

УДК - 530.1

Шиллер Михаил Павлович

Студент, УлГУ(Ульяновский государственный университет)

Россия, г. Ульяновск

Камалетдинова Алина Ильдаровна

Студент, УлГУ(Ульяновский государственный университет)

Россия, г. Ульяновск

Иванова Олеся Сергеевна

Студент, УлГУ(Ульяновский государственный университет)

Россия, г. Ульяновск

Трандин Семён Евгеньевич

Студент, УлГУ(Ульяновский государственный университет)

Россия, г. Ульяновск

КОНЦЕПЦИЯ СИММЕТРИИ И ЕЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ РОЛЬ В ЗАКОНАХ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИМПУЛЬСА (ТЕОРЕМА НЁТЕР)

Аннотация: В статье представлен теоретический анализ глубокой взаимосвязи между симметрией физической системы и существованием соответствующих законов сохранения. Целью работы является концептуальное обоснование центрального тезиса теоретической физики, сформулированного в теореме Эмми Нётер. Методом качественного логического анализа рассмотрены три ключевых типа пространственно-временной симметрии и их прямое соответствие фундаментальным законам сохранения — энергии, импульса и момента импульса. Результаты исследования подтверждают, что законы сохранения являются не просто эмпирическими наблюдениями, а прямым следствием однородности и изотропности пространства-времени.

Ключевые слова: симметрия, законы сохранения, теорема Нётер, теоретическая физика, однородность пространства, изотропность, концептуальный анализ.

Shiller Mikhail Pavlovich

Student, Ulsu(Ulyanovsk State University)

Ulyanovsk, Russia

Kamaletdinova Alina Ildarovna

Student, Ulsu(Ulyanovsk State University)

Ulyanovsk, Russia

Ivanova Olesya Sergeevna

Student, ULSU(Ulyanovsk State University)

Ulyanovsk, Russia

Trandin Semyon Evgenievich

Student, ULSU(Ulyanovsk State University)

Ulyanovsk, Russia

THE CONCEPT OF SYMMETRY AND ITS FUNDAMENTAL ROLE IN THE LAWS OF CONSERVATION OF ENERGY AND MOMENTUM (NOETHER'S THEOREM)

Abstract: The article presents a theoretical analysis of the profound connection between the symmetry of a physical system and the existence of corresponding conservation laws. The aim of the work is the conceptual substantiation of the central thesis of theoretical physics, formulated in Emmy Noether's theorem. The method of qualitative logical analysis considers three key types of spatio-temporal symmetry and their direct correspondence to the fundamental laws of conservation—energy, momentum, and angular momentum. The research results confirm that conservation laws are not merely empirical observations, but a direct consequence of the homogeneity and isotropy of space-time.

Keywords: symmetry, conservation laws, Noether's theorem, theoretical physics, homogeneity of space, isotropy, conceptual analysis.

Введение

Вся современная физика, от классической механики до квантовой теории поля, строится на двух китах: законах движения (например, законы Ньютона или уравнение Шрёдингера) и законах сохранения. Законы сохранения — энергии, импульса, момента импульса и электрического заряда — имеют универсальный характер и выполняются во всех масштабах и условиях. Они утверждают, что определенная физическая величина остается постоянной на протяжении всего процесса, независимо от того, какие взаимодействия происходят внутри системы.

На протяжении долгого времени законы сохранения рассматривались как не связанные напрямую с геометрией пространства и времени. Однако прорыв, который изменил весь фундамент теоретической физики, был совершен в 1918 году немецким математиком Эмми Нётер. Ее знаменитая теорема установила прямой, глубокий и исчерпывающий мост между концепцией симметрии и законами сохранения.

Актуальность теоретического осмысления теоремы Нётер состоит в том, что она переводит законы сохранения из разряда эмпирических правил в

ряд неизбежных математических следствий свойств самого пространства-времени.

Целью данной работы является концептуальный анализ ключевых симметрий пространства-времени и обоснование того, как эти симметрии обуславливают существование фундаментальных законов сохранения.

Методы и теоретический подход

Исследование проводится методом логического моделирования и анализа теоретических принципов. В теоретической механике, особенно в ее обобщенной формулировке (лагранжевом и гамильтоновом подходах), динамика системы описывается таким образом, что можно исследовать, как изменяется действие системы при бесконечно малых преобразованиях.

