

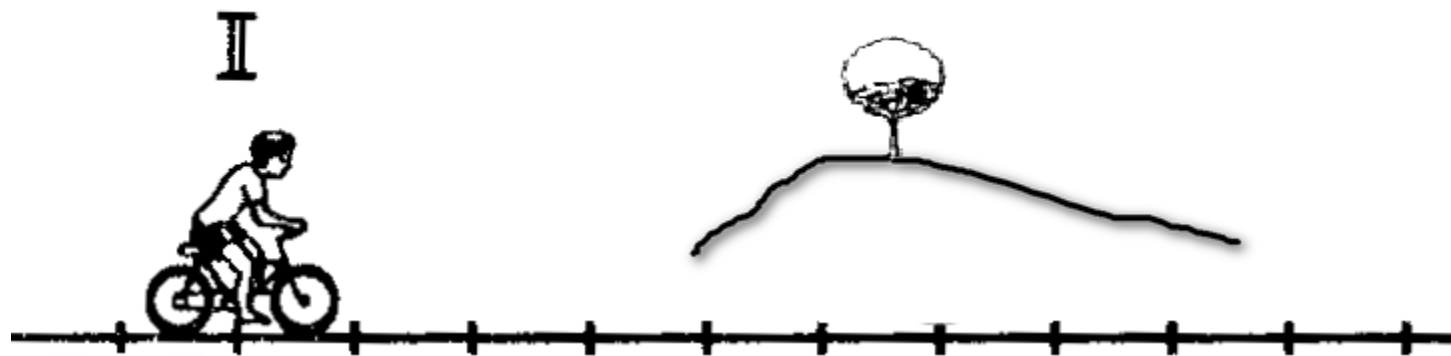
## Положение предметов в пространстве. Тело отсчета.

Предлагаю игру: выбрать предмет в комнате и описать его местонахождение. Выполнить это так, чтобы угадывающий не смог ошибиться. Вышло? А что выйдет из описания, если другие тела не использовать? Останутся выражения: "слева от...", "над ..." и подобное. Положение тела можно задать только *относительно какого-нибудь другого тела*.

Местонахождение клада: "Стань у восточного угла крайнего дома села лицом на север и, пройдя 120 шагов, повернись лицом на восток и пройди 200 шагов. В этом месте вырой яму в 10 локтей и найдешь 100 слитков золота". Клад найти невозможно, иначе его давно откопали бы. Почему? Тело, относительно которого совершается описание не определено, неизвестно в каком селе находится тот самый дом. Необходимо точно определиться с телом, которое возьмется за основу нашего будущего описания. Такое тело в физике называется **телом отсчета**. Его можно выбрать произвольно. Например, попробуйте выбрать два различных тела отсчета и относительно их описать местонахождение компьютера в комнате. Выйдет два непохожих друг на друга описания.

## Система координат

Рассмотрим картинку. Где находится дерево, относительно велосипедиста I, велосипедиста II и нас, смотрящих на монитор?

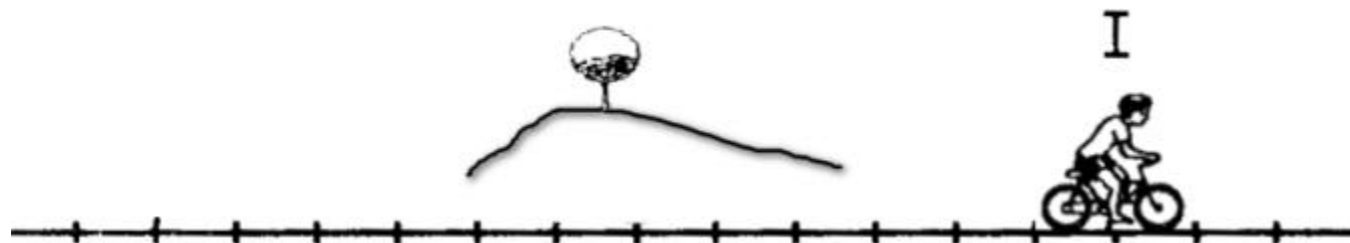


Относительно тела отсчета - велосипедист I - дерево находится справа, относительно тела отсчета - велосипедист II - дерево находится слева, относительно нас оно впереди. Одно и то же тело - дерево, находящееся постоянно в одном и том же месте, одновременно и "слева", и "справа" и

"вперед". Проблема не только в том, что выбраны различные тела отсчета. Рассмотрим его расположение относительно велосипедиста I.



