

# МЕХАНИКА

## I. Кинематика

### 1. Равномерное движение по прямой

**1.1** По двум взаимно перпендикулярным шоссе движутся равномерно грузовая и легковая автомашины со скоростями соответственно  $v_1 = 54$  км/ч и  $v_2 = 72$  км/ч. На каком расстоянии  $s$  друг от друга окажутся автомобили через  $T = 10$  мин после встречи у перекрестка?

**1.2** Мотоциклист, движущийся по прямолинейному участку дороги, увидел, как человек, стоящий у дороги, ударил стержнем по висящему рельсу, а через  $t_1 = 2$  с услышал звук. С какой скоростью  $v_2$  двигался мотоциклист, если он проехал мимо человека через  $t_2 = 36$  с после начала наблюдения? Скорость звука в воздухе  $v_1 = 340$  м/с.

**1.3** Из пунктов  $A$  и  $B$ , расстояние между которыми равно  $l$ , одновременно навстречу друг другу стартуют два тела 1 и 2, постоянные скорости которых  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ . Через какое время  $T_1$  и на каком расстоянии  $s$  от точки  $A$  они встретятся? Через какое время  $T_2$  после старта тела 1 встретились бы тела, если бы они двигались в одном направлении, причем из пункта  $B$  тело 2 начало двигаться через  $\tau$  секунд после старта тела 1 из пункта  $A$ ?

**1.4** Из пункта  $A$  в пункт  $B$  регулярно через каждые десять минут выходят автобусы движущиеся с постоянной скоростью 60 км/ч. В тот момент, когда из  $A$  отправляется один из очередных автобусов, из пункта  $B$  в пункт  $A$  выходит грузовик со скоростью 60 км/ч. Сколько  $N$  автобусов встретит в пути шофер грузовика, если  $AB = 60$  км?

**1.5** Завод, на котором работает инженер, находится за городом. Каждый раз к приходу поезда на станцию приезжает заводская машина, которая доставляет инженера на место работы. Однажды инженер приехал на станцию на  $t_1 = 1$  ч раньше обычного и, не дожидаясь машины,

пошел на завод пешком. По дороге он встретил ехавшую за ним автомашину и приехал на завод на  $t_2 = 10$  мин раньше обычного. Сколько времени  $T$  шел инженер до встречи с заводской автомашиной?

## 2. Равноускоренное движение по прямой с $v_0 = 0$

2.1 Троллейбус, трогаясь с места, движется с постоянным ускорением  $a = 1,5 \text{ м/с}^2$ . Через сколько времени  $T$  он достигнет скорости  $v = 54 \text{ км/ч}$ ?

2.2 У поверхности самой крупной планеты Солнечной системы - Юпитера - тело за первую секунду свободного падения с нулевой начальной скоростью проходит путь  $s = 13 \text{ м}$ . Каково ускорение  $g$  свободного падения у поверхности Юпитера?

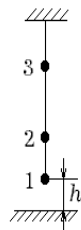
*Время движения разделено на равные длительности*

2.3 За какую секунду от начала движения путь, пройденный телом в равноускоренном движении, втрое больше пути, пройденного в предыдущую секунду?

2.4 Тело свободно падает с нулевой начальной скоростью с высоты  $h = 160 \text{ м}$ . Разделите эту высоту на две части такие, чтобы на прохождение каждой из них потребовалось одно и то же время.

2.5 Тело свободно падает с нулевой начальной скоростью с высоты  $h = 270 \text{ м}$ . Разделите эту высоту на три части такие, чтобы на прохождение каждой из них потребовалось одно и то же время.

2.6 К нити, подвешенной к потолку, прикреплены три маленьких шара. Нижний находится на расстоянии  $h$  от пола. Нить вверху пережигают. Какими должны быть расстояния  $s_{12}$  и  $s_{23}$  между шарами 1, 2 и 2, 3 соответственно, чтобы второй шар падал вдвое, а третий втрое дольше первого?



**2.7** За третью секунду равноускоренного движения с начальной скоростью равной нулю тело проходит  $s_3 = 20$  м. Найдите длину  $L$  пути за первые  $T = 5$  с движения.

**2.8** При равноускоренном движении по прямой с нулевой начальной скоростью тело прошло за первую секунду путь  $s_1 = 2$  м, а за последнюю  $s_n = 14$  м. Вычислите время  $T$  движения и путь  $s$ , пройденный телом за время движения.

*Длина пути разделена на равные части*

**2.9** Тело свободно падает с башни с нулевой начальной скоростью. Известно, что вторую половину пути оно прошло за  $\tau = 1$  с. Найдите высоту  $H$  башни. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**2.10** Провожающий находился в начале первого вагона, когда поезд тронулся и стал двигаться по прямой с постоянным ускорением. Во сколько  $n$  раз время движения первого вагона мимо провожающего больше времени движения десятого вагона?

**2.11** За какое время  $\tau$  свободно падающее с нулевой начальной скоростью тело пройдет сотый сантиметр пути? При решении следует воспользоваться формулой  $\sqrt{1 - \alpha} \approx 1 - \frac{\alpha}{2}$ , если  $\alpha \ll 1$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**2.12** Поезд начинает движение из состояния покоя и движется равноускоренно. На первом километре скорость поезда возрастает на  $\Delta v_1 = 10$  м/с. На сколько  $\Delta v_2$  возрастет его скорость на втором километре?

*Ни то, ни другое*

**2.13** Тело свободно падает с нулевой начальной скоростью с высоты  $H = 20$  м над землей. Какова скорость  $v$  тела перед самым ударом о землю и на какой высоте  $h$  его скорость равна  $v/2$ ? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**2.14** Поезд длиной  $l = 90$  м движется равноускоренно из состояния покоя. Головная часть поезда проходит мимо стрелочника, находящегося на расстоянии  $s = 130$  м от точки начала ее движения, со скоростью

$v_1 = 25$  м/с. Какова скорость  $v_2$  поезда, в тот момент, когда мимо стрелочника проходит хвостовая часть поезда?

**2.15** Тело двигалось по оси  $OX$  с постоянным ускорением. В точке  $x_2 = 2$  м проекция скорости  $v_{2X} = 2$  м/с, а в точке  $x_3 = 3$  м проекция скорости  $v_{3X} = 3$  м/с. Найдите координату  $x_1$  точки, из которой тело начало движение с нулевой начальной скоростью.

