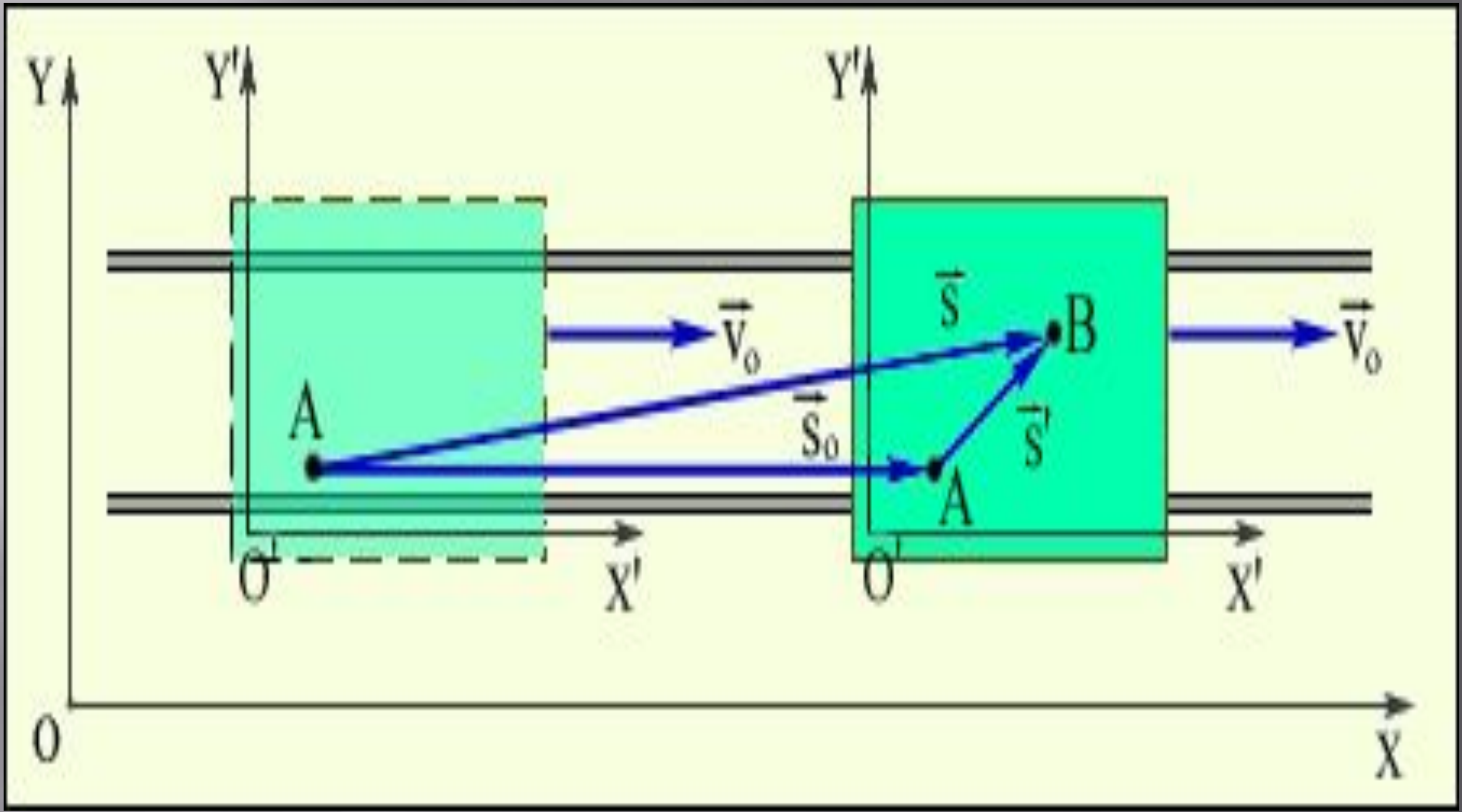
ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ.

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.

