

ФИЗИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОПОЛОГИИ ВСЕЛЕННОЙ

Л.Б. Зельдович, И.Д. Новиков

В общей теории относительности отказ от простого предположения о плоском евклидовом пространстве естественно ставит вопрос и о том, что топология пространства (как трехмерного, так и четырехмерного пространства-времени) может отличаться от простейшей топологии плоского пространства для открытого мира или топологии сферы для закрытого мира.

Уже после первой работы Эйнштейна [1] по космологической проблеме, в которой была построена статическая космологическая модель со сферическим замкнутым трехмерным пространством, Клейном [2] было указано, что трехмерное пространство с той же метрикой может быть и эллиптическим*, т.е. обладающим иными свойствами в целом, чем сферическое пространство.

Вопрос о свойствах связности пространства в целом, о его топологии все время упоминается в литературе (см. [3]).

Нестационарность Вселенной и вероятное существование в прошлом сингулярности, очевидно, ограничивает область доступную наблюдению и затрудняет прямое наблюдательное исследование топологии, например путем наблюдения одного и того же удаленного объекта в противоположных направлениях. Поэтому представляют интерес те ограничения, которые можно наложить на топологию, исходя из соображений, не зависящих от астрономических наблюдений.

Одним из таких ограничений является требование выполнения принципа причинности. С этим требованием несовместимы многообразия, в которых имеются замкнутые времениподобные мировые линии (см. [4,5]).

Цель настоящей заметки состоит в том, чтобы подчеркнуть, что недавние открытия физики элементарных частиц, позволяющие дать абсолютные определения "правого" и "левого", показывают, что реальное физическое трехмерное пространство не может быть неориентируемым (это а-приори нельзя отвергнуть). Известно, что неориентируемые трехмерные пространства имеются, например, среди 18 возможных типов пространств постоянной нулевой кривизны (как среди открытых, так и среди замкнутых)** [6].

В работе Шювегеша [6] подчеркивается, что в неориентируемом пространстве инверсия является непрерывным преобразованием (а не дискретным, как в ориентируемом).

В настоящей заметке делаются физические выводы из этого замечания Шювегеша.

В неориентируемом пространстве существует такой контур, обход по которому превращает правую систему координат в левую, т.е. обход по такому контуру эквивалентен операции пространственного отражения (P). Этот факт отмечает также Шилд [11] в обсуждении доклада Зумино на конференции в Пизе в 1964 г.

Открытие в 1956 г. нарушения четности в слабых взаимодействиях позволяет однозначно определить понятие "правой" и "левой" системы, и поэтому реальное физическое пространство не может быть неориентируемым***.

Это утверждение сделать нельзя, если считать, что обнос по неориентированному контуру превращает частицу в античастицу, т.е. обнос соответствует комбинированной инверсии (CP), так как, согласно гипотезе Ландау, именно такая комбинированная инверсия сохраняет симметрию пустого пространства относительно правого и левого.

Таким образом в неориентируемом пространстве при условии (CP) — инвариантности вопрос о том, являются ли две удаленные частицы одинаковыми или частицей и античастицей, зависит от пути, по которому они будут сведены в одну точку.

Открытие нарушения CP инвариантности в распаде K_2^0 -мезона позволяет предсказать абсолютное отличие вещества от антивещества (см. [8]) и тем самым окончательно закрывает возможность неориентируемого непрерывного пространства. Очевидно в таком пространстве в ходе обноса по неориентируемому контуру должны были бы скачком изменяться свойства частиц, что невозможно****.

Подчеркнем, что рассматриваемые выводы не зависят от нестационарности сопутствующего пространства в космологии, не зависят от того, успеем ли мы в расширяющейся от сингулярности космологической модели, двигаясь со скоростью не более световой, обойти мир по замкнутому контуру, дающему пространственное отражение. Действительно, мы можем рассмотреть цепочку находящихся вдоль данного контура частиц, сравнивать свойства лежащих рядом частиц и прийти к тому же противоречию.

Институт прикладной математики
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
25 июня 1967 г.

Литература

- [1] A. Einstein. Sitzgsber, preuss. Akad. Wiss, 142, 1917.
- [2] F. Klein. Ges. Abh. 1; Göttinger Nachr., 394, 1918.
- [3] О. Гекман, Е. Шюкинг. Строение звездных систем. ИЛ. М., 1962, стр. 600
- [4] K. Gödel. Rev. Mod. Phys., 21, 447, 1949.
- [5] Дж. Л. Синг. Общая теория относительности. ИЛ. М., 1963.
- [6] M. Süveges. Acta Phys. Hung., 20, 273, 1966.
- [7] Б. М. Понтекорво. Вопросы космогонии. 9, 132, 1963.
- [8] Л. Б. Окунь. УФН, 89, 603, 1966.
- [9] И. С. Шапиро. УФН, 61, 313, 1957.
- [10] Дж. Уилер. Гравитация, нейтрино и Вселенная. ИЛ. М., 1962.
- [11] A. Schild. Suppl. al Nuovo Cim., 4, 412, 1966.

*) Эллиптическим называется пространство, в котором диаметрально противоположные точки трехмерной сферы отождествлены.

****)** Неориентируемых пространств нет среди трехмерных пространств постоянной положительной кривизны.

*****)** Тот факт, что несохранение четности должно иметь значение для астрофизики, подчеркивается Понтекорво [7]. В работе Шапиро [9] нарушение четности связывается с неориентируемостью пространства в малом ($\ell \sim 10^{-17} \text{ см}$); важность топологических свойств пространства для физики неоднократно подчеркивал Уилер [10]. В тексте мы говорим об неориентируемости в космических масштабах.

******)** Если окажется справедливой гипотеза зеркальных частиц (см. [8]), то симметрия между правым и левым будет восстановлена. В этом случае неориентируемое пространство оказывается возможным при условии, что обход по неориентируемому контуру соответствует (CPA) инверсии (A – переход к зеркальной частице).