

# Примеры решения задач по теории относительности.

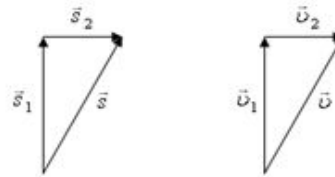
## Задача №1

*Задача №1. Переплывая реку, пловец держал курс, перпендикулярный течению реки, но течением его отнесло на расстояние 40 м. Какова скорость пловца относительно Земли, если он плыл 20 с, а ширина реки равна 80 м? Движение пловца считать равномерным.*

40 м – это расстояние, на которое смещается подвижная система отсчета (река), т.е.  $s_2 = 40$  м. Если бы вода была неподвижной, то пловец сместился бы в ней на 80 м – ее ширину. Поэтому 80 м – это перемещение пловца в подвижной системе координат,  $s_1 = 80$  м.

Дано:  $s_1 = 80$  м,  $s_2 = 40$  м,  $t = 20$  с. Найти:  $v$  – ?

Решение. Сделаем рисунок в соответствии с условием задачи:



Скорость пловца относительно воды  $v_1 = \frac{s_1}{t}$ ;  $v_1 = \frac{80 \text{ м}}{20 \text{ с}} = 4 \text{ м/с}$ .

Скорость реки  $v_2 = \frac{s_2}{t}$ ;  $v_2 = \frac{40 \text{ м}}{20 \text{ с}} = 2 \text{ м/с}$ .

В соответствии с классическим законом сложения скоростей  $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ . Как видно из рисунка, модуль скорости пловца относительно Земли можно найти по теореме

Пифагора:  $v^2 = v_1^2 + v_2^2$ ;  $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$ ;

$$v = \sqrt{2^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2 + 4^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2} = \sqrt{20 \text{ м}^2 / \text{с}^2} \approx 4,47 \text{ м/с}.$$

Ответ: Скорость пловца относительно Земли  $v \approx 4,47 \text{ м/с}$ .

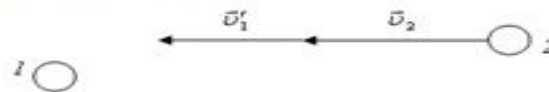
## Задача №2

Два автомобиля движутся со скоростями 85 км/ч и 100 км/ч навстречу друг другу. Какова их скорость друг относительно друга? Чему будет равна относительная скорость при их движении в одном направлении?

1). Автомобили движутся навстречу друг другу.



Будем считать первый автомобиль неподвижным. Тогда ко второму автомобилю нужно приложить дополнительную скорость  $\vec{v}'_1$ , равную, но противоположно направленную скорости первого автомобиля:



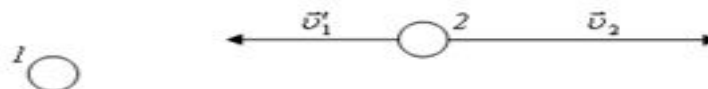
По величине  $v'_1 = v_1$ . Результирующая скорость второго автомобиля относительно первого  $\vec{v} = \vec{v}'_1 + \vec{v}_2$ . Как видно из рисунка, ее величина в этом случае равна

$$v = v_1 + v_2, \quad v = 85 \text{ км/ч} + 100 \text{ км/ч} = 185 \text{ км/ч}.$$

2). Автомобили движутся в одном направлении.



Будем считать первый автомобиль неподвижным. Тогда ко второму автомобилю нужно приложить дополнительную скорость  $\vec{v}'_1$ , равную, но противоположно направленную скорости первого автомобиля:

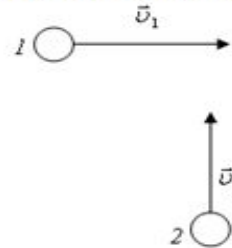


По величине  $v'_1 = v_1$ . Результирующая скорость второго автомобиля относительно первого  $\vec{v} = \vec{v}'_1 + \vec{v}_2$ . Как видно из рисунка, ее величина в этом случае равна

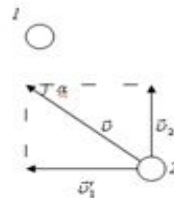
$$v = v_2 - v_1, \quad v = 100 \text{ км/ч} - 85 \text{ км/ч} = 15 \text{ км/ч}.$$

## Задача №3

Два корабля движутся по взаимно перпендикулярным направлениям со скоростями 40 км/ч и 30 км/ч, как указано на рисунке. С какой скоростью движется второй корабль относительно первого, и под каким углом к направлению движения первого корабля?



