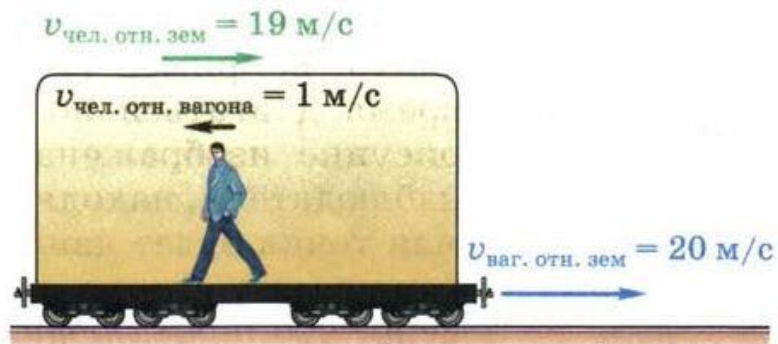


В курсе физики 7 класса упоминалось об относительности механического движения. Рассмотрим этот вопрос более подробно на

**Рис. 16.** Скорость движения человека относительно вагона и относительно земли различна по модулю и направлению



примерах и сформулируем, в чём конкретно заключается относительность движения.

Человек идёт по вагону против движения поезда (рис. 16). Скорость поезда относительно поверхности земли равна  $20 \text{ м/с}$ , а скорость человека относительно вагона равна  $1 \text{ м/с}$ . Определим, с какой скоростью и в каком направлении движется человек относительно поверхности земли.

Будем рассуждать так. Если бы человек не шёл по вагону, то за  $1 \text{ с}$  он переместился бы вместе с поездом на расстояние, равное  $20 \text{ м}$ . Но за это же время он прошёл расстояние, равное  $1 \text{ м}$ , против хода поезда. Поэтому за время, равное  $1 \text{ с}$ , он сместился относительно поверхности земли только на  $19 \text{ м}$  в направлении движения поезда. Значит, скорость человека относительно поверхности земли равна  $19 \text{ м/с}$  и направлена в ту же сторону, что и скорость поезда. Таким образом, в системе отсчёта, связанной с поездом, человек движется со скоростью  $1 \text{ м/с}$ , а в системе отсчёта, связанной с каким-либо телом на поверхности земли, — со скоростью  $19 \text{ м/с}$ , причём направлены эти скорости в противоположные стороны. Отсюда следует, что *скорость относительна, т. е. скорость одного и того же тела в разных системах отсчёта может быть различной как по числовому значению, так и по направлению.*

Теперь обратимся к другому примеру. Представьте вертолёт, вертикально опускающийся



**Рис. 17.** Относительность траектории и пути

на землю. Относительно вертолётa любая точка винта, например точка *A* (рис. 17), будет всё время двигаться по окружности, которая на рисунке изображена сплошной линией. Для наблюдателя, находящегося на земле, та же самая точка будет двигаться по винтовой траектории (штриховая линия). Из этого примера ясно, что *траектория движения тоже относительна, т. е. траектория движения одного и того же тела может быть различной в разных системах отсчёта.*

Следовательно, *путь является величиной относительной*, так как он равен сумме длин всех участков траектории, пройденных телом за рассматриваемый промежуток времени. Это особенно наглядно проявляется в тех случаях, когда физическое тело движется в одной системе отсчёта и покоится в другой. Например, человек, сидящий в движущемся поезде, проходит определённый путь *s* в системе, связанной с землёй, а в системе отсчёта, связанной с поездом, его путь равен нулю.

Таким образом, **относительность движения проявляется в том, что скорость, траектория, путь и некоторые другие характеристики дви-**



Вращение звёздного неба в течение ночи



Геоцентрическая система мира Клавдия Птолемея

жения относительно, т. е. они могут быть различны в разных системах отсчёта.

Понимание того, что движение одного и того же тела можно рассматривать в разных системах отсчёта, сыграло огромную роль в развитии взглядов на строение Вселенной.

С давних пор люди замечали, что звёзды в течение ночи, так же как и Солнце днём, перемещаются по небу с востока на запад, двигаясь по дугам и делая за сутки полный оборот вокруг Земли. Поэтому в течение многих столетий считалось, что в центре мира находится неподвижная Земля, а вокруг неё обращаются все небесные тела. Такая система мира была названа *геоцентрической* (греческое слово «гео» означает «земля»).

Во II в. александрийский учёный *Клавдий Птолемей* обобщил имеющиеся сведения о движении светил и планет в геоцентрической системе и сумел составить довольно точные таблицы, позволяющие определять положение небесных тел в прошлом и будущем, предсказывать наступление затмений и т. д.

