

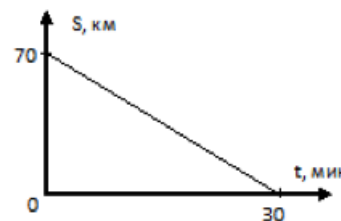
## Относительность движения

В некоторых ситуациях приходится рассматривать движение тела в двух системах отсчёта, одна из которых считается неподвижной (например, связанная с землёй), а вторая движется относительно первой.

### Движение вдоль одной прямой

С такими задачами вы давно знакомы. Если Петя идёт по прямой дороге со скоростью  $1 \text{ м/с}$ , а Вася движется по этой же дороге навстречу Пете со скоростью  $2 \text{ м/с}$ , то Пете кажется, что Вася приближается к нему со скоростью  $1 + 2 = 3 \text{ м/с}$ . Физик скажет, что  $1 \text{ м/с}$  и  $2 \text{ м/с}$  — это скорости Пети и Васи в неподвижной системе отсчёта, а  $3 \text{ м/с}$  — скорость Васи относительно Пети (то есть в системе отсчёта, связанной с Петей).

Задача 1. (*Всеросс., 2018, МЭ, 9*) Деревня находится на расстоянии  $L = 70 \text{ км}$  от города. Населённые пункты соединяет прямолинейный участок шоссе. Одновременно из города и деревни навстречу начинают движение легковой автомобиль и автобус. Скорость автомобиля равна  $v = 90 \text{ км/ч}$ . На рисунке представлен график, на котором показано, как изменялось расстояние между ними с момента выезда до момента встречи. Найдите скорость автобуса. Какое время потребовалось автобусу на путь от места встречи до города? Считать, что автобус и автомобиль движутся с постоянными скоростями во время всего движения.



50 км/ч; 54 мин

Задача 2. (*«Курчатов», 2017, 9*) Два авианосца движутся навстречу друг другу с постоянными скоростями. Скорость первого авианосца  $20 \text{ км/ч}$ , скорость второго —  $30 \text{ км/ч}$ . В момент, когда расстояние между кораблями равно  $60 \text{ км}$ , с первого авианосца взлетает вертолёт и движется по прямой ко второму авианосцу со скоростью  $150 \text{ км/ч}$ . Долетев до второго авианосца, вертолёт зависает на  $18 \text{ минут}$  над этим кораблём, и затем возвращается на первый авианосец, вновь двигаясь со скоростью  $150 \text{ км/ч}$ . Сколько времени вертолёт отсутствовал на первом авианосце? Найдите путь, пройденный вертолётном.

48 мин; 84 км

Задача 3. (*МОШ, 2014, 7–8, 11*) Школьник Владислав идёт по движущемуся вверх эскалатору, поднимаясь за  $20 \text{ с}$ . Школьник Ярослав, стоя на этом же эскалаторе, поднимается за  $60 \text{ с}$ .

А) За какое время Владислав будет подниматься по эскалатору вверх, если эскалатор остановить?

В) За какое время Владислав будет подниматься по эскалатору вверх, если эскалатор запустят в обратном направлении с такой же по модулю скоростью, как и при движении вверх?

Ответы представьте в секундах и округлите до целых.

09 (А) 30; (В) 09

ЗАДАЧА 4. («Росатом», 2013, 11) Ширина реки равна  $l$ . Если лодка плывёт против течения реки, её скорость относительно земли равна  $v$ , если по течению —  $3v$ . За какое минимальное время лодка может пересечь реку?

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

ЗАДАЧА 5. («Росатом», 2013, 9) Корабль плывёт по реке с постоянной скоростью. По палубе с постоянной по величине скоростью ходит пассажир. От кормы к носу пассажир идёт со скоростью  $v$  относительно берега, а обратно со скоростью  $v/2$  относительно берега. Длина палубы  $L$ . Пассажир прошёл один раз от кормы к носу и обратно. Какое расстояние относительно берега прошёл за это время корабль? Скорость корабля относительно воды больше скорости пассажира относительно корабля.

