

Тому, кто ГОТОВИТСЯ к ЕГЭ по физике

Чтобы успешно сдать ЕГЭ по физике, надо прежде всего уметь решать задачи. Эта книга поможет Вам научиться *решать* задачи, а не заучивать готовые решения. Вы обнаружите, что решать задачи намного интересней и к тому же намного надёжней, чем вспоминать заученные решения на экзамене.

В этой книге Вы найдёте достаточное количество *вопросов и заданий для повторения* по каждому разделу школьной программы по физике. Многие вопросы и задания составлены по ситуациям, использованным в задачах ЕГЭ в течение последних лет. Уровень их сложности *постепенно повышается* — от самых простых до довольно сложных.

Успешно справиться с заданиями высокого уровня сложности Вам помогут предложенные здесь «ступеньки», по которым Вы будете шаг за шагом подниматься на высокий уровень (туда и правда трудно «запрыгнуть» одним прыжком).

Наши «ступеньки» — это вопросы *постепенно возрастающей сложности* по одной и той же ситуации, описанной в условии задачи. Их последовательность тщательно подобрана так, чтобы научить Вас *правильному (исследовательскому!)* подходу к решению задач.

Вы убедитесь на собственном опыте, что не стоит пытаться *сразу* найти ответ на поставленный в задаче вопрос — это далеко не всегда возможно. Чтобы решить задачу, надо *исследовать* ситуацию, описанную в условии задачи, то есть *записать* все соотношения, справедливые для данной ситуации (не обращая внимания на то, какие величины заданы, какие надо найти, а о каких вообще ничего не сказано в условии).

В результате Вы получите *систему уравнений*. Это — *ключ к решению задачи*: Вам останется только решить систему относительно искомой величины (или величин).

Описанный подход к решению задач мы кратко сформулировали на следующей странице в виде «*Золотого правила решения задач*».

В каждом разделе после вопросов и заданий для повторения приведены *вопросы и задания для самостоятельной работы* двух уровней сложности, соответствующих первой и второй частям ЕГЭ. Не пропускайте простых заданий, даже если Вы уверены в себе: они помогут Вам справиться с более трудными задачами, к которым не всегда даны «ступеньки».

Ко многим заданиям приведены советы непосредственно после условий. Они помогут Вам наметить путь решения.

К наиболее трудным задачам в конце книги приведены *подробные указания*. Они помогут Вам составить систему уравнений, открывающую путь к решению.

Тому, кто ГОТОВИТ к ЕГЭ по физике

Эту книгу Вы сможете использовать как в классе, так и на индивидуальных занятиях. Она поможет Вам подготовить школьников к ЕГЭ по физике — прежде всего, научить их *решать задачи*.

Вы лучше других знаете, как трудно научить школьников решать задачи по физике. Эта трудность имеет простую причину: дело в том, что не существует самого по себе «умения решать задачи по физике». Это умение — «побочный продукт» *исследовательского подхода*. Тот, кто овладел этим подходом, сможет решить задачу даже высокого уровня сложности. А развить исследовательский подход у Ваших учеников как раз и поможет эта книга.

Вы найдёте в ней много *вопросов и заданий для повторения* по всем разделам школьного курса физики. В этих вопросах и заданиях ставится ряд постепенно усложняющихся вопросов по *одной и той же ситуации* — именно в той последовательности, которая соответствует исследовательскому подходу.

В книге исследованы указанным образом практически все ситуации, встречавшиеся на заданиях ЕГЭ по физике.

Работая с учениками, не предлагайте им сразу *все* вопросы по данной ситуации — сначала задавайте вопросы по одному в порядке усложнения, а потом постепенно предлагайте

им самим задавать вопросы по рассматриваемой ситуации. Так Вы поможете своим ученикам скорее овладеть исследовательским подходом, в результате чего они будут получать радость не только от решения задач, но и от их постановки.

Если трудная задача не поддаётся, предложите ученикам ознакомиться с подробными указаниями, приведёнными в конце книги для большинства трудных задач. Эти указания — не решения, которые можно «списать»: они помогут Вашим ученикам «сдвинуться с мёртвой точки» и справиться с задачей.

Желаем от всей души удачи всем, кто будет работать по этой книге!

Авторы

«ЗОЛОТОЕ ПРАВИЛО» РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

- 1. Закройте поставленный в задаче вопрос и сосредоточьтесь на ситуации, описанной в условии задачи: какие закономерности справедливы для этой ситуации?*
- 2. Запишите эти закономерности в виде системы уравнений. При этом не бойтесь использовать величины, не упомянутые в условии задачи.*
- 3. Откройте вопрос задачи и решите полученную систему уравнений относительно искомых величин.*

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ КУРСА ФИЗИКИ 10 КЛАССА

Механика

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \quad v_x = v_{0x} + a_x t \quad l = \frac{|v_k^2 - v_H^2|}{2a} \quad a = \frac{v^2}{r} \quad \omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2} \quad F = k|x| \quad F_{\text{тр. ск}} = \mu N \quad F_{\text{тр. пок}} \leq \mu N$$

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad \Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t \quad A = Fscos\alpha \quad P = \frac{A}{t} = Fv$$

$$E_p = mgh \quad E_p = \frac{kx^2}{2} \quad E_k = \frac{mv^2}{2} \quad E_{\text{мех}} = E_p + E_k$$

$$M = Fl \quad p = \frac{F}{S} \quad p = \rho gh \quad F_A = \rho g V_{\text{погр}}$$

Молекулярная физика и термодинамика

$$N = \nu N_A \quad m = \nu M \quad pV = \frac{m}{M}RT = \nu RT \quad p = \frac{1}{3}nm_0\overline{v^2}$$

$$p = \frac{2}{3}n\bar{E} \quad \bar{E} = \frac{3}{2}kT \quad \overline{v^2} = \frac{3kT}{m_0} = \frac{3RT}{M} \quad \varphi = \frac{p}{p_H} \cdot 100\%$$

$$Q = cm(t_k - t_H) \quad Q = qm \quad Q = \Delta U + A_T \quad U = \frac{3}{2}\nu RT$$

$$U = \frac{3}{2}pV \quad A_T = p\Delta V \quad \eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_1} \cdot 100\% \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$$

$$\eta_{\text{max}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% \quad Q = \lambda m \quad Q = Lm$$

Электростатика и постоянный электрический ток

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2} \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad A = qU \quad C = \frac{q}{U} \quad C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad Q = I^2 Rt \quad A = IUt \quad P = IU$$

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q} \quad I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \quad U = \mathcal{E} - Ir \quad I_{\text{кз}} = \frac{\mathcal{E}}{r} \quad m = \frac{m_0 q}{en}$$

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ КУРСА ФИЗИКИ 11 КЛАССА

Электродинамика

$$F_A = BIl \sin \alpha$$

$$F_{II} = Bqv \sin \alpha$$

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\Phi = LI$$

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$W_M = \frac{LI^2}{2}$$

Колебания и волны

$$x = x_{\max} \cos \omega t$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$X_L = \omega L$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu$$

Оптика и элементы теории относительности

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$$

$$D = \frac{1}{F}$$

$$\Gamma = \frac{H}{h}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\Delta d = k\lambda$$

$$d \sin \varphi_k = k\lambda$$

$$n = \frac{c}{v}$$

$$E_0 = mc^2$$

Квантовая физика

$$E = h\nu$$

$$E_{k \max} = eU_3$$

$$h\nu = A_{\text{ВЫХ}} + E_{k \max}$$

$$\nu_{\min} = \frac{A_{\text{ВЫХ}}}{h}$$

$$p = \frac{h\nu}{c}$$

$$h\nu_{kn} = E_k - E_n$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$$

$$E_{\text{св}} = \Delta M \cdot c^2$$

МЕХАНИКА

КИНЕМАТИКА

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ

Система отсчёта, траектория, путь и перемещение

Тело можно рассматривать как материальную точку, если:

- а) размеры тела малы по сравнению с расстоянием, пройденным телом.
- б) тело движется поступательно, то есть все его точки движутся одинаково.

1. Поступательно ли движутся педали велосипеда, едущего по прямой дороге?

Совет. Тело движется поступательно, если все его точки движутся одинаково.

2. Автомобиль проехал дважды по всему кольцевому шоссе длиной 100 км. Чему равен пройденный автомобилем путь?

Совет. Если тело проходит какой-то участок траектории n раз, то пройденный путь равен длине этого участка, умноженной на n .

3. Только один из графиков, изображённых на рисунке 1, может быть графиком зависимости пути от времени. Какой?

Совет. Путь не может быть отрицательным и не может уменьшаться со временем.

4. Какова траектория тела, если: а) модуль перемещения тела равен пройденному пути; б) перемещение тела равно нулю, но путь не равен нулю?

5. Длина минутной стрелки часов равна 10 см. а) Чему равен путь, пройденный концом стрелки за 1 ч? б) Чему равен модуль перемещения конца стрелки за 1 ч? в) Чему равен путь, пройденный концом стрелки за полчаса? г) Чему равен модуль перемещения конца стрелки за полчаса?

6. Автомобиль проехал от пункта A до пункта B по прямой дороге и на обратном пути остановился в пункте C , находящемся между A и B . Известно, что $AB = 10$ км, $AC = 4$ км. а) Сделайте чертёж по описанию данной ситуации. б) Выразите пройденный автомобилем путь l через AB и AC . в) Выразите модуль перемещения автомобиля s через AC . г) Во сколько раз пройденный автомобилем путь больше модуля его перемещения?

Совет. г) Выразите отношение $\frac{l}{s}$ через AB и AC .

