

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРО УРАН.

(У1) Напомним, что тропики – это места, где Солнце бывает в зените. А это случается в любой точке Урана два раза в год, и только на полюсах – один раз в год (рис. 1).

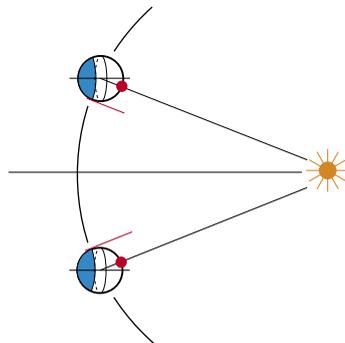


Рис. 1. Вид на орбиту Урана сверху (размеры планеты очень сильно преувеличены!). Красной точкой обозначено место, где Солнце в зените, синим закрашена область, где Солнце не восходит (полярная ночь). Красный луч показывает место, в котором Солнце появляется только на горизонте. Обратите внимание, что здесь красной точкой обозначено одно и то же место! Положения планеты нарисованы с интервалом примерно в 1/6 часть уранианского года... и половину суток.

Так что тропическая зона – везде, а её границы – тропики – на полюсах! Полярные зоны – тоже везде, потому что, например, в дни, когда ось планеты смотрит прямо на Солнце (слева и справа на рисунке 2), на половине планеты – полярный день, а на другой половине – полярная ночь. Только на экваторе Урана в эти дни – полярные сумерки: Солнце на горизонте; настоящего полярного дня или ночи на экваторе не бывает.

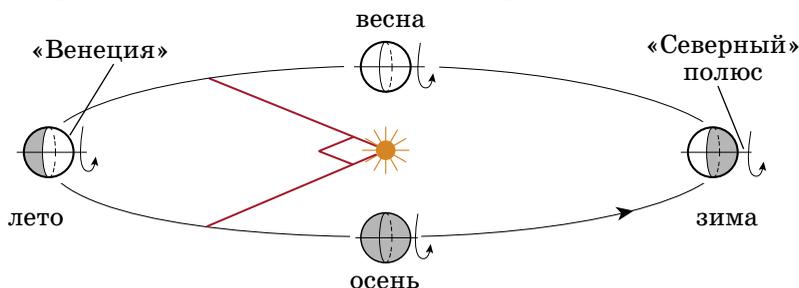


Рис.2. Движение Урана. Времена года указаны для правого («северного») полушария.

(У2) На полюсе полгода длится полярный день – Солнце не заходит, а описывает в течение суток круг практически на одной и той же высоте. Если бы Уран не был так далеко от Солнца, там в это время было бы очень жарко: в середине полярного дня Солнце стоит в зените! Причём когда на одном полюсе полярный день, на другом – полярная ночь (на рисунке 2 – «лето» и «зима»). Потом, после коротких полярных сумерек, наступает полярная ночь, которая тоже длится полгода.

(У3) Для жителей экватора Солнце проходит через зенит как раз тогда, когда на полюсах сумерки (верхнее и нижнее положения планеты на рисунке). Зато в полночь Солнце ровно «под ногами». А спустя четверть года (на рисунке – положения планеты слева и справа) оно весь день на горизонте – но не движется по кругу, как было на полюсе Юпитера, а стоит на месте! Проверьте это с помощью «человечка». Во все остальные сутки день и ночь на экваторе делятся поровну.

(У4) У «венецианцев» дни, когда Солнце в зените, отстоят друг от друга на четверть года (эти дни соответствуют положениям планеты, показанным на рисунке 2 красными линиями).

В те же дни Солнце касается горизонта, не опускаясь под него – а между ними всё лето (четверть года) длится полярный день. В середине лета Солнце не заходит, но и не поднимается так высоко. День, когда ось планеты смотрит точно на Солнце, на Уране с бóльшим правом, чем у нас, можно назвать солнцестоянием: Солнце в этот день буквально стоит в одной точке. Как мы уже видели, для жителей экватора эта точка – на горизонте, для жителей северного полюса – в зените. Для «венецианцев» Солнце зависает на высоте 45° , причём не на юге, как можно было бы подумать, а на севере. Вообще, летом Солнце у них всё время в северной части неба... Весной и осенью дни и ночи чередуются, как это происходит у нас. А зимой полярная ночь, которая, как и полярный день, длится четверть года.

Поскольку почти на всей планете долгие полярные дни и полярные ночи, на Уране самая скучная во всей Солнечной системе погода. Большие участки атмосферы прогреваются и остывают равномерно: ни перепадов температуры и давления, ни сильных ветров...



