# Великое противостояние Юпитера

Мы все наслышаны о великом противостоянии Марса. Но оказывается, что великие противостояния бывают у всех верхних (внешних) планет Солнечной системы.

Я посмотрел форумы и сайты о противостоянии и, нередко, болтовни много, а чёткости нет. Поэтому излагаю насколько возможно коротко и чётко.

Прежде всего, о том, что такое противостояние.

Противостояние это когда Земля находится между Солнцем и планетой, причём все они расположены вдоль одной прямой, как это показано на рисунке.

Приведённое здесь определение не очень строгое, но вполне приемлемое для всех планет Солнечной системы1. Противостояние бывает лишь у верхних (внешних) планет, а у Меркурия и Венеры противостояний не бывает.

Почему мы говорим о противостоянии, как о каком-то особом событии?

Снова посмотрите на рисунок, и увидите, что для нас, жителей Земли, направления на Солнце и на планету противоположные.

Поэтому когда Солнце заходит, планета восходит, а потом она видна всю ночь. В полночь, когда Солнце находится ниже всего под горизонтом и небо самое тёмное, планета, наоборот, выше всего над горизонтом. Это означает очень хорошие условия видимости планеты.

Теперь о великом противостоянии.

Оказывается, что расстояние между планетой и Землей от противостояния к противостоянию меняется; оно может быть больше или меньше. Особый интерес представляют великие противостояния, когда планета оказывается ближе всего к Земле, — это ещё одно дополнительное обстоятельство, благоприятствующее наблюдениям планеты.

Именно поэтому нас интересуют великие противостояния, — в это время условия для наблюдения планеты не просто очень хорошие, а отличные.

А теперь о великом противостоянии Юпитера в 2010 году.

В ночь с 21 на 22 сентября, т.е. со вторника на среду Юпитер приблизился к Земле на 3, 95 а.е. (591 миллион километров). Это самое маленькое расстояние, ещё ближе к Земле Юпитер не бывает. 1 астрономическую единицу свет пролетает за 500 секунд, значит, от Юпитера до Земли свет летит примерно 33 минуты.

И сегодня ещё не поздно любоваться Юпитером. Отличная видимость будет длиться, по крайней мере, ещё месяц. Даже в небольшой бинокль сейчас можно увидеть диск Юпитера. Также лучше видны и четыре галилеевых спутника – Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.

Впрочем, не ожидайте, что вы усмотрите что-либо чрезвычайное. Расстояние до Юпитера во время противостояний в среднем около 630 млн. км, поэтому то, что расстояние будет на несколько десятков млн. километров меньше, чем в среднем, существенно ничего не меняет.

Следующее великое противостояние Юпитера будет через 12 лет, 26 сентября 2022 года.

Остались нерассмотренными вопросы:

Почему расстояния между планетой и Землёй в моменты противостояний разные?

С каким периодом повторяются противостояния?

С каким периодом повторяются великие противостояния?

Почему расстояния между планетой и Землёй в моменты противостояний разные?

— Потому что все планеты, в том числе и Земля, обращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам. Поэтому расстояния Земля–Солнце и планета–Солнце меняются в зависимости от того места на орбите, где случилось противостояние. Следовательно, и расстояние Земля–планета тоже меняется.

Наиболее наглядно это видно на примере Марса:

Здесь цифрами указан год и расстояние между Землёй и Марсом в астрономических единицах в моменты противостояний. Буквами Р и А обозначены перигелий1 и афелий орбиты Марса соответственно.

Великие противостояния происходят вблизи перигелия орбиты верхней (внешней) планеты, потому что когда планета в момент противостояния ближе всего к Солнцу, она ближе и к Земле. Что же касается вытянутости (эллиптичности) орбиты Земли, то она сказывается незначительно, во-первых, потому, что орбита Земли очень близка к круговой, во-вторых, потому, что орбита Земли меньше по размерам, чем орбиты верхних планет.

И ещё, великие противостояния всегда происходят примерно в одну и ту же календарную дату, для Марса это примерно конец августа, для Юпитера — конец сентября. Это потому, что и планета, и Земля должны находиться на своих орбитах там, где расстояние между ними минимально, а положение Земли на орбите и календарная дата в солнечном календаре2 взаимосвязаны.

С каким периодом повторяются противостояния?

Сначала несколько определений.

Если посмотреть на Солнечную систему издалека, например, с далёких звёзд, то мы увидим, что планеты обращаются вокруг Солнца. Период обращения планеты вокруг Солнца относительно звёзд, называется сидерическим (или звёздным) периодом обращения вокруг Солнца. Обозначение — Т.

