

Закон сложения перемещений и скоростей

Рассмотрим следующую ситуацию. В углу A большой льдины расположен белый медведь (рис. 1, а). Он вознамерился перебраться в угол B . Но и льдина не стоит на месте: за время пока медведь перебирается она швартуется к берегу. В итоге относительно берега медведь попадает в точку B' . Пусть $\vec{S}_a$ перемещение медведя относительно берега, который условно примем за неподвижную систему отсчета (НСО). **Перемещение тела в НСО называется абсолютным перемещением.** Пусть далее $\vec{S}_o$ — перемещение медведя относительно льдины, которую примем за подвижную систему отсчета (ПСО). **Перемещение тела в ПСО называется относительным перемещением.** И пусть, наконец, $\vec{S}_п$ перемещение льдины относительно берега. **Перемещение ПСО относительно НСО называется переносным перемещением.** Как нетрудно видеть, имеет место формула

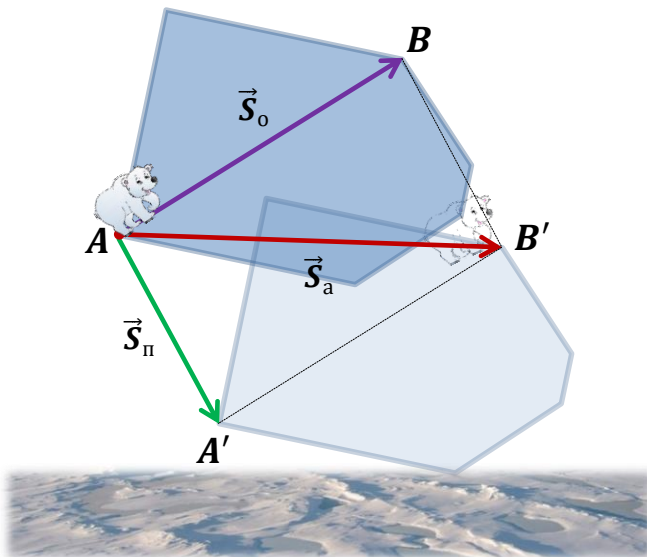


Рис. 1, а. Закон сложения перемещений.

$$\vec{S}_a = \vec{S}_o + \vec{S}_п. \quad (1)$$

Соотношение (1) называется **законом сложения перемещений**. Используя введенные наименования, словами его можно коротко сформулировать так:

Абсолютное перемещение равно сумме относительного и переносного перемещений.

Однако запоминая эту лаконичную формулировку, мы часто забываем смысл использованных в ней наименований. Поэтому приведем также полную формулировку закона сложения перемещений:

Перемещение тела в неподвижной системе отсчета равно сумме перемещений: тела в подвижной системе отсчета и самой подвижной системы отсчета относительно неподвижной.

Поделив (1) на время осуществления перемещений, получим **закон сложения скоростей**:

Абсолютная скорость равна сумме относительной и переносной скоростей:

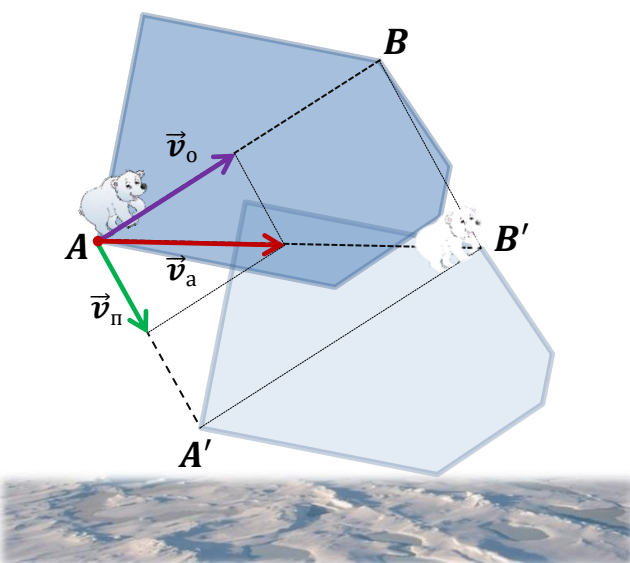


Рис. 1, б. Закон сложения скоростей.

$$\vec{v}_a = \vec{v}_o + \vec{v}_п. \quad (2)$$

Или подробно:

Скорость тела в неподвижной системе отсчета равна сумме скоростей: тела в подвижной системе отсчета и самой подвижной системы отсчета относительно неподвижной.

