НАЧАЛЬНОЕ И СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Т. И. ТРОФИМОВА, А. В. ФИРСОВ

ФИЗИКА

ДЛЯ ПРОФЕССИЙ И СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО И ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ПРОФИЛЕЙ

СБОРНИК ЗАДАЧ

*Рекомендовано
Федеральным государственным автономным
учреждением «Федеральный институт развития
образования» (ФГАУ «ФИРО») в качестве учебного пособия
для использования в учебном процессе образовательных
учреждений, реализующих программы общего образования
по профессиям начального профессионального образования
и специальностям среднего профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 489
от 29 декабря 2011 г. ФГАУ «ФИРО»*

2-е издание, стереотипное

Москва
Издательский центр «Академия»
2013

УДК 53(075.32)
ББК 22.3я723я722
Т761

Рецензент —
преподаватель ГОУ СПО «Колледж автоматизации
и радиоэлектроники № 27 им. П. М. Вострухина» *О.В.Попова*

Трофимова Т. И.

Т761 Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Сборник задач : учеб. пособие для учреждений нач. и сред. проф. образования / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. — 2-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 288 с.

ISBN 978-5-7695-6932-6

В задачник включено около 1 000 задач различной сложности, охватывающих материал действующей программы по физике для специальностей начального и среднего профессионального образования на базе основного общего образования.

В начале каждой главы приведены основные законы и формулы, необходимые для решения задач, а также решения типовых задач. Ко всем задачам приведены ответы. В задачнике имеются задачи повышенной сложности — они отмечены звездочкой.

Для обучающихся в образовательных учреждениях начального и среднего профессионального образования.

УДК 53(075.32)
ББК 22.3я723я722

ISBN 978-5-7695-6932-6

Предисловие

При изучении курса физики в учреждениях начального и среднего профессионального образования необходимо уметь применять теоретический материал при решении конкретных задач. Основной целью данного учебного пособия является именно отработка навыков грамотного решения задач.

Предлагаемое учебное пособие является составной частью комплекта по физике, состоящего из учебника «Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей» (автор А. В. Фирсов) и учебных пособий «Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Справочник», «Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Сборник задач», «Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Решение задач» (авторы Т. И. Трофимова и А. В. Фирсов).

В начале каждой главы представлены основные законы и формулы, позволяющие фрагментарно вспомнить теоретический материал; затем подробно разобрано решение типовых задач по данной теме, а в конце главы приведены задачи для самостоятельного решения. Подробное решение задач для самостоятельного решения будет представлено в уже указанном выше учебном пособии «Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей. Решение задач». Обобщающий справочный материал приложения окажет неоценимую помощь обучающимся в самостоятельной работе. Задачи повышенной трудности (они отмечены звездочкой) могут быть использованы абитуриентами, слушателями курсов по подготовке в вузы и студентами вузов.

Все задачи снабжены ответами, которые даны с точностью до трех значащих цифр. Таким же числом значащих цифр выражены величины в условиях задач и справочных таблицах, приведенных в конце задачника. Значащие цифры – нули, стоящие в конце чисел, для упрощения записи опускаются. В условиях задач и ответах используются кратные единицы, образованные от единиц СИ.

Все полезные замечания и предложения по содержанию учебного пособия будут с благодарностью приняты по адресу: trofimova@sumail.ru. и firsovav@mail.ru.

Раздел I

МЕХАНИКА

Глава 1

Кинематика материальной точки

Основные законы и формулы

■ Средняя скорость материальной точки

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta s}{\Delta t}; \qquad \langle v \rangle = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

[Δs — длина пути, пройденного точкой за промежуток времени Δt; x_1 и x_2 — координаты точки в моменты времени t_1 и t_2 соответственно].

■ Среднее ускорение материальной точки

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0}$$

[$\vec{v}$ и $\vec{v}_0$ — вектор скорости в данный t и начальный t_0 моменты времени соответственно].

■ Закон сложения скоростей в классической механике

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}$$

[$\vec{v}$ и $\vec{v}'$ — скорость материальной точки относительно неподвижной K и подвижной K' систем отсчета соответственно; $\vec{u}$ — скорость движения системы K' относительно системы K, направленная вдоль оси x].

■ Кинематическое уравнение равномерного движения материальной точки вдоль оси x

$$x = x_0 + v_x t$$

[x, x_0 — координата точки в данный t и начальный $t = 0$ моменты времени соответственно; v_x — проекция вектора скорости $\vec{v}$ на ось x].

■ Путь и скорость для равнопеременного движения

$$s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2};$$

$$v = v_0 \pm at$$

[v_0 — начальная скорость].

■ Связь между характеристиками движения с постоянным ускорением

$$v_2^2 - v_1^2 = 2as$$

[v_1 и v_2 — скорость в начале и конце участка пути s соответственно].

■ Полное ускорение при криволинейном движении

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n,$$

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

[$a_\tau = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ — тангенциальная составляющая ускорения; $a_n = \frac{v^2}{R}$ — нормальная составляющая ускорения (R — радиус кривизны траектории в данной точке)].

■ Угловая скорость и угловое ускорение

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t};$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

[$\Delta\varphi$ — угол поворота точки от начального положения; Δt — элементарный промежуток времени, в течение которого этот поворот произошел].

■ Частота вращения

$$n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

[T — период вращения; ω — угловая скорость].

■ Угловая скорость для равномерного вращательного движения

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$$

[T — период вращения; $n = N/t$ — частота вращения (N — число оборотов, совершаемых телом за время t)].

■ Угол поворота и угловая скорость для равнопеременного вращательного движения

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2};$$

$$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

[ω_0 — начальная угловая скорость].

■ Связь между линейными и угловыми величинами

$$s = R\varphi;\ v = R\omega;\ a_\tau = R\varepsilon;\ a_n = \omega^2 R$$

[R — расстояние от точки до оси вращения].

Примеры решения задач

1 Поезд движется со скоростью $u = 30$ км/ч. Определите скорость v вертикально падающих капель дождя, если они скользят по стеклу вагона поезда со скоростью $v' = 12$ м/с, и угол наклона α к вертикали оставляемых на стекле следов капель.

Дано: $u = 30$ км/ч $= 8{,}33$ м/с; $v' = 12$ м/с.

Найти: v; α.

Решение. Согласно закону сложения скоростей в классической механике,

$$\vec{v} = \vec{v}\,' + \vec{u},$$

где $\vec{v}$ — скорость капель в системе координат K, связанной с Землей (эта система принимается неподвижной); $\vec{v}\,'$ — скорость капель относительно системы координат K', связанной с поездом (эта система движется со скоростью $\vec{u}$ в положительном направлении оси x системы K) (рис. 1).