Будем считать первый корабль неподвижным. Тогда ко второму кораблю нужно приложить дополнительную скорость  $\vec{v}'_1$ , равную, но противоположно направленную скорости первого корабля:



Результирующая скорость второго корабля относительно первого равна  $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ . Ее величину, как видно из рисунка, можно найти по теореме Пифагора:

$$\begin{aligned}v^2 &= v_1^2 + v_2^2; & v &= \sqrt{v_1^2 + v_2^2}; \\v &= \sqrt{40^2 \text{ км}^2 / \text{ч}^2 + 30^2 \text{ км}^2 / \text{ч}^2} = \sqrt{1600 \text{ км}^2 / \text{ч}^2 + 900 \text{ км}^2 / \text{ч}^2} = \\&= \sqrt{2500 \text{ км}^2 / \text{ч}^2} = 50 \text{ км} / \text{ч}.\end{aligned}$$

Угол  $\alpha$  можно выразить любым способом. Например,  $\sin \alpha = \frac{v_2}{v}$ ,  $\cos \alpha = \frac{v_1}{v}$ .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_2}{v_1}, \quad \sin \alpha = \frac{30}{50} = 0,6. \quad \text{Отсюда } \alpha = 36,9^\circ$$

## Задача №4

Пловец переплывает реку за минимально возможное время. Скорость пловца относительно воды равна  $1 \text{ м/с}$ . Скорость пловца относительно берега направлена под углом  $30^\circ$  к линии берега. Определите скорость течения реки.

Дано:  $v_1 = 1 \text{ м/с}$ ;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $v - ?$

Решение: Введем следующие обозначения:

$\vec{v}_1$  - скорость пловца относительно воды;

$\vec{v}_2$  - скорость пловца относительно берега;

$\vec{v}$  - скорость течения реки.

Поскольку пловец переплывает реку за минимально возможное время, его скорость  $\vec{v}_1$

относительно воды направлена перпендикулярно линии берега(1). Скорость пловца относительно берега  $\vec{v}_2$

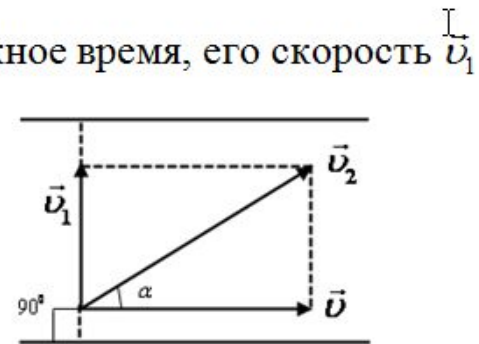
является суммой его скорости относительно воды  $\vec{v}_1$  и

скорости течения реки  $\vec{v}$ :  $\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v}$  .(2). По условию

задачи угол  $\alpha$  между векторами  $\vec{v}_2$  и  $\vec{v}$  равен  $30^\circ$  (3).

Учитывая (1), (2) и (3), сделаем чертеж к задаче и, используя его, определим  $\vec{v}$ :

$$v = v_1 \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1 \cdot \operatorname{ctg} 30^\circ = 1 \cdot \sqrt{3} = 1,73 \text{ м/с}.$$



## Задача №5

Катер переплывает реку по кратчайшему пути. Угол между векторами скорости катера относительно воды и относительно берега равен  $30^\circ$ . Во сколько раз величина скорости катера относительно воды больше скорости течения?

Дано:  $\alpha = 30^\circ$ ;  $\frac{v_1}{v} = ?$

Решение: Введем следующие обозначения:

$\vec{v}_1$  - скорость катера относительно воды;

$\vec{v}_2$  - скорость катера относительно берега;

$\vec{v}$  - скорость течения реки.

По условию задачи катер переплывает реку по кратчайшему пути, следовательно, скорость катера относительно берега  $\vec{v}_2$  направлена под прямым углом к линии берега (1). В то же время по закону сложения скоростей  $\vec{v}_2$  является векторной суммой скорости катера относительно воды  $\vec{v}_1$  и скорости течения реки  $\vec{v}$ :  $\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v}$  (2).

По условию задачи угол  $\alpha$  между векторами  $\vec{v}_2$  и  $\vec{v}$  равен  $30^\circ$

(3). Учитывая (1), (2) и (3), сделаем чертеж к задаче и, используя его, найдем

отношение  $\frac{v_1}{v}$ :  $\frac{v_1}{v} = \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sin 30^\circ} = 2$ .