79

ЗАДАЧА 6. (Всеросс., 2005, ОЭ, 9) С линии старта одновременно в момент  $t = 0$  ушли две гоночные машины с ускорениями

$$a_1(t) = a_0 \left( 1 + \sqrt{2 - \frac{t}{t_1}} \right) \quad \text{и} \quad a_2(t) = a_0 \sqrt{2 - \frac{t}{t_1}}$$

соответственно. Начиная с момента времени  $t_1$  скорость первой машины не изменялась, а вторая машина продолжила разгоняться с постоянным ускорением, пока в момент  $t_2$  её скорость не сравнялась со скоростью первой машины. Каково расстояние  $\Delta S$  между автомобилями в этот момент времени?

$$\frac{v_2}{v_1} = S \nabla$$

## Поступательное движение системы отсчёта

Перейдём к более сложной ситуации, когда скорость тела (в неподвижной системе отсчёта) и скорость движущейся системы отсчёта направлены вдоль разных прямых. Мы пока считаем движение системы отсчёта поступательным — ведь только в этом случае мы вообще можем говорить о «скорости движущейся системы отсчёта», ибо все её точки двигаются с одной и той же скоростью.

Итак, если муха ползёт по стенке вагона, а вагон *поступательно* движется по земле, то закон сложения скоростей гласит:

$$\vec{v}_{\text{мухи относительно земли}} = \vec{v}_{\text{мухи относительно вагона}} + \vec{v}_{\text{вагона относительно земли}}. \quad (1)$$

Обратите внимание на два момента.

- Указанные скорости складываются векторно.
- Муха переносится в пространстве каждой точкой вагона (через которую она проползает) с одной и той же скоростью  $\vec{v}_{\text{вагона относительно земли}}$  (повторимся: вагон движется поступательно, и поэтому все его точки двигаются с одинаковыми скоростями). Случай вращения движущейся системы отсчёта будет рассмотрен в конце листка.

Слово «переносится» употреблено не случайно: скорость  $\vec{v}_{\text{вагона относительно земли}}$  называется также *переносной*; именно с этой скоростью происходит перенос мухи относительно земли в том случае, когда она сидит неподвижно на стенке вагона.

Две оставшиеся скорости в формуле (1) также имеют свои названия:  $\vec{v}_{\text{мухи}}$  относительно земли — это *абсолютная скорость*,  $\vec{v}_{\text{мухи}}$  относительно вагона — *относительная скорость*. Таким образом, абсолютная скорость есть векторная сумма относительной и переносной скоростей:

$$\vec{v}_{\text{абс}} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{пер}}. \quad (2)$$

Для удобства осознания закона сложения скоростей придадим ему ещё одну форму. Пусть система отсчёта  $S$  движется поступательно со скоростью  $\vec{v}_{SA}$  относительно системы отсчёта  $A$ . Если  $\vec{v}_A$  и  $\vec{v}_S$  — скорости тела в этих системах отсчёта, то

$$\vec{v}_A = \vec{v}_S + \vec{v}_{SA}.$$

Здесь, разумеется,  $\vec{v}_A$  — абсолютная скорость,  $\vec{v}_S$  — относительная,  $\vec{v}_{SA}$  — переносная.

ЗАДАЧА 7. («Росатом», 2011, 11) Поезд движется со скоростью  $v$ . Под некоторым углом к направлению его движения дует ветер; при этом скорость ветра, измеренная пассажиром поезда, равна  $v_1$ . Когда поезд увеличил скорость в два раза, сохранив направление движения, скорость ветра, измеренная пассажиром, стала равна  $1,5v_1$ . Определить величину скорости ветра относительно земли.

$$\frac{v}{v_1} - \frac{v}{v_1} \sqrt{3} = n$$

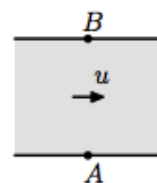
ЗАДАЧА 8. (МОШ, 2017, 9) Ракета удаляется от горизонтальной поверхности Земли со скоростью  $V$ , направленной строго вертикально. Параллельно поверхности точно на запад летит самолёт со скоростью  $V/\sqrt{3}$ .

1) С какой наименьшей по модулю скоростью  $u$  и в каком направлении должен лететь (относительно Земли) квадрокоптер для того, чтобы относительно него ракета и самолёт имели противоположные по направлению скорости?