**2.16** Свободно падающее с нулевой начальной скоростью тело прошло последние  $s = 30$  м за  $\tau = 0,5$  с. С какой высоты  $H$  падало тело? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**2.17** Свободно падающее с нулевой начальной скоростью тело за последнюю секунду падения прошло  $\delta = 1/3$  пути  $H$ . Найдите время падения  $T$  и высоту  $H$ , с которой упало тело. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**2.18** В последнюю секунду свободного падения с нулевой начальной скоростью тело прошло путь в  $n$  раз больший, чем в предыдущую секунду. С какой высоты  $H$  падало тело? Ускорение свободного падения равно  $g$ .

**2.19** Доска, разделенная меткой на два неравных отрезка, скользит по наклонной плоскости с нулевой начальной скоростью. Первый отрезок прошел мимо черты, сделанной на наклонной плоскости в том месте, где находился передний край доски в начале движения, за время в  $n = 2$  раза большее, чем второй. Найдите отношение  $l_2/l_1$  длин отрезков, на которые разделена доска. Движение доски равноускоренное.

**2.20** Свободно падающее с нулевой начальной скоростью тело спустя некоторое время после начала падения находилось на высоте  $H_1 = 100$  м, а еще через время  $\tau = 2$  с - на высоте  $H_2 = 40$  м. С какой высоты  $H$  падало тело? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

### *Встреча*

**2.21** Две частицы вышли одновременно из одной точки пространства и движутся в одном направлении. Скорость первой частицы  $v_1 = 2$  м/с. Вторая частица движется равноускоренно с начальной скоростью

равной нулю. Через какое время  $T$  после старта и на каком расстоянии  $l$  от места старта частицы встретятся вновь, если ускорение второй частицы  $a_2 = 0,5 \text{ м/с}^2$ ?

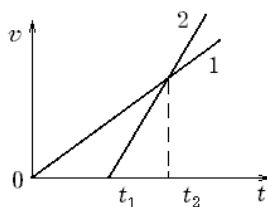
*Старт нескольких тел из одной точки с запаздыванием*

**2.22** С высокой башни с интервалом  $\tau = 1$  с бросают с нулевой начальной скоростью два камня. На каком расстоянии  $s$  друг от друга будут находиться камни в тот момент, когда скорость второго камня станет равной  $v = 30 \text{ м/с}$ ? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**2.23** С каким промежутком времени  $\tau$  оторвались от карниза две капли, если спустя  $t_2 = 2$  с после начала падения второй капли расстояние между каплями было  $s = 25 \text{ м}$ ? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**2.24** С крыши здания высотой  $H = 27 \text{ м}$  через одинаковые промежутки времени падают капли воды, причем первая ударяется о землю в тот момент, когда четвертая отрывается от крыши. На какой высоте  $h$  в этот момент находится третья капля? Каково в этот момент расстояние  $s_{23}$  между второй и третьей каплями?

**2.25** Два тела  $A$  и  $B$  движутся по одной прямой из одного и того же начального положения. Графики зависимости их скоростей от времени показаны на рисунке. Скорости тела  $A$  соответствует график 1, с угловым коэффициентом  $a_1$ , а скорости тела  $B$  - график с угловым коэффициентом  $a_2$ . Известны времена  $t_1$  и  $t_2$ . Найдите время  $T$  движения тела  $A$  до встречи.



### 3. Равноускоренное движение по прямой с $v_0 \neq 0$ (векторы $\vec{v}_0$ и $\vec{a}$ сонаправлены)

**3.1** Движущемуся прямолинейно со скоростью  $v_0 = 30 \text{ м/с}$  автомобилю сообщается ускорение  $a = 2 \text{ м/с}^2$  в направлении скорости на пути длиной  $s = 100 \text{ м}$ . Найдите конечную скорость  $v$  автомобиля.

**3.2** Тело, движущееся по прямой равноускоренно с начальной скоростью  $v_0 = 1$  м/с, достигает, пройдя некоторый путь, скорости  $v_1 = 7$  м/с. Найдите скорость  $v$  тела в тот момент, когда оно прошло половину этого пути.

**3.3** Тело, движущееся по прямой равноускоренно с начальной скоростью  $v_0 = 5$  м/с, достигает, пройдя некоторый путь, скорости  $v_2 = 10$  м/с. Какова была скорость  $v_1$  тела в тот момент, когда оно прошло  $n = 3/4$  этого пути?

**3.4** За  $T = 5$  с равноускоренного движения по прямой скорость тела увеличилась в  $n = 3$  раза и оно прошло путь  $s = 25$  м. Определите величину  $a$  ускорения тела.

**3.5** Тело, движущееся по прямой в одном направлении с постоянным ускорением, прошло за первую секунду  $s_1 = 1$  м, а за вторую  $s_2 = 2$  м. Найдите величину  $v_0$  начальной скорости тела.

**3.6** Реактивный самолет летит горизонтально со скоростью  $v_0 = 200$  м/с. С некоторого момента времени самолет разгоняется с горизонтальным ускорением  $a$  в течение  $T = 10$  с и в последнюю секунду разгона проходит путь  $s = 295$  м. Найдите величину  $a$  ускорения самолета.

**3.7** При равноускоренном движении тела по прямой с ненулевой начальной скоростью величина перемещения за пятую секунду больше величины перемещения за первую секунду на  $\Delta s = 10$  м. Найдите величину  $a$  ускорения тела.

**3.8** Автомобиль трогается с места и первый километр проходит с ускорением  $a_1$ , а второй - с ускорением  $a_2$ . При этом на первом километре его скорость возрастает на  $\Delta v_1 = 10$  м/с, а на втором на  $\Delta v_2 = 5$  м/с. Найдите отношение  $a_2/a_1$ . Движение прямолинейное.

#### **4. Равнозамедленное движение по прямой**

(векторы  $\vec{v}$  и  $\vec{a}$  направлены в противоположные стороны)

**4.1** Хоккейная шайба скользит до остановки  $s_1 = 5$  м, если ей сообщают начальную скорость  $v_1 = 2$  м/с. Определите путь  $s_2$ , пройденный

шайбой до остановки, если ей сообщить начальную скорость  $v_2 = 4$  м/с. Ускорение шайбы постоянно и одинаково в обоих случаях.

**4.2** На первом километре участка торможения скорость поезда уменьшилась на  $\Delta v_1 = 2$  м/с. Определите скорость  $v$  в начале последнего километра пути. В ходе торможения поезд движется по прямой равнозамедленно с начальной скоростью  $v_0 = 17$  м/с.

