7 класс

Продолжительность — 180 минут. Максимальный балл — 40.

Задача 7.1. Фиксискорость.

ДимДимыч и фиксик Нолик решили устроить дружеское соревнование по бегу. Чтобы уравнять шансы, ДимДимыч поставил фиксика на расстоянии 2 м от финиша, а сам стартовал на 90 м дальше. Нолик бежал изо всех сил, со скоростью 10 фиксиметров в секунду, но ДимДимыч всё равно финишировал на 1 секунду раньше. Через неделю упорных тренировок Нолика друзья повторили забег, но теперь ДимДимыч стартовал на 8 м ближе к фиксику, чем в первый раз. Несмотря на это, Нолик, развив скорость в 12 фиксиметров в секунду, обогнал друга на 1 секунду. Определите, сколько фиксиметров содержится в одном человеческом метре. Дистанция, пробегаемая Ноликом, и скорость ДимДимыча каждый раз была одна и та же. Скорость участников во время бега считать постоянной.

Задача 7.2. Вода и кубики.

В цилиндрическом сосуде друг на друге лежат три кубика (см. рис. 7.1). Ребро среднего кубика в два раза длиннее ребра верхнего, а ребро нижнего больше ребра верхнего кубика в три раза. В сосуд начинают медленно наливать воду. До верхней грани большого кубика вода поднимается со скоростью $v_1 = 18$ мм/мин. От нижней до верхней грани среднего кубика она поднимается со скоростью $v_2 = 8$ мм/мин.

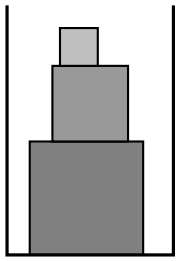


Рис. 7.1.

1. С какой скоростью v_3 вода будет подниматься от нижней до верхней грани маленького кубика?
2. Какова средняя скорость $v_{ср}$ поднятия уровня воды от дна сосуда до верхней грани маленького кубика?

Объём воды, поступающей в сосуд в единицу времени, в течение всего эксперимента не меняется.

Задача 7.3. Туристы.

Лосяш и Копатыч как-то отправились в поход с одной ночёвкой на поляне в лесу. Друзья вышли в 9 часов утра, после чего дотошный Лосяш стал каждые 6 часов заносить в свой дневник данные о пройденном расстоянии (см. таблицу на рис. 7.2). Переночевав и съев запасы, Лосяш и Копатыч отправились налегке в обратный путь по той же самой дороге и вернулись домой в 14 ч 50 мин.

время	9:00	15:00	21:00	3:00	9:00
s, км	0	15	30	33	45

Рис. 7.2.

1. С какой скоростью Лосяш и Копатыч возвращались домой?
2. Сколько времени друзья были на поляне?

Считать, что скорости путешественников по дороге туда и по дороге обратно были постоянными, а находясь на поляне, они не перемещались.

Задача 7.4. Встречи на дороге.

Два автомобиля выехали из одной точки по одной и той же дороге в одном направлении, но в разное время. Графики зависимости пройденного каждым автомобилем пути от времени движения представлены на рис. 7.3.

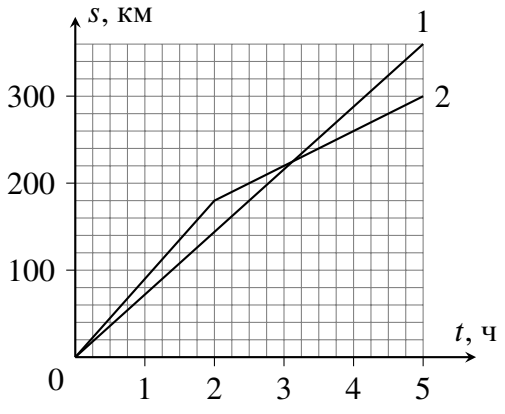


Рис. 7.3.

1. Насколько позже стартовал автомобиль №2, если машины встретились на дороге через 1,5 ч после старта первого автомобиля?
2. Через сколько минут после первой встречи автомобили встретятся на дороге снова?
3. На каком расстоянии от места старта это произойдёт?

8 класс

Продолжительность — 180 минут. Максимальный балл — 40.

Задача 8.1. Моторная лодка.