2) Под каким углом к горизонту (относительно Земли) должна быть направлена скорость квадрокоптера для того, чтобы ракета и самолёт имели в системе отсчёта квадрокоптера противоположные по направлению и равные по модулю скорости? Чему равен модуль скорости квадрокоптера в этом случае?

$$\frac{V}{V/\sqrt{3}} = n \text{ или } \frac{V}{V/\sqrt{3}} = n \sqrt{3}$$

ЗАДАЧА 9. (МОШ, 2015, 11) Школьник Вася, находящийся в точке  $A$ , собирается переплыть на противоположный берег реки и оказаться как можно ближе к точке  $B$ , расположенной точно напротив точки  $A$ . Ширина реки равна  $L$ , скорость течения реки равна  $u$ , скорость Васи в стоячей воде равна  $v$ . Определите, на каком минимальном расстоянии от точки  $B$  может оказаться Вася после переправы. Объясните Ваш ответ. Изобразите на рисунке векторы скорости течения реки, скорости Васи в стоячей воде и скорости Васи относительно берега при оптимальном способе переправы.



Решите задачу в общем случае и в частных случаях

(а)  $u = 0,8$  м/с,  $v = 1$  м/с,  $L = 100$  м;

(б)  $u = 1$  м/с,  $v = 0,8$  м/с,  $L = 100$  м.

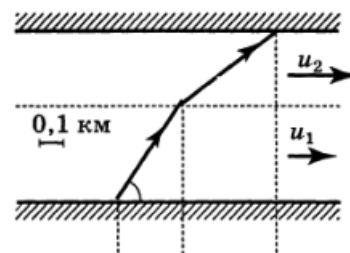
$$n \leq 1 \text{ или } n > 1 \text{ и } \frac{L}{v} \sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}} = x \text{ и } n < 1 \text{ и } \frac{L}{v} \sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}} = x \text{ или } 0 = x$$

ЗАДАЧА 10. (Всеросс., 1996, финал, 9) Минимальное время, которое необходимо, чтобы переплыть в лодке реку, равно  $t_0$ . Ширина русла реки равна  $H$ . Скорость течения реки постоянна в любом месте русла и в  $\beta$  раз больше скорости лодки ( $\beta > 1$ ), плывущей в стоячей воде.

- 1) Найдите скорость лодки в стоячей воде.
- 2) На какое расстояние снесёт лодку за минимальное время переправы?
- 3) Определите наименьшее расстояние, на которое может снести лодку за время переправы.
- 4) Найдите время переправы лодки в том случае, когда её сносит на минимальное расстояние.

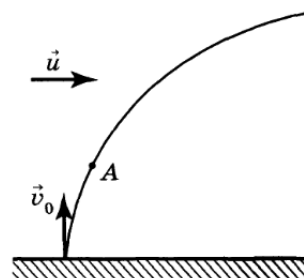
$$\frac{1-\beta^2}{\beta} = \tau \left( 1 - \frac{\beta^2}{H} \right) = \tau \left( \frac{0}{H} = a \right)$$

ЗАДАЧА 11. (Всеросс., 1996, финал, 10) Русло реки разделено цепью узких песчаных отмелей на два рукава с разной скоростью течения. С одного берега реки на другой переправляется лодка. На рисунке показан путь, при движении по которому снос лодки будет наименьшим. Для переправы по этому пути требуется время  $t = 25$  мин. Принимая масштаб, обозначенный на рисунке, определите скорость лодки в стоячей воде  $v_0$  и скорости течения воды  $u_1$  и  $u_2$  в каждом рукаве.



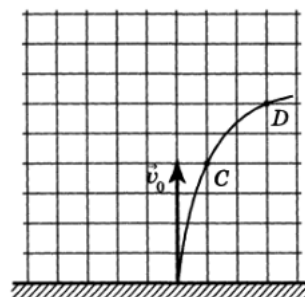
$$v_0 \approx 2.5 \text{ км/ч}; u_1 \approx 2 \text{ км/ч}; u_2 \approx 1 \text{ км/ч}$$

ЗАДАЧА 12. (Всеросс., 2001, ОЭ, 9) Деревянный плот оттолкнули от берега так, что в начальный момент времени его скорость оказалась равной  $v_0$  и направленной перпендикулярно берегу (рис.). Двигаясь по траектории, показанной на рисунке, плот через некоторое время  $T$  после начала движения оказался в точке  $A$ . Скорость реки постоянна и равна  $u$ . Графически найдите точки траектории плота, в которых он находился в моменты времени  $2T$ ,  $3T$  и  $4T$ .