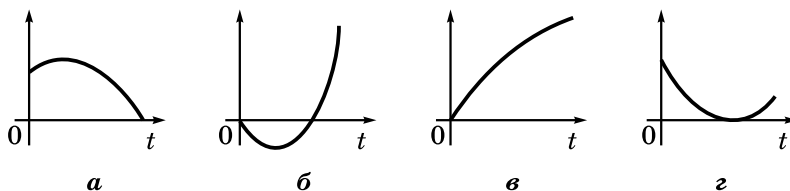
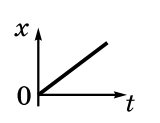
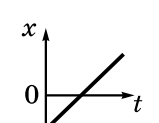
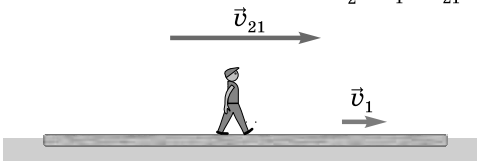
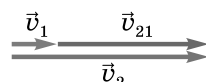


Рис. 1

7. Падающий с начальной высоты мяч после удара о землю поднялся на некоторую высоту. Какую долю начальной высоты она составляет, если пройденный мячом к этому моменту путь оказался в 4 раза больше модуля его перемещения?

Прямолинейное равномерное движение. Сложение скоростей

 $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} \quad v_x = \frac{x}{t}$ $x = v_x t$	 $x = x_0 + v_x t$	<p>Средняя скорость на двух участках</p> $v_{\text{ср}} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2}$
<h3>Сложение скоростей</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> $\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{v}_{21}$  </div> </div>		

8. На рисунке 2 изображены графики зависимости $x(t)$ для пешехода и велосипедиста, движущихся вдоль оси x . а) Какой цифрой отмечен график зависимости $x(t)$ для велосипедиста? б) Для какого графика проекция скорости на ось x отрицательна?

Совет. а) Найдите скорости движения, соответствующие каждому графику, и оцените, с какой скоростью может двигаться *пешеход* (не бегун).

Средняя скорость

9. Автобус проезжает расстояние 40 км между двумя посёлками за 1 час. На сколько уменьшилась его средняя скорость, когда в расписании автобуса появились три остановки по 5 мин каждая?

Совет. Найдите время движения автобуса после добавления остановок.

10. Женя некоторое время ехал на велосипеде со скоростью 15 км/ч, а потом велосипед сломался, и Женя ещё *столько же времени* шёл, ведя велосипед со скоростью 5 км/ч. Чему равна средняя скорость Жени на всём пути?

11. Женя некоторое расстояние проехал на велосипеде со скоростью 15 км/ч, а потом ещё *такое же расстояние* прошёл, ведя велосипед со скоростью 5 км/ч. Чему равна средняя скорость Жени на всём пути?

Сложение скоростей

12. По реке плывёт плот со скоростью \vec{v}_1 , причём $v_1 = 0,3$ м/с, а по плоту идёт человек со скоростью \vec{v}_{21} относительно *плота*, причём $v_{21} = 1$ м/с. а) Чему равна и как направлена скорость \vec{v}_2

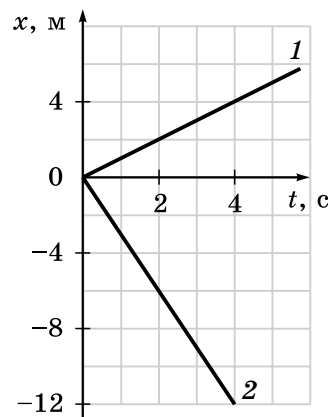


Рис. 2

человека относительно берега, если он идёт по плоту в направлении течения реки (рис. 3)? б) Чему равна и как направлена скорость \vec{v}_2 человека относительно берега, если он идёт по плоту противоположно течению реки (рис. 4)?

13. От пристани A к пристани B отплыли одновременно плот и катер. Скорость катера относительно воды в 3 раза больше, чем скорость течения. Плот приплыл к пристани B через 1 час после отправления. а) Во сколько раз скорость катера относительно берега больше скорости течения, когда он плывёт по течению? против течения? б) За какой промежуток времени катер проплыл от A до B ? от B до A ?

Совет. а) Скорость катера относительно берега является векторной суммой скорости катера относительно воды и скорости течения.

14. Вертолёт пролетел при попутном ветре от A до B за 1,5 часа. Во время обратного перелёта направление и скорость ветра оставались прежними, а перелёт длился 1 ч 50 мин. Скорость вертолёта относительно воздуха всё время оставалась постоянной. а) Обозначьте модуль скорости вертолёта относительно воздуха $v_{\text{вер}}$, модуль скорости ветра $v_{\text{вет}}$, а расстояние между A и B обозначьте d . Времена перелёта при попутном и при встречном ветре обозначьте $t_{\text{по}}$ и $t_{\text{прот}}$. Запишите систему уравнений, описывающих движение вертолёта при попутном и встречном ветре. б) Используя полученную систему уравнений, найдите, во сколько раз скорость вертолёта относительно воздуха больше скорости ветра. в) Сколько времени занял бы перелёт от A до B при отсутствии ветра?

Совет. б) Можно разделить одно уравнение системы на другое: левую часть первого уравнения разделить на левую часть второго, а правую часть первого — на правую часть второго. Запишите систему уравнений для времён движения по ветру, против ветра и без ветра. «Переверните» потом каждое из этих уравнений и составьте одно уравнение, в которое входят только указанные три промежутка времени. После сокращений вы получите одно уравнение с одним неизвестным.

15. Рыбак на моторной лодке переправляется через реку. При этом скорость лодки относительно воды перпендикулярна скорости течения и равна 2 м/с. Ширина реки 60 м, скорость течения 1 м/с. На рисунке 5 схематически показаны некоторые положения лодки во время переправы. а) Чему равен модуль скорости лодки относительно берега? б) За какое время рыбак переправится через реку? в) На какое расстояние вдоль берега снесёт лодку за время переправы? г) Чему равен угол между направлением скорости лодки относительно берега и перпендикуляром к берегу? д) Чему равен модуль перемещения лодки относительно берега за время переправы?

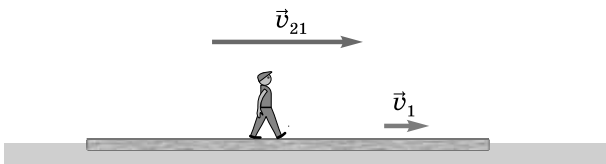


Рис. 3

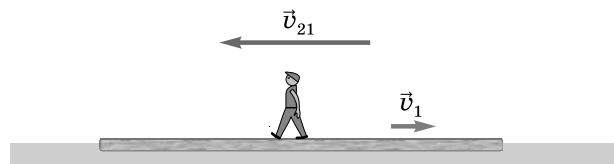


Рис. 4

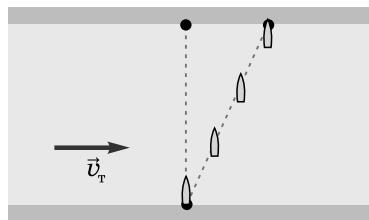


Рис. 5

Совет. а) Согласно правилу сложения скоростей $\vec{v}_{лб} = \vec{v}_{лв} + \vec{v}_т$, где $\vec{v}_{лб}$ — скорость лодки относительно берега, $\vec{v}_{лв}$ — скорость лодки относительно воды, $\vec{v}_т$ — скорость течения (рис. 6). Воспользуйтесь теоремой Пифагора. б) Удобно перейти в систему отсчёта, связанную с плотом, плывущим по течению: в этой системе отсчёта скорость лодки направлена перпендикулярно берегу, откуда следует, что время переправы $t = \frac{d}{v_{лв}}$, где $v_{лв}$ — скорость лодки относительно воды, d — ширина реки. в) Поскольку скорость лодки относительно воды направлена перпендикулярно берегу, расстояние b , на которое снесёт лодку, выражается формулой $b = v_т t$, где $v_т$ — скорость течения. г) Воспользуйтесь тем, что $\text{tg}\alpha = \frac{v_т}{v_{лв}}$.

16. Лодочнику надо переправиться на моторной лодке через реку шириной 60 м в точку Б, расположенную *точно напротив* начальной точки А (рис. 7). Скорость лодки относительно воды 2 м/с, а скорость течения 1 м/с. На рисунке показаны промежуточные положения лодки, чтобы обратить внимание на то, что для переправы в точку Б лодка должна держать курс на точку, расположенную *выше* по течению. Поставьте три вопроса по этой ситуации и найдите ответы на них.

Совет. Найдите с помощью чертежа скорость лодки относительно берега как векторную сумму скорости лодки относительно воды и скорости течения. Возможные вопросы: а) Какой угол составляет скорость лодки *относительно воды* с перпендикуляром к берегу? б) Чему равна скорость лодки относительно берега? в) Сколько времени займёт переправа?

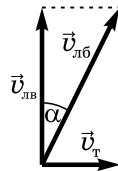


Рис. 6

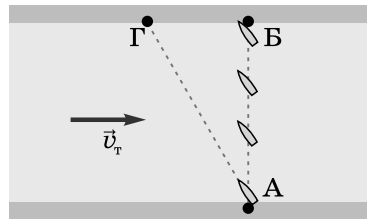
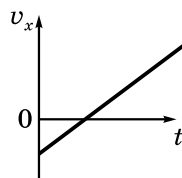


Рис. 7

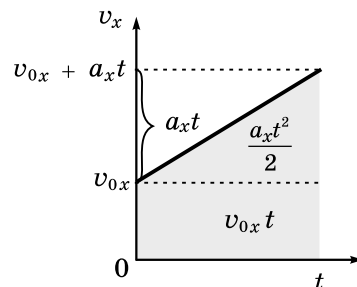
Прямолинейное равноускоренное движение

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$



$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$



$$l = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

Ускорение

17. Как изменяется модуль скорости тела, если: а) ускорение направлено так же, как начальная скорость; б) ускорение направлено противоположно начальной скорости?

