

Н. А. КОЗЫРЕВ

ВОЗМОЖНАЯ АСИММЕТРИЯ В ФИГУРАХ ПЛАНЕТ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 28 XI 1949)

1. Данные астрономических наблюдений ставят в настоящее время перед теорией задачи, которые или совсем не решаются или решаются с помощью сложных гипотез. Вновь открываемые явления часто оказываются неожиданными для теории. Основой теоретических методов исследования являются принципы механики Ньютона, поэтому можно усомниться в безусловной справедливости этих принципов, т. е. в строгости применения их в астрономических масштабах пространства и времени. Повидимому, отклонения от законов Ньютона наступают значительно раньше, иным образом и совсем при других обстоятельствах, чем поправки теории относительности Эйнштейна. Поэтому изменение принципов механики должно быть значительно более глубоким и заключаться в изменении всех трех основных аксиом Ньютона — Галилея. Для обоснования этой точки зрения весьма существенно найти простое явление, резким и прямым образом противоречащее механике Ньютона.

Ряд признаков указывает на то, что проблема вращения небесных тел не исчерпывается обычными законами механики. К числу их можно отнести открытую в тесных двойных системах несинхронность орбитального и осевого вращения звезд, существующую вопреки приливному трению. Повидимому, звезды могут вырабатывать не только энергию, но и момент вращения. Однако, чтобы вращение могло поддерживаться процессами, идущими внутри тела, должна возникнуть некоторая асимметрия, зависящая от направления вращения. Весьма возможно, что при этом и фигура вращающегося тела будет асимметричной по отношению к экваториальной плоскости. Для исследования этого эффекта наиболее благоприятными будут тела с большим сжатием и большого углового диаметра, т. е. Юпитер и Сатурн. Если у этих тел будет обнаружена асимметрия, то это и будет искомым явлением, противоречащим механике Ньютона.

Обозначим через p полярное расстояние, т. е. угловое расстояние точки на поверхности тела от положительного направления оси вращения. Пользуясь правой системой координат, мы должны полярное расстояние отсчитывать от северного полюса планеты. Асимметрия тела скажется появлением в уравнении эллипсоида дополнительного нечетного члена:

$$r = a(1 - \varepsilon \cos^2 p - \eta \cos^3 p); \quad (1)$$

здесь r — радиус-вектор точки на поверхности тела, проведенный из точки пересечения оси вращения с экваториальной плоскостью, т. е. плоскостью наибольшего сечения тела, a — радиус экваториального

сечения, ϵ — сжатие и η — коэффициент асимметрии. Допустим, что такое асимметричное тело наблюдается в положении, когда ось вращения перпендикулярна лучу зрения. Обозначим через x линейные расстояния хорд от оси вращения и через y — расстояние середины хорд от экватора, выраженные в долях экваториального радиуса. Тогда из уравнения (1) следует приближенное равенство

$$y = -\eta(1 - x^2). \quad (2)$$

Таким образом, при положительном η середины хорд с приближением к центру диска должны уходить в южное полушарие. Самое быстрое изменение положения середины хорд будет происходить на краю диска. Практически, получается весьма удобный способ измерений асимметрии, при котором нет нужды строго ориентировать ось x по экватору планеты. Необходимо лишь получить среднее из отсчетов на концах хорд восточного и западного края диска, взять из них среднее и сравнить со средним из отсчетов положения концов хорд в центральной части диска.

С достаточной точностью можно считать, что ось Юпитера всегда перпендикулярна лучу зрения. Производя измерение линейкой опубликованных в различных изданиях репродукций увеличенных фотографий Юпитера, я получил впечатление, что искомая асимметрия существует реально и что южное полушарие Юпитера более вытянуто, чем северное: $\eta = +0,0030 \cong \epsilon^2$. Измеренные для контроля репродукции Марса приблизительно того же размера этого эффекта не показали. После таких результатов уже имело смысл перейти к подробному изучению оригинальных снимков.