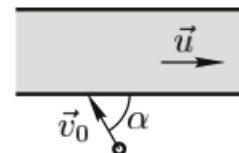


ЗАДАЧА 13. (Всеросс., 2001, ОЭ, 11) На рисунке показана траектория движения лодки, которую оттолкнули от берега реки так, что в начальный момент её скорость  $v_0 = 1,0$  м/с была направлена перпендикулярно берегу. В точке  $C$  траектории лодка была через 1 с, в точке  $D$  — через 2 с. Определите скорость  $u$  течения реки.

$$u = \frac{v_0}{2} = 0.5 \text{ м/с}$$

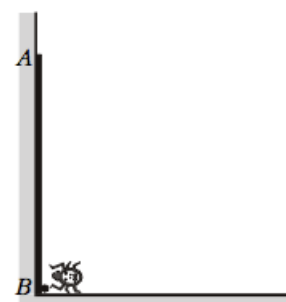


ЗАДАЧА 14. (Всеросс., 2009, финал, 9) Во время экскурсии на кондитерскую фабрику экспериментатор Глюк заметил, что скорость конфеты, попадающей из упаковочной машины под углом  $\alpha = 60^\circ$  на ленту транспортёра (вид сверху приведён на рисунке), сначала уменьшается, а потом увеличивается. Начальная скорость  $\vec{v}_0$  конфеты равна по модулю скорости  $\vec{u}$  ленты транспортёра и лежит в плоскости ленты. Чему равна скорость  $\vec{w}_0$  конфеты относительно ленты транспортёра сразу после попадания её на ленту? Вычислите минимальную скорость  $v_{\min}$  конфеты относительно неподвижного Глюка.



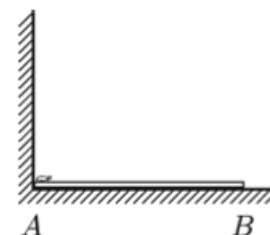
$$\frac{v}{n} = \text{мин} \quad \text{если } n = 0$$

ЗАДАЧА 15. (Всеросс., 2002, финал, 9) У вертикальной стенки стоит палочка  $AB$  длиной  $L$  (рис.). На её нижнем конце  $B$  сидит жук. В тот момент, когда конец  $B$  начали двигать вправо по полу с постоянной скоростью  $v$ , жук пополз по палочке с постоянной скоростью  $u$  относительно неё. На какую максимальную высоту над полом поднимется жук за время своего движения по палочке, если её верхний конец не отрывается от стенки?



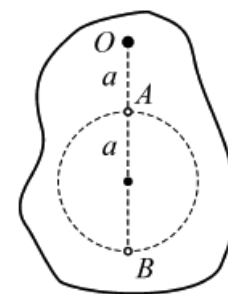
$$\left. \begin{array}{l} \text{если } n < n \text{ и } n > 0 \\ \text{если } n > n \text{ и } n > 0 \end{array} \right\} = \text{мин}$$

ЗАДАЧА 16. (МОШ, 2017, 10) Жёсткий стержень  $AB$  длиной  $L$  лежит на горизонтальном полу, придвинутый одним из своих концов вплотную к вертикальной стене, как показано на рисунке. В точке  $A$  сидит букашка. В тот момент, когда конец  $A$  стержня начали двигать вверх вдоль стены с постоянной по модулю скоростью  $V$ , букашка поползла по стержню с постоянной относительно стержня скоростью  $u$  в направлении конца  $B$ , который скользит по полу, не отрываясь от него. Найдите максимальное расстояние  $S$  от стенки до букашки в процессе её движения по стержню.



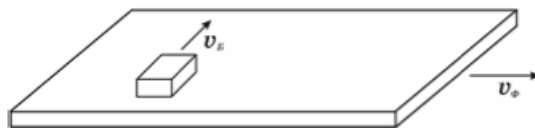
$$\left. \begin{array}{l} \text{если } n < n \text{ и } n > 0 \\ \text{если } n > n \text{ и } n > 0 \end{array} \right\} = S$$

ЗАДАЧА 17. (МОШ, 2017, 9) На очень лёгком клочке бумаги нарисовали окружность радиусом  $a$  и подвесили его на неподвижной горизонтальной оси  $O$ , относительно которой клочок может свободно вращаться (см. рисунок). В точку  $A$ , которая находится на нарисованной окружности под осью, садится жук и начинает ползти по этой окружности с постоянной по модулю скоростью  $V$ , перемещаясь в точку  $B$ , расположенную на продолжении отрезка  $OA$ . Через какое время от начала движения жук будет иметь максимальную скорость относительно неподвижной (лабораторной) системы отсчёта, если  $|OA| = a$ ? Чему будет равна эта скорость? Считайте массу жука намного больше массы клочка бумаги.