18. Зависимость $v_x(t)$ для четырёх автомобилей, движущихся вдоль оси x , выражается следующими формулами (в единицах СИ):

$$\begin{array}{ll} 1) v_x = 8 + 2t; & 2) v_x = 20 - 4t; \\ 3) v_x = -10 + t; & 4) v_x = -15 - 3t. \end{array}$$

Какие автомобили разгоняются в течение первых трёх секунд наблюдения, а какие — тормозят?

Совет. Модуль скорости тела увеличивается, если начальная скорость и ускорения направлены одинаково, то есть если проекции начальной скорости и ускорения имеют *одинаковый знак*.

График зависимости скорости от времени при прямолинейном равноускоренном движении

19. На рисунке 8 изображены графики зависимости проекции скорости от времени для двух автомобилей, движущихся вдоль оси x . а) Какой из автомобилей тормозит? Чему равен модуль его ускорения? б) У какого автомобиля модуль ускорения меньше? Чему он равен? в) Запишите формулы, выражающие зависимость $v_x(t)$ для каждого автомобиля в единицах СИ.

20. Зависимость проекций скорости на ось x от времени для двух тел выражается в единицах СИ формулами $v_{1x} = 6 - 3t$, $v_{2x} = 2 + t$. а) Постройте графики $v_{1x}(t)$ и $v_{2x}(t)$ на одном чертеже. б) В какой момент времени скорости тел равны? в) В какие моменты времени скорости тел равны *по модулю*?

Совет. б) Векторные величины равны, если они равны по модулю и *одинаково направлены*.

Перемещение при прямолинейном равноускоренном движении

21. Тело движется из состояния покоя с ускорением 2 м/с^2 . Чему равны пути, пройденные телом: за 1 с; 2 с; 3 с; 4 с? Заметили ли вы простую закономерность?

22. Автомобиль трогается с места и движется с постоянным ускорением. За первые 4 с он проехал 20 м. Определите *устно*, какое расстояние проедет автомобиль: а) за 8 с; б) за 16 с?

Совет. Воспользуйтесь тем, что пройденный путь пропорционален *квадрату* времени движения: например, при увеличении времени движения в 2 раза пройденный путь увеличивается в 4 раза.

23. Зависимость координаты тела от времени выражается в единицах СИ формулой $x = 6 - 5t + t^2$. а) Чему равна начальная координата тела? б) Чему равна проекция начальной скорости? в) Чему равна проекция ускорения?

24. Автомобиль тронулся с места и, двигаясь с постоянным ускорением, достиг скорости 10 м/с , проехав 40 м. Определите *устно*, какой путь проехал автомобиль к моменту, когда его скорость равна: а) 20 м/с ; б) 40 м/с ?

Совет. При равноускоренном движении без начальной скорости пройденный путь пропорционален *квадрату* конечной скорости.

25. Проехав 200 м, автомобиль разогнался от скорости 10 м/с до 30 м/с . а) С каким ускорением двигался автомобиль? б) За какое время автомобиль проехал указанный путь? в) Чему равна средняя скорость автомобиля?

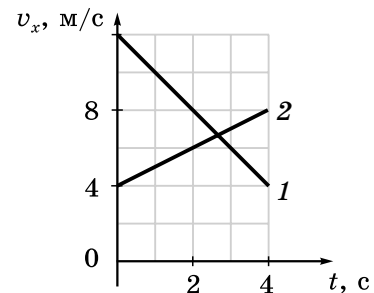


Рис. 8

26. Путь, пройденный тормозящим автомобилем до остановки, называют тормозным путём. При экстренном торможении ускорение автомобиля равно по модулю 5 м/с^2 . Чему равен тормозной путь автомобиля при начальной скорости 60 км/ч (максимальная разрешённая скорость в городе)?

27. Автомобиль въехал на некоторый участок прямой дороги со скоростью $v_1 = 40 \text{ км/ч}$, а съехал с него со скоростью $v_2 = 80 \text{ км/ч}$. Весь участок автомобиль проехал с постоянным ускорением за время $t = 2 \text{ мин}$. а) Выведите формулу, выражающую длину участка d через v_1 , v_2 и t . б) Чему равна длина участка?

Совет. а) Воспользуйтесь тем, что путь численно равен площади фигуры, заключённой под графиком зависимости скорости от времени, а также тем, что площадь трапеции равна произведению полусуммы её оснований на высоту.

28. Автобус отошёл от остановки и за 12 с разогнался до скорости 72 км/ч , двигаясь с постоянным ускорением. Какова средняя скорость автобуса во время разгона? Есть ли в условии лишние данные?

29. Докажите, что пути, проходимые за равные последовательные промежутки времени при прямолинейном равноускоренном движении без начальной скорости, относятся как последовательные нечётные числа, начиная с единицы:

$$l_1 : l_2 : l_3 \dots = 1 : 3 : 5 \dots$$

Совет. См. рисунок 9.

30. Автомобиль разгоняется с места, двигаясь равноускоренно. За первую секунду он проехал 2 м . Какое расстояние он проехал за *третью* секунду? Попробуйте решить задачу *устно*.

Движение с ускорением свободного падения

Свободное падение тела без начальной скорости

31. Выразите конечную скорость v свободно падающего без начальной скорости тела через время падения t и ускорение свободного падения g .

32. Свободно падающее без начальной скорости тело упало на землю со скоростью 40 м/с . Сколько времени падало тело?

33. Выразите начальную высоту h , с которой свободно падает тело без начальной скорости, через время падения t и ускорение свободного падения.

34. Найдите пути, проходимые свободно падающим телом за первую, вторую, третью и четвёртую секунды падения. Заметили ли вы простую закономерность?

35. Найдите выражение для конечной скорости v тела, свободно падающего без начальной скорости с высоты h .

36. Чему была бы равна скорость дождевых капель, падающих с высоты 2 км , если бы они падали свободно?

Движение тела, брошенного вертикально вверх¹⁾

37. Зависимость скорости от времени для тела, движущегося с ускорением свободного падения, выражается формулой $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$. Запишите это уравнение в проекциях на вертикально направленную ось y . Постройте график зависимости проекции скорости от времени.

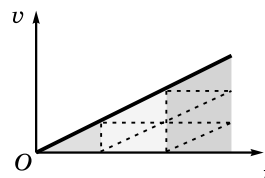


Рис. 9

¹⁾ Далее в этом разделе мы предполагаем, что сопротивлением воздуха можно пренебречь. Если начальная высота тела не указана, предполагается, что тело брошено с поверхности земли.

38. Тело брошено вертикально вверх. Выразите время подъёма тела $t_{\text{под}}$ до верхней точки траектории через v_0 и g .

Совет. Время подъёма $t_{\text{под}}$ удовлетворяет уравнению $v_0 - gt_{\text{под}} = 0$.

39. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Сколько времени тело будет двигаться *вверх*?

40. Выведите формулу, выражающую зависимость $y(t)$ для тела, брошенного вертикально вверх со скоростью v_0 . Ось y направлена вертикально вверх.

41. Тело брошено вверх со скоростью 30 м/с. На какой высоте будет находиться тело через 2 с после броска? через 4 с? Как объяснить полученные ответы?

42. Выведите формулу, выражающую высоту h верхней точки траектории брошенного вертикально вверх тела, через v_0 и g .

43. Выразите время полёта брошенного вертикально вверх тела $t_{\text{пол}}$ до его падения на землю через модуль начальной скорости v_0 и g .

44. Два тела одновременно бросили вверх. Второе тело упало на землю на 4 с позже, чем первое. Насколько начальная скорость второго тела больше, чем начальная скорость первого тела?

45. Два тела одновременно бросили вверх. Когда первое тело упало на землю, второе тело находилось в верхней точке траектории. Во сколько раз: а) начальная скорость второго тела больше, чем начальная скорость первого тела; б) высота подъёма второго тела больше, чем высота подъёма первого?

Совет. В данном случае время подъёма второго тела в 2 раза больше времени подъёма первого тела.

Движение тела, брошенного горизонтально

При решении задач о движении тела, брошенного *горизонтально* со скоростью \vec{v}_0 с высоты h над поверхностью земли, удобно выбрать систему координат так, как показано на рисунке 10.

46. Тело брошено горизонтально с начальной скоростью v_0 . Запишите выражения для проекций \vec{v}_0 и \vec{g} на оси координат. Ось x направьте горизонтально по направлению начальной скорости тела, а ось y — вертикально вверх.

47. Запишите выражения для проекций \vec{v}_0 и \vec{g} на оси координат и, используя их, запишите уравнение $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$ в проекциях на оси координат в виде системы двух уравнений.

48. Выведите формулы, выражающие зависимость координат x и y тела от времени.

49. Тело брошено горизонтально с начальной скоростью 20 м/с с высоты 10 м. На какой высоте будет находиться тело через 1 с после броска? Есть ли в условии лишние данные?

50. Как записать условие падения тела на землю?

51. Выведите формулу для времени $t_{\text{пол}}$ полёта тела до его падения на землю.

Совет. Время полёта $t_{\text{пол}}$ удовлетворяет уравнению $h - \frac{gt_{\text{пол}}^2}{2} = 0$.

52. Выразите дальность l полёта тела до его падения на землю через v_0 , h и g .

Совет. Дальность полёта l удовлетворяет уравнению $l = v_0 t_{\text{пол}}$. Воспользуйтесь найденным выражением для времени полёта $t_{\text{пол}}$.