**4.3** Поезд движется прямолинейно и равнозамедленно. На последнем километре скорость поезда уменьшилась от  $v_1 = 10$  м/с до нуля. На сколько  $\Delta v_2$  уменьшилась скорость на предпоследнем километре?

**4.4** В течение  $T = 6$  с тело движется равнозамедленно, причем в начале шестой секунды его скорость  $v_5 = 2$  м/с, а в конце - равна нулю. Найдите длину  $L$  пути, пройденного телом.

**4.5** За пятую секунду равнозамедленного движения тело проходит  $s_5 = 30$  см и останавливается. Найдите путь  $s_2$ , который тело проходит за вторую секунду этого движения.

**4.6** Автомобиль движется вдоль прямой  $OX$  с ускорением  $a_x = -1$  м/с<sup>2</sup>. В некоторый момент времени его скорость  $v_{1X} = 10,5$  м/с. Найдите перемещение  $s_x$  автомобиля за следующую секунду.

**4.7** В процессе торможения при подходе к платформе поезд останавливается, пройдя путь  $s = 75$  м. Найдите начальную скорость  $v_0$  поезда, если за предпоследнюю секунду он прошел расстояние  $l = 2,25$  м. Движение поезда в процессе торможения считайте равнозамедленным.

**4.8** Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за  $\tau_1 = 1$  с, а второй - за  $\tau_2 = 1,5$  с. Длина каждого вагона  $l = 12$  м. Найдите скорость  $v_0$  поезда в начале наблюдения. Движение поезда равнопеременное.

**4.9** При равнопеременном движении по прямой в одном направлении тело проходит последовательно два одинаковых отрезка пути по  $s = 24$  м каждый. Найдите скорость  $v$  в начале второго отрезка, если первый отрезок пройден телом за время  $T_1 = 4$  с, а второй за время  $T_2 = 6$  с.

**4.10** От движущегося поезда отцепляют последний вагон. Поезд продолжает двигаться с той же скоростью, а вагон движется равномерно до остановки. Найдите отношение  $L/l$  путей, пройденных поездом и вагоном от момента их расцепки до момента остановки вагона.

**5. Равнопеременное движение по прямой с  $v_0 \neq 0$**   
(векторы  $\vec{v}_0$  и  $\vec{a}$  противоположны по направлению)

**5.1** Камень брошен вертикально вверх. На некоторой высоте камень оказывается через  $t_1 = 1$  с и  $t_2 = 3$  с после старта. Определите начальную скорость  $v_0$  камня. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**5.2** Стрела, пущенная вертикально вверх, достигла максимальной высоты  $H = 40$  м. На какой высоте  $h$  находилась стрела через время  $\tau = 2$  с после старта? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**5.3** Мячик брошен вертикально вверх. Через промежуток времени, равный половине времени подъема на максимальную высоту, мячик оказался на высоте  $h$  над точкой бросания. На какую максимальную высоту  $H$  поднялся мячик?

**5.4** Камень, брошенный вертикально вверх, достиг максимальной высоты  $H = 20$  м. Через какое время  $\tau$  после броска он находился на высоте  $h = 15$  м? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**5.5** Камень, брошенный вертикально вверх, оказался на высоте  $h_2 = 20$  м через время  $\tau = 2$  с после того, как он побывал на высоте  $h_1 = 16$  м. Определите максимальную высоту  $H$ , на которую поднялся камень во время полета. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

*Длина пути*

**5.6** Приращение  $\Delta x$  координаты  $x$  автомобиля, движущегося по прямой, описывается уравнением  $\Delta x = 10t - t^2$ , где  $\Delta x$  выражено в метрах,  $t$  - в секундах. Сколько времени  $T$  двигался автомобиль равномерно до остановки? Какой путь  $l$  он прошел при этом?



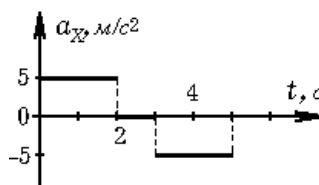
**5.7** Шайбу запускают вверх по наклонной плоскости с начальной скоростью  $v_0 = 20$  м/с. Ее ускорение  $a = 1$  м/с<sup>2</sup>. Векторы  $\vec{v}_0$  и  $\vec{a}$  направлены в противоположные стороны. Найдите длину  $l$  пути, пройденного шайбой за  $T = 40$  с.

**5.8** Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $v_0 = 30$  м/с. Найдите длину  $L$  пути, пройденного телом за первые  $T = 5$  с движения. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

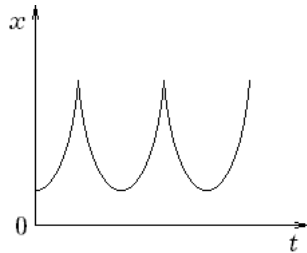
**5.9** Тело движется с начальной скоростью  $v_0 = 10$  м/с и постоянным ускорением  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>, причем векторы начальной скорости и ускорения направлены в противоположные стороны. Найдите длину  $L$  пути, пройденного телом за первые  $T = 10$  с движения.

**5.10** Вдоль координатной оси  $Ox$  движется тело. Проекция его скорости на ось  $Ox$  зависит от времени по закону  $v_x = 40 - 20t$ , где время и скорость выражены в единицах системы СИ. Найдите длину  $L$  пути, пройденного телом за первые  $T = 3$  с движения.

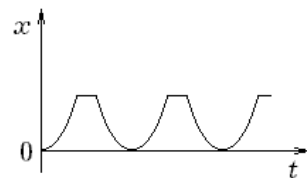
**5.11** Частица движется из состояния покоя вдоль оси  $Ox$  в течение 5 секунд с ускорением, зависимость проекции  $a_x$  которого от времени  $t$ , приведена на графике. Какой путь  $s$  пройдет частица за время от  $t = 0$  с до  $t = 5$  с?



**5.12** Дан график зависимости  $x(t)$  координаты материальной точки от времени. Постройте графики зависимости проекции скорости  $v_x(t)$ , модуля скорости  $v(t)$ , проекции ускорения  $a_x(t)$ , модуля ускорения  $a(t)$  и длины пути  $s(t)$  от времени. Кривые на графике  $x(t)$  считайте параболлами.