Сидерический период обращения Земли вокруг Солнца называется сидерическим или звёздным годом. Обозначение — Е. Его продолжительность примерно равна календарному году, Е = 1 год, т.е. примерно 365, 25 сут3.

Продолжаем.

Минимальный промежуток времени, с которым повторяются характерные взаимные расположения планеты и Солнца на земном небе, такие как противостояния, соединения и т.п., называется синодическим периодом обращения4. Обозначение — S.

Например, было соединение планеты с Солнцем и, спустя синодический период S, снова наступит соединение.

Или, было противостояние планеты с Солнцем и, спустя синодический период S, снова наступит противостояние. Это и есть ответ на поставленный выше вопрос.

Синодический и сидерический периоды обращения планеты имеют разную продолжительность потому, что это периоды, наблюдаемые в разных системах отсчёта. Синодический, — система отсчёта связана с Землёй, обращающейся вокруг Солнца. Сидерический, — система отсчёта связана с «неподвижными» звёздами.

Теперь осталось лишь привести формулы для связи сидерического и синодического периода обращения планеты:

(1/Е) – (1/T) = (1/S) для верхних (внешних) планет,

(1/T) – (1/Е) = (1/S) для нижних планет (Меркурия и Венеры).

Вывод этих формул приведён в конце следующего сообщения, чтобы не перегружать основной текст математическими рассуждениями.

Сидерические и синодические периоды обращения планет:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Планета | Период | |
| Сидерический (годы) | Синодический (сутки) |
| Меркурий | 0, 241 (88 сут) | 116 |
| Венера | 0, 615 (225 сут) | 584 |
| Земля | 1, 000 | — |
| Марс | 1, 881 | 780 |
| Юпитер | 11, 86 | 399 |
| Сатурн | 29, 46 | 378 |
| Уран | 84, 01 | 370 |
| Нептун | 164, 8 | 368 |

С каким периодом повторяются великие противостояния?

Из предыдущего сообщения известно, что великие противостояния верхних планет происходят тогда, когда планета окажется в перигелии её орбиты, а Земля между планетой и Солнцем.

Это значит, что и планета, и Земля должны сделать сколько-то полных оборотов вокруг Солнца.

Теперь рассмотрим вопрос о повторяемости великих противостояний для всех верхних планет в порядке возрастания сложности задачи.

Для Урана.

Пусть в какой-то момент времени случилось великое противостояние. Спустя синодический период, т.е. через 370 дней (см. таблицу), снова будет противостояние, но оно уже не будет великим. Ещё 370 дней пройдёт, снова будет противостояние. И. т.д.

Наконец, спустя 84 года, т.е. сидерический период обращения Урана, и Уран, и Земля сделают целое число оборотов. Это значит, снова повторится великое противостояние Урана.

Искомый период — 84 года.

Для Сатурна.

Спустя 29, 46 лет, т.е. через сидерический период обращения Сатурна, Сатурн сделает полный оборот вокруг Солнца, но противостояния не случится, т.к. Земля окажется в совсем другом месте орбиты.

Через два оборота Сатурна, т.е. спустя 58, 9 лет Земля будет находиться вблизи линии Солнце–Сатурн. В пределах месяца Земля догонит Сатурн, который будет достаточно близко к своему перигелию и снова будет противостояние, которое можно считать великим.

Итак, великие противостояния Сатурна повторяются с периодом 59 лет.

Для Юпитера.

Один оборот вокруг Солнца Юпитер совершает через 11, 86 лет, т.е. примерно через 12 лет.

Итак, можно считать, что великие противостояния Юпитера повторяются через 12 лет.

Однако продолжим:

2 оборота — 23, 72 года;

3 оборота — 35, 58 года;

4 оборота — 47, 44 года;

5 оборотов — 59, 3 года;

6 оборотов — 71, 16 года;

7 оборотов — 83, 02 года равно примерно 83 года.

Здесь указано число оборотов Юпитера вокруг Солнца и время, которое для этого требуется.

83= 12х6 +11.

Это значит, что среди семи последовательных великих противостояний шесть повторятся через 12 лет и одно через 11 лет.

Если в какой-то момент времени расстояние между Юпитером и Землёй оказалось наименьшим, то оно снова будет таким же наименьшим через 7 оборотов Юпитера, т.е. через 83 земных года.