53. Как изменится дальность полёта горизонтально брошенного тела, если увеличить в 4 раза: а) начальную скорость тела; б) начальную высоту тела?

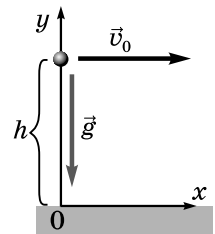


Рис. 10

54. С отвесной скалы высотой 5 м горизонтально бросают камешки с начальными скоростями 5 м/с, 10 м/с и 20 м/с. На каком расстоянии от основания скалы упадут камешки? Задачу можно решить *устно*.

Совет. Найдите время движения каждого камешка.

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

55. Тело брошено с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту (рис. 11). Запишите выражения для проекций начальной скорости \vec{v}_0 на оси координат, показанные на рисунке.

56. Запишите уравнение $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$ в проекциях на оси координат (см. рис. 11) в виде системы двух уравнений.

57. Выведите формулы, выражающие зависимость координат x и y тела от времени.

58. Тело брошено под углом 30° к горизонту с начальной скоростью 20 м/с. а) На каком расстоянии от точки бросания (по горизонтали) будет находиться тело через 1 с после броска? через 2 с после броска? б) На какой высоте будет находиться тело через 1 с после броска? Через какой промежуток времени после броска координата y тела станет снова равной нулю?

Совет. а) Воспользуйтесь формулой, выражающей зависимость $x(t)$. б) Воспользуйтесь формулой, выражающей зависимость $y(t)$.

59. Выразите время полёта тела (до падения на землю) через v_0 и α . Докажите, что время всего полёта в 2 раза больше времени подъёма тела до верхней точки траектории.

Совет. Воспользуйтесь формулой $y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ и учтите, что в момент падения тела его координата $y = 0$. Время подъёма тела можно определить из условия $v_y = 0$.

60. Выразите дальность l полёта тела через v_0 и α .

Совет. Воспользуйтесь формулой $x = v_0 \cos \alpha \cdot t$ и формулой $t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ для времени полёта тела, полученной при решении предыдущей задачи.

61. Футболист ударил по мячу, придав ему начальную скорость 20 м/с. Мяч упал на землю на расстоянии 34,6 м от начального положения.

а) Под каким углом к горизонту могла быть направлена начальная скорость мяча?

б) Какой вывод следует из того, что в этой задаче есть два ответа?

62. При каком угле бросания *дальность* полёта тела, брошенного под углом к горизонту с одной и той же по модулю начальной скоростью, *максимальна*?

Совет. Воспользуйтесь формулой для дальности полёта $l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$. Максимальное значение синуса угла равно 1.

63. Выразите высоту h подъёма тела в общем случае через v_0 и α .

64. При каком угле бросания *высота* подъёма тела, брошенного под углом к горизонту с той же по модулю начальной скоростью, *максимальна*?

Совет. Вспомните, при каком угле значение синуса угла максимально.

65. Посылая ударами ноги лежащий на земле мяч в полёт с одной и той же по модулю начальной скоростью, но под разными углами к горизонту, футболист обнаружил, что мяч падает на землю не далее 40 м от его начального положения. На какую максимальную высоту мог подниматься мяч при ударах?

Совет. Найдите начальную скорость мяча, исходя из того, что максимальная дальность полёта равна 40 м. Вспомните, при каком угле бросания высота подъёма максимальна.

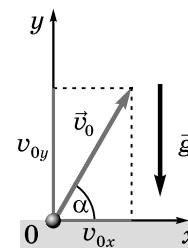


Рис. 11

Последний этап падения тела

66. Тело, свободно падающее с некоторой высоты без начальной скорости, пролетело последний участок пути длиной l за промежуток времени τ . а) Что *ещё* известно о движении тела на последнем этапе? б) Запишите систему уравнений, справедливую для последнего этапа падения. Обозначьте v_k конечную скорость тела (непосредственно перед касанием земли), а v_1 — скорость тела в момент, когда ему осталось пролететь до земли расстояние l . в) Используя записанную систему уравнений, получите одно уравнение с *одним* неизвестным — конечной скоростью v_k . г) Выразите конечную скорость тела v_k через величины, данные в описании ситуации. д) Выразите начальную высоту тела h через величины, данные в описании ситуации.

67. Свободно падающее без начальной скорости тело пролетело за последнюю секунду падения 30 м. а) Чему была равна скорость тела непосредственно перед падением? б) Сколько времени падало тело? в) С какой высоты падало тело?

68. Свободно падающее без начальной скорости тело пролетело за последнюю секунду падения в 2 раза большее расстояние, чем за предпоследнюю секунду. а) Сколько времени падало тело? б) Чему была равна скорость тела непосредственно перед падением на землю? в) С какой высоты падало тело?

Совет. Запишите выражения для путей, пройденных телом за *одну* и *две* последние секунды. Воспользуйтесь приведённым в условии соотношением между этими путями, и вы получите одно уравнение с одним неизвестным — конечной скоростью тела.

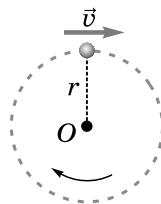
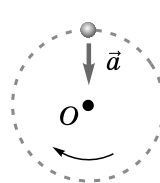
Одинаковая дальность полёта при двух разных углах бросания

69. Как связаны углы бросания α_1 и α_2 , для которых дальность полёта тела *одинакова* при одинаковой по модулю начальной скорости?

70. Дальность l полёта двух тел, брошенных под *различными* углами к горизонту с *одинаковой* по модулю начальной скоростью, одинакова и равна 60 м. Один угол больше другого на 48° . а) Чему равны углы бросания? б) Чему равна начальная скорость тел? в) На какое максимальное расстояние можно бросить тело с той же по модулю начальной скоростью? г) На какую максимальную высоту можно бросить тело с той же по модулю начальной скоростью?

Совет. а) Воспользуйтесь тем, что сумма углов, для которых дальность полёта одинакова при той же начальной скорости, равна 90° . б) Воспользуйтесь выражением для дальности полёта тела, брошенного под углом к горизонту.

Равномерное движение по окружности

Скорость направлена по касательной	$v = \frac{2\pi r}{T}$	Ускорение направлено по радиусу к центру
	$v = \frac{1}{T}$	
	$\omega = 2\pi v$	
	$a = \frac{v^2}{r}$	

71. Тело равномерно движется по окружности и совершает один полный оборот за 4 с. В начальный момент тело находится в точке A (рис. 12). Перенесите рисунок в тетрадь и изобразите на нём скорость тела в точках A, B, C, D . На какой угол поворачивается скорость тела за *каждую* секунду? За *каждую* 0,1 с?

Совет. Угол поворота скорости пропорционален времени движения.

72. Чему равны: а) периоды обращения секундной и минутной стрелок часов; б) частоты их обращения?

73. Радиус вращающегося горизонтального колеса аттракциона 8 м. Чему равны период и частота его обращения, когда пассажиры движутся с ускорением, равным по модулю ускорению свободного падения?

74. Чему равны угловые скорости секундной и минутной стрелок часов?

В задачах о движении транспорта (например, автомобиля или велосипеда) указывается часто, что колёса катятся *без проскальзывания*. Это означает, что скорость нижней точки колеса, которая в *данный момент* соприкасается с дорогой, равна *нулю* в системе отсчёта, связанной с дорогой. На это может указывать, например, чёткий отпечаток шин.

Чтобы найти скорость и ускорение любой точки колеса (например, автомобиля) в системе отсчёта, связанной с дорогой, удобно перейти сначала в систему отсчёта, связанную с данным автомобилем, а затем снова вернуться в систему отсчёта, связанную с дорогой.

75. Автомобиль едет с постоянной скоростью v по прямой дороге. а) Изобразите схематически колесо автомобиля, катящееся без проскальзывания, и обозначьте на рисунке ось колеса O и точку A обода колеса, скорость которой равна нулю в системе отсчёта, связанной с дорогой. Изобразите скорость точки O в системе отсчёта, связанной с дорогой. б) Сделайте другой рисунок, на котором изобразите скорость точек O и A в системе отсчёта, связанной с автомобилем. в) Изобразите на том же рисунке скорость верхней точки колеса B в системе отсчёта, связанной с автомобилем. г) Сделайте третий рисунок, на котором изобразите скорости точек O, A и B в системе отсчёта, связанной с дорогой.

Совет. б) При переходе в систему отсчёта, связанную с автомобилем, надо из скорости каждой точки векторно вычесть скорость автомобиля \vec{v} (чтобы скорость самого автомобиля в связанной с ним системе отсчёта была равна нулю). в) Скорости *всех* точек обода колеса в системе отсчёта, связанной с автомобилем, равны по модулю. г) Согласно правилу сложения скоростей при переходе в систему отсчёта, связанную с дорогой, надо к скорости каждой точки прибавить скорость автомобиля \vec{v} .

Конический маятник представляет собой подвешенный на нити груз, который равномерно движется по окружности в горизонтальной плоскости (рис. 13).

76. При движении конического маятника нить длиной l образует с вертикалью угол α . а) Выразите радиус окружности r , по которой движется груз, через l и α . б) Выразите скорость груза через l, α и период обращения T . в) Выразите центростремительное ускорение a груза через l, α и T .

