

ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ.

Движение тел можно описывать в различных системах отсчета. С точки зрения кинематики все системы отсчета равноправны. Однако кинематические характеристики движения, такие как траектория, перемещение, скорость, в разных системах оказываются различными.

Величины, зависящие от выбора системы отсчета, в которой производится их измерение, называют относительными.

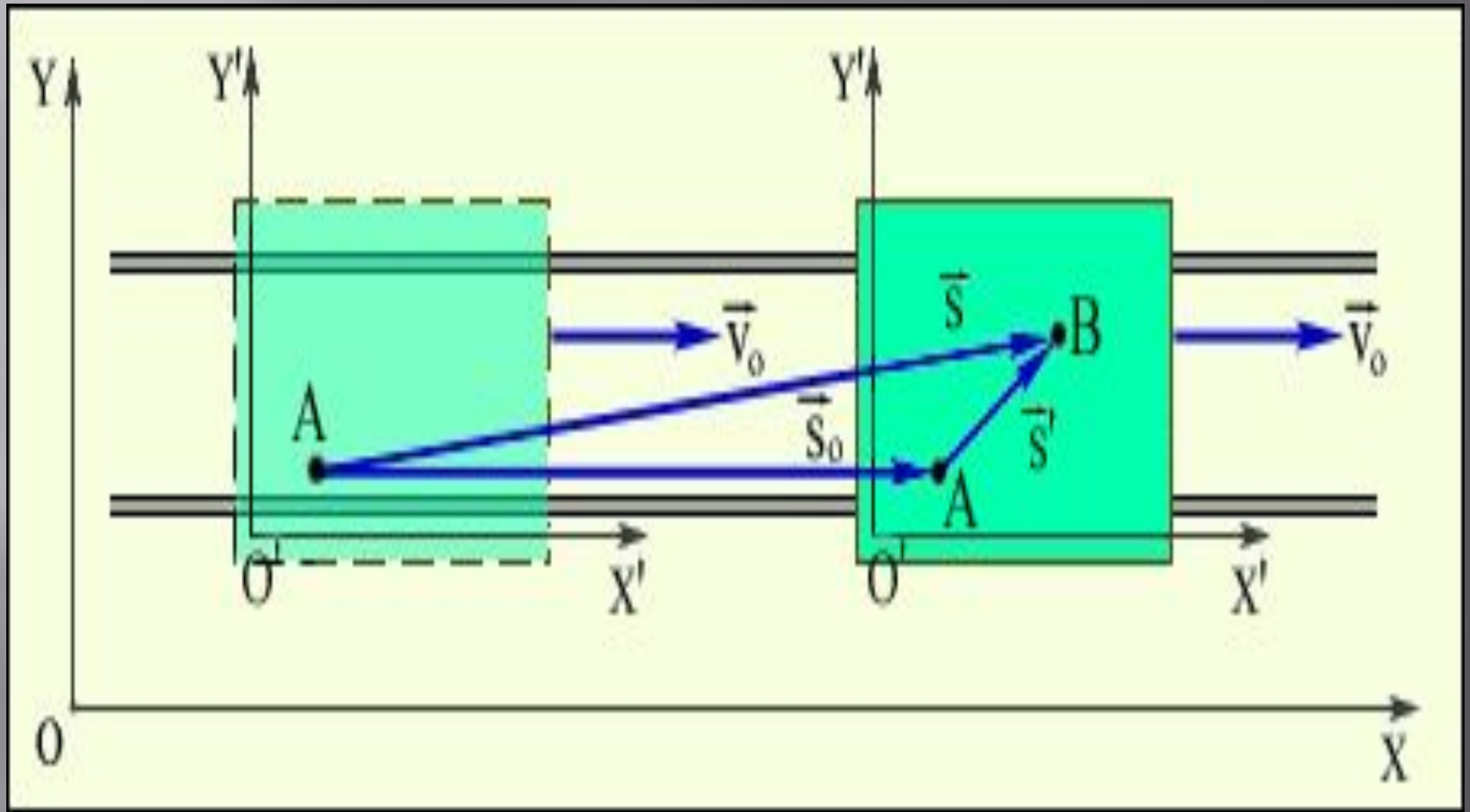
Пример.

- Пусть имеются две системы отсчета. Система XOY условно считается неподвижной, а система $X'O'Y'$ движется поступательно по отношению к системе XOY со скоростью v_0 . Система XOY может быть, например, связана с Землей, а система $X'O'Y'$ – с движущейся по рельсам платформой (рис. 1.2.1).
- Рисунок 1.2.1. Сложение перемещений относительно разных систем отсчета.
- Пусть человек перешел по платформе за некоторое время из точки A в точку B . Тогда его перемещение относительно платформы соответствует вектору \vec{s}' , а перемещение платформы относительно Земли соответствует вектору \vec{s}_0 . Из рис. 1.2.1 видно, что перемещение человека относительно Земли будет соответствовать вектору представляющему собой сумму векторов и $\vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{s}'$.