Итак, можно сказать, что через 83 года повторяются величайшие противостояния Юпитера.

Впрочем, что величайшее, что великое противостояние, — при наблюдении Юпитера особой разницы нет, т.к. различия в расстояниях между Юпитером и Землёй в эти моменты невелико, всего несколько миллионов километров, что заметной роли не играет.

Оказалось, что в 2010 году было не просто великое, а величайшее противостояние, следующее великое противостояние будет 2022 году, следующее величайшее противостояние в 2093 году.

Для Марса.

Точно так же как для Юпитера составляем таблицу:

1 оборот Марса — 1, 881 года;

2 оборота Марса — 3, 762 года;

3 оборота Марса — 5, 643 года;

4 оборота Марса — 7, 524 года;

5 оборотов Марса — 9, 405 года;

6 оборотов Марса — 11, 286 года;

7 оборотов Марса — 13, 167 года;

8 оборотов Марса — 15, 048 года, примерно равно 15 годам;

9 оборотов Марса — 16, 929 года, примерно равно 17 годам;

10 оборотов Марса — 18, 810 года.

…..

Итак, 8 оборотов вокруг Солнца Марс совершает за 15 лет, а 9 оборотов примерно за 17 лет. Отсюда следует, что великие противостояния случаются или через 15, или через 17 лет.

Продолжаем таблицу, опуская неинтересные результаты:

……

25 оборотов — 47, 025 лет, примерно 47 лет.

……..

47=17+15+15. Это значит, что за 47 лет будет три великих противостояния Марса, причём одно из них повторится через 17 лет и ещё два повторятся через 15 лет.

Дальше продолжаем таблицу:

…….

42 оборота — 79, 002 лет, примерно 79 лет.

……

79=17+17+15+15+15. Следовательно, за 79 лет будет пять великих противостояний Марса, причём два из них повторятся через 17 лет и три через 15 лет.

Итак, мы ответили на вопрос, с какими периодами повторяются обычные и великие противостояния верхних (внешних) планет.

И ещё один вопрос. Как определить конкретную дату великого противостояния той или иной планеты?

— Эта задача не очень сложная. Её умели решать уже в позапрошлом веке, но чтобы её решить, нужно обладать специальными знаниями. А на основе элементарных соображений её решить, к сожалению, невозможно.

Цитата из книги "Занимательная астрономия".

Теперь ознакомьтесь, что по поводу великих противостояний писал выдающий популяризатор науки Яков Исидорович Перельман в своей замечательной книге "Занимательная астрономия".

Дополнение. Связь синодического и сидерического

периодов.

На рисунке показано расположение Юпитера, Земли и Солнца для момента противостояния.

А что будет дальше?

Земля делает полный оборот вокруг Солнца за год (Е=1), а Юпитер за Т=11, 86 лет. Т.е. Земля в своём движении по орбите будет обгонять Юпитер.

Иначе говоря, средняя скорость движения Земли по орбите (360°/Е) больше чем средняя скорость движения Юпитера (360°/Т).

Следовательно, скорость, с которой Земля обгоняет Юпитер, будет равна:

n° = (360°/Е) – (360°/Т).

Теперь представьте себе Формулу-1. Быстрая машинка сначала поравнялась с другой, медленной, затем её обгоняет. Обгон всё больше и больше. И вот, начиная с какого-то момента, быстрая машинка будет догонять медленную, и, наконец, они снова встретятся. Это значит, что быстрая машинка сделала на один круг больше, чем медленная.

Точно также Земля сначала обгоняет, а потом догоняет Юпитер.

Итак, со временем Земля обгонит Юпитер на полный оборот, т.е. на 360°. Соответствующий период как раз и есть синодический период S, — в самом деле, было противостояние и снова наступило противостояние. Тогда среднюю угловую скорость обгона можно выразить через синодический период: n° = 360°/S.

Приравнивая полученные два выражения для n°, имеем:

360°/S = (360°/Е) – (360°/Т)

Наконец, сокращая всё на 360°, окончательно получаем:

1/S = (1/Е) – (1/Т). — Для Юпитера и, вообще, для верхних планет.

Для нижних (внутренних) планет вывод формулы аналогичен. Единственное отличие, — нижние планеты обращаются вокруг Солнца быстрее Земли, поэтому они будут обгонять Землю. Средняя скорость обгона будет выражаться формулой n° = (360°/Т) – (360°/Е), поэтому окончательное выражение для синодического периода имеет вид:

1/S = (1/Т) – (1/Е). — Для нижних планет.