 0,19 |
| З | 0,0501 | 8 | 0,00627 | 0.16 |
| Сл | 0,0694 | 11 | 0,00631 | 0,86 |
| Ме | 0,1483 | 24 | 0,00618 | 1,35 |
| Ма | 0,5266 | 84 | 0,00627 | 0,10 |
|  |  |  | 0,00626 | 0,53 |
| Ма | 0,5266 | 3 | 0,17553 | 0,30 |
| Ц | 1,0497 | 6 | 0,17495 | 0,02 |
| Ю | 1,7228 | 10 | 0,17228 | 1,58 |
| Н | 4,2370 | 24 | 0,17654 | 0,88 |
| Ст | 4,9235 | 28 | 0,17584 | 0,48 |
| У | 11,890 | 68 | 0,17485 | 0,08 |
|  |  |  | 0,17500 | 0,55 |

Если рассмотреть ширину орбиты в терминах частот обращений планет, то мы получим «частоту ширины орбиты». Как выяснилось, эти величины, нормированные на «частоту ширины орбиты» Нептуна, образуют числовые ряды, близкие к числам Люка и Фибоначчи (см. табл. 5) со средним отклонением от резонансности меньше 3%.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тело | Δν, год–1 | Δν / ΔνН | n | Δν / nΔνН | δ% |
| Н | 0,000156 | 1,0000 | 1 | 1,0000 | 1,62 |
| У | 0,001690 | 10,8346 | 11 | 0,98496 | 3,17 |
| П | 0,003305 | 21,1871 | 21 | 1,00890 | 0,72 |
| С | 0,057000 | 36,5384 | 34 | 1,07465 | 5,75 |
| Ю | 0,012286 | 78,7564 | 76 | 1,03626 | 1,97 |
| В | 0,033516 | 212,564 | 199 | 1,06816 | 5,11 |
| З | 0,050200 | 321,794 | 322 | 0,99936 | 1,68 |
| Ц | 0,049938 | 320,051 | 322 | 0,99394 | 2,23 |
| Ма | 0,150818 | 966,782 | 987 | 0,97951 | 3,69 |
|  |  |  |  | 1,01619 | 2,88 |

Мы рассматривали до сих пор интервалы периодов и частот, определяемых через радиусы круговых орбит, ограничивающих эллипсы орбит. Однако, интересно рассмотреть разности мгновенных периодов обращения планет в афелиях и перигелиях орбит т.е. интервал, в пределах которого меняется мгновенный период при движении планеты по орбите. Назовём этот интервал «девиацией периода» Расчёт её будем вести по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

При этом оказалось, что наблюдается резонанс между «девиацией периода» планеты и периодом соседней планеты, расположенной ближе к Солнцу:

|  |  |
| --- | --- |
| kΔT \*n = T \*n–1 | (6) |

См. табл. 6, где значки π, 0, α – определяют значения мгновенных периодов в перигелии, на среднем расстоянии и в афелии. Мы видим, что чаще всего наблюдается k = 2. Среднее отклонение от резонанса равно 1,75%.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тело | ΔTn\* | k | k ΔTn\* | Тело | T\*n–1 | kΔT\*n / ΔT\*n–1 | δ% |
| Ме | 0,2024 | 1/3 | 0,0674 | Сле | 0,0694 | 0,97099 | 2,58 |
| В | 0,0167 | 9 | 0,1505 | Меπ | 0,1553 | 0,96968 | 2,72 |
| З | 0,0669 | 9 | 0,6023 | Вπ | 0,6068 | 0,99253 | 0,35 |
| Ма | 0,5442 | 2 | 1,0884 | Зα | 1,0338 | 1,05279 | 5,69 |
| Ц | 1,4040 | 4/3 | 1,8720 | Ма0 | 1,8808 | 0,99528 | 0,08 |
| Ю | 2,3000 | 2 | 4,6000 | Ц0 | 4,6052 | 0,99888 | 0,28 |
| Ст | 6,5757 | 2 | 13,1514 | Юα | 13,0539 | 1,00746 | 1,14 |
| У | 15,8730 | 2 | 31,7460 | Сα | 32,8829 | 0,96542 | 3,17 |
| Н | 5,6494 | 15 | 84,7412 | У0 | 84,0152 | 1,00864 | 1,26 |
| П | 254,336 | 7/11 | 161,850 | Нπ | 161,981 | 0,99919 | 0,31 |
|  |  |  |  |  |  | 0,99608 | 1,75 |

На самом деле, учитывая, что изменение мгновенного периода происходит в широких пределах, мы можем считать, что резонанс всегда соблюдается гораздо точнее.