- В случае, когда одна из систем отсчета движется относительно другой поступательно (как на рис. 1.2.1) с постоянной скоростью это выражение принимает вид: $\vec{s} = v_0 \Delta t + \vec{s}'$.

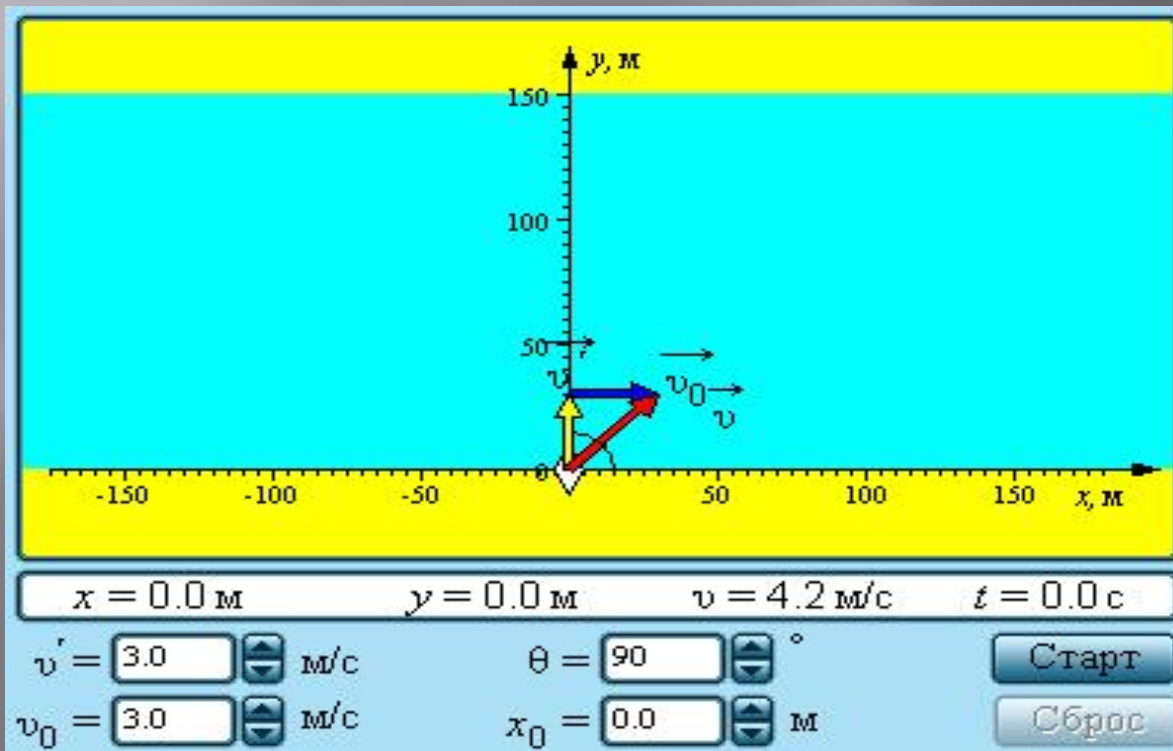
- Если рассмотреть перемещение за малый промежуток времени Δt , то, разделив обе части этого уравнения на Δt и затем перейдя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$ получим: $\vec{v} = v_0 + \vec{v}'$.
(*)

- Здесь – скорость тела в «неподвижной» системе отсчета XOY , – скорость тела в «движущейся» системе отсчета $X'O'Y'$. Скорости и иногда условно называют абсолютной и относительной скоростями; скорость называют переносной скоростью.
- Соотношение (*) выражает классический закон сложения скоростей:



Абсолютная скорость тела .

- Абсолютная скорость тела равна векторной сумме его относительной скорости и переносной скорости подвижной системы отсчета.



Модель.
Относительность
движения.

- Следует обратить внимание на вопрос об ускорениях тела в различных системах отсчета. Из (*) следует, что при равномерном и прямолинейном движении систем отсчета друг относительно друга ускорения тела в этих двух системах одинаковы, т. е. $\vec{a} = \vec{a}'$. Действительно, если \vec{v}_0 – вектор, модуль и направление которого остаются неизменными во времени, то любое изменение $\Delta \vec{v}$ относительной скорости тела будет совпадать с изменением $\Delta \vec{v}'$ его абсолютной скорости. Следовательно, Переходя к пределу ($\Delta t \rightarrow 0$), получим $\vec{a} = \vec{a}'$.