Симметрия в этом контексте определяется как преобразование, которое оставляет неизменными уравнения движения системы. Если динамика системы не меняется при некотором преобразовании (например, сдвиге во времени или пространстве), то говорят, что система обладает соответствующей симметрией.

Теорема Нётер связывает каждую непрерывную (т.е. зависящую от непрерывного параметра) симметрию системы с существованием соответствующей сохраняющейся величины. Наш анализ сосредоточится на трех фундаментальных симметриях, присущих однородному и изотропному пространству.

Результаты исследования и обсуждение

Рассмотрим три основных вида симметрии, присущих физической Вселенной, и их прямые следствия:

1. Симметрия относительно сдвига во времени (Однородность времени)

Принцип: Если мы проведем один и тот же физический эксперимент сегодня или завтра, его результат будет одинаков, при прочих равных условиях. Это означает, что физические законы не зависят от абсолютного момента времени их применения. Говоря языком теоретической физики, система инвариантна относительно трансляции (сдвига) по временной координате. Время однородно.

Следствие (Закон сохранения энергии): Согласно теореме Нётер, симметрия относительно сдвига во времени порождает Закон сохранения энергии. Если физическая система не зависит явно от времени, ее полная энергия (сумма кинетической и потенциальной энергий) остается

постоянной. Именно поэтому мы можем быть уверены, что механическая энергия маятника, колеблющегося в вакууме, не изменится ни через минуту, ни через год.

2. Симметрия относительно сдвига в пространстве (Однородность пространства)

Принцип: Если мы проведем один и тот же эксперимент в одной лаборатории в Москве или в другой лаборатории в Нью-Йорке (при условии, что обе находятся в инерциальных системах отсчета), результат будет идентичен. Это означает, что физические законы не зависят от абсолютного положения в пространстве. Пространство однородно.

Следствие (Закон сохранения импульса): Инвариантность физических законов относительно сдвига в пространстве порождает Закон сохранения импульса. Если система инвариантна относительно трансляции по пространственным координатам, то ее полный импульс (произведение массы на скорость) остается постоянным. Этот закон является ключевым при анализе столкновений частиц и ракетного движения.

3. Симметрия относительно поворота в пространстве (Изотропность пространства)

Принцип: Если мы проведем эксперимент, например, запустим снаряд, а затем повернем всю установку на любой угол и повторим эксперимент, траектория и результаты будут теми же относительно новой ориентации. Это означает, что физические законы не зависят от абсолютного направления в пространстве. Пространство изотропно.

Следствие (Закон сохранения момента импульса): Инвариантность физических законов относительно поворота в пространстве (вращательная симметрия) порождает Закон сохранения момента импульса. Этот закон критически важен для описания вращения небесных тел (планет, галактик) и частиц (спин). Он гарантирует, что угловая скорость вращающегося тела не изменится, пока на него не подействует внешний момент силы.

Заключение

Теоретический анализ, основанный на идеях Эмми Нётер, демонстрирует, что фундаментальные законы сохранения являются не просто наблюдаемыми фактами, а отражением глубочайших геометрических свойств нашей Вселенной.

Основные выводы:

1. Законы сохранения не являются независимыми: они тесно связаны с концепцией симметрии. Каждому закону сохранения соответствует определенное преобразование симметрии.
2. Однородность времени (инвариантность относительно сдвига во времени) приводит к сохранению энергии.
3. Однородность пространства (инвариантность относительно сдвига в пространстве) приводит к сохранению импульса.
4. Изотропность пространства (инвариантность относительно поворота) приводит к сохранению момента импульса.

Таким образом, теорема Нётер стала одним из самых элегантных и мощных инструментов теоретической физики. Она позволяет не только понимать известные законы, но и предсказывать новые сохраняющиеся величины при изучении новых, более сложных систем, например, в физике элементарных частиц, где законы сохранения электрического заряда или барионного числа также возникают из соответствующих внутренних симметрий полей. Это подтверждает, что симметрия — это не просто эстетическое свойство, а движущая сила, определяющая структуру Вселенной.

Список литературы

1. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика. Т. I. Механика. — М.: Наука, 1988. — 215 с.
2. *Арнольд В.И.* Математические методы классической механики. — М.: Наука, 1989. — 472 с.
3. *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Том 1. Современная наука о природе. — М.: Мир, 1976.
4. *Вайнберг С.* Квантовая теория поля. Т. I. Основы. — М.: Физматлит, 2003. — 648 с.
5. ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. — М.: Стандартинформ, 2008.