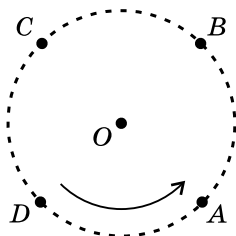


Рис. 12

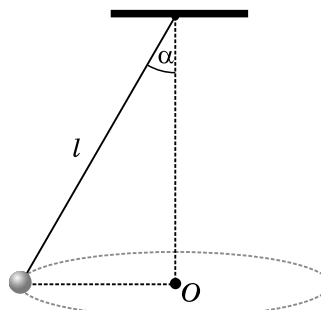


Рис. 13

77. Подвешенный на нити длиной 80 см шарик движется со скоростью 2 м/с по окружности в горизонтальной плоскости. При этом ускорение шарика равно по модулю ускорению свободного падения. На какой угол от горизонтали отклонена нить?

Совет. Выразите центростремительное ускорение шарика через скорость шарика, длину нити и угол отклонения нити.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вопросы и задания уровня первой части ЕГЭ

78. Спортивный самолёт с пропеллером летит равномерно по горизонтали. Какова форма траектории точки на конце лопасти пропеллера в системе отсчёта, связанной: а) с кабиной пилота; б) с Землёй; в) с пропеллером?

79. Отчалив от пристани, катер проплыл 600 м на юг, затем повернул на восток и проплыл ещё 800 м. Сделайте чертёж, найдите пройденный путь и модуль перемещения катера.

80. Найдите место и время встречи двух велосипедистов, движущихся вдоль прямой дороги, если зависимость координаты x от времени t в единицах СИ для первого и второго велосипедистов выражается формулами: $x_1 = 5t$, $x_2 = 150 - 10t$.

Совет. В момент встречи значения координаты x велосипедистов одинаковы.

81. Автомобиль в течение 20 мин ехал со скоростью 72 км/ч, а затем 10 мин — со скоростью 90 км/ч. Чему равна средняя скорость автомобиля?

Совет. Найдите путь, пройденный автомобилем, на каждом участке и за всё время движения.

82. По двум перпендикулярным шоссе едут автомобиль со скоростью 15 м/с и мотоцикл со скоростью 20 м/с. Чему равен модуль скорости мотоцикла в системе отсчёта, связанной с автомобилем?

Совет. Сделайте схематический рисунок и воспользуйтесь теоремой Пифагора.

83. Схематически изобразите в тетради лифт, а рядом с ним — его скорость и ускорение для следующих случаев: а) лифт разгоняется, двигаясь вверх; б) лифт разгоняется, двигаясь вниз; в) лифт тормозит, двигаясь вверх; г) лифт тормозит, двигаясь вниз.

Совет. Вектор ускорения совпадает по направлению с вектором *изменения* скорости. Направление скорости значения не имеет.

84. Автомобиль за 10 с разгоняется с места до скорости 20 м/с, двигаясь прямолинейно равноускоренно. а) С каким ускорением двигался автомобиль? б) Постройте график зависимости модуля скорости автомобиля от времени. в) Чему равна скорость автомобиля через 5 с после старта?

85. Рассмотрите график зависимости проекции скорости материальной точки от времени (рис. 14). Чему равна средняя скорость материальной точки?

Совет. Найдите путь, пройденный материальной точкой за всё время движения. Путь численно равен площади фигуры, заключённой под графиком зависимости $v_x(t)$.

86. На рисунке 15 изображён график зависимости от времени проекции ускорения автомобиля, движущегося вдоль оси x . В начальный момент скорость автомобиля равна нулю. а) Чему равна скорость автомобиля через 3 с? б) Какой путь пройдёт автомобиль за 5 с?

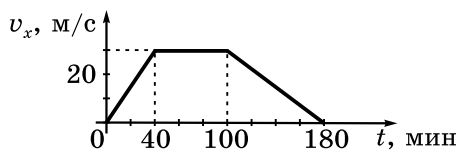


Рис. 14

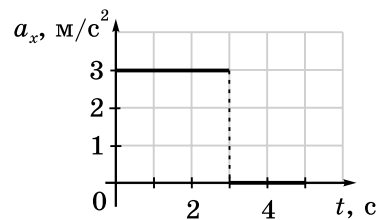


Рис. 15

Совет. Постройте график зависимости проекции скорости на ось x от времени. Путь численно равен площади фигуры, заключённой под графиком зависимости $v_x(t)$.

87. С поверхности земли вертикально вверх со скоростью 20 м/с бросили камешек. а) На какую высоту поднимется камешек и сколько времени длится подъём? б) Сколько времени камешек будет находиться в полёте? в) Чему равен модуль скорости камешка через 3 с после начала движения? Непосредственно перед ударом о землю?

88. Используя график зависимости от времени проекции скорости мяча, брошенного вертикально вверх (рис. 16), найдите: а) начальную скорость мяча; б) в течение какого времени мяч поднимался до максимальной высоты; в) максимальную высоту подъёма мяча; г) *любые* два момента времени, в которые скорость мяча одинакова по модулю, но противоположна по направлению.

Совет. б) При достижении мячом максимальной высоты его скорость изменяет направление.

89. Сравните ускорения двух тел, равномерно движущихся по окружностям радиусом 1 м и 10 см, если: а) скорости тел одинаковы; б) периоды обращения тел одинаковы; в) частоты обращения тел одинаковы.

90. Автомобиль проезжает по выпуклому мосту, имеющему форму дуги окружности радиусом 60 м. Чему равна скорость автомобиля, если в момент, когда он проезжает середину моста, ускорение автомобиля равно ускорению свободного падения?

91. Диск диаметром 0,6 м совершает 20 оборотов в минуту. Найдите период, частоту и угловую скорость вращения диска, а также скорость и ускорение точек на его ободе.

Вопросы и задания уровня второй части ЕГЭ

92. Турист прошёл по дороге 2 км на юг, а потом ещё 4 км — на юго-восток. Чему равны модуль перемещения туриста и угол между вектором перемещения и направлением на юг?

Совет. Сделайте в тетради схематический чертёж и воспользуйтесь теоремами косинусов и синусов.

93. Обгоняя плывущий по реке плот длиной 20 м, лодка сместилась относительно берега на 30 м. Чему равно смещение плота относительно берега за это время?

Совет. Смещение лодки относительно берега равно векторной сумме смещения лодки относительно плота и смещения плота относительно берега.

94. Сколько времени плывёт плот по реке от города М до города Н, если из М до Н теплоход плывёт 6 ч, а из Н до М — 8 ч?

Совет. Запишите систему уравнений, описывающих движение плота, а также движение теплохода по течению и против течения.

95. Аист совершает перелёт между посёлками А и Б в безветренную погоду за 1 ч. Во время следующего полёта дует ветер, направленный перпендикулярно отрезку АБ, причём модуль скорости ветра в 3 раза меньше скорости аиста относительно воздуха. Поставьте два вопроса по этой ситуации и найдите ответы на них. Модуль скорости аиста относительно воздуха не изменяется.

Совет. Например: а) Сколько времени будет длиться перелёт при указанном ветре? б) Какой угол составляет скорость аиста относительно воздуха с отрезком АБ?

96. Тело движется равноускоренно из состояния покоя. За вторую секунду оно прошло 15 см. Какой путь пройдёт тело за пятую секунду?

Совет. Пути, проходимые за равные последовательные промежутки времени при прямолинейном равноускоренном движении без начальной скорости, относятся как последовательные нечётные числа, начиная с единицы: $l_1 : l_2 : l_3 \dots = 1 : 3 : 5 \dots$

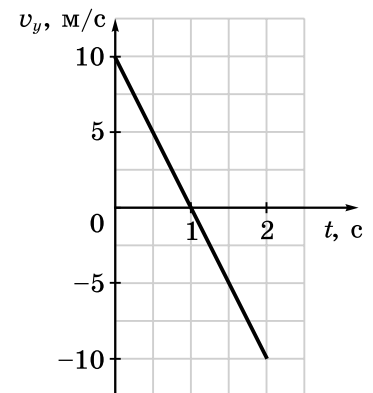


Рис. 16

97. Автомобиль, трогаясь с места, в течение 15 с движется с постоянным ускорением 2 м/с^2 . Какой была скорость автомобиля на середине пройденного за это время *пути*?

Совет. Найдите скорость автомобиля в конце данного участка пути и воспользуйтесь тем, что при равноускоренном движении без начальной скорости путь пропорционален квадрату скорости.

98. На участке длиной 100 м скорость автомобиля, движущегося с ускорением 2 м/с^2 , увеличилась в 3 раза. Чему была равна скорость автомобиля в начале участка?

Совет. Выразите путь, пройденный автомобилем, через v , v_0 и a .

99. В течение первой секунды наблюдения мотоциклист, движущийся прямолинейно с постоянным ускорением, проехал 10 м, а в течение первых двух секунд — 22 м. а) Какое расстояние он проехал за три секунды наблюдения? б) Чему равна его начальная скорость?

100. Шарик толкнули снизу вверх по наклонному жёлобу. У флажка, установленного на расстоянии 30 см от нижнего края жёлоба, шарик побывал через 1 с и через 3 с после толчка. Чему равен пройденный шариком путь к моменту, когда он вернулся в начальную точку? Шарик движется вверх и вниз по жёлобу с одинаковым по модулю ускорением.

Совет. Запишите систему уравнений для положения шарика в указанные моменты времени. Выразите с её помощью начальную скорость и ускорение шарика через величины, заданные в условии.

101. Свободно падающее без начальной скорости тело за последнюю секунду падения пролетело 35 м. С какой скоростью тело упало на землю? С какой высоты и сколько времени падало тело?

102. Какой путь пройдёт брошенное вертикально вверх тело за первые 4 с полёта, если начальная скорость тела равна 30 м/с ?

Совет. Определите, в каком направлении будет двигаться тело через 4 с после начала полёта.

