

няющие её гамильтониана. В математике такие преобразования составляют *группу*. Фундам. значение S в физике определяется прежде всего тем, что каждому непрерывному преобразованию S отвечает *сохранения закон* нек-рой физ. величины, связанной с указанной S . (см. *Нётер теорема*). Т. о., само существование сохраняющихся физ. величин обусловлено определёнными типами S , а физ. величины выступают в качестве генераторов соответствующих преобразований.

С др. стороны, осн. принцип совр. калибровочных теорий фундам. взаимодействий природы (напр., сильного и электрослабого), заключающийся в том, что в качестве источников калибровочных полей — переносчиков взаимодействия — выступают определённые сохраняющиеся величины, играющие тем самым роль «зарядов», может быть реализован только при наличии вполне определённых локальных S . Существование такого рода S однозначно определяет ур-ния, описывающие поведение калибровочных полей. Т. о., симметрия взаимодействий в этом случае полностью определяет их динамику. Подобный подход может быть использован и в теории гравитации. Поэтому соображения о S взаимодействий лежат в основе попыток построения единой теории всех сил природы (см. *Великое объединение*).

Спец. вопросом является теория S молекул и кристаллов, к-рая, используя теоретико-групповые методы, устанавливает классы *симметрии кристаллов*, типы *симметрии молекул*, классификацию их термов, возможность переходов между ними и т. д. На основе теории S даётся описание физ. явлений в средах с определённой S .

Среди разных типов S различают пространственно-временные S и внутренние S .

Пространственно-временные симметрии

Пространственно-временные S являются наиб. общими S природы. Их можно разделить на S , связанные с непрерывными и дискретными преобразованиями.

К непрерывным преобразованиям относятся следующие.

(1) Перенос (сдвиг) системы как целого в пространстве [пространственно-временные преобразования (1) — (4) можно понимать в двух смыслах: как активное преобразование — реальный перенос физ. системы относительно выбранной системы отсчёта; как пассивное преобразование — параллельный перенос системы отсчёта]. S физ. законов относительно сдвигов в пространстве означает эквивалентность всех точек пространства, т. е. отсутствие в пространстве к.-л. выделенных точек (однородность пространства).

(2) Изменение начала отсчёта времени (сдвиг во времени); S относительно этого преобразования означает эквивалентность всех моментов времени (однородность времени), благодаря к-рой физ. законы не меняются со временем.

(3) Поворот системы как целого в пространстве; S физ. законов относительно этого преобразования означает эквивалентность всех направлений в пространстве (изотропию пространства).

(4) Переход к системе отсчёта, движущейся относительно данной системы с постоянной (по направлению и величине) скоростью. S относительно этого преобразования означает, в частности, эквивалентность всех инерциальных систем отсчёта.

Все указанные S отражают свойства плоского 4-мерного пространства Минковского с псевдоевклидовой метрикой (см. *Относительности теория*). Преобразования (1) и (2) представляют сдвиги, а (3) и (4) — повороты в пространстве Минковского. S относительно первых двух преобразований приводит к законам сохранения импульса и энергии, а S относительно пово-

ротов — к закону сохранения момента и равномерному прямолинейному движению центра инерции физ. системы (в инерциальной системе координат).

Это имеет глубокий смысл. Поскольку при всех наблюдениях изучается не само пространство, а поведение материальных объектов (в т. ч. и распространение света), то, по мысли А. Пуанкаре (А. Poincaré), не может существовать «абсолютная» геометрия пространства, оторванная от физ. явлений. Геом. аксиомы, согласно Пуанкаре, представляют собой условные положения (соглашения), при выборе к-рых руководствуются лишь опытными фактами, но сам выбор остаётся свободным и ограничен только необходимостью избегать внутр. противоречий. Евклидова геометрия, по мысли Пуанкаре, является предпочтительной, т. к. она проще других геометрий и в достаточной степени согласуется со свойствами твёрдых тел. Однако Пуанкаре упускает связь S пространства с законами сохранения. Если принять в качестве постулата независимое существование всех перечисленных выше законов сохранения, связывающих все возможные процессы в природе (независимо от того, какими силами они вызываются), то 4-мерное пространство Минковского с псевдоевклидовой метрикой может рассматриваться именно в качестве «абсолютной» геометрии пространства-времени. При этом в пространстве Минковского может быть построена и релятивистская теория гравитации, результаты к-рой для экспериментально наблюдавшихся в Солнечной системе явлений совпадают с выводами *общей теории относительности* А. Эйнштейна (А. Einstein) (ОТО). Риманово пространство ОТО с точки зрения этой теории является «эффективным» пространством, к-рое не может иметь сложной топологии, поскольку «кривизна» его связана с универсальным «искривлением» движения материальных объектов под действием гравитац. поля в пространстве Минковского. В такой теории естественно выполняются все законы сохранения и возможна локализация энергии — импульса гравитац. поля, не существующая в римановом пространстве (напр., для сильных гравитац. полей).

Дискретные пространственно-временные симметрии

Слабое и сильное отражение. *СРТ*-симметрия. Из свойств пространства Минковского и осн. положений квантовой теории поля следует, что для любой частицы, обладающей к.-л. зарядом, должна существовать симметричная ей *античастица* (обладающая той же массой, временем жизни и спином, но с противоположным значением заряда), а также необходимость определённой S между движениями частиц и античастиц. Основой для указанной S является то, что одноврем. отражение всех пространственных осей (P) и временной оси (T) (т. е. переход к зеркальной системе пространственных координат и отсчёт времени в обратном направлении) формально сводится к повороту в пространстве Минковского на мнимый угол (в евклидовом пространстве чётное число отражений сводится к реальному повороту). Поэтому теория, удовлетворяющая требованиям релятивистской инвариантности, т. е. инвариантная относительно поворотов в пространстве Минковского, должна быть инвариантна и относительно т. н. слабого отражения (PT). (То, что при этом поворот осуществляется на мнимый угол, не имеет принципиального значения, по крайней мере, для теорий с локальным взаимодействием частиц с конечным спином.)

Поскольку при слабом отражении энергия и импульс частиц меняются на противоположные значения, инвариантность теории относительно слабого отражения, казалось бы, приводит к существованию физически недопустимых состояний с отрицат. энергиями. В квантовой теории поля это можно устранить, истолковав движение частиц с отрицат. энергиями как обращённое по времени, зеркально симметричное движение частиц с положит. энергиями, но с противоположным значе-