

них нет таких, которые приводили бы к противоречиям из-за геометрических причин. В этом смысле евклидова геометрия выдерживает экспериментальную проверку по меньшей мере вплоть до размеров порядка  $10^{-13}$  см.

## 1.5. Инвариантность

Мы можем сформулировать некоторые следствия экспериментально доказанного утверждения о том, что евклидова геометрия применима к физическим явлениям.

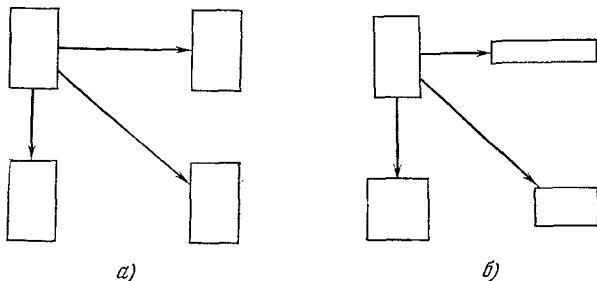


Рис. 1.16. а) Инвариантность по отношению к параллельному переносу. Перенос предмета в любое другое место не изменяет ни его размеров, ни формы. б) Неинвариантность по отношению к параллельному переносу в гипотетическом мире. Перенос предмета в другое место мог бы вызвать изменение его размеров или формы.

*Инвариантность по отношению к параллельному переносу.* Под этим мы подразумеваем, что пространство однородно и что оно не изменяется от точки к точке. Если тела перемещаются без поворота, т. е. остаются параллельными своему первоначальному положению, то их свойства не изменяются (рис. 1.16).

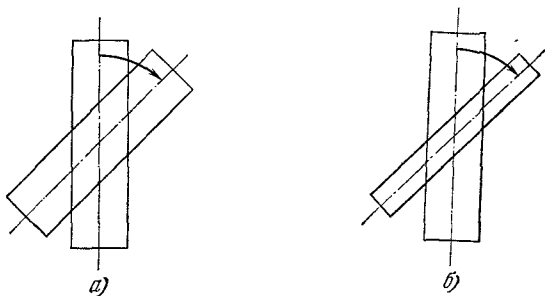


Рис. 1.17. а) Инвариантность по отношению к повороту. Поворот предмета не изменяет ни его размеров, ни формы. б) Неинвариантность по отношению к повороту в гипотетическом мире. Поворот предмета мог бы вызвать изменение его размеров или формы.

*Инвариантность по отношению к повороту.* Из опыта известно, что с большой степенью точности пространство является изотропным, так что все направления эквивалентны и физические тела не изменяются при повороте (рис. 1.17). Можно представить себе плоское пространство, не являющееся изотропным, например такое

пространство, в котором скорость света в одном направлении была бы вдвое больше, чем в другом направлении, перпендикулярном к первому. Нет никаких данных, что подобные явления возможны в свободном пространстве. Однако свойства многих кристаллов зависят от направления, т. е. эти кристаллы являются анизотропными.

Инвариантность по отношению к параллельному переносу приводит к сохранению импульса; инвариантность по отношению к повороту приводит к сохранению момента импульса. Эти физические законы подробно рассматриваются в гл. 3 и 6. Представление об инвариантности рассматривается также в гл. 2 и в конце гл. 3.

### Задачи

1. Известная нам часть Вселенной. Используя данные из текста главы, вычислить следующие величины:

а) Общую массу известной нам части Вселенной.

Ответ.  $\sim 10^{56}$  г.

б) Среднюю плотность вещества во Вселенной.

Ответ.  $\sim 10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>, что соответствует 100 водородным атомам на 1 м<sup>3</sup>.

в) Отношение радиуса известной нам части Вселенной к радиусу протона. Принять радиус протона равным  $10^{-13}$  см, массу протона — равной  $1,7 \cdot 10^{-24}$  г.

2. Прохождение сигналом малых расстояний. Определить время, необходимое для того, чтобы сигнал, распространяющийся со скоростью света, прошел расстояние, равное диаметру протона. Диаметр протона принять равным  $2 \cdot 10^{-13}$  см.

3. Расстояние до Сириуса. Параллакс звезды — это половина угла, вершиной которого является звезда, а стороны соединяют эту вершину с крайними точками орбиты Земли вокруг Солнца. Параллакс Сириуса равен  $0,371''$ . Найти расстояние до Сириуса в сантиметрах, световых годах и парсеках. (См. таблицу физических постоянных.)

Ответ.  $8,3 \cdot 10^{18}$  см; 8,8 св. лет; 2,7 парсека.

4. Размеры атомов. Пользуясь значением числа Авогадро, приведенным в таблице, и приближенной величиной средней плотности обычных твердых тел, найти приближенно средний диаметр атома.

5. Угол, под которым видна Луна. В ясную погоду возьмите линейку с миллиметровыми делениями и проделайте следующий опыт: держа линейку на расстоянии вытянутой руки, измерьте отрезок, закрывающий диаметр Луны, а затем измерьте расстояние от линейки до вашего глаза. Зная, что радиус лунной орбиты равен  $3,8 \cdot 10^{10}$  см, определите диаметр Луны.

а) Если вы смогли проделать этот опыт, то каков был результат?

б) Если почему-либо нельзя было произвести измерение, то по радиусу лунной орбиты и радиусу самой Луны ( $1,7 \cdot 10^8$  см) рассчитайте угол, под которым Луна видна с поверхности Земли.

Ответ.  $9 \cdot 10^{-3}$  рад.

в) Под каким углом видна Земля с поверхности Луны?

Ответ.  $3,4 \cdot 10^{-2}$  рад.

г) Комптоновская длина волны. Составить выражение для величины, имеющей размерность длины, используя скорость света  $c$ , массу электрона  $m$  и постоянную Планка  $h$ . Размерность постоянной Планка: [энергия·время] или [масса·длина<sup>2</sup>/время]. Определить числовое значение этой величины по значениям  $c$ ,  $m$  и  $h$ , данным в таблице. Эта длина играет важную роль в атомной физике (ее обычно обозначают через  $\lambda_K$ ).

### Дополнение. Простая астрономия Солнечной системы

Два астронома-любителя поставили перед собой цель определить диаметр и массу Солнца. Надлежащим образом обдумав задачу, они поняли, что сначала надо определить некоторые вспомогательные величины.