Из прямоугольного треугольника (см. рис. 1) следует:

$$v^2 = v'^2 - u^2,$$

откуда искомая скорость

$$\boxed{v = \sqrt{v'^2 - u^2}}$$

Из формулы $\sin\alpha = \dfrac{u}{v'}$ угол наклона

$$\boxed{\alpha = \arcsin\frac{u}{v'}}$$

Ответ: $v = 8{,}64$ м/с; $\alpha = 44^\circ$.

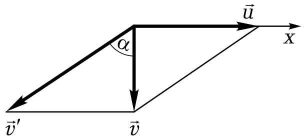

Рис. 1

2 Велосипедист и пешеход преодолевают некоторое расстояние, двигаясь равномерно, причем велосипедист затрачивает на это в 5 раз меньше ($n = 5$) времени. Определите, на сколько скорость велосипедиста больше скорости пешехода Δv, если скорость пешехода $v_1 = 1$ м/с.

Дано: $t_1 = nt_2$; $n = 5$; $v_1 = 1$ м/с.

Найти: Δv.

Решение. Разность скоростей велосипедиста v_2 и пешехода v_1 равна

$$\Delta v = v_2 - v_1. \qquad (1)$$

Путь, пройденный пешеходом и велосипедистом, одинаков, поэтому в случае равномерного движения

$$s = v_1 t_1 \text{ и } s = v_2 t_2,$$

или

$$v_1 t_1 = v_2 t_2,$$

откуда

$$v_2 = \frac{v_1 t_1}{t_2} = \frac{v_1 n t_2}{t_2} = n v_1 \qquad (2)$$

(учли, что по условию задачи $t_1 = nt_2$).

Подставив формулу (2) в формулу (1), найдем искомую величину

$$\Delta v = n v_1 - v_1 = (n - 1) v_1.$$

$$\boxed{\Delta v = (n - 1) v_1}$$

Ответ: $\Delta v = 4$ м/с.

3 На рис. 2, *а* представлена зависимость ускорения a от времени t для тела, движущегося прямолинейно. В начальный момент времени ($t_0 = 0$) скорость тела $v_0 = 0$. Нарисуйте графики зависимостей скорости v и координаты x от времени t, описав движение на каждом из этапов.

Решение. **I этап.** $0 < t < t_1$ ($t_1 = 1$ с).

Начальные условия: $t_0 = 0$; $v_0 = 0$; $x_0 = 0$.

Скорость: $v_1 = v_0 + at = 2t$ (м/с), где $v_0 = 0$; $a = 2$ м/с^2.

При $t = t_1$ скорость $v_1 = 2$ м/с; график движения — прямая (см. рис. 2, *б*).

Согласно рис. 2, *а*, *б*, движение равноускоренное ($a_1 > 0$, $v > 0$).

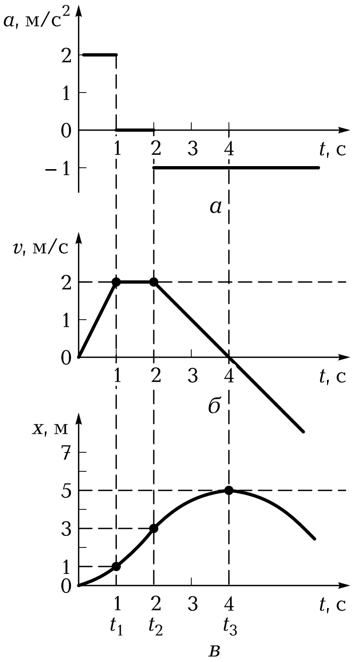

Рис. 2

Координата:

$$x_1 = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2},$$

где $x_0 = 0$; $v_0 = 0$; $a = 2$ м/с^2; $x_1 = 1$ м — график движения — парабола, верви которой направлены вверх (рис. 2, *в*).

II этап. $t_1 < t < t_2$ ($t_1 = 1$ с; $t_2 = 2$ с).

Начальные условия: $t_1 = 1$ с; $v_1 = 2$ м/с; $x_1 = 1$ м.

Скорость: $v_2 = v_1 = 2$ м/с; график движения — прямая (рис. 2, *б*).

Согласно рис. 2, *а*, движение равномерное ($a_2 = 0$).

Координата: $x_2 = x_1 + v_1(t - t_1)$, $x_2 = 3$ м; график движения — прямая (рис. 2, *в*).

III этап. $t > t_2$ ($t_2 = 2$ с).

Начальные условия: $t_2 = 2$ с; $v_2 = 2$ м/с; $x_2 = 3$ м.

Скорость: $v_3 = v_2 - a(t - t_2)$.

В момент времени $t_3 = 4$ с скорость $v_3 = 0$; затем скорость меняет знак (тело начинает движение в обратную сторону), при этом направления скорости и ускорения совпадают — движение равноускоренное (рис. 2, *б*).

Согласно рис. 2, *а*, *б*, движение равнозамедленное от $t_2 = 2$ с до $t_3 = 4$ с ($v > 0$, $a < 0$). При $t > t_3$ движение становится равноускоренным, поскольку знаки скорости и ускорения совпадают (скорость возрастает по модулю).

Координата:

$$x_3 = x_2 + v_2(t - t_2) + \frac{a_3(t - t_2)^2}{2}.$$

График движения — парабола, ветви которой направлены вниз. При $t_3 = 4$ с (точка поворота) координата достигает максимального значения ($x = x_{\max}$). Этому моменту соответствует вершина параболы, $x_3 = 5$ м (рис. 2, *в*).

4 Кинематическое уравнение движения материальной точки имеет вид $x = 6 - 3t + 2t^2$ (м). Определите координату x_1, в которой скорость точки обращается в нуль.

Дано: $x = 6 - 3t + 2t^2$ (м); $v_1 = 0$.

Найти: x_1.

Решение. Кинематическое уравнение движения

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}. \qquad (1)$$

Сравнивая уравнение (1) с заданным уравнением

$$x = 6 - 3t + 2t^2 \text{ (м)}, \qquad (2)$$

находим начальную скорость и ускорение материальной точки

$$v_0 = -3 \text{ м/с}; \ a = 2 \text{ м/с}^2.$$

Скорость в случае равноускоренного движения

$$v = v_0 + at. \qquad (3)$$

Скорость v станет равной нулю через промежуток времени t_1, который определим из условия (3)

$$0 = -3 + 2t_1,$$

откуда $t_1 = 0{,}75$ с. Подставив это значение в уравнение (2), найдем искомую координату

$$x_1 = 6 - 3 \cdot 0{,}75 + 2 \cdot 0{,}75^2 = 4{,}86 \text{ (м)}.$$

Ответ: $x_1 = 4{,}86$ м.