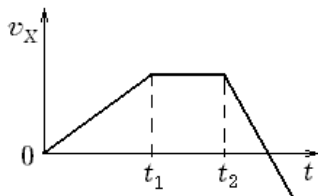


**5.13** Дан график зависимости координаты материальной точки от времени  $x(t)$ . Постройте графики зависимости проекции скорости  $v_x(t)$ , модуля скорости  $v(t)$ ,



проекция ускорения  $a_x(t)$ , модуля ускорения  $a(t)$  и длины пути  $s(t)$  от времени. Кривые на графике  $x(t)$  считайте параболлами.

**5.14** Дан график зависимости проекции  $v_x(t)$  скорости некоторого тела от времени. Постройте графики зависимостей  $v(t)$ ,  $a_x(t)$ ,  $x(t)$  и длины пути  $s(t)$ . Считайте, что при  $t = 0$   $x = 0$  и  $s = 0$ .



*Средняя скорость*

**5.15** Автомобиль прошел первую половину пути со скоростью  $v_1 = 40$  км/ч, а вторую — со скоростью  $v_2 = 60$  км/ч. Найдите среднюю скорость  $\langle v \rangle$  на всем пройденном пути.

**5.16** Автомобиль прошел половину пути со скоростью  $v_1 = 60$  км/ч. Оставшуюся половину пути он половину времени шел со скоростью  $v_2 = 15$  км/ч, а последний участок — со скоростью  $v_3 = 45$  км/ч. Найдите среднюю скорость  $\langle v \rangle$  автомобиля на всем пути.

**5.17** Поезд первую половину пути шел со скоростью в  $n = 1,5$  раза большей, чем вторую половину пути. Средняя скорость поезда на всем пути  $\langle v \rangle = 43,2$  км/ч. Найдите скорости  $v_1$  и  $v_2$  поезда на первой и второй половинах пути соответственно.

**5.18** Тело свободно падает с нулевой начальной скоростью с высоты  $H = 45$  м. Найдите среднюю скорость  $\langle v \rangle$  падения на нижней половине пути. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**5.19** Расстояние между двумя станциями поезд прошел со средней скоростью  $\langle v \rangle = 72$  км/ч за  $T = 20$  мин. Разгон и торможение происходили с постоянными ускорениями и вместе длились  $\tau = 4$  мин, а остальное время поезд двигался равномерно. Какой была скорость  $V$  поезда при равномерном движении?

**5.20** Автомобиль, двигаясь равнозамедленно по прямой, преодолел участок подъема со средней скоростью  $\langle v \rangle = 25$  м/с, при этом его скорость в конце подъема меньше скорости в начале подъема на  $\Delta v = 14$  м/с. Найдите скорость  $v$  автомобиля в середине участка подъема.

**5.21** Двигаясь прямолинейно и равноускоренно, поезд преодолел участок склона со средней скоростью  $\langle v \rangle = 15$  м/с, увеличив на этом участке скорость на  $\Delta v = 11$  м/с. Найдите скорость  $v$ , с которой поезд двигался на середине склона.

**5.22** Модель ракеты взлетает вертикально вверх с ускорением  $a = 4$  м/с<sup>2</sup>. Двигатель модели работает в течение  $T = 10$  с. Найдите среднюю скорость  $\langle v \rangle$  за время от старта до достижения наивысшей точки траектории.

**5.23** Метеорологическая ракета взлетает вертикально вверх с постоянным ускорением в течение всего времени работы двигателей  $T = 25$  с. Средняя скорость ракеты за время полета от старта до достижения наивысшей точки траектории  $\langle v \rangle = 200$  м/с. Найдите величину  $a$  ускорения на участке разгона.

**5.24** Двигаясь равноускоренно по прямой из состояния покоя, тело проходит некоторый путь. Чему равно отношение средней скорости тела на второй половине пути к средней скорости на первой половине пути?

**5.25** Тело в течение времени  $T$  движется прямолинейно с постоянной скоростью  $v_0 = 5$  м/с. Затем скорость его линейно растёт со временем так, что в момент времени  $2 \cdot T$  она равна  $2 \cdot v_0$ . Найдите среднюю скорость  $\langle v \rangle$  на первой половине пути.

**5.26** Тело в течение времени  $T$  движется прямолинейно с постоянной скоростью  $v_0 = 10$  м/с. Затем скорость его линейно убывает со временем так, что в момент времени  $2 \cdot T$  она равна  $v_0/2$ . Найдите среднюю скорость  $\langle v \rangle$  на второй половине пути.

**5.27** Материальная точка движется вдоль координатной оси  $OX$  со скоростью, проекция  $v_x$  которой зависит от времени  $t$  по закону  $v_x(t) = 10 - 2 \cdot t$ . Здесь все величины измерены в единицах СИ. Найдите среднюю скорость  $\langle v \rangle$  на пути, пройденном за время от  $t_1 = 0$  до  $t_2 = 10$  с.

**5.28** Приращение  $\Delta x$  координаты материальной точки, движущейся вдоль координатной оси  $OX$ , зависит от времени  $t$  по закону  $\Delta x = x(t) - x_0 = -3 \cdot t + 0,5 \cdot t^2$ , здесь все величины измерены в единицах СИ. Найдите

среднюю скорость  $\langle v \rangle$  на пути, пройденном материальной точкой за время от  $t_1 = 0$  с до  $t_2 = 5$  с.

**5.29** Координата  $x$  материальной точки, движущейся вдоль координатной оси  $OX$ , зависит от времени  $t$  по закону  $x = 10 \cdot t - t^2$ , здесь все величины измерены в единицах СИ. Найдите среднюю скорость  $\langle v \rangle$  на пути, пройденном материальной точкой за время от  $t_1 = 1$  с до  $t_2 = 5$  с.