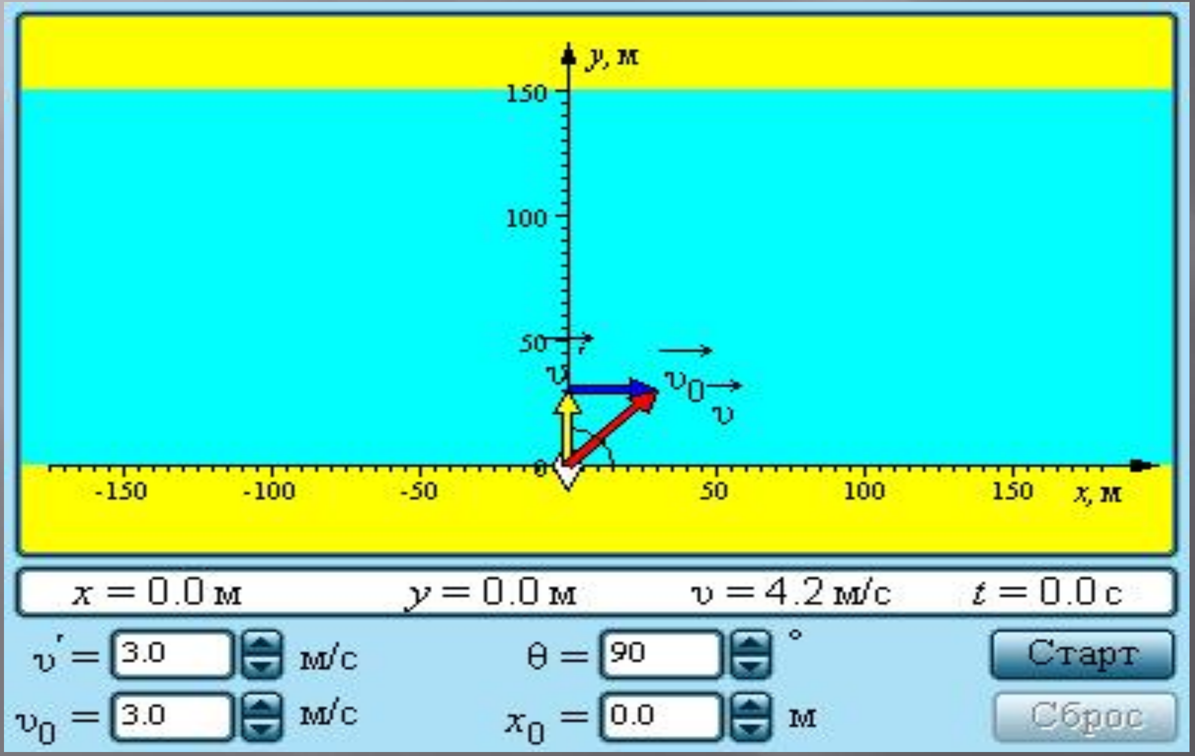
- Пусть имеются две системы отсчета. Система XOY условно считается неподвижной, а система X'O'Y' движется поступательно по отношению к системе XOY со скоростью Система XOY может быть, например, связана с Землей, а система X'O'Y' – с движущейся по рельсам платформой (рис. 1.2.1).
- Рисунок 1.2.1. Сложение 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 а перемещение платформы относительно Земли соответствует вектору 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: $\vec{s} = \vec{\upsilon}_0 \Delta t + \vec{s}\,'.$
- Если рассмотреть перемещение за малый промежуток времени Δt, то, разделив обе части этого уравнения на Δt и затем перейдя к пределу при Δt → 0 получим: $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_0 + \vec{\upsilon}\,'.$ (*)
- 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:



Y
Y'
Y'
A
$\vec{v}_0$
$\vec{s}$
B
$\vec{v}_0$
$\vec{s}_0$
$\vec{s}'$
A
O'
X'
O'
X'
O
X

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 $\vec{\upsilon}_0$ – вектор, модуль и направление которого остаются неизменными во времени, то любое изменение $\Delta\vec{\upsilon}'$ относительной скорости тела будет совпадать с изменением $\Delta\vec{\upsilon}$ его абсолютной скорости. Следовательно, Переходя к пределу (Δt → 0), получим $\vec{a} = \vec{a}'$.

$$\frac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{\upsilon}'}{\Delta t}.$$

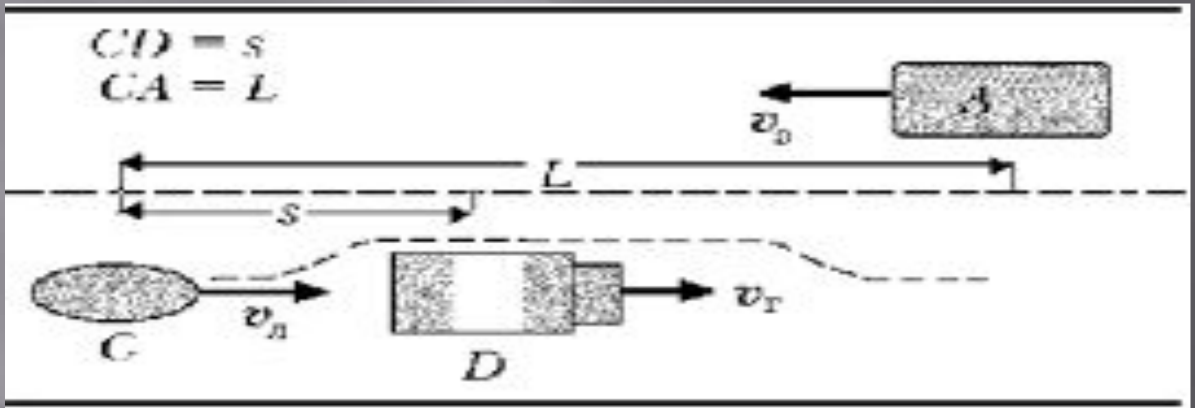
- В общем случае, при движениях систем отсчета с ускорением друг относительно друга, ускорения тела в различных системах отсчета оказываются различными.
- В случае, когда вектора относительной скорости $\vec{\upsilon}\,'$ и переносной скорости $\vec{\upsilon}_0$ параллельны друг другу, закон сложения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

$$\upsilon = \upsilon_0 + \upsilon'.$$

- В этом случае все движения происходят вдоль одной прямой линии (например, оси OX). Скорости υ, υ_0 и υ' 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 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 $_{\text{лг}} = {}_{\text{л}} - {}_{\text{г}}$. 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)

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

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

- (5)

$$t_{\text{ла}} = \frac{L}{v_{\text{л}} + v_{\text{а}}}.$$

- 3. Обгон считается безопасным, если легковой автомобиль в конце обгона окажется на 20 м впереди грузовика, не доехав при этом до автобуса:
- (6)

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

- 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: $_{\text{л}} > {}_{\text{гр}}$, иначе расстояние *l* получается отрицательным. Также бессмыслен обгон при равных скоростях: $_{\text{л}} = {}_{\text{гр}}$. 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».