5 На рис. 3, *а* представлен график зависимости ускорения a от времени t для тела, движущегося прямолинейно. В начальный момент времени $t_0 = 0$ скорость тела $v_0 = 0$. Определите среднюю скорость тела на всем пути и на каждом этапе движения; постройте графики зависимости скорости v и координаты x от времени t.

Решение. **I этап.** $t_0 < t < t_1$ ($t_0 = 0$, $t_1 = 3$ с).

Начальные условия: $t_0 = 0$, $v_0 = 0$, $x_0 = 0$.

Скорость: $v_1 = v_0 + a_1 t = a_1 t$, $v_1 = 6$ (м/с) (рис. 3, *б*).

Движение равноускоренное, так как скорость по модулю возрастает ($a_1 = 2$ м/с$^2 > 0$, $v > 0$).

Координаты:

$$x_1 = x_0 + v_0 t + \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{a_1 t^2}{2}$$

(рис. 3, *в*),

$$x_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{2 \cdot 3^2}{2} = 9 \text{ м}.$$

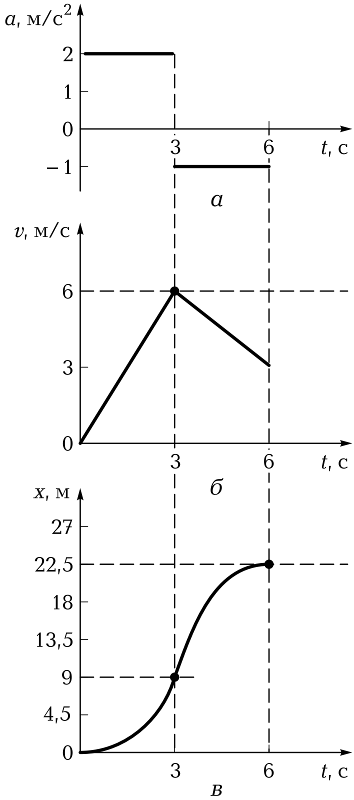

Рис. 3

Средняя скорость:

$$\langle v_1 \rangle = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} = \frac{9 - 0[\text{м}]}{3 - 0[\text{с}]} = 3 \text{ м/с}.$$

II этап. $t_1 < t < t_2$ **(**$t_1 = 3$ **с,** $t_2 = 6$ **с).**

Начальные условия: $t_1 = 3$ с, $v_1 = 6$ м/с, $x_1 = 9$ м.

Скорость: $v_2 = v_1 + a_2(t - t_1) = 6 - (t - 3)$ (рис. 3.6, *б*).

Движение равнозамедленное, поскольку знаки скорости и ускорения различны ($a_2 = -1$ м/с$^2 < 0$, $v > 0$).

Координаты:

$$x_2 = x_1 + v_1(t - t_1) + \frac{a_2(t - t_1)^2}{2} =$$

$$= 9 + 6(t - 3) - \frac{1(t - 3)^2}{2} =$$

$$= 9 + 6(6 - 3) - \frac{1(6 - 3)^2}{2} = 22{,}5 \text{ м}$$

(рис. 3, *в*).

Средняя скорость:

$$\langle v_2 \rangle = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{22{,}5 - 9[\text{м}]}{6 - 3[\text{с}]} = 4{,}5 \text{ м/с}.$$

Средняя скорость на всем пути:

$$\langle v \rangle = \frac{x_2 - x_0}{t_2 - t_0} = 3{,}75 \text{ м/с}.$$

Ответ: $\langle v_1 \rangle = 3$ м/с; $\langle v_2 \rangle = 4{,}5$ м/с; $\langle v \rangle = 3{,}75$ м/с.

6 Одно из тел бросили с высоты $h_1 = 12$ м вертикально вверх, другое в тот же момент с высоты $h_2 = 25$ м бросили горизонтально (рис. 4). Определите начальную скорость v_{01} первого тела, если оба тела упали на землю одновременно.

Дано: $h_1 = 12$ м; $h_2 = 25$ м; $t_1 = t_2 = t$.

Найти: v_{01}.

Решение. Кинематическое уравнение движения тела в векторной форме

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2},$$

где $\vec{r}_0$ — радиус-вектор, определяющий начальное положение тела в выбранной системе координат; $\vec{v}_0$ — начальная скорость тела; $\vec{g}$ — ускорение свободного падения.

Направив ось y вертикально вверх (начало отсчета на уровне земли, см. рис. 4), запишем уравнение движения первого и второго тел в проекции на эту ось для момента падения

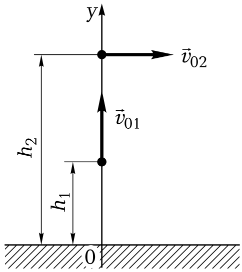

Рис. 4

$$0 = h_1 + v_{01}t - \frac{gt^2}{2}; \qquad (1)$$

$$0 = h_2 - \frac{gt^2}{2} \qquad (2)$$

(учли, что $t_1 = t_2 = t$).

Из уравнений (1) и (2) находим искомую начальную скорость первого тела

$$\boxed{v_{01} = \frac{h_2 - h_1}{\sqrt{2h_2/g}}}$$

Ответ: $v_{01} = 5{,}76$ м/с.

7 С вершины наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, горизонтально брошен камень со скоростью $v_0 = 5$ м/с (рис. 5). Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите расстояние до точки падения камня на наклонную плоскость.

Дано: $\alpha = 30^\circ$; $v_0 = 5$ м/с.

Найти: l.

Решение. Запишем кинематические уравнения движения в векторной форме

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2};$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t^2;$$

$$\vec{a} = \vec{g},$$

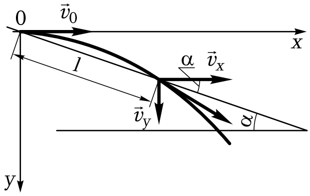

Рис. 5

где $\vec{r}_0$ — радиус-вектор, определяющий начальное положение тела; $\vec{v}_0$ — начальная скорость тела; $\vec{g}$ — ускорение свободного падения.