На этом рисунке дерево **справа** от велосипедиста I

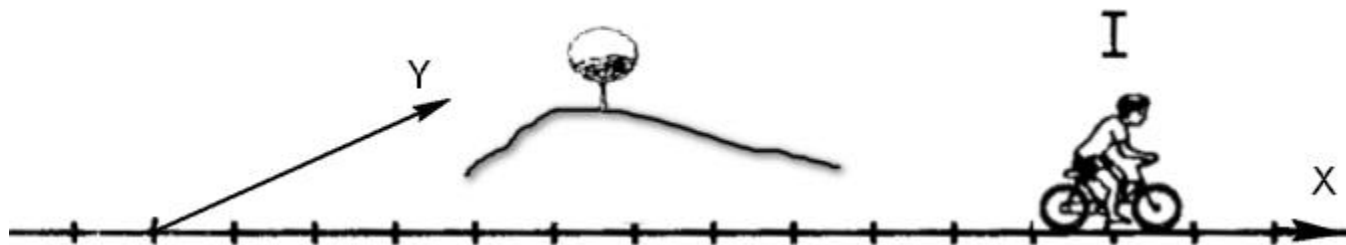


На этом рисунке дерево **слева** от велосипедиста I

Дерево и велосипедист не меняли своего месторасположения в пространстве, однако дерево одновременно может быть "слева" и "справа". Для того, чтобы избавиться от неоднозначности описания самого направления, выберем определенное направление за положительное, противоположное выбранному будет отрицательным. Выбранное направление обозначают осью со стрелкой, стрелка указывает положительное направление. В нашем примере выберем и обозначим два направления. Слева направо (ось, по которой движется велосипедист), и от нас внутрь монитора к дереву - это второе положительное направление. Если первое, выбранное нами направление, обозначить за X, второе - за Y, получим двухмерную [систему координат](#).



Относительно нас велосипедист движется в отрицательном направлении по оси  $X$ , дерево находится в положительном направлении по оси  $Y$

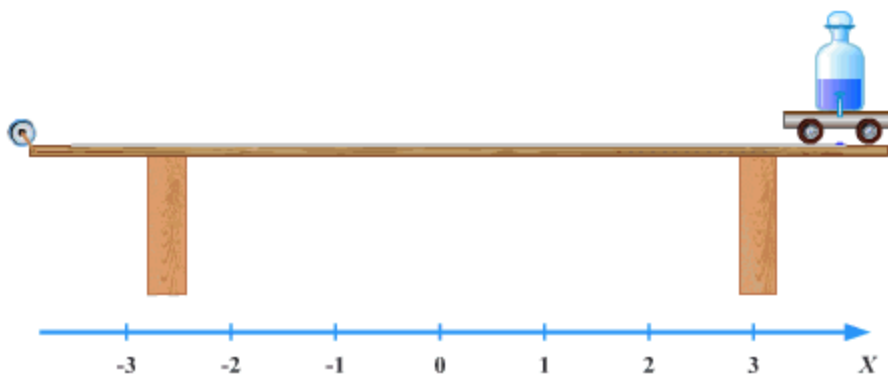


Относительно нас велосипедист движется в положительном направлении по оси  $X$ , дерево находится в положительном направлении по оси  $Y$

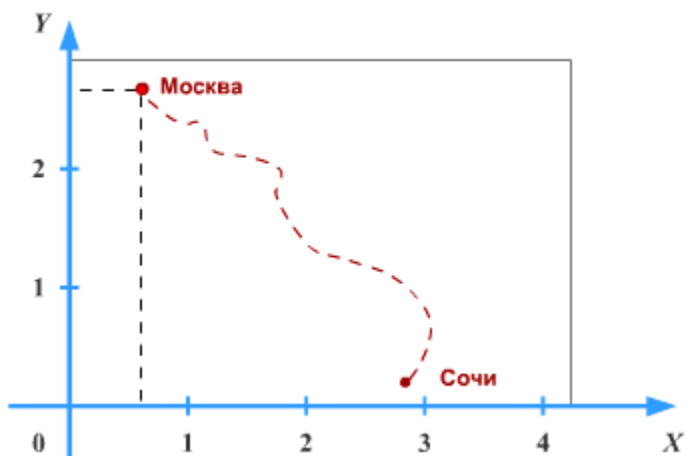
А теперь определите, какой предмет в комнате находится в 2 метрах в положительном направлении по оси  $X$  (справа от вас), и в 3 метрах в отрицательном направлении по оси  $Y$  (позади вас). **(2;-3) - координаты** этого тела. Первой цифрой "2" принято обозначать расположение по оси  $X$ , вторая цифра "-3" указывает расположение по оси  $Y$ . Она отрицательная, потому что по оси  $Y$  находится не в стороне дерева, а в противоположной стороне. После того, как выбрано тело отсчета и направления, месторасположение любого предмета будет описано однозначно. Если вы повернетесь спиной к монитору, справа и позади вас будет уже другой предмет, но и координаты у него будут другие (-2;3). Таким образом, координаты точно и однозначно определяют расположение предмета.