*Одновременный старт двух тел из одной точки*

**5.30** С башни высотой  $h = 10$  м бросают одновременно два шарика: один вертикально вверх со скоростью  $v_1 = 10$  м/с, другой - с нулевой начальной скоростью. Через какой промежуток времени  $T$  друг после друга шарики упадут на землю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

*Старт нескольких тел из одной точки с запаздыванием*

**5.31** Два тела брошены вертикально вверх из одной и той же точки с одинаковой начальной скоростью  $v_0 = 19,6$  м/с с промежутком времени  $\tau = 0,5$  с. Через какое время  $T$  с момента бросания второго тела и на какой высоте  $h$  над точкой старта они встретятся? Ускорение свободного падения  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

**5.32** Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0 = 3,13$  м/с. Когда оно достигло наибольшей высоты подъема, из той же точки с такой же начальной скоростью брошено второе тело. На каком расстоянии  $s$  от точки старта встретятся тела? Ускорение свободного падения  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

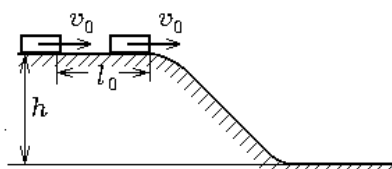
**5.33** Жонглер бросает с одного и того же уровня два шарика вертикально вверх с начальными скоростями  $v_0 = 5$  м/с один за другим через промежуток времени  $\tau = 0,2$  с. Через какое время  $T$  после бросания первого шарика оба шарика окажутся на одной высоте. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**5.34** Жонглер бросает мячи с одного и того же уровня вертикально вверх с одинаковыми начальными скоростями и через одинаковые промежутки времени  $\tau$ . Каждый мяч находится в полете в течение времени  $T = 4 \cdot \tau$ . В момент бросания четвертого мяча расстояние между вторым

и третьим мячами  $s = 0,5$  м. Найдите длительность  $T$  полета мяча. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**5.35** Два тела одно за другим с интервалом  $\tau = 3$  с брошены из одной точки: первое - вертикально вверх с начальной скоростью  $v_1 = 5$  м/с, второе - вертикально вниз с начальной скоростью  $v_2 = 30$  м/с. Определите место встречи. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**5.36** Два тела на расстоянии  $l_0$  друг от друга движутся со скоростью  $v_0$  по горизонтальной поверхности. Каким будет расстояние  $l$  между телами после спуска с горки высотой  $h$ ? Трения нет. Переход на горку и с горки плавный. Ускорение свободного падения  $g$ .



*Одновременный старт двух тел из разных точек*

**5.37** Первое тело брошено с некоторой высоты над поверхностью земли вертикально вверх с начальной скоростью  $v_1 = 10$  м/с. Второе тело падает из точки, расположенной на  $H = 30$  м выше точки старта первого тела, с начальной скоростью  $v_2 = 0$  м/с. Найдите зависимость расстояния  $l$  между телами от времени  $t$ , если известно, что тела начали двигаться одновременно. Определите, через какое время  $T$  после начала движения тела встретятся.

**5.38** Из точек  $A$  и  $B$ , расположенных на одной вертикали (точка  $A$  выше  $B$ ) на расстоянии  $l = 100$  м друг от друга, бросают одновременно два тела с одинаковой по величине скоростью  $v_0 = 10$  м/с: из  $A$  - вертикально вниз, из  $B$  - вертикально вверх. Через сколько времени  $T$  и в каком месте они встретятся? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

*Старт двух тел из разных точек с запаздыванием*

**5.39** Из точки  $A$  выходит тело, движущееся вдоль прямой  $AB$  с начальной скоростью  $v_1 = 3$  м/с и ускорением  $a_1 = 2$  м/с<sup>2</sup>. Ускорение  $\vec{a}_1$  и начальная скорость  $\vec{v}_1$  - сонаправленные векторы. Через время  $\tau = 1$  с из точки  $B$  выходит другое тело, движущееся с постоянной скоростью  $v_2 = 5$  м/с навстречу первому. Сколько времени  $T$  будет двигаться второе тело до встречи с первым, если расстояние  $AB$  равно  $l = 100$  м?

*Разное*

**5.40** С некоторой высоты  $H$  мяч брошен вниз со скоростью  $v_0 = 15$  м/с. После неупругого удара о поверхность земли мяч подскочил на высоту  $H/2$ . Найдите  $H$ , если время подъема после удара оказалось в  $n = 2$  раза больше времени падения. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**5.41** Из орудия выстрелили вертикально вверх. Время равноускоренного движения снаряда в стволе  $T = 0,02$  с, длина ствола  $L = 2$  м. Какой максимальной высоты  $H$  достигнет снаряд? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**5.42** Определите время  $T$  равноускоренного движения снаряда в вертикально установленном стволе орудия, если снаряд достигает после выстрела высоты  $H = 4,5 \cdot 10^3$  м. Длина ствола  $L = 3$  м. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**5.43** Ракета, запущенная в вертикальном направлении с Земли, движется в течение  $T_1 = 50$  с с ускорением  $a = 20$  м/с<sup>2</sup>. Затем двигатели мгновенно отключают. Через какое время  $T_2$  после старта ракета упадет на Землю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**5.44** Нырятьщик, прыгнув с нулевой начальной скоростью со скалы высотой  $H = 20$  м, погрузился в воду на глубину  $h = 10$  м. Сколько времени  $T$  он двигался в воде до остановки? Ускорение ныряльщика в воздухе  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Скорость ныряльщика при входе в воду не изменяется. Ускорение ныряльщика в воде постоянно.

**5.45** Камень падает в шахту с нулевой начальной скоростью. Через  $\tau = 6$  с слышен звук удара камня о дно. Определите глубину  $h$  шахты.

Скорость звука в воздухе  $v = 330$  м/с, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

## 6. Движение по окружности.

**6.1** Определите модуль и направление ускорения  $\vec{a}$  человека, сидящего на равномерно вращающейся карусели на расстоянии  $r = 5$  м от ее оси. Карусель совершает один оборот за  $T = 20$  с.

**6.2** Точка движется по окружности радиусом  $R = 20$  см с постоянным тангенциальным ускорением  $a_t = 5$  см/с<sup>2</sup>. Через сколько времени  $t_1$  после начала такого движения нормальное ускорение будет равно тангенциальному? Через сколько времени  $t_2$  после начала такого движения нормальное ускорение будет вдвое больше тангенциального?

## 7. Относительность движения

**7.1** Расстояние между двумя лодочными станциями моторная лодка проходит по течению за  $t_1 = 10$  мин, а против течения за  $t_2 = 30$  мин. За какое время  $t_3$  это расстояние проплывет упавший в воду спасательный круг? Величина скорости моторной лодки относительно воды постоянна.

**7.2** Мимо пристани проходит плот. В этот момент в поселок, находящийся на расстоянии  $l_1 = 15$  км от пристани вниз по реке, отправляется моторная лодка. Она дошла до поселка за время  $\tau = 3/4$  ч и, повернув обратно, встретилась с плотом на расстоянии  $l_2 = 9$  км от поселка. Найдите скорость  $V$  течения реки и скорость  $v'$  лодки относительно воды, считая ее постоянной.

