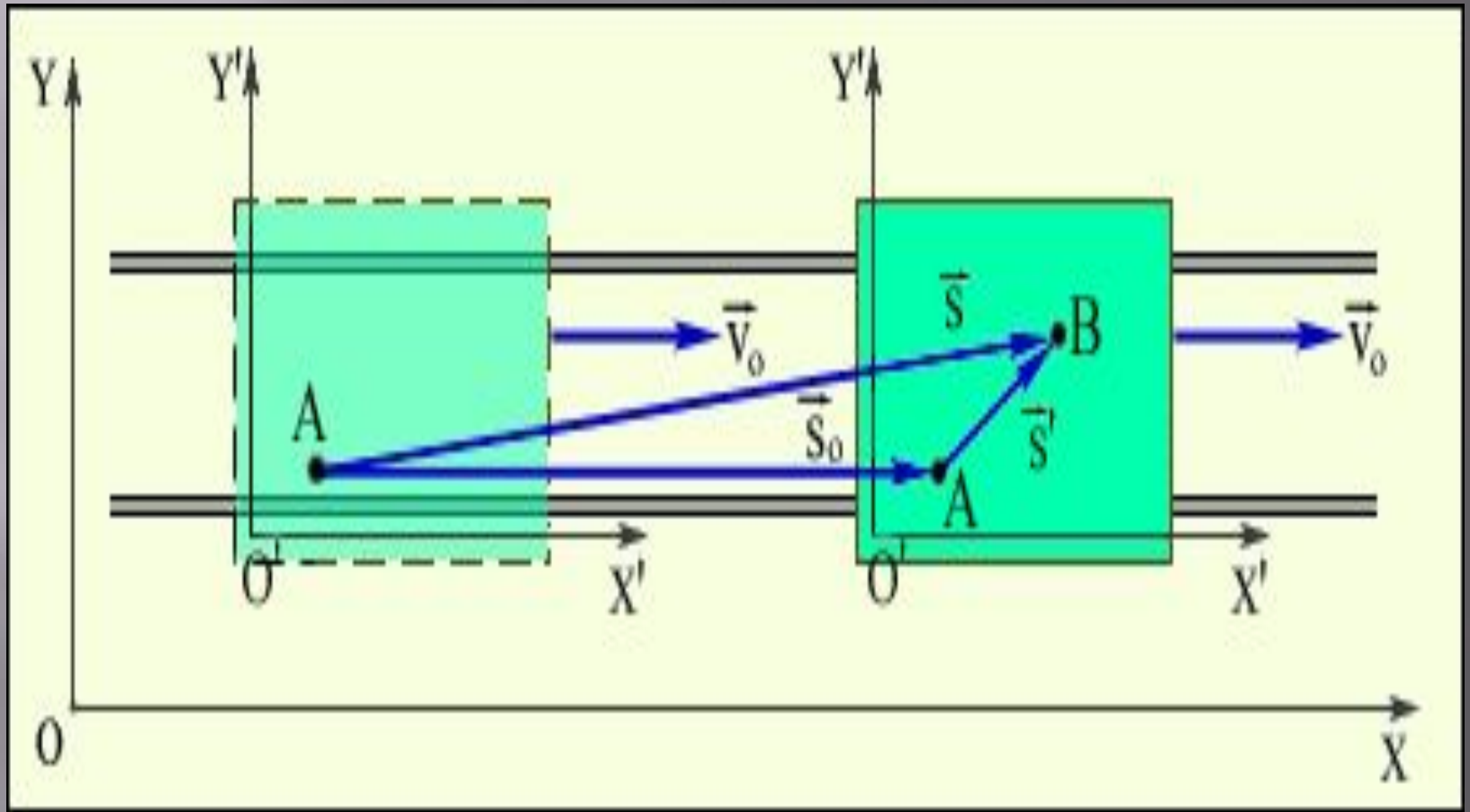


# ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ.

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.