$$A = \text{мин} \quad \text{если } \frac{\Delta \epsilon}{v} = \tau$$

ЗАДАЧА 18. (Всеросс., 2018, РЭ, 10) На гладкой горизонтальной поверхности льда лежит лист фанеры, на котором находится стальной брусок. Одновременно листу фанеры и бруску сообщают скорости  $v$  и  $v\sqrt{3}$  относительно льда, причём их направления взаимно перпендикулярны. В процессе дальнейшего движения, из-за наличия трения, скорости бруска и доски изменяются. Определите минимальные скорости фанеры и бруска (относительно льда) в процессе их движения. Масса бруска равна массе фанеры.



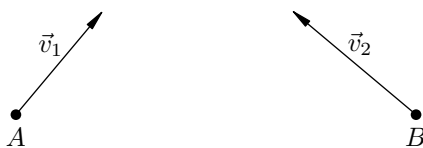
$$v_{\text{фанера}} = \frac{v}{\sqrt{3}}, v_{\text{брусок}} = v$$

ЗАДАЧА 19. Торпеду выпускают из точки  $A$  в момент, когда корабль противника находится в точке  $B$  и движется со скоростью  $u$ . Направление движения корабля находится под углом  $\beta$  к линии  $AB$  (см. рисунок). Скорость торпеды равна  $v$ . Под каким углом  $\alpha$  надо выпустить торпеду, чтобы она поразила цель?

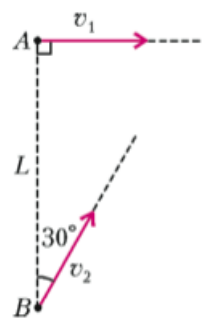


$$\alpha = \arcsin\left(\frac{u \sin \beta}{v}\right)$$

ЗАДАЧА 20. Два катера, находящиеся в данный момент в точках  $A$  и  $B$ , двигаются с постоянными скоростями  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  (см. рисунок). Найдите построением минимальное расстояние, на которое могут сблизиться катера в процессе дальнейшего движения.



ЗАДАЧА 21. (Всеросс., 2010, финал, 9) Два корабля движутся с постоянными и одинаковыми по модулю скоростями  $v_1 = v_2 = v$ . В некоторый момент расстояние между ними оказалось равным  $L$ , а их взаимное расположение таким, как показано на рисунке.



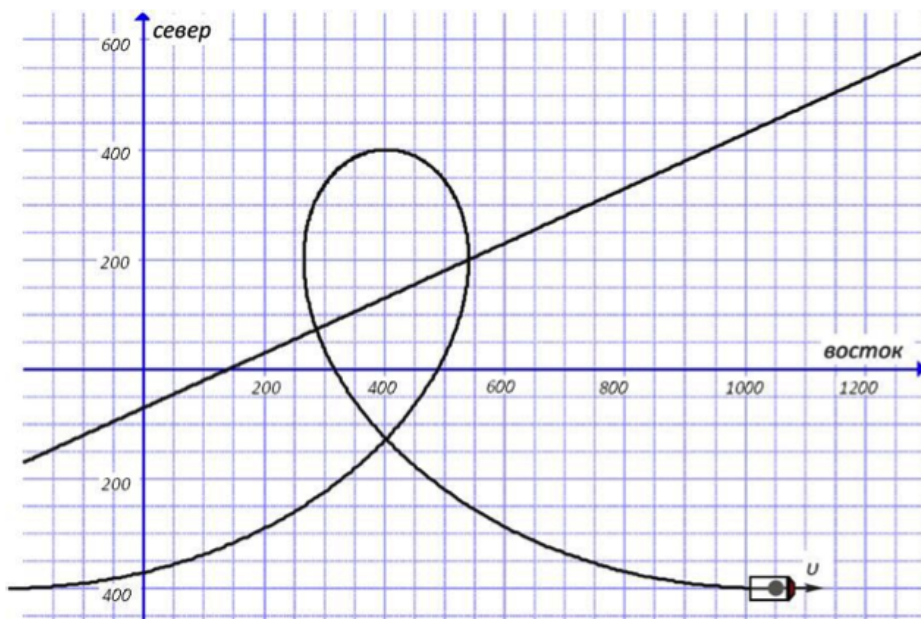
1) Определите минимальное расстояние между кораблями при их последующем движении.