**7.3** Корабль длиной  $L = 230$  м движется в море равномерно и прямолинейно со скоростью  $V = 10$  м/с. Быстроходный катер проходит расстояние от кормы движущегося корабля до его носа и обратно за время  $T = 50$  с. Определите скорость  $v$  катера относительно воды, считая ее постоянной по величине.

**7.4** Эскалатор поднимает неподвижно стоящего на нем пассажира в течение  $t_1 = 1$  мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за  $t_2 = 3$  мин. Сколько времени  $t_3$  будет подниматься идущий вверх пассажир по движущемуся вверх эскалатору?

**7.5** Расстояние между гребнями волн в море  $\lambda = 5$  м. При движении моторной лодки навстречу волне за  $\tau = 1$  с лодка совершает  $n_1 = 4$  колебания, а при попутном -  $n_2 = 2$  колебания. Найдите величины скоростей  $v$  лодки и  $V$  волны, считая их постоянными относительно берега.

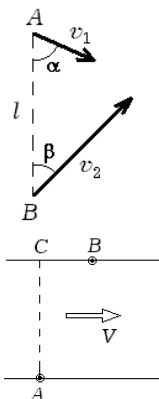
**7.6** Проплывая по реке под мостом против течения, лодочник потерял соломенную шляпу. Обнаружив пропажу через  $T = 10$  мин, он повернул назад и подобрал шляпу на расстоянии  $l = 1$  км ниже моста по течению. Определите скорость  $V$  течения реки. Считайте, что скорость лодки относительно воды постоянна.

**7.7** Вагон шириной  $d = 2,4$  м, движущийся со скоростью  $V = 15$  м/с, был пробит пулей, летящей горизонтально и перпендикулярно направлению движения вагона. Смещение отверстий в стенках в направлении движения вагона  $l = 6$  см. Найдите скорость  $v$  пули относительно земли.

**7.8** Найдите скорость  $v$  капель отвесно падающего дождя, если шофер легкового автомобиля заметил, что капли дождя не оставляют следа на заднем стекле, наклоненном вперед под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту, когда скорость автомобиля больше  $V = 30$  км/ч.

**7.9** С какой скоростью  $v'$  и под каким углом  $\beta$  к меридиану должен лететь самолет, чтобы за время  $\tau = 2$  ч пролететь точно на север  $l = 300$  км, если во время полета дует северо-западный ветер под углом  $\alpha = 30^\circ$  к меридиану со скоростью  $V = 27$  км/ч? Величины  $v'$  и  $\beta$  определены в системе отсчета, связанной с движущимся воздухом.

**7.10** Корабль  $A$  и торпеда  $B$  в некоторый момент времени находятся на расстоянии  $l = 1$  км друг от друга. Направления их скоростей указаны на рисунке, причем  $v_1 = 10$  м/с,  $v_2 = 20$  м/с,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ . На каком минимальном расстоянии  $d$  друг от друга пройдут корабль и торпеда?



**7.11** Человек в лодке должен попасть из пункта  $A$  в пункт  $B$ , находящийся на противоположном берегу ре-



ки. С какой наименьшей по величине скоростью  $v'$  относительно воды должна плыть лодка, чтобы приплыть в пункт  $B$ ? Скорость течения реки  $V$ ,  $AC = a$ ,  $CB = b$ .

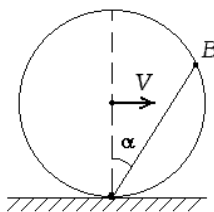
**7.12** Величина скорости лодки в стоячей воде  $v'$ . Скорость течения реки  $V$ , причем  $V > v'$ . Под каким углом  $\alpha$  к береговой линии нужно держать корпус лодки во время переправы, чтобы снос лодки был минимальным? (Снос - это расстояние, на которое сместится лодка вдоль реки к моменту причаливания к противоположному берегу.)

**7.13.** Приборы, установленные на корабле, идущем на север со скоростью  $V = 36$  км/ч, показывают скорость ветра  $v' = 5$  м/с. Флаг на мачте корабля образует прямой угол с направлением движения. Что покажут аналогичные приборы, установленные на берегу?

**7.14.** Самолет летит по прямой из пункта  $A$  в пункт  $B$  и возвращается назад в пункт  $A$ . Скорость самолета в безветренную погоду  $v'$ . Найдите отношение средних скоростей за время всего перелета для случаев, когда во время перелета ветер дует вдоль линии  $AB$  и перпендикулярно линии  $AB$ . Скорость ветра  $V$ .

**7.15.** Пропеллер самолета радиусом  $R = 1,5$  м вращается с частотой  $\nu = 2000$  об/мин, причем посадочная скорость самолета относительно земли равна  $V = 162$  км/ч. Каковы скорости  $v'$  и  $v$  точки на конце пропеллера относительно самолета и относительно земли соответственно?

**7.16** По горизонтальной дороге катится без скольжения обруч радиусом  $R$ . Скорость центра обруча относительно дороги постоянна и равна  $\vec{V}$ . Выразите величины  $v_B$  скорости и  $a_B$  ускорения точки  $B$  обруча как функцию угла  $\alpha$  между вертикалью и прямой, проведенной через точку соприкосновения обруча с дорогой и данную точку  $B$ .



## 8. Движение по параболе

**8.1** С какой начальной скоростью  $v_0$  следует выпустить сигнальную ракету под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту, чтобы она вспыхнула в наи-

высшей точке траектории? Время горения запала ракеты  $\tau = 5$  с. Ускорение свободного падения  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

**8.2** Тело брошено под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0 = 10 \text{ м/с}$ . Найдите величину  $v$  скорости тела через  $\tau = 1$  с после начала движения и угол  $\beta$  между вектором  $\vec{v}$  и горизонтом. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**8.3** Тело брошено под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0 = 20 \text{ м/с}$ . Через сколько времени  $\tau$  оно будет двигаться под углом  $\beta = 45^\circ$  к горизонту? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**8.4** Двое играют в мяч, бросая его друг другу. Какой наибольшей высоты  $H$  достигает мяч во время игры, если от одного игрока к другому он летит  $T = 2$  с? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**8.5** Мяч, брошенный одним игроком другому под некоторым углом к горизонту со скоростью  $v_0 = 20 \text{ м/с}$ , достиг высшей точки траектории через  $\tau = 1$  с. На каком расстоянии  $L$  друг от друга находились игроки? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**8.6** Гимнаст в цирке прыгает с подкидного трамплина и через время  $T = 1,2$  с приземляется на расстоянии  $L = 6$  м от трамплина. Точка приземления и трамплин расположены на одном горизонте. Определите величину  $v_0$  скорости в момент прыжка и угол  $\alpha$  наклона вектора  $\vec{v}_0$  к горизонтальной плоскости. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**8.7** Из трех труб, расположенных на земле, с одинаковой по величине скоростью бьют струи воды: под углами  $\alpha_1 = 60^\circ$ ,  $\alpha_2 = 45^\circ$  и  $\alpha_3 = 30^\circ$  к горизонту. Найдите отношение наибольших высот подъема струй воды, вытекающей из каждой трубы, и отношение дальностей падения воды на землю.