103. После удара футбольный мяч пролетает над воротами, слегка касаясь горизонтальной планки в *верхней точке траектории* через 0,7 с после удара. Чему равна начальная скорость мяча, если расстояние от футболиста до ворот равно 6,4 м? Примите, что размером мяча и толщиной планки можно пренебречь.

Совет. Через указанный промежуток времени проекция скорости мяча на вертикально направленную ось y стала равной нулю. Найдите проекции начальной скорости на оси x и y и воспользуйтесь теоремой Пифагора.

104. От карниза крыши оторвались с некоторым промежутком времени две капли. Спустя 2 с после начала падения второй капли расстояние между каплями равно 20 м. Чему равен промежуток времени между отрывом капель?

105. Петя бросает Васе мяч под некоторым углом к горизонту с начальной скоростью 13 м/с . На каком расстоянии друг от друга находятся мальчики, если максимальной высоты мяч достиг через 1 с после броска?

106. На рисунке 17 изображена ремённая передача. С какой частотой вращается малый шкив, если большой шкив совершает 135 оборотов в минуту? Чему равна скорость точек ремня? Диаметр большого шкива равен 0,64 м, а диаметр малого — на 40 см меньше.

Совет. Скорость точек на ободьях шкивов равна скорости точек ремня.

107. Пропеллер самолёта совершает 2000 оборотов в минуту, длина лопасти пропеллера 1,5 м. Чему равна скорость точки на конце лопасти пропеллера относительно земли, когда самолёт летит со скоростью 500 км/ч ? Нарисуйте примерную траекторию её движения.

Совет. Найдите скорость точек пропеллера, обусловленную его вращением, и воспользуйтесь теоремой Пифагора.

108. Два вращающихся с частотой 1600 об/мин диска насажены на общую горизонтальную ось на расстоянии 0,5 м друг от друга. С какой скоростью летит пуля вдоль оси вращения дисков, если за время полёта пули между дисками они поворачиваются на 12° ?

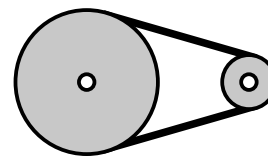


Рис. 17

УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ПОВЫШЕННОЙ ТРУДНОСТИ

МЕХАНИКА

Кинематика

14. Обозначения: $v_{\text{вер}}$ — скорость вертолёта относительно воздуха; $v_{\text{вет}}$ — скорость ветра; d — расстояние от A до B .

а) Время перелёта при попутном ветре

$$t_{\text{по}} = \frac{d}{v_{\text{вер}} + v_{\text{вет}}}. \quad (1)$$

Время перелёта при встречном ветре

$$t_{\text{прот}} = \frac{d}{v_{\text{вер}} - v_{\text{вет}}}. \quad (2)$$

б) Разделив уравнение (1) на уравнение (2), получим одно уравнение для нахождения $\frac{v_{\text{вер}}}{v_{\text{вет}}}$.

в) Время перелёта при отсутствии ветра

$$t_{\text{безвет}} = \frac{d}{v_{\text{вер}}}. \quad (3)$$

Уравнения (1–3) можно переписать в виде

$$\frac{1}{t_{\text{по}}} = \frac{v_{\text{вер}} + v_{\text{вет}}}{d}, \quad \frac{1}{t_{\text{прот}}} = \frac{v_{\text{вер}} - v_{\text{вет}}}{d}, \quad \frac{1}{t_{\text{безвет}}} = \frac{v_{\text{вер}}}{d}.$$

Используя эти уравнения, можно выразить $t_{\text{безвет}}$ через $t_{\text{по}}$ и $t_{\text{прот}}$.

68. Обозначения: $l_{\text{п}}$ — путь, пройденный телом за последнюю секунду падения, $l_{\text{пп}}$ — путь, пройденный телом за предпоследнюю секунду падения, $l_{2\tau}$ — путь, пройденный телом за последние две секунды падения, τ — промежуток времени, равный 1 с, t — время падения тела. Из соотношений $l_{2\tau} = l_{\text{п}} + l_{\text{пп}}$ и $l_{\text{п}} = 2l_{\text{пп}}$ следует, что $l_{2\tau} = \frac{3}{2}l_{\text{п}}$. Путь, пройденный телом за последнюю секунду падения $l_{\text{п}} = \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-\tau)^2}{2}$. Путь, пройденный телом за последние две секунды падения $l_{2\tau} = \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-2\tau)^2}{2}$. Используя написанные уравнения, получаем одно уравнение для нахождения времени падения тела t .

92. Рассмотрим треугольник, две стороны которого — отрезки пути туриста длиной 2 км и 4 км. По условию угол между этими сторонами равен 135° . Используя теорему косинусов, находим длину третьей стороны — она равна модулю перемещения туриста. Используя далее теорему синусов применительно к этой третьей стороне и стороне, равной 4 км, находим синус угла между вектором перемещения и направлением на юг. Зная синус угла, находим сам угол.

94. Обозначения: $v_{\text{тепл}}$ — скорость теплохода относительно воды, $v_{\text{теч}}$ — скорость течения (равная скорости плота), l — расстояние между городами М и Н. Время движения теплохода по течению $t_{\text{по}} = \frac{l}{v_{\text{тепл}} + v_{\text{теч}}}$. Время движения теплохода против течения

$t_{\text{прот}} = \frac{l}{v_{\text{тепл}} - v_{\text{теч}}}$. Время движения плота $t_{\text{плот}} = \frac{l}{v_{\text{теч}}}$. Используя написанные уравнения, можно выразить $t_{\text{плот}}$ через $t_{\text{по}}$ и $t_{\text{прот}}$. Для этого удобно «перевернуть» предварительно все три уравнения.

95. Обозначения: l — расстояние между посёлками, $v_{\text{ав}}$ — модуль скорости аиста относительно воздуха, $v_{\text{аз}}$ — модуль скорости аиста относительно земли во время перелёта при боковом ветре, $v_{\text{в}}$ — модуль скорости бокового ветра. Время перелёта в безветренную погоду $t_1 = \frac{l}{v_{\text{ав}}}$. Время перелёта при боковом ветре $t_2 = \frac{l}{v_{\text{аз}}}$. Скорость аиста относительно земли является векторной суммой скорости аиста относительно воздуха и скорости ветра. По условию ветер направлен перпендикулярно отрезку АБ, вдоль которого летит аист. Поэтому векторы скорости аиста относительно воздуха, скорости ветра и скорости аиста относительно земли составляют прямоугольный треугольник, гипотенуза которого — скорость аиста относительно воздуха. Следовательно, согласно теореме Пифагора $v_{\text{аз}} = \sqrt{v_{\text{ав}}^2 - v_{\text{в}}^2}$. Используя написанные уравнения, можно выразить t_2 через t_1 и отношение $\frac{v_{\text{в}}}{v_{\text{ав}}}$, заданное в условии. Синус угла между скоростью аиста относительно воздуха и отрезком АБ выражается формулой $\sin \alpha = \frac{v_{\text{в}}}{v_{\text{ав}}}$.

100. Обозначения: v_0 — модуль начальной скорости шарика, a — модуль ускорения шарика, t_1, t_2 — промежутки времени (1 с и 3 с), через которые шарик оказался на заданном в условии расстоянии от начальной точки (30 см). Модуль перемещения шарика за указанные в условии промежутки времени выражается формулами $s = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2}$, $s = v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2}$. Используя эти уравнения, можно выразить v_0 и a через величины, заданные в условии. Путь, пройденный шариком до возвращения в начальную точку, в 2 раза больше пути, пройденного шариком вверх до остановки. Следовательно, $l = 2 \frac{v_0^2}{2a}$. Подставив в эту формулу полученные ранее выражения для v_0 и a , получим выражение для пройденного шариком пути.

105. Обозначения: v_{0x} — проекция начальной скорости мяча на горизонтально направленную ось x , v_{0y} — проекция начальной скорости мяча на направленную вертикально вверх ось y , t — время полёта мяча от начального момента до верхней точки траектории, d — расстояние между мальчиками, v_0 — модуль начальной скорости мяча. Всё время полёта мяча в 2 раза больше, чем время полёта мяча до верхней точки траектории. Поэтому дальность полёта мяча, то есть расстояние между мальчиками выражается формулой $v_{0x} \cdot 2t = d$. Согласно теореме Пифагора $v_0^2 = v_{0x}^2 + v_{0y}^2$. Используя написанные уравнения, можно выразить v_{0x} через величины, заданные в условии. Зная время полёта мяча, можно найти расстояние между мальчиками.

108. Обозначения: d — расстояние между дисками, v — скорость пули на участке между дисками, ω — угловая скорость вращения дисков, ν — частота обращения дисков. Расстояние между дисками пуля пролетает за время $t = \frac{d}{v}$. За это же время диски поворачиваются на угол $\alpha = \omega t$. Угловая скорость дисков ω связана с частотой их вращения ν соотношением $\omega = 2\pi\nu$. Используя написанные уравнения, можно выразить v через величины, заданные в условии. При этом значение частоты обращения дисков надо выразить в об/с, а угол поворота дисков — в радианах.

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

МЕХАНИКА

Кинематика

Система отсчёта, траектория, путь и перемещение

1. Да. 2. 200 км. 4. а) Траектория — отрезок прямой, по которому тело движется *в одном направлении*. б) Траектория является замкнутой. 5. а) 62,8 см. б) Нулю. в) 31,4 см. г) 20 см. 6. б) $l = 2AB - AC$. в) $s = AC$. г) В 4 раза. 7. 0,6.