Направив оси координат из точки начала движения (см. рис. 5), запишем уравнения движения в проекции на оси x и y:

$$x = v_0 t; \quad y = \frac{gt^2}{2}, \tag{1}$$

$$v_x = v_0; \; v_y = gt. \tag{2}$$

Обозначив координаты точки наклонной плоскости, в которую упадет камень, через x_1 и y_1, время падения — через t_1, имеем

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{y_1}{x_1}, \tag{3}$$

причем, согласно (1), $x_1 = v_0 t_1$ и $y_1 = \frac{gt_1^2}{2}$. Подставив эти выражения в формулу (3), найдем

$$t_1 = \frac{2v_0 \operatorname{tg}\alpha}{g}. \tag{4}$$

Искомое выражение, определяющее расстояние до точки падения камня на наклонную плоскость, имеет вид

$$l = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} = \sqrt{x_1^2 + x_1^2 \operatorname{tg}^2\alpha} = x_1\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\alpha} =$$

$$= \frac{2v_0^2 \operatorname{tg}\alpha}{g}\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\alpha} = \frac{2v_0^2 \operatorname{tg}\alpha}{g\cos\alpha}$$

[учли соотношения (3), (1) и (4)].

$$\boxed{l = \frac{2v_0^2 \operatorname{tg}\alpha}{g\cos\alpha}}$$

***Ответ*:** $l = 17{,}7$ м.

8 Тело брошено под углом α к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите этот угол, если максимальная высота подъема $h_{\max}$ в $n = 2{,}1$ раза меньше дальности полета (рис. 6).

***Дано*:** $h_{\max} = \frac{s}{n}$; $n = 2{,}1$.

***Найти*:** α.

***Решение*.** Направив оси координат (см. рис. 6) из точки начала движения ($\vec{r}_0 = 0$), запишем уравнения движения в проекциях на оси x и y

$$x = v_{0x}t, \; v_x = v_{0x}, \; a_x = 0; \tag{1}$$

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}, \; v_y = v_{0y} - gt, \; a_y = g. \tag{2}$$

Из рис. 6 следует, что

$$v_{0x} = v_0 \cos\alpha; \; v_{0y} = v_0 \sin\alpha. \quad (3)$$

Так как при $y = h_{\max}$ (в высшей точке траектории) $v_y = 0$, то из второго соотношения (2) находим время подъема

$$t_1 = \frac{v_{0y}}{g}. \quad (4)$$

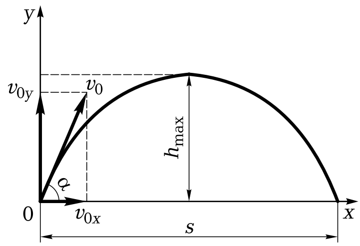

Рис. 6

Подставив формулу (4) в первое из соотношений (2), найдем максимальную высоту подъема

$$h_{\max} = \frac{v_{0y}^2}{2g}. \quad (5)$$

В момент падения тела $y(t) = 0$, поэтому общее время движения определим из первого соотношения (2)

$$t = \frac{2v_{0y}}{g}.$$

Из первого соотношения (1), используя (4), находим дальность полета

$$s = \frac{2v_{0x}v_{0y}}{g}. \quad (6)$$

Разделив (5) на (6) и учитывая (3), имеем

$$\frac{h_{\max}}{s} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{4}. \quad (7)$$

Согласно условию задачи, $h_{\max} = s/n$, поэтому из выражения (7) имеем

$$\operatorname{tg}\alpha = 4/n,$$

откуда искомый угол

$$\boxed{\alpha = \operatorname{arctg}(4/n)}$$

Ответ: $\alpha = 62{,}3^\circ$.

9 *[1] Материальная точка начинает вращаться с постоянным угловым ускорением. Определите угловое ускорение ε точки, если через промежуток времени $t = 6$ с угол α между векторами полного ускорения $\vec{a}$ и скорости $\vec{v}$ составляет 55° (рис. 7).

---

[1] Здесь и далее по тексту задачи повышенной сложности и требующие применения производных отмечены звездочкой.

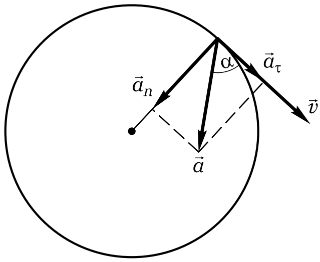

Рис. 7

Дано: $\varepsilon = \text{const}$; $t = 6$ с; $\alpha = 55^\circ$.

Найти: ε.

Решение. При равноускоренном вращательном движении угловая скорость ω связана с ускорением соотношением $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$. Согласно условию $\omega_0 = 0$, поэтому

$$\omega = \varepsilon t. \quad (1)$$

Запишем уравнение, связывающее тангенциальную составляющую ускорения a_τ, направленную вдоль вектора скорости (см. рис. 7), с угловым ускорением

$$a_\tau = \varepsilon R, \quad (2)$$

где R — радиус окружности, по которой движется материальная точка.

Нормальная составляющая ускорения (направлена к центру окружности):

$$a_n = \frac{v^2}{R}. \quad (3)$$

Из рис. 7 следует, что $\operatorname{tg}\alpha = a_n / a_\tau$. Подставив (2) и (3) в последнее выражение, учитывая соотношение $v = \omega R$, имеем $\operatorname{tg}\alpha = \varepsilon t^2$, откуда искомое угловое ускорение

$$\boxed{\varepsilon = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{t^2}}$$

Ответ: $\varepsilon = 0{,}04$ рад/с^2.

10* Скорость автомобиля, движущегося равнозамедленно, за время $\Delta t = 2{,}5$ с уменьшилась от $v_1 = 54$ км/ч до $v_2 = 36$ км/ч. Определите угловое ускорение ε и число полных оборотов N колес за это время, если их радиус $R = 40$ см.

Дано: $\Delta t = 2{,}5$ с; $v_1 = 54$ км/ч $= 15$ м/с; $v_2 = 36$ км/ч $= 10$ м/с; $R = 40$ см $= 0{,}4$ м.

Найти: ε, N.

Решение. Угловое ускорение (при равнозамедленном движении оно отрицательно)

$$\varepsilon = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t} < 0, \quad (1)$$

где ω_1 и ω_2 — угловая скорость в моменты времени t_1 и t_2.

Учитывая связь между линейной и угловой скоростями $v_1 = \omega_1 R$ и $v_2 = \omega_2 R$, из выражения (1) найдем искомое угловое ускорение

$$\boxed{\varepsilon = \frac{v_2 - v_1}{R\Delta t}} \qquad (2)$$

Число оборотов при торможении

$$N = \frac{\varphi}{2\pi}, \qquad (3)$$

где угол поворота в случае равнозамедленного вращательного движения

$$\varphi = \omega_1 \Delta t - \frac{\varepsilon(\Delta t)^2}{2},$$

откуда, учитывая формулу (2) и отрицательное значение ε, находим

$$\varphi = \frac{v_1 + v_2}{2R}\Delta t. \qquad (4)$$

Подставив выражение (4) в формулу (3), определяем искомое число оборотов

$$\boxed{N = \frac{v_1 + v_2}{4\pi R}\Delta t}$$

Ответ: $\varepsilon = -5$ рад/с^2; $N = 12$.