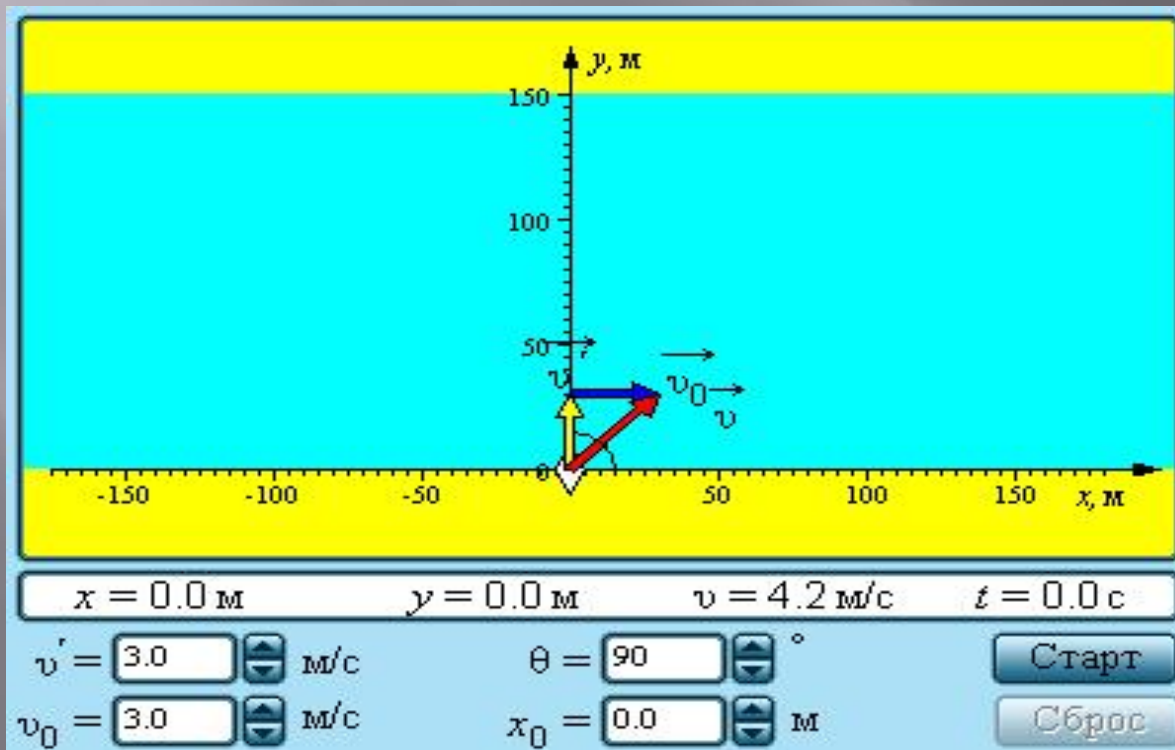
# Пример.

- Пусть имеются две системы отсчета. Система  $XOY$  условно считается неподвижной, а система  $X'O'Y'$  движется поступательно по отношению к системе  $XOY$  со скоростью  $v$ . 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  $\vec{v}\Delta t$ . Из рис. 1.2.1 видно, что перемещение человека относительно Земли будет соответствовать вектору  $\vec{s}$ , представляющему собой сумму векторов  $\vec{v}\Delta t$  и  $\vec{s}'$ .
- В случае, когда одна из систем отсчета движется относительно другой поступательно (как на рис. 1.2.1) с постоянной скоростью это выражение принимает вид: 
$$\vec{s} = \vec{v}\Delta t + \vec{s}'.$$
- Если рассмотреть перемещение за малый промежуток времени  $\Delta t$ , то, разделив обе части этого уравнения на  $\Delta t$  и затем перейдя к пределу при  $\Delta t \rightarrow 0$  получим: (\*)
- 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



Модель.

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. Действительно, если  $\vec{a}$  – 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

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

- В общем случае, при движениях систем отсчета с ускорением друг относительно друга, ускорения тела в различных системах отсчета оказываются различными.

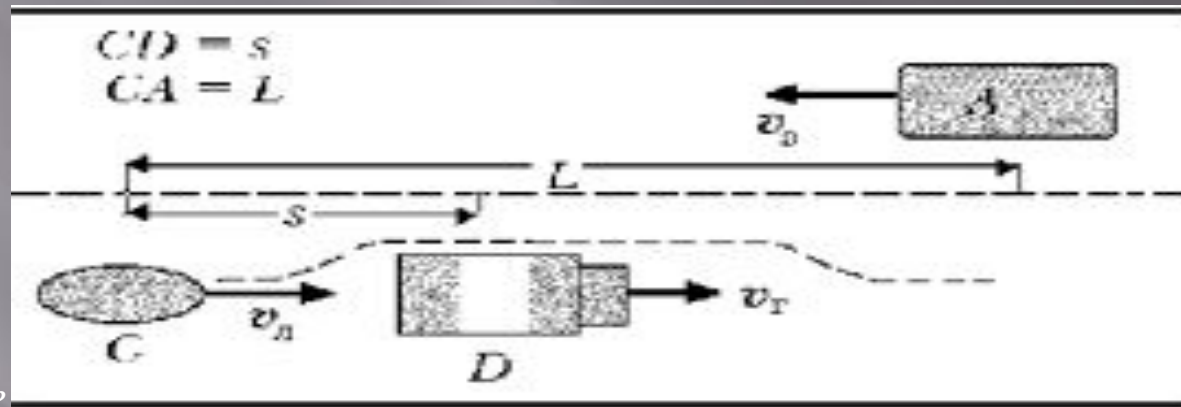
- В случае, когда вектора относительной скорости и переносной скорости параллельны друг другу, закон сложения скоростей можно записать в скалярной форме:

$$v = v_0 + v'.$$

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



- Решение. 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

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

□ (4)

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

$$t_{ла} = \frac{L}{v_{л} + v_{а}}$$

□ (5)

□ 3. Обгон считается безопасным, если легковой автомобиль окажется на 20 м впереди грузовика, не доехав до обгона на  $20$  м. Тогда:

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

□ (6)

□ Рассчитаем минимальное расстояние  $L_{min}$  между 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».