Моторная лодка прошла от пристани Борисово вниз по течению реки до пристани Гуськово, а через некоторое время обратно, вверх по реке, до пристани Борисово. Средняя скорость лодки на **всём** пути была равна v, а время стоянки в Гуськово составило 1/10 времени всего путешествия. Чему равна скорость лодки u в стоячей воде, если она больше скорости течения реки в 3 раза? Считать, что лодка движется вверх и вниз по течению равномерно, а скорость течения реки не меняется.

Задача 8.2. Топим стакан.

В большой ванне с водой плавает цилиндрический пенопластовый стакан, до краёв заполненный водой, погружаясь на 75% своего объёма. Мальчик Паша стал аккуратно, на тонкой ниточке, по одному опускать в стакан алюминиевые грузики. Ёмкость стакана равна 210 см^3, масса одного грузика — 9,5 г. Какое максимальное число грузиков Паша сможет опустить, чтобы не утопить стакан? Плотность пенопласта равна 50 кг/м^3, плотность алюминия — 2700 кг/м^3, плотность воды — 1000 кг/м^3.

Задача 8.3. Сообщающиеся сосуды на новый лад.

В высоком теплоизолированном сосуде, разделённом тонкой вертикальной перегородкой на две неравные части, находится слой воды высотой $H = 10$ см при температуре $t_1 = 12$ ℃. Площадь сечения широкой части сосуда в два раза больше площади сечения узкой, а между перегородкой и дном есть небольшой зазор (см. рис. 8.1). В широкую часть сосуда налили керосин при температуре $t_2 = 75$ ℃ так, что верхняя поверхность керосина оказалась на высоте $H_1 = 21$ см от дна сосуда. Определите установившуюся температуру жидкостей в сосуде. Удельная теплоёмкость керосина равна 2100 Дж/(кг·℃), воды — 4200 Дж/(кг·℃). Плотность керосина 800 кг/м^3, плотность воды — 1000 кг/м^3. Стенки сосуда вертикальны, теплоёмкостью стенок и перегородки можно пренебречь.

Задача 8.4. Тающее равновесие.

На двух опорах лежит однородный стержень массой $M = 450$ г. К концам стержня подвешены два разных куска льда с массами $m_1 = 400$ г и $m_2 = 100$ г. Конструкцию осветило солнце, и обе льдинки начали одновременно таять. Скорость таяния большого куска равна $\mu_1 = 1{,}4$ г/мин, скорость таяния маленького $\mu_2 = 1{,}0$ г/мин.

1. Чему были равны силы давления стержня на опоры до того, как лёд начал таять?
2. Через какое время после начала таяния кусков льда конструкция опрокинется?

Длина стержня в 3 раза больше расстояния между опорами, относительно которых стержень лежит симметрично (см. рис. 8.2). Ускорение свободного падения принять равным 10 Н/кг.

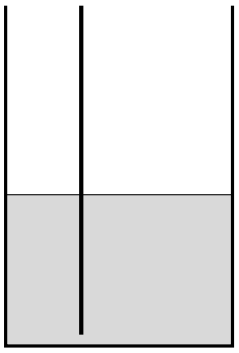


Рис. 8.1.

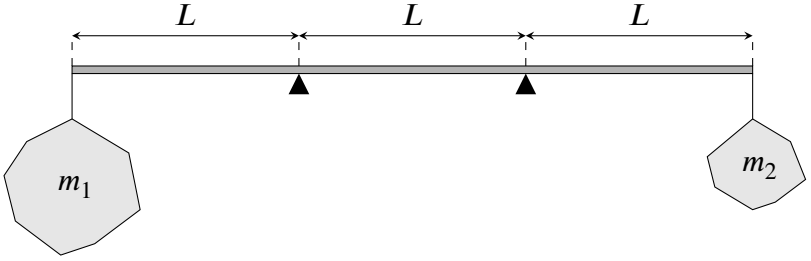


Рис. 8.2.

9 класс

Продолжительность — 230 минут. Максимальный балл — 50.

Задача 9.1. В полёте.

Мячик бросили вертикально вверх с некоторой большой высоты. Какова была начальная скорость мячика, если за 2 с от момента броска он прошёл **путь**, равный 10,4 м? Рассмотрите все возможные варианты. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Задача 9.2. Вес в жидкости.

В цилиндрическом сосуде находится сплошной металлический куб. Когда в сосуд налили 240 г керосина, он полностью покрыл куб, и вес куба оказался равным 9,6 Н. Если же вместо керосина в сосуд налить 200 г воды, вес куба не изменится.