Задачи для самостоятельного решения

1.1. Автомобиль начал движение по прямому участку шоссе со скоростью $v_1 = 50$ км/ч. Через время $\Delta t = 0{,}5$ ч в том же направлении выехал другой автомобиль со скоростью $v_2 = 70$ км/ч. Определите, через какое время t_2 второй автомобиль догонит первый и какое расстояние s_2 проедет до встречи. ***Ответ***: $t_2 = 1{,}25$ ч; $s_2 = 87{,}5$ км.

1.2. Первые 200 км (s_1) пути по прямому участку шоссе автомобиль двигался со скоростью $v_1 = 60$ км/ч, а оставшиеся 100 км (s_2) — со скоростью $v_2 = 70$ км/ч. Определите среднюю скорость $\langle v \rangle$ автомобиля на всем пути. ***Ответ***: $\langle v \rangle = 63$ км/ч.

1.3. Автомобиль проехал $s = 300$ км за $t = 5$ ч, причем первую треть пути он ехал со скоростью $v_1 = 50$ км/ч, после чего стоял ($v_2 = 0$), а оставшийся путь преодолел со скоростью $v_3 = 80$ км/ч. Определите продолжительность t_2 остановки. ***Ответ***: $t_2 = 30$ мин.

1.4. Мальчик проехал первую половину пути на велосипеде со скоростью v_1 = 6 км/ч. Далее половину оставшегося времени он ехал со скоростью v_2 = 12 км/ч, а затем до конца пути шел пешком со скоростью v_3 = 4 км/ч. Найдите среднюю скорость $\langle v \rangle$ движения мальчика на всем пути, считая движение прямолинейным. ***Ответ***: $\langle v \rangle$ = 6,86 км/ч.

1.5. Из двух населенных пунктов, соединенных прямой дорогой, навстречу друг другу одновременно выехали два автомобиля. Скорость первого v_1 = 45 км/ч, и до встречи он проехал s_1 = 0,4 всего пути. Определите скорость v_2 второго автомобиля. ***Ответ***: v_2 = 67,5 км/ч.

1.6. Велосипедист и пешеход, начиная двигаться одновременно и равномерно, преодолевают некоторое расстояние, причем велосипедист достигает цели на Δt = 1 ч 20 мин раньше. Определите скорость велосипедиста v_1, если скорость пешехода v_2 = 4 км/ч и он был в пути t_2 = 3,5 ч. ***Ответ***: v_1 = 6,46 км/ч.

1.7. Человек идет по эскалатору в направлении его движения. Определите скорость v' человека относительно эскалатора, если скорость человека относительно стен v = 2,5 м/с, а скорость движения эскалатора u = 1,2 км/ч. ***Ответ***: v' = 2,17 м/с.

1.8. Плот сплавляют вниз по течению реки. Человек идет на плоту с одного его конца на другой перпендикулярно движению со скоростью относительно плота v' = 3 км/ч (рис. 8). Определите скорость v человека в системе отсчета, связанной с берегом, если скорость течения реки u = 0,6 м/с. ***Ответ***: v = = 1,03 м/с.

1.9. Стараясь равномерно грести перпендикулярно течению (v' = const), пловец переплывает реку шириной b = 20 м за t = = 5 мин. Какова скорость течения реки u, если пловец проделал путь s = 50 м? ***Ответ***: u = 0,153 м/с.

1.10. Скорость течения реки u = 0,2 м/с. Какова скорость лодки относительно воды v', если лодка переплыла реку шириной b = = 25 м по прямой перпендикулярно берегу за t = 2,5 мин? ***Ответ***: v' = 0,26 м/с.

1.11. Определите начальную v_0 и конечную v скорости мотоцикла, если он, двигаясь с постоянным ускорением a = 0,1 м/с^2, за время t = 5 мин преодолел расстояние s = 6 км. ***Ответ***: v_0 = 5 м/с; v = 35 м/с.

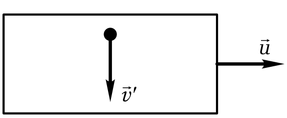

Рис. 8

1.12. По графику зависимости скорости v от времени t для точки, движущейся прямолинейно (рис. 9), определите среднее ускорение $\langle a \rangle$, расстояние s, пройден-

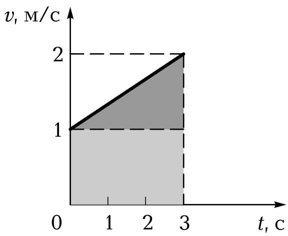

Рис. 9

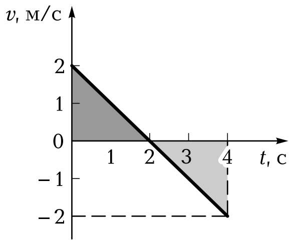

Рис. 10

ное точкой, и среднюю скорость $\langle v \rangle$ за время $t = 3$ с. ***Ответ*:** $\langle a \rangle =$ $= 0{,}333$ м/с; $s = 4{,}5$ м; $\langle v \rangle = 1$ м/с.

1.13. На рис. 10 представлен график зависимости скорости v от времени t для материальной точки, движущейся прямолинейно. По графику определите путь s_1, пройденный за первые две секунды движения, и путь s_2 за первые четыре секунды движения. ***Ответ*:** $s_1 = 2$ м; $s_2 = 4$ м.

1.14. По графику зависимости координаты x прямолинейного движения тела от времени t (рис. 11) постройте графики зависимостей скорости v и ускорения a от времени t. Определите среднюю скорость $\langle v \rangle$: 1) за первую секунду; 2) за четыре секунды движения. ***Ответ*:** 1) $\langle v \rangle = -3$ м/с; 2) $\langle v \rangle = -1{,}13$ м/с.

1.15. По графику зависимости скорости v от времени t для материальной точки, движущейся прямолинейно (рис. 12), определите среднюю скорость $\langle v \rangle$: 1) за время от $t = 0$ до $t_1 = 3$ с; 2) за время от $t = 0$ до $t_2 = 5$ с. Задачу решите графическим методом. ***Ответ*:** 1) $\langle v \rangle = 1$ м/с; 2) $\langle v \rangle = 0{,}8$ м/с.