**8.8** Теннисист при подаче запускает мяч с высоты  $h = 2$  м над землей. На каком расстоянии  $l$  по горизонту от теннисиста мяч ударится о землю, если начальная скорость равна  $v_0 = 16 \text{ м/с}$  и направлена под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**8.9** Спортсмен прыгает с десятиметровой вышки и погружается в воду через  $T = 2$  с на расстоянии  $l = 3$  м по горизонтали от проекции

края вышки на поверхность воды. Найдите величину  $v_0$  начальной скорости спортсмена и угол  $\alpha$  между вектором начальной скорости и горизонтом. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**8.10** Через  $\tau = 3 \text{ с}$  после выстрела проекции скорости пули на горизонтальную ( $OX$ ) и вертикальную ( $OY$ ) оси равны соответственно  $v_x = 30 \text{ м/с}$  и  $v_y = 10 \text{ м/с}$ . Определите дальность  $L$  полета пули и максимальную высоту подъема  $H$ . Ось  $OY$  направлена вертикально вверх, ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Точки старта и финиша находятся на горизонтальной прямой.

**8.11** Из одной точки одновременно бросают два тела - одно горизонтально, другое вертикально вверх с одинаковыми по величине скоростями  $v_0$ . На каком расстоянии  $s$  друг от друга окажутся тела через время  $t$ ?

**8.12** Цель, находящаяся на холме, видна с места расположения орудия под углом  $\gamma$  к горизонту. Расстояние от орудия до проекции цели на горизонт равно  $L$ . Стрельба по цели производится при угле наклона  $\alpha$  ствола к горизонту. Определите величину  $v_0$  начальной скорости снаряда, попадающего в цель. При каком угле возвышения  $\alpha^*$  дальность стрельбы вдоль склона будет максимальной? Ускорение свободного падения  $g$ .

**8.13** Самолет, летящий на высоте  $h$  горизонтально по прямой со скоростью  $v_0$ , должен сбросить бомбу в цель, лежащую прямо по курсу самолета. Под каким углом  $\beta$  к вертикали летчик должен видеть цель в момент сбрасывания бомбы? Ускорение свободного падения  $g$ .

**8.14** Самолет снижается к цели под углом  $\alpha$  к горизонту со скоростью  $\vec{v}_1$ . Самолет и цель все время находятся в одной и той же вертикальной плоскости. Скорость  $\vec{v}_2$  цели горизонтальна и ее направление совпадает с горизонтальной составляющей скорости самолета. На каком расстоянии  $L$  от цели по горизонтали самолет, находясь на высоте  $h$ , должен сбросить бомбу, чтобы поразить цель? Ускорение свободного падения  $g$ .

**8.15** Тело брошено со скоростью  $v_0 = 150$  м/с под углом  $\alpha = \arcsin(2\sqrt{2}/3)$  к горизонту. За полетом тела наблюдают в оптическую трубу, установленную в точке бросания. Через какое время  $\tau$  скорость тела будет перпендикулярна оси трубы? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**8.16** Воздушный шар поднимается с поверхности Земли. Скорость его подъема постоянна и равна  $v_0 = 5$  м/с. Благодаря ветру шар приобретает горизонтальную компоненту скорости, которая пропорциональна в каждый момент времени высоте шара над поверхностью Земли. Коэффициент пропорциональности  $k = 0,2$  с<sup>-1</sup>. На какое расстояние  $l$  переместится шар по горизонтали, когда он достигнет высоты  $H = 100$  м?

## 9. Кинематика соударений.

**9.1** Стальной шарик, упавший с высоты  $h_1 = 1,5$  м на стальную плиту, отскакивает от нее со скоростью  $\vec{v}_2 = -0,75 \cdot \vec{v}_1$ , где  $\vec{v}_1$  - скорость, с которой шарик подлетел к плите. На какую высоту  $h_2$  он поднимается? Сколько времени  $T$  пройдет от начала движения шарика до момента второго удара о плиту? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**9.2** Два тела падают с одной и той же высоты. На пути первого тела находится расположенная под углом  $45^\circ$  к горизонту гладкая площадка, от которой это тело упруго отражается. Как различаются времена полета и величины скоростей в момент падения тел на землю?

**9.3** Тело падает с высоты  $H$  на гладкую наклонную плоскость. Через сколько времени  $T$  после упругого удара тело опять упадет на наклонную плоскость? Ускорение свободного падения  $g$ .

**9.4** С высоты  $H$  на гладкую упругую наклонную плоскость, образующую с горизонтом угол  $\alpha$ , свободно падает упругий гладкий мяч. Найдите расстояние  $s_1$  от точки первого удара до точки второго удара и отношение расстояний между точками, в которых подпрыгивающий мяч соударяется с наклонной плоскостью.

**9.5** Шарик свободно падает с нулевой начальной скоростью и, пролетев расстояние  $H$ , сталкивается упруго с массивной горизонтальной

плитой, движущейся вертикально вверх со скоростью  $V$ . На какую высоту  $h$  (в системе “Земля”) над точкой удара подскочит шарик после удара? Ускорение свободного падения  $g$ .

**9.6** Шайба движется по гладкому горизонтальному столу между двумя массивными вертикальными параллельными стенками, соударяясь с ними абсолютно упруго. Скорость шайбы перпендикулярна стенкам. Одна из стенок закреплена, другая движется от нее с постоянной скоростью  $V = 0,5$  м/с. Определите конечную скорость  $\vec{v}$  шайбы, если перед первым соударением со стенкой скорость шайбы  $v_0 = 19,5$  м/с.

**9.7** По покоящемуся футбольному мячу производится удар, причем скорость ботинка перед ударом и после него неизменна и равна  $\vec{V}$ . Считая удар упругим, определите скорость мяча  $\vec{v}$  после удара.