Пространство, в котором мы живем, - пространство трех измерений, как говорят, трехмерное пространство. Кроме того, что тело может находиться "справа" ("слева"), "впереди" ("позади"), оно может быть еще "выше" или "ниже" вас. Это третье направление - принято обозначать его осью  $Z$

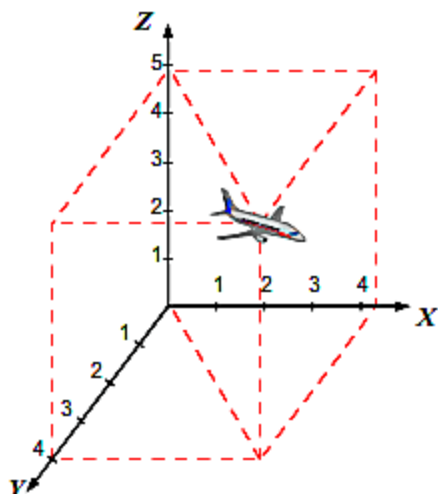
Можно ли выбирать не такие направления осей? Можно. Но нельзя менять их направления в течение решения, например, одной задачи. Можно ли выбрать другие названия осей? Можно, но вы рискуете тем, что вас не поймут другие, лучше так не поступать. Можно ли поменять местами ось  $X$  с осью  $Y$ ? Можно, но не путайтесь в координатах: **(x;y)**.



При прямолинейном движении тела для определения его положения достаточно одной координатной оси.



Для описания движения на плоскости используется прямоугольная система координат, состоящая из двух взаимно перпендикулярных осей (декартова система координат).



С помощью трехмерной системы координат можно определить положение тела в пространстве.

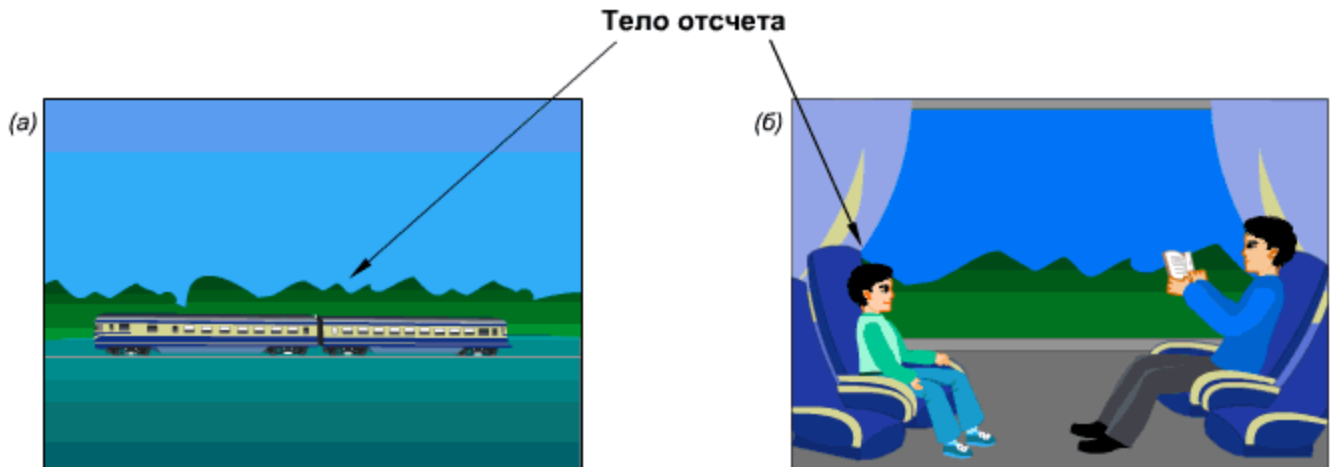
[Подробнее о системе координат и проекциях](#)

## Система отсчета

Каждое тело в любой момент времени занимает определенное положение в пространстве относительно других тел. Определять его положение уже умеем. Если с течением времени положение тела не изменяется, то оно покоится. Если же с течением времени положение тела изменяется, то это означает, что тело движется. Все в мире происходит где-то и когда-то: в пространстве (где?) и во времени (когда?). Если к телу отсчета, системе координат, которые определяют положение тела, добавить способ измерения времени - часы, получим **систему отсчета**. При помощи которой можно оценить движется или покоится тело.