1.16. Определите ускорение a тела, если на пути $s = 200$ м его скорость: 1) увеличилась от $v_1 = 18$ м/с до $v_2 = 32$ м/с; 2) уменьшилась от $v_1 = 40$ м/с до $v_2 = 28$ м/с. Движение считать прямо-

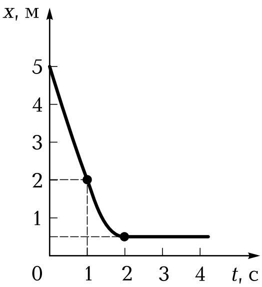

Рис. 11

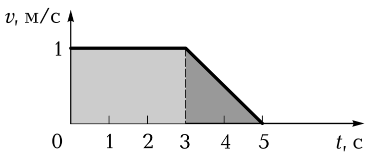

Рис. 12

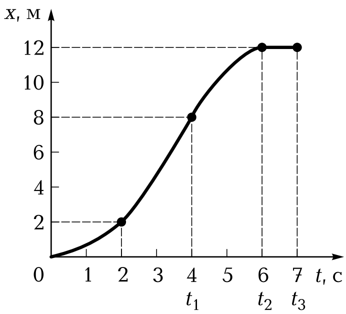

Рис. 13

линейным с постоянным ускорением. ***Ответ***: 1) $a = 1{,}75$ м/с^2; 2) $a = 2{,}04$ м/с^2.

1.17. На рис. 13 представлен график зависимости координаты x от времени t для тела, движущегося прямолинейно. В начальный момент времени $t = 0$ скорость тела $v_0 = 0$. Определите ускорение a и среднюю скорость $\langle v \rangle$ тела: 1) за первые четыре секунды; 2) за промежуток от четырех до шести секунд; 3) за семь секунд. ***Ответ***: 1) $a_1 = 1$ м/с^2, $\langle v_1 \rangle = 2$ м/с; 2) $a_2 = 2$ м/с^2, $\langle v_2 \rangle = 2$ м/с; 3) $\langle a \rangle = 0$; $\langle v \rangle = 1{,}71$ м/с.

1.18. Опишите характер прямолинейного движения тела, представленного на графике в виде зависимости скорости v от времени t (рис. 14). Используя кинематические соотношения, рассчитайте, чему равен путь: 1) за первую секунду движения; 2) за первые две секунды движения; 3) за три секунды движения; 4) за четыре секунды движения. Постройте график зависимости координаты x от времени t. ***Ответ***: 1) $s_1 = 2$ м; 2) $s_2 = 4{,}5$ м; 3) $s_3 = 6$ м; 4) $s_4 = 6$ м.

1.19. Опишите характер прямолинейного движения тела, представленного на графике в виде зависимости координаты x от времени t (рис. 15). Начальная скорость $v_0 = 0$. Постройте графики зависимости скорости v от времени t. Определите среднюю скорость $\langle v \rangle$ за промежуток времени: 1) от одной до двух секунд движения; 2) от двух до трех секунд движения; 3) от трех до пяти секунд движения; 4) за пять секунд движения. ***Ответ***: 1) $\langle v_1 \rangle = 1$ м/с; 2) $\langle v_2 \rangle = 2$ м/с; 3) $\langle v_3 \rangle = -1{,}5$ м/с; 4) $\langle v_4 \rangle = 0$.

1.20. Постройте графики зависимости скорости v и координаты x от времени t для материальной точки, движущейся прямолинейно, если за время от нуля до первой секунды точка

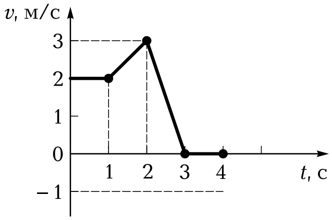

Рис. 14

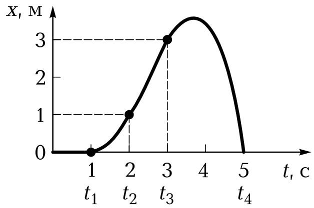

Рис. 15

двигалась равномерно ($a_1 = 0$); за время от одной до двух секунд ускорение $a_2 = 5$ м/с^2; за время от двух до четырех секунд ускорение $a_3 = -5$ м/с^2. Начальная скорость $v_0 = 0$.

1.21. Постройте графики зависимости скорости v и координаты x от времени t для материальной точки, движущейся прямолинейно, если за время от нуля до первой секунды точка двигалась равноускоренно ($a_1 = 1$ м/с^2); за время от первой до второй секунды ускорение $a_2 = -0{,}5$ м/с^2; за время от второй до третьей секунды ускорение $a_3 = 0$ м/с^2. Начальная скорость $v_0 = 0$.

1.22. От поезда, движущегося со скоростью $v = 72$ км/ч, отцепляют последний вагон, который останавливается через время $t = 10$ с. Определите расстояние s между поездом и вагоном в этот момент. Движение вагона считать равнозамедленным. ***Ответ***: $s = 100$ м.

1.23. Определите начальную v_0 и конечную v скорости мотоцикла, если он, двигаясь с постоянным ускорением $a = 0{,}1$ м/с^2, за время $t = 5$ мин преодолел расстояние $s = 6$ км. ***Ответ***: $v_0 = 5$ м/с; $v = 35$ м/с.

1.24. Тело, двигаясь равноускоренно и прямолинейно, за время $t = 20$ с проходит путь $s = 120$ м, а за время $t_2 = 28$ с — путь $s_2 = 300$ м. Определите начальную скорость v_0 и ускорение a тела. ***Ответ***: $v_0 = 5{,}79$ м/с; $a = 1{,}18$ м/с^2.

1.25. Тело начинает двигаться прямолинейно и равномерно со скоростью $v_1 = 2$ м/с, в момент времени $t_1 = 48$ с оно приобрело ускорение по направлению движения $a = 0{,}8$ м/с^2 и двигалось еще в течение $t_2 = 1$ мин. Определите суммарное расстояние s, пройденное телом. ***Ответ***: $s = 1{,}66$ км.

1.26. Из одного и того же места с разницей во времени $t_1 = 2$ мин начали двигаться прямолинейно два тела — первое тело равномерно, второе без начальной скорости, но с ускорением $a = 0{,}5$ м/с^2. Определите скорость v_1 первого тела, если второе тело догоняет его через $t_2 = 5$ мин. ***Ответ***: $v_1 = 53{,}6$ м/с.

1.27. Запишите кинематические уравнения прямолинейного движения материальной точки, учитывая, что ее начальная скорость $v_0 = 5$ м/с, ускорение $a = -1{,}4$ м/с^2. Определите расстояние s, пройденное телом до изменения направления движения на противоположное. Начало координат поместите в точку начала движения. ***Ответ***: $s = 8{,}93$ м.

1.28. Кинематическое уравнение зависимости скорости движения материальной точки от времени имеет следующий вид: $v = (10 + 4t)$, м/с. Определите, в какой момент времени t_1 координата точки $x_1 = 90$ м. ***Ответ***: $t_1 = 4{,}66$ с.