Закон сложения скоростей изображен на рис. 1, б. Получается параллелограмм, подобный параллелограмму перемещений, что не удивительно. Также мы помним, что векторы можно складывать не только по правилу параллелограмма, но и по правилу треугольника.

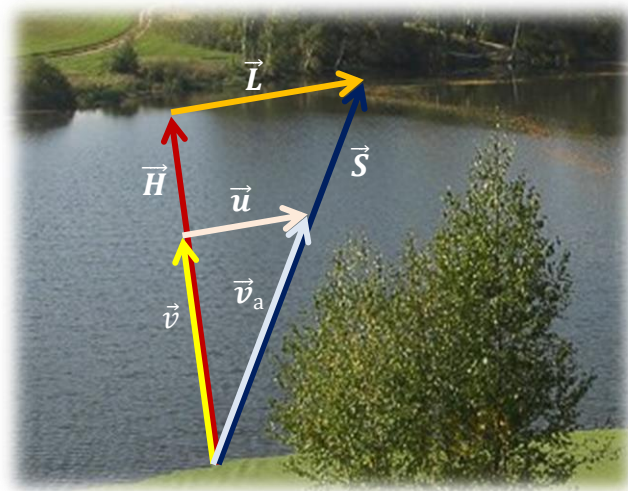
Применение закона сложения скоростей к решению задач.

Переправа через реку.

Допустим, нам необходимо переправиться через реку шириной $H = 800$ м. Скорость лодки относительно воды (собственная скорость) $v = 5$ км/ч, скорость течения $u = 1$ км/ч. Гребец держит нос лодки перпендикулярно берегам. На какое расстояние L снесет лодку вдоль берега за время переправы?

Решение.

Выберем землю в качестве НСО, реку в качестве ПСО и лодку в качестве тела. Тогда v будет относительной, а u — переносной скоростью лодки. Из условия задачи ясно также, что относительное перемещение лодки перпендикулярно берегам и по модулю равно ширине реки H .



На рис. 2 изображены треугольники перемещений и скоростей. Из подобия этих треугольников следует пропорция:

$$\frac{L}{u} = \frac{H}{v}.$$

Следовательно

$$L = \frac{Hu}{v} = \frac{800 \text{ м} \cdot 1 \text{ км/ч}}{5 \text{ км/ч}} = 160 \text{ м}.$$

Ясно, что это не маленький снос, и его надо учитывать. Иначе можно угодить не совсем в то место, куда хотел.

Рис. 2. Переправа через реку

Скорость сближения.

Заметим сразу, что речь может идти не только о встречном движении, но и просто о движении тел вдоль одной прямой в противоположных направлениях. Мы не будем решать сейчас какую-либо конкретную задачу, способы решения таких задач хорошо известны вам из курса математики, начиная с третьего класса. Мы же постараемся увидеть в старых задачах нечто новое, а именно — закон сложения скоростей. Допустим, по шоссе навстречу друг другу едут два автомобиля: красный, со скоростью v_k , и синий, со скоростью v_c (рис. 3, а). Примем землю за НСО, синий автомобиль возьмем в качестве ПСО, а красный — в качестве тела. Тогда скоростью сближения транспортных средств будет скорость красного автомобиля относительно синего, то есть скорость тела в ПСО. Закон сложения скоростей примет вид:

$$\vec{v}_k = \vec{v}_{\text{сбл}} + \vec{v}_c.$$

Направим ось X вдоль скорости красного автомобиля. Тогда, учитывая, что синий автомобиль движется против оси X , в проекции на ось имеем:

$$v_k = v_{\text{сбл}} - v_c. \quad (3)$$

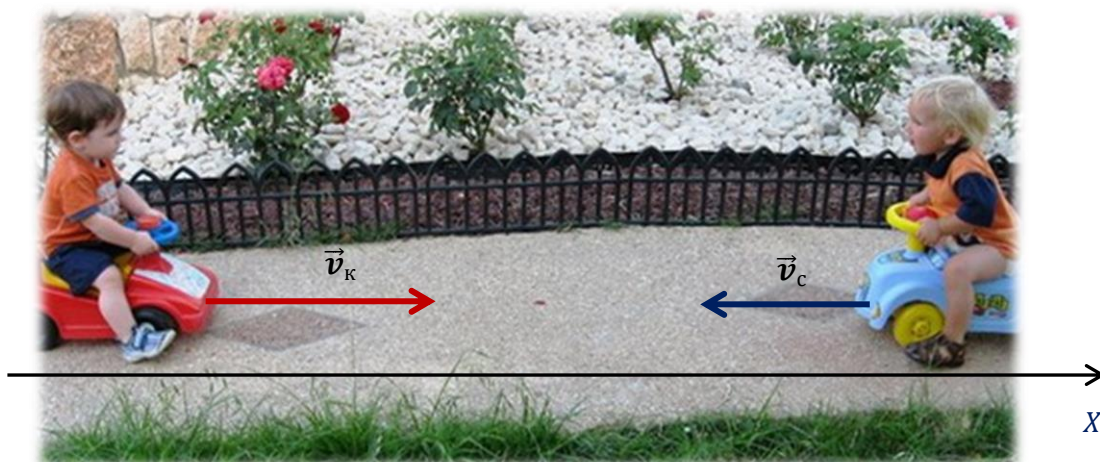


Рис. 3, а. Встречное движение

Отсюда

$$v_{\text{сбл}} = v_k + v_c. \quad (4, а)$$

Таким образом, известное выражение скорости сближения является следствием закона сложения скоростей.

Убедитесь сами, что если автомобили движутся в одну сторону (рис. 3, б), то в проекции на ось X закон сложения скоростей примет вид:

$$v_k = v_{\text{сбл}} + v_c$$

Отсюда

$$v_{\text{сбл}X} = v_k - v_c. \quad (4, б)$$

Знак $v_{\text{сбл}X}$ зависит от того, скорость какого автомобиля больше.

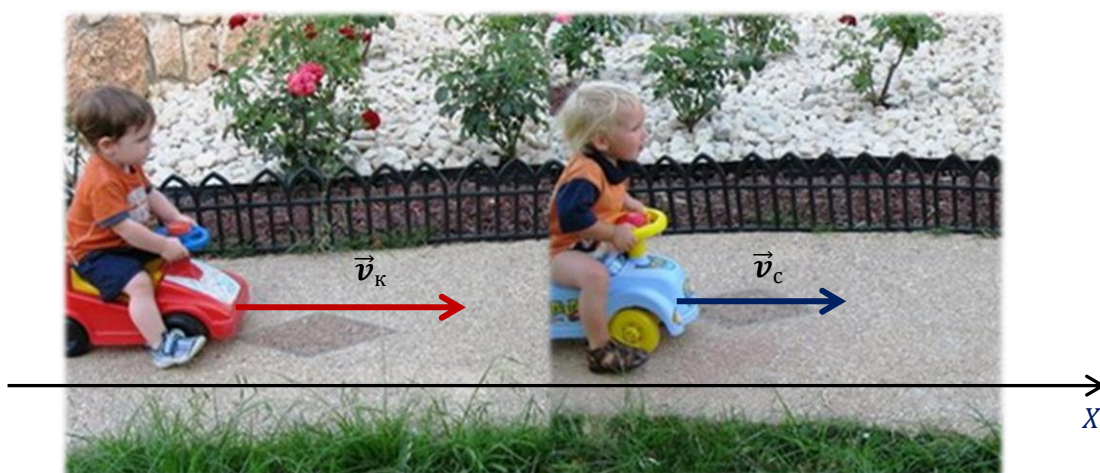


Рис. 3, б. Однонаправленное движение

Движение по реке.

Скорость движения лодки по и против течения реки также может быть получена из закона сложения скоростей. Для этого в качестве НСО нужно взять землю, в качестве ПСО воду, в качестве тела лодку. На рис. 4 изображено движение лодки по течению. Тогда скорость $v_{\text{л}}$ лодки относительно воды (собственная скорость) будет относительной скоростью, скорость течения $v_{\text{т}}$ — переносной скоростью, а скорость лодки по течению $v_{\text{по}}$ — абсолютной скоростью лодки, то есть ее скоростью относительно берега. В проекции на ось X закон сложения скоростей имеет вид:

$$v_{\text{по}} = v_{\text{л}} + v_{\text{т}}. \quad (5, \text{а})$$



Рис. 4. Движение по реке

То есть мы снова видим, что хорошо известный нам результат является следствием закона сложения скоростей.

Аналогичным образом из закона сложения скоростей получаем известную формулу для скорости лодки против течения:

$$v_{\text{пр}} = v_{\text{л}} - v_{\text{т}}. \quad (5, \text{б})$$