2) Найдите время  $\tau$ , через которое корабли окажутся на минимальном расстоянии друг от друга.

3) В момент, когда корабль  $B$  пересекает линию движения корабля  $A$ , от борта корабля  $A$  отправляется катер, который должен доставить на корабль  $B$  пакет с важным сообщением. Определите, через какое минимальное время  $\Delta t$  после отправки катера пакет будет доставлен на борт корабля  $B$ , если скорость  $u$  катера также равна  $v$ .

$$\Delta t = \frac{L}{v} \left( \frac{1}{\sin 30^\circ} - 1 \right) = \frac{L}{v} (2 - 1) = \frac{L}{v}$$

ЗАДАЧА 22. (Всеросс., 2017, финал, 9) При проведении аэрофотосъёмки была получена фотография, на которой видны два шлейфа дыма от паровозов (рис.). Одной клетке на фотографии соответствует 50 м на местности.



Известно, что один паровоз двигался равномерно по кольцевой ветке железной дороги, а другой — с такой же скоростью по прямой. Определите:

- направление скорости ветра;
- радиус  $R$  кольцевой железной дороги;
- отношение скорости паровоза  $v$  к скорости ветра  $u$ ;
- направление прямой железнодорожной ветки (выполнить построения с помощью циркуля и линейки).

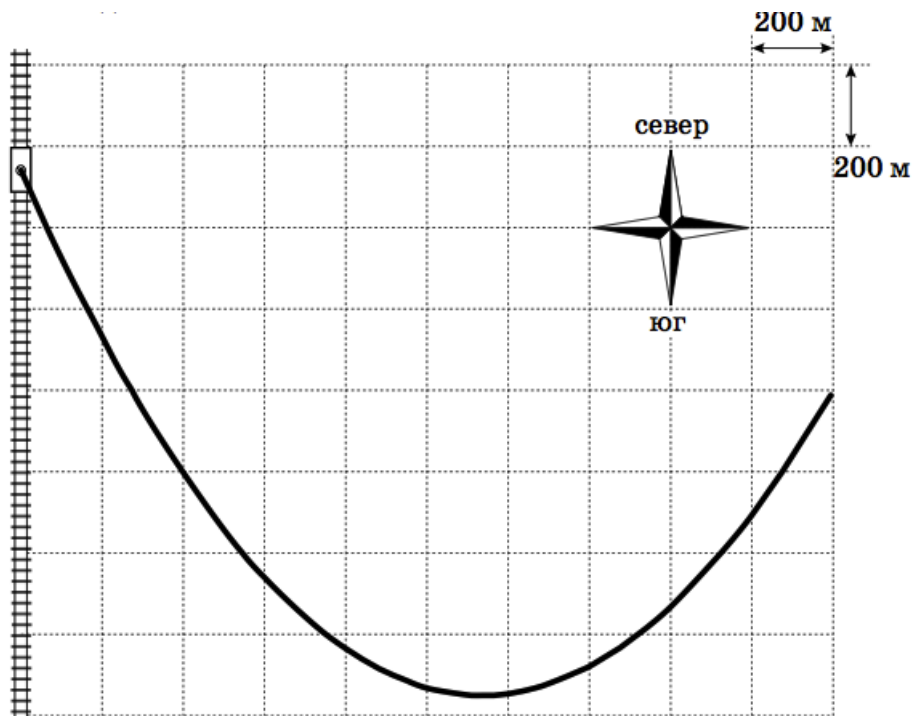
На запад;  $R = 400$  м;  $v/u = 2$

ЗАДАЧА 23. (МОШ, 2017, 10) Две самоходные баржи равномерно движутся по озеру во взаимно перпендикулярных направлениях. Скорость одной баржи  $v_1 = 3$  м/с, а другой —  $v_2 = 4$  м/с. На каждой барже установлен анемометр — прибор для измерения модуля скорости ветра. В течение некоторого времени на каждом из кораблей каждую минуту снимают показания анемометров. По результатам измерений обнаружилось, что значения скорости ветра, полученные на первой барже, не превышали скорости баржи  $v_1$ , а на второй — не превышали  $v_2$ . Какого максимального значения могла достигать скорость ветра относительно озера во время измерений? Какой угол  $\alpha$  составляла скорость первой баржи  $\vec{v}_1$  с направлением ветра в момент, когда скорость ветра относительно озера была максимальной?