Однако со временем, когда точность астрономических наблюдений возросла, стали обнаруживаться расхождения между вычисленными и наблюдаемыми положениями планет. Вносимые при этом исправления делали теорию Птолемея очень сложной и запутанной. Появилась необходимость замены геоцентрической системы мира.

Новые взгляды на строение Вселенной были подробно изложены в XVI в. польским учёным *Николаем Коперником*. Он считал, что Земля и другие планеты движутся вокруг Солнца, одновременно вращаясь вокруг своих осей. Такая система мира называется *гелиоцентрической*, поскольку в ней за центр Вселенной принимается Солнце (по-гречески «гелиос»).



Гелиоцентрическая система мира по Копернику



**Рис. 18.** В гелиоцентрической системе мира видимое движение по небу Солнца днём и звёзд ночью объясняется вращением Земли вокруг своей оси

Таким образом, в гелиоцентрической системе отсчёта движение небесных тел рассматривается относительно Солнца, а в геоцентрической — относительно Земли.

Как же с помощью системы мира Коперника можно объяснить видимое нами суточное обращение Солнца вокруг Земли? На рисунке 18 схематично изображён земной шар, освещаемый с одной стороны солнечными лучами, и человек (наблюдатель), который в течение суток находится в одном и том же месте Земли. Вращаясь вместе с Землёй, он наблюдает за перемещением светил.

Воображаемая ось, вокруг которой вращается Земля, как бы пронзает земной шар, проходя через Северный (N) и Южный (S) географические полюсы. Стрелочка указывает направление вращения Земли — с запада на восток.

На рисунке 18, а земной шар изображён в тот момент времени, когда он как бы выводит наблюдателя с тёмной ночной стороны на освещённую Солнцем, дневную. Но наблюдатель, вращаясь вместе с Землёй относительно её оси с запада на восток со скоростью, приблизительно равной  $200 \text{ м/с}^1$ , тем не менее не ощущает этого движения, как не ощущаем его мы с вами. Поэтому ему кажется, что Солнце обращается вокруг Земли, поднимаясь из-за горизонта, перемещается в течение дня (рис. 18, б) с востока на запад, а вечером уходит за горизонт (рис. 18, в). Затем наблюдатель видит перемещение звёзд с востока на запад в течение ночи (рис. 18, г).

Итак, по системе мира Коперника видимое вращение Солнца и звёзд, т. е. смена дня и ночи, объясняется вращением Земли вокруг сво-

<sup>1</sup> Скорость вращения точек поверхности Земли относительно оси зависит от широты местности: она возрастает от нуля (на полюсах) до  $465 \text{ м/с}$  (на экваторе).

ей оси. Время, за которое земной шар делает полный оборот, называется *сутками*.

Гелиоцентрическая система мира оказалась гораздо более удачной, чем геоцентрическая, при решении многих научных и практических задач.

Таким образом, применение знаний об относительности движения позволило по-новому взглянуть на строение Вселенной. А это, в свою очередь, помогло впоследствии открыть физические законы, описывающие движение тел в Солнечной системе и объясняющие причины такого движения.

#### Вопросы

**1.** В чём проявляется относительность движения? Ответ проиллюстрируйте примерами. **2.** В чём основное отличие гелиоцентрической системы мира от геоцентрической? **3.** Объясните смену дня и ночи на Земле в гелиоцентрической системе (см. рис. 18).



#### УПРАЖНЕНИЕ 9

- 1.** Вода в реке движется со скоростью 2 м/с относительно берега. По реке плывёт плот. Какова скорость плота относительно берега; относительно воды в реке?
- 2.** В некоторых случаях скорость тела может быть одинаковой в разных системах отсчёта. Например, поезд движется с одной и той же скоростью в системе отсчёта, связанной со зданием вокзала, и в системе отсчёта, связанной с растущим у дороги деревом. Не противоречит ли это утверждению о том, что скорость относительна? Ответ поясните.
- 3.** При каком условии скорость движущегося тела будет одинакова относительно двух систем отсчёта?
- 4.** Благодаря суточному вращению Земли человек, сидящий на стуле в своём доме в Москве, движется относительно земной оси со скоростью примерно 900 км/ч. Сравните эту скорость с начальной скоростью пули относительно пистолета, которая равна 250 м/с.
- 5\*.** Торпедный катер идёт вдоль шестидесятой параллели южной широты со скоростью 90 км/ч по отношению к суше. Скорость суточного вращения Земли на этой широте равна 223 м/с. Чему равна (в СИ) и куда направлена скорость катера относительно земной оси, если он движется на восток; на запад?