1.29. Кинематическое уравнение прямолинейного движения материальной точки имеет вид $x = (6t - 2t^2)$, м. Определите момент времени t_1, когда точка вернется в исходное положение ($x_1 = 0$). Чему равна скорость v_1 точки в этот момент времени? ***Ответ***: $t_1 = 3$ с; $v_1 = -6$ м/с.

1.30. Кинематическое уравнение движения материальной точки для координаты имеет вид $x = (8 + 3t + 5t^2)$, м. Определите координату x_1 и скорость v_1 материальной точки через $t_1 = 5$ с движения. ***Ответ***: $x_1 = 148$ м; $v_1 = 53$ м/с.

1.31. Запишите кинематическое уравнение зависимости координаты от времени $x(t)$ для каждого этапа прямолинейного движения материальной точки, если график зависимости скорости v от времени t имеет вид, представленный на рис. 16. ***Ответ***: $x = (t^2 + t)$, м; $x = (5t - 4)$, м.

1.32. Кинематическое уравнение движения материальной точки для координаты имеет вид $x = (4 + 5t + 1{,}5t^2)$, м. Определите скорость v_1 материальной точки в момент времени, когда ее координата $x_1 = 20$ м. ***Ответ***: $v_1 = 11$ м/с.

1.33. Прямолинейное движение двух материальных точек описывается кинематическими уравнениями $x_1 = (3 + 5t)$, м, и $x_2 = (15 + 3t - 2t^2)$, м. В какой момент времени $t_в$ после начала движения материальные точки встретятся? Чему будут равны их скорости $v_{1в}$ и $v_{2в}$ в момент встречи? ***Ответ***: $t_в = 2$ с; $v_{1в} = 5$ м/с; $v_{2в} = -5$ м/с.

1.34. Тело начинает свободное падение с высоты $H = 500$ м без начальной скорости. Какую часть пути тело пройдет: 1) за четвертую секунду движения; 2) за десятую секунду движения? Сопротивлением воздуха пренебречь. ***Ответ***: 1) $\frac{h_1}{H} = 6{,}86 \cdot 10^{-2}$; 2) $\frac{h_2}{H} = 18{,}6 \cdot 10^{-2}$.

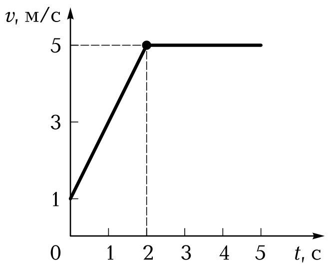

Рис. 16

1.35. Во сколько раз быстрее свободно падающее тело пройдет вторую половину пути, чем первую, если начальная скорость тела равна нулю? Сопротивлением воздуха пренебречь. ***Ответ***: $t_1/t_2 = 2{,}42$.

1.36. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, какое время свободно падающее тело затратит на прохождение: 1) первой трети пути; 2) последней трети пути? Начальную скорость принять равной нулю. ***Ответ***: 1) $t_1 = \sqrt{\dfrac{2H}{3g}}$ [с]; 2) $t' = \left(\sqrt{2} - \sqrt{\dfrac{4}{3}}\right)\sqrt{\dfrac{H}{g}}$ [с].

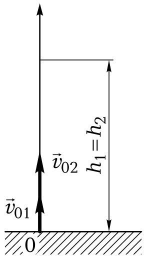

Рис. 17

1.37. Тело падает с высоты H = 400 м с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, какое время потребуется для прохождения телом: 1) первых 100 м пути; 2) последних 100 м пути. ***Ответ***: 1) t_1 = 4,52 с; 2) t_2 = = 1,21 с.

1.38. Первое тело подбросили вертикально вверх с начальной скоростью v_{01} = 50 м/с, через t_1 = 2 с второе тело подбросили со скоростью v_{02} = 70 м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, через какое время t тела окажутся на одной высоте (рис. 17). Чему равна эта высота h_1? ***Ответ***: t = 4,03 с; h_1 = = 122 м.

1.39. С башни высотой H = 150 м без начальной скорости отпустили тело. Через 1 с бросили второе тело со скоростью v_{02} = = 6 м/с, направленной вертикально вниз. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите время падения t_1 и t_2 тел на землю и какое из тел упадет на землю раньше. ***Ответ***: t_1 = 5,53 с; t_2 = = 4,95 с; первое тело упадет раньше.

1.40. Воздушный шар поднимается с земли вертикально вверх с ускорением a = 0,4 м/с^2. Через t_1 = 2 мин после начала подъема из кабины уронили груз. Определите время падения груза $t_{пад}$ на землю (рис. 18). Сопротивлением воздуха пренебречь. ***Ответ***: $t_{пад}$ = 29,6 с.

1.41.* Зависимость координаты тела от времени задается уравнением $x = A + Bt + Ct^2$, где A = 4 м; B = 6 м/с, C = –0,5 м/с^2. Определите, через какое время t_1 после начала движения скорость тела станет равной v_1 = 4 м/с, и среднюю скорость $\langle v \rangle$ за этот промежуток времени. ***Ответ***: t_1 = 2 с; $\langle v \rangle$ = 5 м/с.

1.42.* Кинематические уравнения движения двух материальных точек для координат имеют следующий вид: $x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2$; $x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2$, где A_1 = = –2 м; B_1= 14 м/с, C_1 = 1 м/с^2, A_2 = 0; B_2 = 5 м/с, C_2 = = –2,2 м/с^2. Определите момент времени t_1, для которого скорости этих точек будут равны. Чему равна эта скорость? ***Ответ***: t_1 = 1,41 с; v_1 = 16,8 м/с.

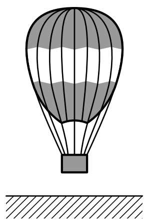
Рис. 18

1.43. Камень, брошенный вертикально вверх, упал на землю через t_1 = 2,5 с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите начальную скорость v_0

камня и высоту H, которой достиг камень. ***Ответ***: $v_0 = 12{,}3$ м/с; $H = 7{,}66$ м.

1.44. С высоты $h_1 = 15$ м над землей без начальной скорости начинает падать камень. Одновременно с высоты $h_2 = 10$ м вертикально вверх бросают другой камень. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, с какой начальной скоростью v_0 бросили второй камень, если камни встретились на высоте $h = 13$ м от поверхности земли. ***Ответ***: $v_0 = 7{,}82$ м/с.

1.45. С башни высотой $h = 200$ м с горизонтальной скоростью $v_0 = 5$ м/с бросили тело. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, через какой промежуток времени t и на каком расстоянии s от башни оно упадет. ***Ответ***: $t = 6{,}39$ с; $s = 32$ м.

1.46. С башни в горизонтальном направлении бросили камень с начальной скоростью $v_0 = 20$ м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите высоту H башни, если дальность полета камня $s_{\max}$ равна высоте падения. ***Ответ***: $H = 81{,}5$ м.