$$u_{max} = \frac{\frac{v_1 + \frac{1}{2}v_2}{2} \wedge \frac{v_1 + \frac{1}{2}v_2}{2}}{\frac{v_1}{2}} \cos \alpha = v \cos \alpha = 4,8 \text{ м/с}; \alpha = \arccos \frac{v_1 + \frac{1}{2}v_2}{2v} = \arccos \frac{3 + \frac{1}{2} \cdot 4}{2 \cdot 3} = \arccos \frac{5}{6}$$



ЗАДАЧА 24. (Всеросс., 2018, финал, 9) При проведении аэрофотосъёмки местности в кадр попал шлейф дыма от паровоза, начавшего своё движение из состояния покоя с постоянным ускорением  $a = 0,05 \text{ м/с}^2$  по прямому участку железной дороги. На фотографии виден весь шлейф от самого начала движения. Одной клетке соответствует расстояние 200 м.

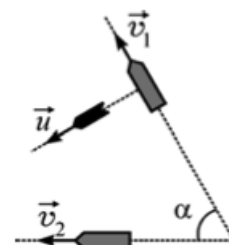


Считая скорость ветра постоянной, определите:

- 1) в каком направлении двигался паровоз;
- 2) под каким углом  $\alpha$  к железной дороге дул ветер;
- 3) скорость ветра  $v_0$ ;
- 4) минимальную скорость ветра  $v_{\min}$  относительно паровоза;
- 5) время движения паровоза  $\tau$  от начала движения до момента съёмки;
- 6) расстояние  $s$ , которое прошел паровоз от начала движения до момента съёмки.

$$v_0 = 30^\circ; v_0 = 10 \text{ м/с}; v_{\min} = 5 \text{ м/с}; \tau = 400 \text{ с}; s = 4000 \text{ м}$$

ЗАДАЧА 25. (МОШ, 2013, 11) Круизные лайнеры «Первый» и «Второй» плывут равномерно и прямолинейно. Угол между их курсами равен  $\alpha = 60^\circ$ , скорость «Первого»  $v_1 = 35 \text{ км/ч}$ , скорость «Второго»  $v_2 = 31,6 \text{ км/ч}$ . С лайнера «Первый» с временным интервалом в несколько часов отплывают два катера, которые, двигаясь с постоянной одинаковой скоростью, перпендикулярно курсу «Первого», точно приплывают ко «Второму». Определите скорость  $u$  катера.



$$u \approx \frac{v_1 \sin \alpha - v_2}{\sin \alpha} = n$$



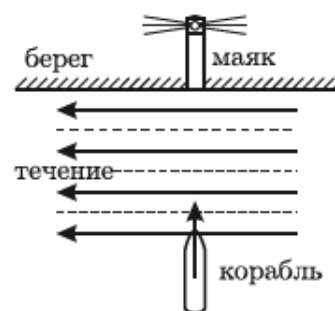
## Задача о погоне

Советую посмотреть [статью](#).

ЗАДАЧА 26. (МОШ, 2008, 10) Школьник бежит по окружности радиусом  $R = 30$  м с постоянной по величине скоростью  $u = 3,14$  м/с. Второй школьник гонится за ним, стартовав из центра окружности. В процессе погони он все время находится на радиусе, соединяющем центр окружности и первого школьника, а величина его скорости неизменна и равна  $v = 2u$ . Сколько времени займёт погоня?

$$\circ \varphi = \frac{n\pi}{2} = t$$

ЗАДАЧА 27. (МОШ, 2009, 10) Капитан корабля заметил строго на севере береговой маяк и приказал держать курс на него. В этот момент расстояние до берега было равно  $S = 30$  км. Корабль движется относительно воды со скоростью  $v = 15$  км/ч и в каждый момент времени держит курс на маяк. Экипаж не знает о присутствии в море западного течения, скорость которого во всех точках одинакова и равна  $u = 5$  км/ч. За какое время  $t$  корабль доплывёт до маяка? За какое время он доплыл бы до маяка, двигаясь по кратчайшей траектории?



$$\text{время } t_{\text{п}} \approx \frac{z^n - z^0}{S} = \text{время } \frac{t}{6} = \frac{z^n - z^0}{S^a} = t$$

## Вращение системы отсчёта

Допустим, что муха ползёт по глобусу, а глобус при этом вращается. Тогда мы снова имеем закон сложения скоростей:

$$\vec{v}_{\text{абс}} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{пер}},$$

где

- $\vec{v}_{\text{абс}}$  — абсолютная скорость, то есть скорость мухи относительно земли;
- $\vec{v}_{\text{отн}}$  — относительная скорость, то есть скорость мухи относительно глобуса;
- $\vec{v}_{\text{пер}}$  — переносная скорость, то есть скорость относительно земли той точки глобуса, через которую в данный момент проползает муха.