## Относительность движения

Космонавт вышел в открытый космос. В состоянии покоя или движения он находится? Если рассматривать его относительно друга космонавта, находящегося рядом, он будет покоиться. А если относительно наблюдателя на Земле, космонавт движется с огромной скоростью. Аналогично с поездкой в поезде. Относительно людей в поезде вы неподвижно сидите и читаете книгу. Но относительно людей, которые остались дома, вы двигаетесь со скоростью поезда.



Примеры выбора тела отсчета, относительно которого на рисунке а) поезд движется (относительно деревьев), на рисунке б) поезд покоится относительно мальчика.

Сидя в вагоне, ожидаем отправления. В окне наблюдаем за электричкой на параллельном пути. Когда она начинает двигаться, трудно определить кто движется - наш вагон или электричка за окном. Для того, чтобы определиться, необходимо оценить движемся ли мы относительно других неподвижных предметов за окном. Мы оцениваем состояние нашего вагона относительно различных систем отсчета.

### **Изменение перемещения и скорости в разных системах отсчета**

Перемещение и скорость изменяются при переходе из одной системы отсчета в другую.

Скорость человека относительно земли (неподвижной системы отсчета) различная в первом и втором случаях.

**Правило сложения скоростей:** *Скорость тела относительно неподвижной системы отсчета - это векторная сумма скорости тела относительно подвижной системы отсчета и скорости подвижной системы отсчета относительно неподвижной.*

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0$$

$\vec{v}$  – скорость тела относительно неподвижной системы отсчета

$\vec{v}'$  – скорость тела относительно подвижной системы отсчета

$\vec{v}_0$  – скорость подвижной системы отсчета относительно неподвижной

Аналогично вектора перемещения. Правило сложения перемещений:  
*Перемещение тела относительно неподвижной системы отсчета - это векторная сумма перемещения тела относительно подвижной системы отсчета и перемещения подвижной системы отсчета относительно неподвижной.*

$$\vec{s} = \vec{s}' + \vec{s}_0$$

$\vec{s}$  – перемещение тела относительно неподвижной со

$\vec{s}'$  – перемещение тела относительно подвижной со

$\vec{s}_0$  – перемещение подвижной со относительно неподвижной

Пусть человек идет по вагону по направлению (или против) движения поезда. Человек - тело. Земля - неподвижная система отсчета. Вагон - подвижная система отсчета.

$\vec{v}$  – скорость человека относительно земли

$\vec{v}'(\vec{v}_1)$  – скорость человека относительно вагона

$\vec{v}_0(\vec{v}_2)$  – скорость вагона относительно земли

$\vec{s}$  – перемещение человека относительно земли

$\vec{s}'(\vec{s}_1)$  – перемещение человека относительно вагона

$\vec{s}_0(\vec{s}_2)$  – перемещение вагона относительно земли



Вектора подвижной со и тела относительно подвижной со совпадают по направлению



Вектора подвижной со и тела относительно подвижной со противоположные по направлению

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

$$v = v_1 + v_2$$

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$$

$$s = s_1 + s_2$$

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

$$v = v_1 - v_2$$

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$$

$$s = s_1 - s_2$$

## Изменение траектории в разных системах отсчета

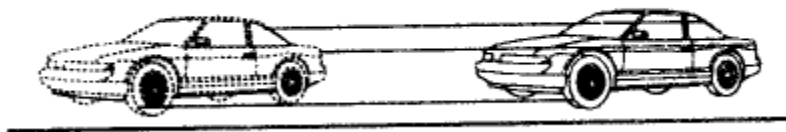
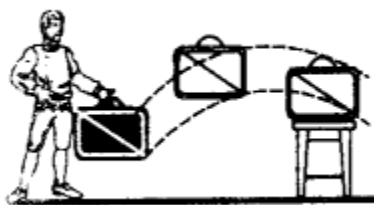
Траектория движения тела относительна. Например, рассмотрим пропеллер вертолета, спускающегося на Землю. Точка на пропеллере описывает окружность в системе отсчета, связанного с вертолетом. Траектория движения этой точки в системе отсчета, связанной с Землей, представляет собой винтовую линию.