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



Не то что на Нептуне, хоть он и в полтора раза дальше от Солнца. Интересные для астрономов ураганы и циклоны бывают на Уране только весной и осенью, когда день чередуется с ночью «нормальным» образом.

(У5) Замечательно, что для всех человечков на планете видимый путь Солнца – одна и та же кривая, только смотрят они на неё под разными углами, так же как на Юпитере большой круг, по которому движется Солнце, был наклонён к горизонту для каждого наблюдателя по-своему. Начнём с северного полюса. В день солнцестояния (слева на рисунке 2) Солнце стоит в зените, потом начинает постепенно спускаться по спирали, делая каждые сутки один почти горизонтальный виток. Круги, описываемые Солнцем, всё ниже и всё шире; через четверть года очередной виток проходит уже по горизонту, и дальше в течение полугода спираль продолжается «под землёй». Солнце доходит до низшей точки – ровно под ногами – и возвращается обратно к горизонту, а затем – к зениту.

На экваторе всё ровно так же, только вся эта спираль «лежит на боку». Так что, если бы кто-то вздумал, живя на экваторе, весь год наблюдать Солнце лёжа (головой на север), причём отмечал бы положение Солнца не только над, но и под горизонтом – у него получилась бы ровно та же картинка, что и на северном полюсе.

Теперь уже совсем легко догадаться, как выглядит годовое движение Солнца на любой широте (рис. 3).

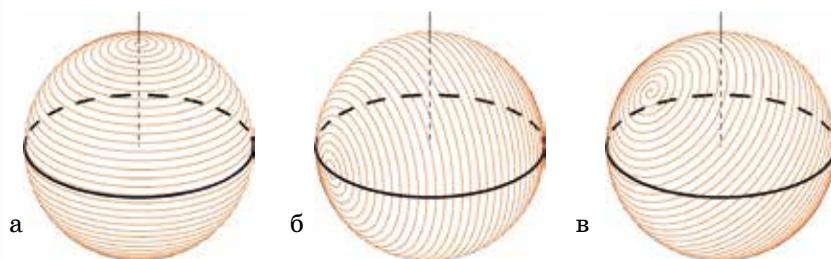


Рис. 3. Видимый путь Солнца в течение полугода: а) на полюсе Урана, б) на экваторе, в) на широте 45° . Наблюдатель сидит в центре сферы и смотрит на неё изнутри! Чёрный круг – линия горизонта, вертикаль показывает направление в зенит. Картинка сделана для случая, как будто в году 80 дней. Число витков спирали равно числу дней в полугодии.

Теперь мы временно покидаем Солнечную систему, потому что в ней нет нужной нам сейчас планеты.

ПЛАНЕТА ДЗЕТА – «ЗОЛОТАЯ СЕРЕДИНА»

Эта воображаемая планета – «среднее» между Юпитером и Ураном. Ось её вращения наклонена к плоскости орбиты под углом 45° (рис. 4).

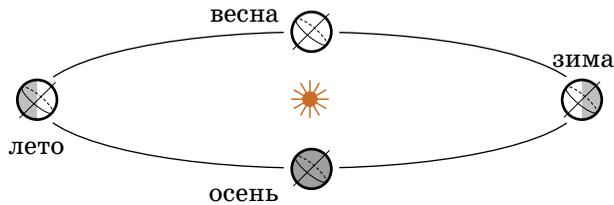


Рис. 4. Планета Дзета. Времена года указаны для северного полушария.

Задача Д1. Как на этой планете выглядят полярные и тропические зоны?

Задача Д2. Как в течение года движется Солнце для наблюдателя на полюсе? на экваторе? в «Венеции»? Бывает ли оно в зените, и если да, то когда? Каждые ли сутки опускается под горизонт, и если нет, то сколько времени длится полярный день?

Задача Д3. Для каждого из этих мест нарисуйте видимый годовой путь Солнца на небе.

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРО ПЛАНЕТУ ДЗЕТУ

(Д1) На Юпитере тропической зоной был один только экватор, на Уране – вся планета. Здесь – промежуточная ситуация: самые северные точки, в которых Солнце можно увидеть в зените, имеют широту 45° , то есть находятся ровно посередине между экватором и северным полюсом. На всей этой окружности (параллели) самый жаркий день наступает, когда направление оси планеты ближе всего к направлению на Солнце (рис. 5).