Прямолинейное равномерное движение. Сложение скоростей

9. На 8 км/ч. 10. 10 км/ч. 11. 7,5 км/ч. 12. а) $v_2 = 1,3$ м/с; скорость человека относительно берега направлена по течению реки. б) $v_2 = 0,7$ м/с; скорость человека относительно берега направлена

противоположно течению реки. 13. а) В 4 раза; в 2 раза. б) За 15 мин; за 30 мин. 14. а)
$$\begin{cases} v_{\text{вер}} + v_{\text{вет}} = \frac{d}{t_{\text{по}}}; \\ v_{\text{вер}} - v_{\text{вет}} = \frac{d}{t_{\text{прот}}}. \end{cases}$$

б) В 10 раз. в) 1 ч 39 мин. 15. а) $\sqrt{5}$ м/с. б) $t = 30$ с. в) На 30 м. г) 27° . д) 67 м. 16. а) 30° . б) 1,7 м/с. в) 35 с.

Прямолинейное равноускоренное движение

18. Первый и четвертый автомобили разгоняются, а второй и третий — тормозят. 19. а) Первый; 2 м/с². б) У второго; 1 м/с². в) Для первого: $v_x(t) = 12 - 2t$; для второго: $v_x(t) = 4 + t$. 20. б) При $t = 1$ с. в) При $t = 1$ с и $t = 4$ с. 21. 1 м; 4 м; 9 м; 16 м. Путь пропорционален квадрату времени движения. 22. а) 80 м. б) 320 м. 23. а) 6 м. б) -5 м/с. в) 2 м/с². 24. а) 160 м. б) 640 м. 25. а) 2 м/с².

б) 10 с. в) 20 м/с. 26. 27,8 м. 27. а) $d = \frac{v_1 + v_2}{2}t$. Обратите внимание: при равноускоренном движении

в одном направлении средняя скорость равна среднему арифметическому начальной и конечной скорости. б) 2 км. 28. 10 м/с; лишним данным является время разгона. 30. 10 м. 31. $v = gt$. 32. 4 с.

33. $h = \frac{gt^2}{2}$. 34. 5 м; 15 м; 25 м; 35 м. Пути, пройденные за последовательные равные промежутки времени, относятся как последовательные нечётные числа 1 : 3 : 5 : 7 и т. д. 35. $v = \sqrt{2gh}$.

36. 200 м/с (720 км/ч). 37. $v_y = v_0 - gt$. 38. $t_{\text{под}} = \frac{v_0}{g}$. 39. 3 с. 40. $y = v_0t - \frac{gt^2}{2}$. 41. 40 м; 40 м. Первый раз тело будет находиться на этой высоте при подъёме, а второй раз — при спуске. 42. $h = \frac{v_0^2}{2g}$.

43. $t_{\text{пол}} = \frac{2v_0}{g}$. 44. На 20 м/с. 45. а) В 2 раза. б) В 4 раза. 46. $v_{0x} = v_0$, $v_{0y} = 0$; $g_x = 0$, $g_y = -g$.

47. $\begin{cases} O_x: v_x = v_0; \\ O_y: v_y = -gt. \end{cases}$ 48. $x = v_0t$, $y = h - \frac{gt^2}{2}$. 49. На высоте 5 м. Лишнее данное — начальная скорость

тела: если тело брошено горизонтально, то высота тела в данный момент времени определяется только его начальной высотой и временем полёта. 50. $y = 0$. 51. $t_{\text{пол}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. 52. $l = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$. 53. а) Увели-

чится в 4 раза. б) Увеличится в 2 раза. 54. 5 м, 10 м, 20 м. 55. $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$, $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$.

56. $\begin{cases} O_x: v_x = v_0 \cos \alpha; \\ O_y: v_y = v_0 \sin \alpha - gt. \end{cases}$ 57. $x = v_0 \cos \alpha \cdot t$, $y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$. 58. а) 17,3 м; 34,6 м. б) 5 м; через

2 с. 59. $t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$. 60. $l = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$. 61. а) 30° или 60° . б) Дальность полёта при

одной и той же начальной скорости может быть *одинаковой* при *различных* углах бросания. 62. 45° .

63. $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$. 64. 90° , то есть когда тело брошено вертикально вверх. 65. 20 м. 66. а) Тело двигалось с ускорением свободного падения: в описании ситуации сказано, что тело падало *свободно*.

б)
$$\begin{cases} v_k = v_1 + g\tau; \\ l = v_1\tau + \frac{g\tau^2}{2}. \end{cases}$$
 в) $l = v_k\tau - \frac{g\tau^2}{2}$. г) $v_k = \frac{l + \frac{g\tau^2}{2}}{\tau}$. д) $h = \frac{v_k^2}{2g} = \frac{\left(\frac{l}{\tau} + \frac{g\tau}{2}\right)^2}{2g}$. 67. а) 35 м/с. б) 3,5 с. в) 61 м

(округлено). 68. а) 2,5 с. б) 25 м/с. в) 31 м (округлено). 69. Дальность полёта при одинаковой по модулю начальной скорости будет равной для углов α_1 и α_2 , если $\sin 2\alpha_1 = \sin 2\alpha_2$. Отсюда получаем: $2\alpha_1 = 180^\circ - 2\alpha_2 \Rightarrow \alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$. 70. а) 21° и 69° . б) 30 м/с. в) 90 м. г) 45 м.

Равномерное движение по окружности

71. На 90° ; на 9° . 72. а) 60 с; 3600 с. б) $\frac{1}{60}c^{-1}$; $\frac{1}{3600}c^{-1}$. 73. $T = 5,6$ с; $v = 0,18$ c^{-1} . 74. $\frac{2\pi \text{ рад}}{60 \text{ с}}$; $\frac{2\pi \text{ рад}}{3600 \text{ с}}$. 75. а) См. рисунок 1. б) См. рисунок 2. в) См. рисунок 3. г) См. рисунок 4.

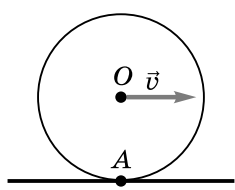


Рис. 1

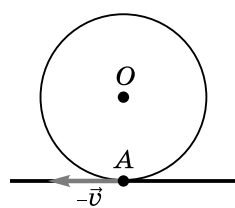


Рис. 2

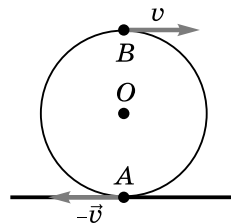


Рис. 3

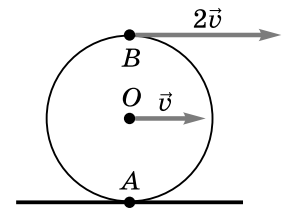


Рис. 4

76. а) $r = l \sin \alpha$. б) $v = \frac{2\pi l \sin \alpha}{T}$. в) $a = \frac{4\pi^2 l \sin \alpha}{T^2}$. 77. 30° .

Вопросы и задания для самостоятельной работы

78. а) Окружность. б) Спираль. в) Точка. 79. 1,4 км; 1 км. 80. 10 с; 50 м. 81. 78 км/ч. 82. 25 м/с. 84. а) 2 м/с². в) 10 м/с. 85. 20 м/с. 86. а) 9 м/с. б) 31,5 м. 87. а) 20 м; 2 с. б) 4 с. в) 10 м/с; 20 м/с. 88. а) 10 м/с. б) 1 с. в) 5 м. г) Например, 0,5 с и 1,5 с. 89. а) Ускорение второго тела в 10 раз больше. б) Ускорение первого тела в 10 раз больше. в) Ускорение первого тела в 10 раз больше. 90. 24,5 м/с. 91. 3 с; 0,33 c^{-1} ; 2,1 рад/с; 0,63 м/с; 1,3 м/с². 92. 5,6 км; 30,3°. 93. 10 м. 94. 2 суток. 95. а) 1,06 ч. б) 19,5°. 96. 45 см. 97. 21,2 м/с. 98. 7,1 м/с. 99. а) 36 м. б) 9 м/с. 100. 80 см. 101. 40 м/с; 80 м; 4 с. 102. 50 м. 103. 11,5 м/с. 104. 0,83 с. 105. 16,6 м. 106. 6 c^{-1} ; 4,52 м/с. 107. 343 м/с. Траектория — винтовая линия. 108. 400 м/с.

ДИНАМИКА

Три закона Ньютона

109. К центру окружности. 110. Может. Например, скорость брошенного вверх тела направлена на противоположно действующей на него силе тяжести до тех пор, пока тело движется вверх. 111. а) 0,6 м/с². б) 1,2 Н. г) 120° . 112. Если силы перпендикулярны друг другу.

Силы тяготения

113. $6F$. 114. а) $a = \frac{v^2}{R}$. б) $F = G \frac{M_C m}{R^2}$. в) $v = \sqrt{\frac{GM_C}{R}}$. Обратите внимание: чем больше радиус орбиты, тем меньше скорость планеты, причём скорость движения планеты не зависит от её массы.

115. 30 км/с. 116. $T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM_C}}$. 117. $g = G \frac{M_{\text{Зем}}}{R_{\text{Зем}}^2}$. 118. $g(h) = G \frac{M_{\text{Зем}}}{(R_{\text{Зем}} + h)^2}$. 119. В 4 раза.