$$\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}'}{\Delta t'}$$

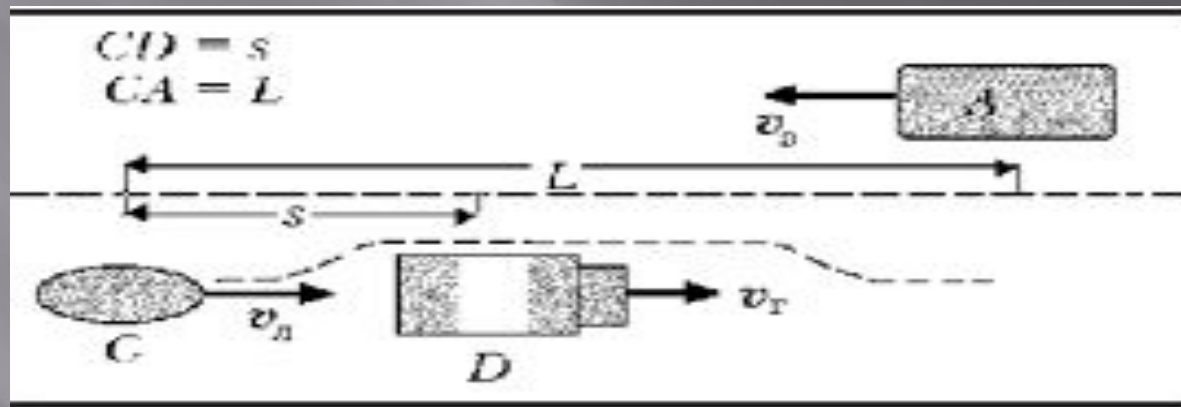
- В общем случае, при движениях систем отсчета с ускорением друг относительно друга, ускорения тела в различных системах отсчета оказываются различными.
- В случае, когда вектора относительной скорости \vec{v}' и переносной скорости \vec{v}_0 параллельны друг другу, закон сложения скоростей можно записать в скалярной форме:

$$v = v_0 + v'.$$

- В этом случае все движения происходят вдоль одной прямой линии (например, оси Ox). Скорости v , v_0 и v' нужно рассматривать как проекции абсолютной, переносной и относительной скоростей на ось Ox . Они являются величинами алгебраическими и, следовательно, им нужно приписывать определенные знаки (плюс или минус) в зависимости от направления движения.

Задача об обгоне

- Легковой автомобиль движется со скоростью 20 м/с за грузовым, скорость которого $16,5 \text{ м/с}$. В момент начала обгона водитель легкового автомобиля увидел встречный международный автобус, движущийся со скоростью 25 м/с . При каком наименьшем расстоянии до автобуса можно начинать обгон, если в начале обгона легковая машина была в 15 м от грузовой, а к концу обгона она должна быть впереди на 20 м ?



- Решение. Задача решается на основе принципа относительности Галилея. Решим её в два приёма, рассматривая движение легкового автомобиля: 1) в системе отсчёта «грузовик», причём движение автобуса рассматривать не будем совсем; 2) в системе отсчёта «автобус», а движение грузовика рассматривать не будем.*

1. Для определённости за положительное направление примем направление движения легкового автомобиля и грузовика. Тогда в системе «грузовик» легковая машина будет двигаться относительно грузовика со скоростью $v_{лг} = v_{л} - v_{г}$. С этой скоростью ей придётся проехать расстояние s до грузовика и расстояние l (которое из соображений безопасности оговаривается правилами дорожного движения [5]), чтобы оказаться перед грузовиком. На прохождение расстояния $s + l$ потребуется время

□ (4)

$$t_{лг} = \frac{s+l}{v_{лг}} = \frac{s+l}{v_{л} - v_{г}}$$

2. Рассмотрим движение легкового автомобиля в относительной системе отсчёта «автобус». В ней скорость легковой машины относительно автобуса $v_{ла} = |v_{л} - v_{а}| = v_{л} + v_{а}$. Пусть первоначальное расстояние между легковым автомобилем и автобусом L . Его автомобиль пройдёт за время:

□ (5)

$$t_{ла} = \frac{L}{v_{л} + v_{а}}$$

□ 3. Обгон считается безопасным, если легковой автомобиль в конце обгона окажется на 20 м впереди грузовика, не доехав при этом до автобуса:

□ (6)

$$L \geq (s+l) \frac{v_{л} + v_{а}}{v_{л} - v_{г}}$$

□ Рассчитаем минимальное расстояние между легковым автомобилем и автобусом, когда ещё можно начать обгон:

$$L_{\min} = \frac{(15+20)(20+25)}{20-16,5} = 450(\text{м}).$$

Проанализируем формулу (6). Очевидно, что обгон возможен, если легковой автомобиль движется быстрее грузовика: $v_{л} > v_{г}$, иначе расстояние l получается отрицательным. Также бессмыслен обгон при равных скоростях: $v_{л} = v_{г}$. Итак, поставленная задача решена в рамках теории относительности, законов равномерного прямолинейного движения и, наконец, с рассмотрением принципа независимости движений. Расчёт по формуле (6) можно осуществить на алгоритмическом языке «Бейсик».