Наконец, рассмотрим соотношения экстремальных значений мгновенных периодов на соседних орбитах в ближайших апсидах. Например, отношение мгновенного периода в афелии орбиты к такому же периоду, но уже в перигелии последующей орбиты, расположенной дальше от Солнца (см. табл. 7, где T1\* – мгновенный период в афелии орбиты, а T2\* – мгновенный период в перигелии последующей). Исключение составляют только Меркурий,где вместо перигелийных и афелийных периодов взяты средние периоды и Венера, где вместо афелийного периода взят средний период. Резонансный коэфициент равен отношению небольших чисел, на 85% состоящих из чисел Люка (2, 3, 4, 7, 11).

Анализ таблицы показывает, что эти соотношения близки к резонансным со средним отклонением от резонансности 0,53%.

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тело | T2\* | Тело | T1\* | k | kT1\* | T2\* / kT1\* | δ% |
| Ме0 | 0,2408 | Сле | 0,0694 | 7/2 | 0,2432 | 0,990304 | 1,03 |
| Вπ | 0,6068 | Ме0 | 0,2408 | 5/2 | 0,6021 | 1,007897 | 0,73 |
| Зπ | 0,9669 | В0 | 0,6152 | 11/7 | 0,9667 | 1,000202 | 0,03 |
| Маπ | 1,6162 | Зα | 1,0338 | 11/7 | 1,6246 | 0,994791 | 0,57 |
| Цπ | 3,9432 | Маα | 2,1604 | 11/6 | 3,9608 | 0,995554 | 0,50 |
| Юπ | 10,7539 | Цα | 5,3472 | 2/1 | 10,6944 | 1,005564 | 0,50 |
| Стπ | 26,3072 | Юα | 13,0539 | 2/1 | 26,1079 | 1,007633 | 0,70 |
| Уπ | 76,3596 | Стα | 32,8829 | 7/3 | 76,7268 | 0,995213 | 0,53 |
| Нπ | 161,981 | Уα | 92,2326 | 7/4 | 161,407 | 1,003557 | 0,30 |
| Пπ | 144,369 | Нα | 167,630 | 6/7 | 143,683 | 1,004770 | 0,42 |
|  |  |  |  |  |  | 1,000548 | 0,53 |

**Выводы**

Величины, обратные эксцентриситетам орбит планет образуют числа, близкие к числам Люка и Фибоначчи.

Периоды ширины орбитальных колец находятся в резонансе с периодами планет, расположенными через одну орбиту ближе к Солнцу.

Частоты ширины орбитальных колец находятся в резонансе с частотами обращения планет, расположенных дальше от Солнца через одну орбиту.

Периоды ширины орбитальных колец как земной группы планет, так и планет, внешних по отношению к земной орбите, образуют две группы тел с общими резонансами внутри группы.

Частоты ширины орбитальных колец, нормированные на частоту ширины орбиты Нептуна, образуют числовой ряд близкий к числам Люка и Фибоначчи.

Девиации периодов обращений планет находятся в резонансе с периодом обращения соседней планеты, расположенной ближе к Солнцу.

Экстремальные периоды в ближайших апсидах соседних планет находятся в резонансе, а числовые коэфициенты резонансов на 85% состоят из чисел Люка (2, 3, 4, 7, 11).

Имеют место ещё и другие резонансные соотношения для частот ширины орбит, девиаций частоты и экстремальных значений частот планетных орбит, но ввиду ограниченности объёма работы мы этих результатов вычислений не приводим.

**Список литературы**

К.П. Бутусов. «Золотое сечение в Солнечной системе». Проблемы исследования Вселенной, вып. 7. М.-Л., 1978.