1.47. Мальчик, стоя на краю обрыва высотой $H = 15$ м, бросил камень под углом $\alpha = 35^\circ$ к горизонту со скоростью $v_0 = 9$ м/с вверх (рис. 19). Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, через какой промежуток времени t_1 камень упадет на землю. На каком расстоянии $s_{\max}$ от края обрыва произойдет падение? ***Ответ***: $t_1 = 2{,}35$ с; $s_{\max} = 17{,}\ 3$ м.

1.48. С наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 20^\circ$, горизонтально брошен камень (рис. 20). Определите начальную скорость броска v_0, если камень упал на расстоянии $l = 15$ м от точки броска. ***Ответ***: $v_0 = 3{,}03$ м/с.

1.49. С самолета, летящего горизонтально на высоте $h = 6$ км со скоростью $v = 250$ км/ч, сбрасывается бомба. Определите расстояние s до места падения (по горизонтали). ***Ответ***: $s = 2{,}43$ км.

1.50. Тело брошено со скоростью $v_0 = 90$ м/с под углом $\alpha = 40^\circ$ к горизонту вверх (см. рис. 6). Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите высоту H подъема тела; дальность полета

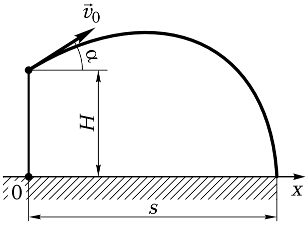

Рис. 19

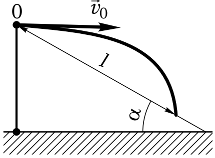

Рис. 20

по горизонтали s; время подъема t_1; время движения t тела. ***Ответ***: $H = 171$ м; $s = 813$ м; $t_1 = 5{,}9$ с; $t = 11{,}8$ с.

1.51. Определите, под каким углом α к горизонту был брошен камень, если дальность полета s в три раза больше высоты подъема H (см. рис. 6). ***Ответ***: $\alpha = 53{,}1^\circ$.

1.52. Тело, вращаясь равномерно, сделало $N = 40$ оборотов за время $t = 8$ с. Определите его угловую скорость ω. ***Ответ***: $\omega = 10\pi$ рад/с.

1.53. Тело, вращаясь равноускоренно без начальной скорости, сделало $N = 60$ оборотов за время $t = 15$ с. Определите его угловое ускорение ε. ***Ответ***: $\varepsilon = 3{,}35$ рад/с^2.

1.54. Тело, вращаясь равноускоренно без начальной скорости, сделало 50 оборотов за 20 с. Определите угловую скорость ω: 1) через 5 с после начала движения; 2) в конце движения. ***Ответ***: 1) $\omega_1 = 31{,}4$ рад/с; 2) $\omega_2 = 7{,}85$ рад/с.

1.55. Сколько полных оборотов N сделало равноускоренно вращающееся тело за $t_1 = 8$ с, если за первые пять секунд его угловая скорость увеличилась от 0 до $\omega_2 = 3$ рад/с? ***Ответ***: $N = 3$.

1.56. Определите время t, за которое скорость автомобиля уменьшилась с $v_1 = 60$ км/ч до $v_2 = 20$ км/ч, если колеса радиусом $R = 50$ см сделали за это время $N = 40$ оборотов. ***Ответ***: $t = 11{,}3$ с.

1.57. Лопасти вентилятора после выключения, двигаясь равнозамедленно, за время $t = 6$ с сделали до остановки $N = 20$ оборотов. Определите угловую скорость ω_1 и частоту вращения n_1 лопастей вентилятора в рабочем режиме, а также их угловое ускорение ε. ***Ответ***: $\omega_1 = 41{,}9$ рад/с; $n_1 = 6{,}67$ с$^{-1}$; $\varepsilon = 6{,}98$ рад/с^2.

1.58. Колесо механизма вращается с постоянной частотой $n_1 = 240$ мин$^{-1}$. При переходе на меньшую мощность частота вращения за время $t = 5$ с уменьшилась в 1,2 раза. Считая движение равнозамедленным, определите угловое ускорение ε и число полных оборотов N за время торможения. ***Ответ***: $\varepsilon = 1{,}26$ рад/с^2; $N = 27$.

1.59. Колесо, вращаясь равнозамедленно с начальной угловой скоростью $\omega_1 = 40$ рад/с, сделало $N = 40$ оборотов. Определите угловое ускорение ε колеса и промежуток времени t до полной остановки. ***Ответ***: $\varepsilon = 3{,}18$ рад/с^2; $t = 12{,}6$ с.

1.60. Материальная точка движется по окружности радиусом $r = 30$ см с постоянным тангенциальным ускорением $a_\tau = 5$ см/с^2. Определите, через какой промежуток времени t после начала движения нормальное ускорение a_n будет больше тангенциального a_τ в три раза. ***Ответ***: $t = 4{,}24$ с.

1.61.* Зависимость пройденного телом пути от времени по окружности радиусом $r = 3$ м задается уравнением $s = At^2 + Bt$, где $A = 0{,}4$ м/с^2, $B = 0{,}1$ м/с. Определите для момента времени $t = 1$ с после начала движения нормальное a_n, тангенциальное α_τ и полное a ускорение. ***Ответ***: $a_n = 0{,}27$ м/с^2; $\alpha_\tau = 0{,}8$ м/с^2; $a = 0{,}84$ м/с^2.

1.62. Угловая скорость ω лопастей вентилятора равна 6,28 рад/с. Определите число N полных оборотов лопастей за время $t = 8$ мин. ***Ответ***: $N = 480$.

1.63. Лопасти вентилятора после выключения за время $t = 6$ с, двигаясь равнозамедленно, сделали до остановки $N = 30$ оборотов. Определите угловую скорость ω_0, угловое ускорение ε и частоту вращения n лопастей вентилятора в рабочем режиме. ***Ответ***: $\omega_0 = 62{,}8$ рад/с; $\varepsilon = 10{,}5$ рад/с^2; $n = 10$ с$^{-1}$.

1.64. Маховое колесо, имеющее частоту вращения $n_0 = 180$ об/мин, останавливается, двигаясь равнозамедленно, в течение $t = 30$ с. Определите число N полных оборотов, сделанных маховым колесом до полной остановки. ***Ответ***: $N = 45$.

1.65. Для вращающейся с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0{,}06$ рад/с^2 точки через какое-то время t угол α между вектором полного ускорения и вектором скорости становится равным 40° (см. рис. 7). Определите этот промежуток времени. ***Ответ***: $t = 3{,}74$ с.