Заметьте, что теперь мы не можем говорить о «скорости глобуса относительно земли», так как разные точки глобуса движутся с разными скоростями!

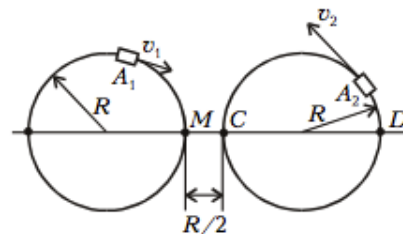
Но муха может ползти не только по вращающемуся глобусу, но и, например, по стене комнаты. В этом случае закон сложения скоростей по-прежнему справедлив. Снова абсолютная скорость  $\vec{v}_{\text{абс}}$  есть скорость мухи относительно земли, а относительная скорость  $\vec{v}_{\text{отн}}$  есть скорость мухи относительно глобуса (то есть измеренная наблюдателем, расположенным на глобусе). Что же такое в этом случае переносная скорость?

Давайте представим себе, что с телом отсчёта — в данном случае с глобусом — жёстко связана невидимая среда  $S$ , заполняющая всё окружающее пространство. Среда  $S$  движется вместе с глобусом (как бы увлекается им), а глобус покоится относительно этой среды. Тогда переносная скорость — это скорость той точки среды  $S$ , через которую муха проползает в данный момент.

ЗАДАЧА 28. Шарообразная планета радиусом  $R$  вращается вокруг своей оси, при этом линейная скорость точек экватора равна  $u$ . Вокруг планеты в плоскости экватора по круговой орбите радиусом  $2R$  вращается спутник со скоростью  $3u$  (направления вращения спутника и планеты совпадают). Найдите скорость спутника относительно планеты.

$$n = \frac{u}{R}$$

ЗАДАЧА 29. (Всеросс., 1999, финал, 10) По двум кольцевым дорогам радиуса  $R$ , лежащим в одной плоскости, движутся автомобили  $A_1$  и  $A_2$  со скоростями  $v_1 = v = 20$  км/ч и  $v_2 = 2v$  (см. рисунок). В некоторый момент автомобили находились в точках  $M$  и  $C$  на расстоянии  $R/2$  друг от друга. Размеры автомобилей малы по сравнению с  $R$ .



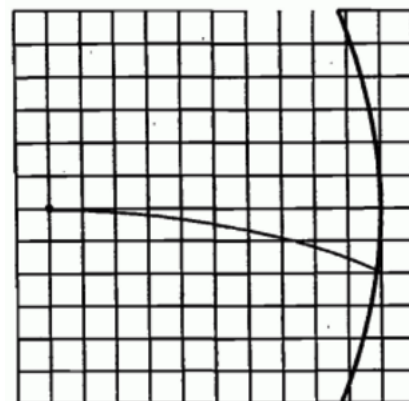
1) Найдите скорость автомобиля  $A_2$  в системе отсчёта, связанной с автомобилем  $A_1$  в этот момент.

2) Найдите скорость автомобиля  $A_2$  в системе отсчёта, связанной с автомобилем  $A_1$ , когда  $A_2$  окажется в точке  $D$ .

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{v_2}{v} = \frac{2v}{v} = 2 \quad \left( \frac{v_2}{v_1} = \frac{2v}{v} = 2 \right)$$

ЗАДАЧА 30. (Всеросс., 2002, ОЭ, 10) На карусели радиуса  $R = 15$  м, вращающейся в горизонтальной плоскости с угловой скоростью  $\omega = 0,5$  рад/с, на расстоянии  $R_0 = 10$  м от центра стоит хоккеист. В некоторый момент времени он ударил клюшкой по шайбе. Шайба после его броска оставила на карусели след (рис.). Найдите величину начальной скорости шайбы относительно карусели и относительно Земли. Трением шайбы о карусель пренебречь.

Примечание. При малых значениях  $\varphi$  (когда угол  $\varphi$  выражен в радианах) можно считать  $\sin \varphi \approx \varphi$ ,  $\cos \varphi \approx 1$ .



$$12,5 \text{ м/с}; 13,5 \text{ м/с}$$