## Поступательное движение

Движение тела - это изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени. Каждое тело имеет определенные размеры, иногда разные точки тела находятся в разных местах пространства. Как же определить положение всех точек тела?

НО! Иногда нет необходимости указывать положение каждой точки тела. Рассмотрим подобные случаи. Например, это не нужно делать, когда все точки тела движутся одинаково.



Одинаково движутся все точки чемодана, машины.



Движение тела, при котором все его точки движутся одинаково, называется **поступательным**

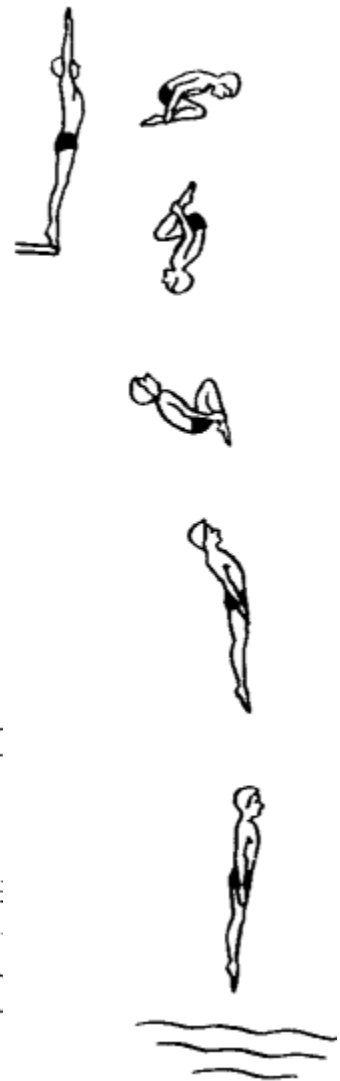
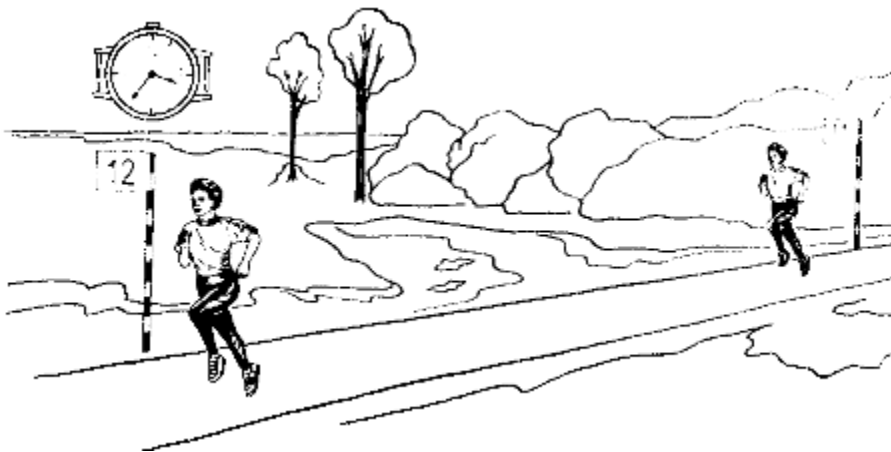
## Материальная точка

Не нужно описывать движение каждой точки тела и тогда, когда его размеры очень малы по сравнению с расстоянием, которое оно проходит. Например, корабль, преодолевающий океан. Астрономы при описании движения планет и небесных тел друг относительно друга не учитывают их размеров и их собственное движение. Несмотря на то, что, например, Земля громадная, относительно расстояния до Солнца она ничтожно мала.

Нет необходимости рассматривать движение каждой точки тела, когда они не влияют на движение тела всего целиком. Такое тело можно представлять точкой. Все вещество тела как бы сосредотачиваем в точку. Получаем модель тела, без размеров, но она имеет массу. Это и есть **материальная точка**.

Одно и то же тело при одних его движениях можно считать материальной точкой, при других - нельзя. Например, когда мальчик идет из дома в школу и при этом проходит расстояние 1 км, то в этом движении его можно считать материальной точкой. Но когда тот же мальчик выполняет зарядку, то точкой его считать уже нельзя.

Рассмотрим движущихся спортсменов



В этом случае можно спортсмена моделировать материальной точкой

В случае прыжка спортсмена в воду (рисунок справа) нельзя моделировать его в точку, так как от любого положения рук и ног зависит движение всего тела