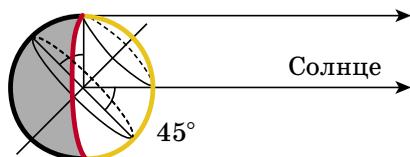


Рис. 5. Красная линия показывает все точки, в которых сейчас восход, на жёлтой линии везде полдень. Отмечены экватор и параллель на северной широте 45° .

Этот же день и самый длинный: как видно из той же картинки, Солнце в полдень достигает зенита, а в полночь касается горизонта; стоит чуть-чуть



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



сместиться к полюсу – и в этот день Солнце не сядет, но и до зенита не поднимется. Через полгода та же ситуация повторяется в южном полушарии. Итак, полярные зоны – это «шапки» вокруг обоих полюсов, а тропические – «пояс» вокруг экватора. Границы того и другого у Дзеты совпадают, это параллели 45° северной и южной широты. Они одновременно и тропики, и полярные круги (рис. 6).

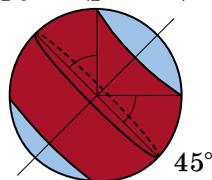


Рис. 6. Полярные (синие) и тропическая (красная) области планеты Дзеты.

(Д2) На полюсах Солнце по полгода не заходит (на северном полюсе – летом, на южном – зимой), а остальные полгода длится ночь. В течение суток Солнце делает круг, практически не меняя высоты над горизонтом. На максимальной высоте – 45° – оно бывает в середине полярного дня. Этот момент называется солнцестоянием – хотя Солнце, в отличие от Урана, и не стоит на месте. Всего солнцестояний два – одно летнее (когда день на северном полюсе), другое зимнее (когда на южном). А дни, когда ось планеты перпендикулярна направлению на Солнце (планета сверху и снизу на рисунке 4), называются равноденствиями. В эти дни на обоих полюсах – полярные сумерки. Как видно, между каждым равноденствием и солнцестоянием – ровно четверть местного года.

В пределах тропической зоны Солнце бывает в зените 2 раза в год, на экваторе это как раз дни равноденствий. Летом жители экватора видят солнце на севере, а зимой – на юге. На экваторе день всегда равен ночи, а Солнце поднимается от горизонта и опускается к нему строго по вертикали.

Жители «Венеции» видят Солнце в зените только раз в год – в летнее солнцестояние. В этот же день оно не заходит, а только касается горизонта. Два раза в год – в дни равноденствий – день бывает равен ночи; полгода он длиннее ночи, полгода – короче. А в день зимнего солнцестояния Солнце не восходит – это самая короткая, но всё-таки полярная ночь.

(ДЗ) Как и на Уране, видимый годовой путь Солнца – спираль, для жителей разных мест планеты наклонённая по-разному. Но, в отличие от Урана, спираль не заполняет всю сферу. Легко убедиться в этом, рисуя путь Солнца на полюсе: там ось спирали вертикальна и Солнце не поднимается выше 45° .

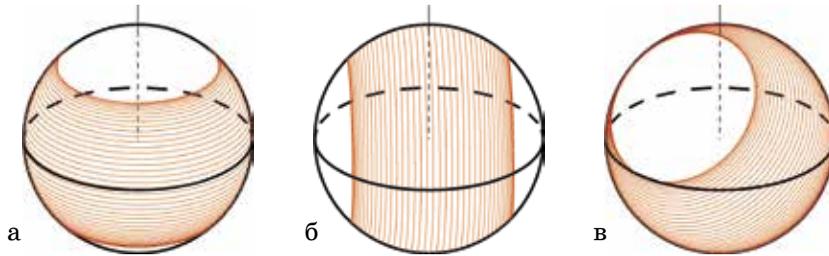
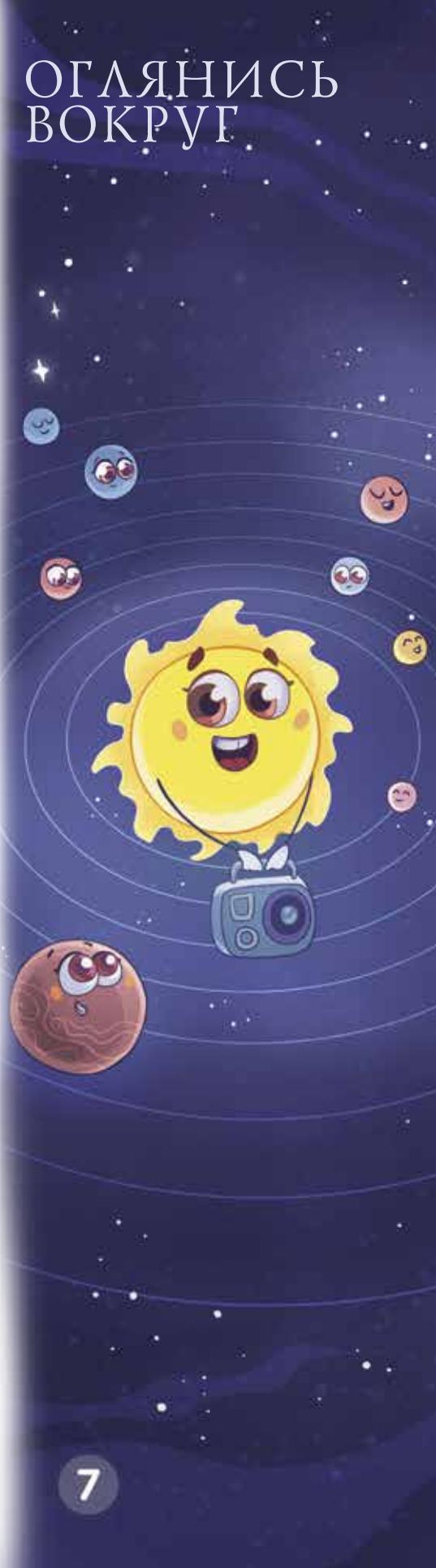