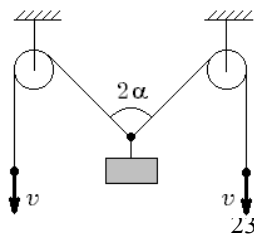
**9.8** Мяч, брошенный вслед идущему со скоростью  $V = 18$  км/ч грузовику, попадает в расположенный вертикально задний борт, перпендикулярно его плоскости. Определите скорость  $v$  мяча перед ударом, если после удара он падает вертикально вниз. Удар считать абсолютно упругим.

## 10. Кинематика твердого тела.

**10.1** Толпа муравьев волочит кусочек коры в форме равностороннего треугольника. Известно, что в некоторый момент времени скорость вершины  $B$  равна  $\vec{v}$  и направлена вдоль  $AB$ , а скорость вершины  $C$  направлена вдоль  $CB$ . Найдите величину  $v_C$  скорости вершины  $C$  в тот же момент.

**10.2** Стоящий на высоком берегу человек подтягивает лодку, выбирая с некоторой постоянной по величине скоростью  $v_в$  привязанную к носу лодки веревку. Определите величину  $v_л$  скорости лодки в момент, когда веревка составляет с горизонтом угол  $\alpha$ .

**10.3** Рабочие, поднимающие груз, тянут канаты с одинаковой скоростью  $v$ . Какую скорость  $u$  имеет груз в тот момент, когда



угол между канатами, к которым он прикреплен, равен  $2\alpha$ ?

**10.4** Стержень шарнирно соединен с муфтами  $A$  и  $B$ , которые перемещаются по двум взаимно перпендикулярным рейкам. Муфта  $A$  движется с постоянной скоростью  $v_A = 30$  см/с. Найдите скорость  $v_B$  муфты  $B$  в момент, когда стержень составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с рейкой, по которой движется муфта  $A$ .

**10.5** Гладкий диск радиусом  $R = 15$  см, плоскость которого горизонтальна, вращается вокруг оси, совершая  $n = 35$  об/мин. От поверхности диска на расстоянии  $r = 5$  см от его оси отрывается небольшое тело, которое без трения скользит по диску. Через какое время  $\tau$  тело упадет с диска?

**10.6** При равномерном движении по окружности линейная скорость точки  $v = 2$  м/с. Угловая скорость радиус-вектора точки равна  $\omega = 1$  рад/с. Найдите величину  $a$  ускорения точки.

**10.7** Пассажир летящего над экватором на высоте  $H = 10$  км самолета видит восходящее Солнце. Через какое время  $\tau$  увидит Солнце наблюдатель, находящийся на Земле на одной вертикали с самолетом? Радиус Земли  $R = 6400$  км. Искривлением хода солнечных лучей в атмосфере пренебречь.

**10.8** На легкий шкив радиусом  $R = 10$  см намотана нить, к концу которой прикреплен груз. Груз опускается из состояния покоя с ускорением  $a = 2$  см/с<sup>2</sup>. Найдите угловую скорость  $\omega$  шкива в момент, когда груз опустится на  $H = 100$  см.

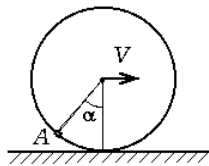
**10.9** Маховик, совершавший  $n_0$  об/с (оборотов в секунду), стал вращаться равнозамедленно с момента, когда был выключен мотор, и остановился через время  $T$ . Сколько оборотов  $N$  сделал маховик за это время?

**10.10** Найдите скорость  $V$  движения автомобиля, если его колеса радиусом  $R = 30$  см вращаются с частотой  $n = 19$  об/с. Проскальзывания нет.

**10.11** Колеса электровоза диаметром  $d = 1,2$  м совершают  $n = 300$  об/мин. С какой скоростью  $V$  движется электровоз? Колеса вращаются без проскальзывания.

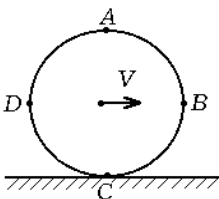
**10.12** Ведущая шестерня велосипедной цепной передачи имеет диаметр  $D = 30$  см. Она соединена цепью с шестерней заднего колеса. Диаметр этой шестерни  $d = 10$  см. Если велосипедист крутит педали с частотой  $n = 1$  об/с, а радиус колес  $R = 35$  см, то с какой скоростью  $V$  он едет? Проскальзывания заднего колеса нет.

**10.13** С колеса автомобиля, движущегося без проскальзывания со скоростью  $V$ , слетают комки грязи. Радиус колеса  $R$ . На какую высоту  $H$  над дорогой будет отбрасываться грязь, оторвавшаяся от точки  $A$  колеса, положение которой задано углом  $\alpha$ ? Ускорение свободного падения  $g$ .



**10.14** Сплошной диск катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости с постоянной скоростью  $\vec{V}$ .

1) Докажите, что величина линейной скорости любой точки диска, лежащей на его ободе, в системе отсчета, связанной с осью диска, равна величине скорости поступательного движения диска.



2) Определите величину и направление скоростей точек  $A, B, C$  и  $D$ , лежащих на ободе диска в системе отсчета, связанной с горизонтальной плоскостью.

3) Какие точки диска имеют в системе, связанной с горизонтальной плоскостью, ту же по абсолютной величине скорость, что и центр диска?

**10.15** Бревно передвигают по каткам диаметром  $d = 20$  см со скоростью  $v = 0,4$  м/с. С какой скоростью  $V$  перемещаются оси катков? Найдите угловую скорость  $\omega$  вращения катков. Бревно по каткам и катки по земле движутся без проскальзывания.

**10.16** Две параллельные рейки движутся в одну сторону с постоянными скоростями  $v_1 = 6$  м/с и  $v_2 = 4$  м/с. Между рейками зажат диск радиусом  $R = 0,5$  м, катящийся по рейкам без проскальзывания. Найдите скорость  $V$  его центра и угловую скорость  $\omega$  вращения.

**10.17** Палочка  $AB$  длины  $l$  движется в плоскости так, что в данный момент времени скорость точки  $A$  направлена под углом  $\alpha$ , а скорость

точки  $B$  - под углом  $\beta$  к палочке. Величина скорости точки  $A$  равна  $v_1$ .  
Определите величину  $v_2$  скорости точки  $B$ . Найдите положение неподвижной оси, относительно которой в рассматриваемый момент времени палочка вращается (т.е. найдите положение мгновенной оси вращения палочки). Начертите распределение скоростей точек палочки  $AB$ .