2. Проф. В. В. Шаронов любезно предоставил мне снимки Сатурна, полученные им 7 октября 1937 г. в фокусе 30" рефрактора Пулковской обсерватории (через узкий желтый фильтр) и снимки Юпитера 17—18 июля 1939 г., полученные на нормальном астрографе Ташкентской обсерватории с увеличительной системой в 3,2 раза. Упомянутые снимки Сатурна получены в момент почти полного исчезновения кольца, т. е. наивыгоднейшего для измерений положения Сатурна, когда ось вращения перпендикулярна лучу зрения. На снимках кольцо получилось в виде тонкой черты, которая не могла мешать измерениям. Измерение пластинок было выполнено на измерительном приборе Репсольда сектора астрофотографии Пулковской обсерватории. Ось x ориентировалась параллельно линии кольца. Положение концов хорд, перпендикулярных этой линии, измерялось для 3 хорд на одном краю, 3 хорд в средней части диска и 3 хорд на другом краю. Одиночная нить микрометра фиксировала положение измеряемой хорды, а наведение на край в точке пересечения диска планеты с этой нитью осуществлялось двойной нитью. После этого пластинка поворачивалась на 180° и измерение полностью повторялось. Как некоторый оптимум для положения средней из 3 хорд на краю было взято $x = 0,85$. Видимый экваториальный диаметр Сатурна равнялся 20". На пластинках, в оборотах микрометра Репсольда этот диаметр составлял приблизительно 2,8, т. е. 1,4 мм (2 оборота микрометра — 1 мм). Результат измерений 12 изображений Сатурна на 3 пластинках, в тысячных долях оборота, т. е. в полумикронах, оказался следующим: $y(0,85) - y(0) = +7$ со средней ошибкой ± 3 . Произведя с помощью формулы (2) редукцию на полный эффект, получаем: $\eta = +0,007$, т. е. опять положительная величина, близкая к ϵ^2 .

Снимки Юпитера оказались менее удачными: края изображений размыты с общей вуалью на пластинке. Поэтому были измерены только 9 изображений на 2 пластинках. Критерием отбора изображе-

ний служили контрольные измерения сжатия диска. В тысячных долях оборота микрометра результат оказался следующим: $y(0,85) - y(0) = +6 \pm 4$. Поскольку экваториальный радиус составлял 2,3 оборота, производя редукцию к краям, находим $\eta = +0,004$ — результат, близкий к тому, который был получен при осмотре репродукций.

3. Ознакомление с коллекцией снимков Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга показало, что среди этих снимков имеются превосходные фотографии Юпитера, полученные П. К. Штернбергом 28 апреля 1910 г. на 15" астрографе Московской обсерватории с помощью камеры, увеличивавшей в 2,7 раза. На этих снимках края изображений очень определены и видно много деталей, даже таких тонких, как область Красного пятна. Кроме того, линейный масштаб этих снимков превышал масштаб ранее измеренных: экваториальный диаметр получился равным 6,5 оборота *. Были измерены 10 лучших изображений на 4 пластинках и средний результат получился следующим: $y(0,90) - y(0) = +9 \pm 2$. При этом с улучшением качества изображений эффект увеличивался, и средний весовой результат был принят равным +12. Производя редукцию к краям, получаем $\eta = +0,0044$, что практически совпадает с $\epsilon^2 = 0,0042$. Для проверки надежности измерений 6 лучших снимков были измерены в положении, отличающемся на 90°. Асимметрия получилась и в этом случае: $\Delta y = +6 \pm 4$; $\eta = +0,0019$ (знак плюс указывает, что западное полушарие более выпукло, чем восточное). Астрономический ежегодник 1910 г. дает на 28 апреля у Юпитера фазу как раз с востока, половина которой равна +0.0023, что находится в прекрасном соответствии с измеренным значением.

При столь тонких измерениях может играть роль личный эффект. Поэтому пользуясь случаем выразить глубокую благодарность Д. О. Мохначу за выполненные им с большим искусством контрольные измерения 12 изображений Юпитера на тех же пластинках П. К. Штернберга. Средний результат Д. О. Мохнача получился следующий: $y(0,90) - y(0) = +10 \pm 1$.

Характерно, что с увеличением масштаба и улучшением качества изображений эффект асимметрии делается более заметным. Опасные систематические ошибки могут возникнуть только при самих измерениях из-за деталей на поверхности планет. Измерения хорд на краях диска могут исказиться наличием полос, не симметричных по отношению к экватору. Однако это соображение отпадает, так как темная полоса на диске Сатурна (тень кольца) находилась в северном полушарии, а темная экваториальная полоса Юпитера на снимках В. В. Шаронова выделялась в южном полушарии; вместе с тем асимметрия у этих планет получилась одного знака. При измерениях хорд средней части диска могут возникнуть систематические отклонения, если темные полярные области планет в обоих полушариях выражены различно. Однако известно, что у Юпитера и Сатурна более темным является южный полюс, а это обстоятельство может только ослабить, но не усилить найденный эффект.

4. Найденная асимметрия планет, вероятно, является универсальным следствием закона сложения гравитационного поля с полем вращения. Тогда и у Земли южное полушарие будет более выпуклым (приблизительно на 100 м) и в южном полушарии ускорение тяжести должно быть на десятки мгал меньше, чем в северном. Сравнение гравиметрических данных обоих полушарий затрудняется малым числом гравиметрических пунктов в южном полушарии, а главное, почти полным отсутствием их в высоких южных широтах. Однако еще в

* Проф. М. С. Зверев любезно разрешил мне воспользоваться этими снимками для измерений.

1899 г. проф. А. А. Иванов пытался определить широтный коэффициент асимметрии в распределении тяжести. Это исследование повторялось (А. Беррог, С. В. Торопин, И. Д. Жонголовач) и приводило, в общем, к согласному результату. Повидимому, можно принять: $\Delta g = g_N - g_S = +25$ мгал и $\Delta g/g = (+2,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-5}$. Центр тяжести однородного тела, поверхность которого определяется уравнением (1), при $\eta > 0$ сдвинут к югу на величину, равную $\frac{3}{4}a\eta$, вследствие чего возникает $\Delta g/g = \eta$. С другой стороны, можно ожидать, что причина, приводящая к большему сжатию северного полушария, будет действовать и на маятник. Поэтому только часть ($\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{2}$) измеренного $\Delta g/g$ должна быть приравнена η . Отсюда следует, что $\eta \cong +1 \cdot 10^{-5}$.

Таблица 1

Планета	ϵ	ϵ^2	η
Сатурн	1:9,7	$10,6 \cdot 10^{-3}$	$+7 \cdot 10^{-3} \pm 3 \cdot 10^{-3}$
Юпитер	1:15,4	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$+4,4 \cdot 10^{-3} \pm 0,6 \cdot 10^{-3}$
Земля	1:297	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$+1 \cdot 10^{-5} \pm (0,5 \cdot 10^{-5})$

Данные табл. 1 показывают, что в первом приближении фигура равновесия вращающейся однородной гравитирующей массы представляется формулой:

$$r = a(1 - \epsilon \cos^2 p - \epsilon^2 \cos^3 p). \quad (3)$$

В пользу существования особых причин, приводящих к асимметрии фигур планет, говорит наблюдаемая асимметрия в расположении деталей на поверхности планет; например, предпочтительное расположение материков в северном полушарии Земли и их вытянутость к югу.

Мы видели, что установление асимметрии дисков Юпитера и Сатурна имеет глубокое принципиальное значение. Вместе с тем, этот эффект получился почти на пределе точности измерений. Поэтому совершенно необходима проверка полученных результатов с помощью крупнейших астрономических инструментов.

Поступило
5 XI 1949