Рис. 7. Видимый путь Солнца в течение полугода на Дзете: а) на полюсе, б) на экваторе, в) на широте 45° .

Теперь уже не составит труда понять, как устроена смена времён года на Земле. На самом деле Земля очень похожа на Дзету, с одной только разницей: ось нашей планеты отклоняется от «вертикали» не на 45° , а всего на 23° над горизонтом. Так что по этому параметру мы чуть ближе к Юпитеру, чем Дзета. Из-за этого спираль у нас уже – больше сплюснута: самые дальние витки спирали отстоят от её середины на 23° . (Если бы кто-то стал «выпрямлять» нашу ось, приближая её к вертикали, то спираль сплюснулась бы в круг, как у Юпитера.) От этого, например, Солнце на полюсах никогда не поднимается выше 23° над горизонтом. «Наклоняя» спираль, можно убедиться, что тропическая зона тоже уже, чем на Дзете, – широта тропиков у нас опять те же 23° . И на те же 23° отстоят от полюсов полярные круги. Например, Москва в промежуточной области между теми и другими: ни полярных ночей, ни Солнца в зените в Москве не бывает.

Напоследок для тех, кому понравилось путешествовать по планетам, добавим ещё несколько задач.

1. Почему всё-таки у нас зимой холодно, а летом тепло?
2. На какую высоту поднимается Солнце на экваторе Дзеты в день летнего солнцестояния? А на земном экваторе?
3. Сколько времени на земном экваторе длится ночь 22 июня? А 22 декабря? (Это дни летнего и зимнего солнцестояний.)



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



Художник Анна Горлач

4. Нарисуйте тропическую и полярную области на планете, у которой ось вращения наклонена к оси орбиты не на 23° , как у Земли, а на 67° .

5. Вычислите максимальную высоту, на которую поднимается Солнце в Венеции (широта 45°) в течение года. Вычислите высоту, на которую оно поднимается там же в день весеннего равноденствия 21 марта.

6. Древнегреческие мореплаватели, плававшие по Атлантическому океану, рассказывали землякам, что видели Солнце в полдень на севере. Им не верили, поскольку считалось, что экватор пересечь невозможно. Но есть ли тут противоречие? Могли бы они увидеть Солнце на севере и не доплыв до экватора?

7. Интересно ещё совершить экскурсию на планету Плюк. Ось этой (выдуманной) планеты вертикальна, период её вращения вокруг оси равен периоду обращения вокруг Солнца, но вращается она в другую сторону – всё почти точно как на Венере, только у Венеры эти два периода отличаются на одну десятую. Как устроена жизнь (смена времён суток и года) на этой планете?

УЧЕБНИК

Материал подготовил
Михаил Евдокимов



СПИЧКИ И МАТЕМАТИКА

1. Переложите одну спичку, чтобы равенство стало верным.

$$| + | = |$$

2. Разрешается переложить одну спичку. Постарайтесь получить как можно меньший результат, а потом сравните с ответом.

$$|7 + 7|$$

3. Какое наименьшее количество спичек нужно переложить, чтобы равенство стало верным?

$$|9 + 8 = 69|$$

4. Какое наименьшее количество спичек нужно переложить, чтобы равенство стало верным?

$$| + | = | \square |$$

Художник Инга Коржнева