1. Какова длина ребра куба, если площадь дна сосуда в три раза больше площади грани этого куба?
2. Чему равна плотность металла, из которого сделан куб?
3. Насколько уровень керосина в первом случае выше верхней грани куба?

Жидкости могут свободно подтекать под нижнюю грань куба. Плотность воды равна 1000 кг/м^3, керосина — 800 кг/м^3. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2.

Задача 9.3. Эксперименты на удалёнке.

Экспериментатор Иннокентий Иванов провёл от удалённого источника постоянного напряжения провода в свою лабораторию. Уже находясь на своём рабочем месте, он вспомнил, что забыл измерить напряжение на выводах этого источника. Не растерявшись, Иннокентий взял резистор сопротивлением 20 Ом и присоединил его к концам проводов. Измерения показали, что напряжение на резисторе равно 9 В. Когда же он заменил этот резистор на другой, с сопротивлением 50 Ом, измеренное напряжение оказалось равным 12,5 В. Наконец, не меняя подключённого резистора, учёный срезал изоляцию с провода в двух местах на расстоянии 40 см друг от друга (с одной стороны от резистора) и измерил напряжение между этими точками. Теперь он получил значение 10 мВ. Чему равно напряжение на выводах источника и общая длина проводов? Провода, использованные Иннокентием, имеют постоянное сечение и сделаны из одного материала. Вольтметр учёного можно считать идеальным.

Задача 9.4. Опыты по выходным.

Сидя дома в воскресенье, девочка Наташа решила поэкспериментировать. Она принесла из морозилки 100 г льда, положила в калориметр и налила туда 180 г воды. После установления теплового равновесия выяснилось, что в калориметре осталось 75 г нерастаявшего льда. Наташа повторила свой опыт, взяв из морозилки то же количество льда, но налив 270 г воды. В этот раз в калориметре осталось только 55 г нерастаявшего льда.

1. Определите начальную температуру воды, которую Наташа наливает в калориметр.
2. Какая масса льда будет в калориметре после установления теплового равновесия, если Наташа в третий раз повторит свой опыт, но нальёт в калориметр 27 г воды? Количество льда, взятого из морозилки, то же, что и в предыдущих опытах.

Начальная температура воды во всех трёх опытах была одинаковой. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой можно пренебречь. Удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/(кг·℃), льда — 2100 Дж/(кг·℃), удельная теплота плавления льда — 330 кДж/кг.

Задача 9.5 находится на второй странице!

Задача 9.5. Современное искусство.

На стене комнаты висит картина K высотой 0,9 м, верхний край которой находится на расстоянии 1,7 м от пола (см. рис. 9.1). Мальчик Паша решил, что картина висит вверх ногами, и положил на пол зеркало $З$. В результате оказалось, что минимальное расстояние от стены, на котором Паша может видеть в зеркале всю картину целиком, равно 2,7 м.

1. Чему равно расстояние от пола до глаз Паши?

2. Каково максимально возможное расстояние до стены, при котором мальчик будет видеть в зеркале всю картину?

Расстояние от краёв зеркала до стены равно 1,0 м и 2,5 м. Паша всегда рассматривает картину, не приседая и не подпрыгивая. Толщиной зеркала и картины пренебречь.

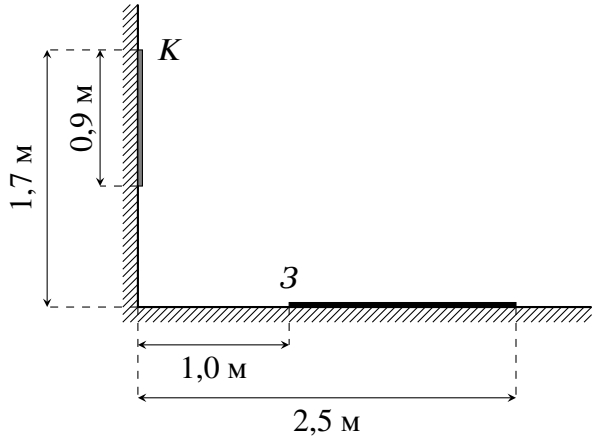


Рис. 9.1.

Задачи 9.1—9.4 находятся на первой странице!

10 класс

Продолжительность — 230 минут. Максимальный балл — 50.

Задача 10.1. Архив Лосяша.

Учёный Лосяш, разбирая архив, нашёл своё старое исследование по баллистике. