

Мустафин Альхас Амирович,
доцент кафедры общеобразовательных дисциплин,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: alhas355@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ И ОТКРЫТИЕ ПЛАНЕТЫ НЕПТУН: ТРИУМФ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ XIX ВЕКА

Mustafin A.A.

MATHEMATICAL PREDICTION AND DISCOVERY OF THE PLANET NEPTUNE: THE TRIUMPH OF 19TH-CENTURY CELESTIAL MECHANICS

Аннотация. В статье рассматривается история открытия Нептуна – первой планеты, существование которой было доказано математически до того, как её увидели в телескоп. На основе анализа возмущений орбиты Урана Джон Кауч Адамс (Великобритания) и Урбен Жан Жозеф Леверье (Франция) независимо друг от друга выполнили математические расчёты, определив массу, расстояние и координаты неизвестной планеты, вызывавшей наблюдаемые отклонения в движении Урана. 23 сентября 1846 года берлинский астроном Иоганн Готфрид Галле обнаружил Нептун именно в том месте, которое вытекало из этих расчётов. Работа демонстрирует, как математические вычисления могут привести к открытию нового физического объекта, и подтверждает закон всемирного тяготения в масштабах Солнечной системы.

Ключевые слова: Нептун, Уран, возмущения орбиты, Гершель, Лаплас, Бювар, Леверье, Адамс, Галле, закон всемирного тяготения Ньютона, предсказание планеты.

Abstract. This article examines the discovery of Neptune, the first planet whose existence was mathematically proven before it was observed through a telescope. Based on an analysis of perturbations in the orbit of Uranus, John Couch Adams (United Kingdom) and Urbain Jean Joseph Le Verrier (France) independently performed mathematical calculations, determining the mass, distance, and coordinates of the unknown planet causing the observed deviations in Uranus's motion. On September 23, 1846, Berlin astronomer Johann Gottfried Galle discovered Neptune in the exact position predicted by these calculations. This work demonstrates how mathematical calculations can lead to the discovery of a new physical object and confirms the law of universal gravitation on the scale of the Solar System.

Keywords: Neptune, Uranus, orbital perturbations, Herschel, Laplace, Bouvard, Le Verrier, Adams, Galle, Newton's law of universal gravitation, planet prediction.

К началу XIX века астрономы полагали, что движение планет Солнечной системы полностью подчинено закону всемирного тяготения Ньютона. Однако после открытия Урана в 1781 году выяснилось, что его наблюдаемая орбита не согласуется с расчётами, учитывающими влияние только Сатурна и Юпитера. С каждым десятилетием расхождение между вычисленным и истинным положением Урана накапливалось, достигая к 1820-м годам величины, заметной даже в небольшие телескопы. Возникла гипотеза о существовании ещё одной, неизвестной планеты за орбитой Урана, гравитационное возмущение которой объясняло бы наблюдаемые аномалии. В отличие от всех предыдущих открытий (которые делались случайно или при систематическом обзоре неба), Нептун стал первой планетой, обнаруженной целенаправленно – на основе математического анализа возмущений. Цель данной работы – восстановить логику и методы расчётов, привести хронологию событий и оценить научное значение этого открытия.

Английский астроном Фридрих Вильгельм Гершель открыл планету Уран 13 марта 1781 года, используя телескоп собственной конструкции. Открытие Урана расширило границы Солнечной системы, которые оставались неизменными со времён античности. В последующие годы орбита планеты была вычислена несколько раз. В 1790 году Пьер-Симон Лаплас опубликовал первые таблицы движения Урана, но уже к 1820-м годам накопились расхождения между теорией и наблюдениями. Французский астроном Алексис Бювар, составивший в 1821 году новые, более точные таблицы, обнаружил, что ошибка в долготе Урана достигает тридцати угловых секунд – величины, заметной даже в телескопы того времени. Он предположил, что причина кроется либо в неточности исходных данных, либо в действии неизвестного небесного тела за орбитой Урана. Бювар писал в своих знаменитых астрономических таблицах, что оставляет будущему выяснить, не обусловлена ли эта разница влиянием какой-либо планеты, расположенной за Ураном. Это высказывание стало отправной точкой для математических поисков.

Задача, которую взялись решить Джон Кауч Адамс (британский математик и астроном) и Урбен Жан Жозеф Леверье (французский математик, занимавшийся небесной механикой) была непростой. По наблюдаемым отклонениям в движении Урана нужно было восстановить массу, расстояние и положение той планеты, которая эти отклонения вызывала. В науке такой тип задачи называется *обратной*. Другими словами, *прямая* задача – это когда вы знаете все параметры системы и вычисляете результат, *обратная* же требует подбора неизвестных параметров так, чтобы теоретические отклонения совпали с наблюдаемыми. Фактически Адамс и Леверье решали систему уравнений, где неизвестными были масса, большая полуось орбиты, эксцентриситет и долгота перигелия новой планеты. Их целью было добиться минимальной разницы между теорией и наблюдениями, а поскольку точных аналитических формул не существовало, вычисления велись методом проб и ошибок, но направляемых глубоким пониманием небесной механики.

Адамс начал работу в 1843 году, ещё будучи студентом Кембриджа. Он использовал наблюдения Урана с 1781 по 1830 год. К сентябрю 1845 года Адамс получил параметры неизвестной планеты. По его вычислениям, среднее расстояние от Солнца должно было составлять около тридцати восьми астрономических единиц (позже выяснилось – тридцать), а масса – от трёх до пяти масс Земли (реальная масса Нептуна – семнадцать с лишним масс Земли – оказалась больше из-за неточности исходных данных о положении Урана в отдалённые годы). Адамс передал результаты своих вычислений директору Гринвичской обсерватории Джорджу Эйри, однако систематические поиски так и не были организованы.

Леверье приступил к расчётам в 1845 году, не зная о работе Адамса. Он использовал более полные данные, охватывающие период с 1750 по 1840 год, и применил более строгую математическую процедуру. В июне 1846 года Леверье опубликовал окончательные координаты: долгота триста двадцать шесть

градусов, широта почти на линии эклиптики, ожидаемая звёздная величина – от восьмой до девятой (то есть объект должен быть различим в небольшой телескоп). В письме к Иоганну Готфриду Галле в Берлинскую обсерваторию Леверье написал, что следует направить телескоп на точку неба с долготой триста двадцать шесть градусов. Это даст возможность увидеть новую планету. Сравнение результатов двух математиков оказалось поразительным: предсказанная Адамсом долгота отличалась от истинной менее чем на два градуса, у Леверье – меньше чем на один градус. Расхождение по расстоянию (большой полуоси) у Адамса было больше – он назвал тридцать восемь астрономических единиц вместо реальных тридцати, – что объясняется недостатком данных о возмущениях от далёких планет.

Галле получил письмо Леверье 23 сентября 1846 года. В тот же вечер вместе с ассистентом Генрихом Луи д'Арре они навели девятидюймовый рефрактор Берлинской обсерватории на указанную точку на небе. Для контроля они использовали свежеотпечатанную звёздную карту из проекта «Академические звёздные карты». Примерно через час наблюдений они обнаружили объект, имеющий отчётливый диск, за ночь заметно сместившийся относительно неподвижных звёзд. На следующую ночь смещение подтвердили. Положение Нептуна отличалось от предсказания Леверье всего на пятьдесят две угловые минуты – менее одного градуса. Это был блестящий триумф математического метода.

Открытие Нептуна стало одним из самых ярких триумфов ньютоновской физики. Впервые закон всемирного тяготения позволил не только объяснить уже известные явления (например, приливы или движение планет), но и предсказать существование нового, ранее не наблюдавшегося материального объекта. Это было не просто добавление ещё одной планеты в каталог – это было экспериментальное подтверждение того, что математическая теория способна открывать невидимое. Успех поиска Нептуна укрепил веру в научный детерминизм, ярким выразителем которого был Пьер-Симон Лаплас. Согласно этому мировоззрению, если бы некий разум знал точное положение и скорость каждой частицы во Вселенной, а также все действующие силы, то он мог бы с абсолютной точностью вычислить любое будущее состояние системы.

Открытие Нептуна воспринималось современниками как прямое доказательство этого принципа: зная только возмущения Урана, Адамс и Леверье вычислили то, что никто никогда не видел. Успех казался полным и безоговорочным. Однако это же открытие породило и острый спор о научном приоритете между Англией и Францией, впрочем, закончившийся, после долгих и не всегда дружественных дебатов тем, что обе стороны признали заслуги обоих математиков.

Методы, разработанные для поиска Нептуна, были немедленно применены к другим объектам Солнечной системы. В первую очередь астрономы обратили внимание на Меркурий – ближайшую к Солнцу планету, в движении которой также наблюдались небольшие, но устойчивые аномалии. Анализ возмущений меркурианской орбиты, выполненный тем же Леверье, показал, что

известные планеты не могут объяснить смещение его перигелия (точки наибольшего сближения с Солнцем). Это привело к знаменитой гипотезе о существовании планеты Вулкан внутри орбиты Меркурия. Десятилетиями астрономы искали Вулкан, некоторые сообщали о наблюдениях, но ни одно не подтвердилось. Лишь в 1915 году Альберт Эйнштейн показал, что аномалия Меркурия является следствием искривления пространства-времени в сильном гравитационном поле Солнца – и тем самым общая теория относительности дала объяснение там, где классическая механика потерпела неудачу. Этот эпизод стал важным напоминанием, что даже самый блестящий метод имеет свои границы, и новые явления могут требовать новой физики. Однако, основной подход – поиск невидимых тел по их гравитационному влиянию на известные объекты – остаётся в арсенале астрономии до сих пор [1-4].

Сегодня аналогичный метод используется для поиска гипотетической Планеты Девять в поясе Койпера, за орбитой Нептуна. Анализируя странные сближения орбит нескольких транснептуновых объектов, ученые Калифорнийского технологического института Константин Батыгин и Майкл Браун в 2016 году выдвинули гипотезу о существовании планеты массой примерно в 5–10 масс Земли на расстоянии около 500 астрономических единиц от Солнца. Пока она не обнаружена, но поиски продолжаются – и снова мы видим ту же логику, что и в 1846 году: математика указывает, куда направить телескоп [5].

Таким образом, научное значение открытия Нептуна выходит далеко за рамки одной планеты. Оно подтвердило мощь математического моделирования, стимулировало развитие вычислительных методов в астрономии, породило важные дискуссии о природе научного открытия и приоритета, заложило парадигму для будущих поисков невидимых объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Виноградова Т.В. Хоскин М.** Каролина Гершель. Астроном, Ассистент или помощник астронома // Реферативный журнал «Науковедение». 1996. № 1. С. 90-97
2. **Виноградова Т.В. Фернье Дж.** Дело о планете Нептун // Реферативный журнал «Науковедение». 1996. № 1. С. 73-76
3. **Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Г.** Астрономы: Биографический справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наукова думка, 1986. – 512 с.
4. **Гребеников Е.А., Рябов Ю.А.** Поиски и открытия планет. М.: Наука, 1984. – 224 с.
5. **Эйсмонт Н.** Планета-гигант на окраине Солнечной системы: математическая модель или реальность? // Наука и жизнь. 2016. – № 6. – С. 2– 7.