120. $v_1 = \sqrt{R_{\text{Зем}} g}$. 121. $v_1 = \sqrt{\frac{GM_{\text{Зем}}}{R_{\text{Зем}}}}$. 123. $g = \frac{4\pi G \rho R}{3}$. 124. $v_1 = 2R \sqrt{\frac{G \rho}{3}}$. 125. $T = \sqrt{\frac{3\pi}{G \rho}}$. Обратите

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

МНОЖИТЕЛИ И ПРИСТАВКИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕСЯТИЧНЫХ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ					
Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
тера	Т	10^{12}	деци	д	10^{-1}
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
дека	да	10	пико	п	10^{-12}

НЕКОТОРЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ
Длина окружности $l = \pi D = 2\pi R$
Площадь круга $S = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2$
Площадь поверхности шара $S = 4\pi R^2$
Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$
Объём прямоугольного параллелепипеда $V = abc$
Объём цилиндра $V = Sh = \pi R^2 h$

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ, СОЛНЦЕ И ЛУНЕ ¹⁾	
Радиус Земли	6400 км
Радиус Солнца	700 000 км
Радиус Луны	1 740 км
Расстояние от Земли до Солнца	150 млн км
Расстояние от Земли до Луны	380 000 км
Период обращения Луны вокруг Земли	27,3 сут.
Масса Земли	$6 \cdot 10^{24}$ кг
Масса Солнца	$2 \cdot 10^{30}$ кг
Масса Луны	$7,3 \cdot 10^{22}$ кг

¹⁾ Приведены с округлением.

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
Скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Элементарный электрический заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 0,00055 \text{ а.е.м.}$
Масса протона	$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.е.м.}$
Масса нейтрона	$m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00866 \text{ а.е.м.}$
Электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
Постоянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

ПЛОТНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ

Вещество	Плотность, кг/м ³
Алюминий	2700
Вода	1000
Железо	7800
Золото	19300
Керосин	800
Лёд	900
Медь	8900
Нефть	800
Ртуть	13600
Свинец	11300
Сталь	7800
Чугун	7000

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Сталь по льду	0,015
Сталь по стали	0,03—0,09
Дерево по дереву	0,2—0,5
Шины по сухому асфальту	0,5—0,7
Шины по мокрому асфальту	0,35—0,45
Шины по гладкому льду	0,15—0,20

ПСИХРОМЕТРИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА						
Показания сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометров, °С					
	0	1	2	3	4	5
	Относительная влажность, %					
20	100	91	83	74	66	59
21	100	91	83	75	67	60
22	100	92	83	76	68	61
23	100	92	84	76	69	61
24	100	92	84	77	69	62
25	100	92	84	77	70	63
26	100	92	85	78	71	64
27	100	92	85	78	71	65
28	100	93	85	78	72	65
29	100	93	86	79	72	66
30	100	93	86	79	73	67

ЗАВИСИМОСТЬ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО ВОДЯНОГО ПАРА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ	
Температура t, °С	Давление p_n, кПа
0	0,61
3	0,76
6	0,93
10	1,23
15	1,71
17	1,93
18	2,07
19	2,20
20	2,33
25	3,17
30	4,24
50	12,34
80	47,3
90	70,11
100	100

УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ	
Вещество	$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Алюминий	900
Вода	4200
Железо, сталь	460
Лёд	2100
Медь	400
Свинец	130

Удельная теплота парообразования воды 2,3 МДж/кг.

Удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Температура плавления свинца 327 °С.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ	
Вещество	Диэлектрическая проницаемость
Вода	81
Воздух	1
Керамика	20
Керосин	2,1
Парафин	2
Слюда	7,5
Спирт	26
Эбонит	3

УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	
Вещество	$10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$
Никелин	0,42
Алюминий	0,028
Медь	0,017
Сталь	0,12
Нихром	1,1
Латунь	0,071

ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ	
Вещество	
Алмаз	2,4
Вода	1,33
Спирт этиловый	1,36
Стекло	1,5

РАБОТА ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНОВ			
Вещество	эВ	Вещество	эВ
Платина	6,3	Цезий	1,8
Оксид бария	1,0	Цинк	4,2
Серебро	5,3	Кальций	2,6

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА НЕКОТОРЫХ ИЗОТОПОВ¹⁾

Изотоп	Масса нейтрального атома, а. е. м.	Изотоп	Масса нейтрального атома, а. е. м.
^1_1H (водород)	1,00783	$^{12}_6\text{C}$ (углерод)	12,00000
^2_1H (дейтерий)	2,01410	$^{13}_6\text{C}$ (углерод)	13,00335
^3_1H (тритий)	3,01605	$^{14}_7\text{N}$ (азот)	14,00307
^3_2He (гелий)	3,01602	$^{15}_7\text{N}$ (азот)	15,00011
^4_2He (гелий)	4,00260	$^{17}_8\text{O}$ (кислород)	16,99913
^6_3Li (литий)	6,01513	$^{27}_{13}\text{Al}$ (алюминий)	26,98146
^7_3Li (литий)	7,01601	$^{30}_{14}\text{Si}$ (кремний)	29,97376
^8_4Be (бериллий)	8,00531	$^{226}_{88}\text{Ra}$ (радий)	226,02435
$^{10}_5\text{B}$ (бор)	10,01294	$^{238}_{92}\text{U}$ (уран)	238,05077
$^{11}_5\text{B}$ (бор)	11,00931		

Содержание

ТОМУ, КТО ГОТОВИТСЯ К ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ	3
ТОМУ, КТО ГОТОВИТ К ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ	3
«ЗОЛОТОЕ ПРАВИЛО» РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ	4
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ	5
КИНЕМАТИКА	
Вопросы и задания для повторения	7
Система отсчёта, траектория, путь и перемещение.....	7
Прямолинейное равномерное движение. Сложение скоростей	8
Прямолинейное равноускоренное движение.....	10
Движение с ускорением свободного падения	12
Равномерное движение по окружности	15
Вопросы и задания для самостоятельной работы	17
ДИНАМИКА	
Вопросы и задания для повторения	20
Три закона Ньютона.....	20
Силы тяготения	20
Силы упругости	22
Силы трения.....	24
Тело на наклонной плоскости	26
Равномерное движение по окружности под действием нескольких сил.....	28
Движение системы тел	30
Вопросы и задания для самостоятельной работы	32
ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ	
Вопросы и задания для повторения	38
Импульс. Закон сохранения импульса	38
Применение закона сохранения импульса	39
Механическая работа. Мощность	42
Энергия и работа. Потенциальная и кинетическая энергия	43
Закон сохранения энергии в механике	43
Неравномерное движение по окружности в вертикальной плоскости	45
Применение законов сохранения в механике к движению нескольких тел или системы тел	48
Вопросы и задания для самостоятельной работы	49
СТАТИКА И ГИДРОСТАТИКА	
Вопросы и задания для повторения	56
Условия равновесия тела	56
Центр тяжести	58
Равновесие жидкости и газа	59
Вопросы и задания для самостоятельной работы	61

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Вопросы и задания для повторения	63
Строение вещества.....	63
Изопроцессы и другие газовые процессы	64
Уравнение состояния идеального газа.....	65
Абсолютная температура и средняя кинетическая энергия молекул.....	67
Насыщенный пар. Влажность	67
Вопросы и задания для самостоятельной работы	68

ТЕРМОДИНАМИКА

Вопросы и задания для повторения	73
Первый закон термодинамики.....	73
Применение первого закона термодинамики к газовым процессам	74
Тепловые двигатели. Второй закон термодинамики	77
Фазовые переходы.....	78
Вопросы и задания для самостоятельной работы	79

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Вопросы и задания для повторения	83
Электрические взаимодействия.....	83
Напряжённость электрического поля. Линии напряжённости.....	84
Проводники и диэлектрики в электрическом поле	86
Работа электрического поля. Разность потенциалов (напряжение).....	87
Емкость. Энергия электрического поля.....	89
Вопросы и задания для самостоятельной работы	90

ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Вопросы и задания для повторения	97
Закон Ома для участка цепи	97
Работа и мощность тока	98
Закон Ома для полной цепи	100
Дополнительные примеры расчёта электрических цепей.....	101
Электрический ток в полупроводниках.....	103
Вопросы и задания для самостоятельной работы	104

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Вопросы и задания для повторения	111
Магнитные взаимодействия. Магнитное поле	111
Закон Ампера	113
Примеры применения закона Ампера.....	114
Сила Лоренца	116
Вопросы и задания для самостоятельной работы	117

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Вопросы и задания для повторения	124
Явление электромагнитной индукции	124
Закон электромагнитной индукции.....	126
Самоиндукция. Энергия магнитного поля	127
Вопросы и задания для самостоятельной работы	128

КОЛЕБАНИЯ

Вопросы и задания для повторения	134
Свободные механические колебания.....	134
Динамика механических колебаний.....	136
Энергия механических колебаний. Вынужденные колебания.....	137
Колебательный контур. Переменный электрический ток.....	138
Вопросы и задания для самостоятельной работы	139

ВОЛНЫ

Вопросы и задания для повторения	145
Механические волны. Звук	145
Электромагнитные волны.....	146
Вопросы и задания для самостоятельной работы	146

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Вопросы и задания для повторения	149
Законы геометрической оптики	149
Линзы. Построение изображений в линзах	153
Глаз и оптические приборы	155
Вопросы и задания для самостоятельной работы	157

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Вопросы и задания для повторения	160
Интерференция волн.....	160
Дифракция волн. Дисперсия света	162
Вопросы и задания для самостоятельной работы	163

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.....

Вопросы и задания для повторения	166
Вопросы и задания для самостоятельной работы	167

КВАНТЫ И АТОМЫ

Вопросы и задания для повторения	168
Фотоэффект. Фотоны	168
Строение атома. Атомные спектры.....	169
Вопросы и задания для самостоятельной работы	169

АТОМНОЕ ЯДРО И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Вопросы и задания для повторения	172
Вопросы и задания для самостоятельной работы	173

УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ПОВЫШЕННОЙ ТРУДНОСТИ

Механика.....	176
Молекулярная физика и термодинамика.....	194
Электростатика и постоянный ток.....	199
Электродинамика.....	203
Колебания и волны	204
Оптика	205
Квантовая физика	208

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ.....

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ	232
--------------------------------	-----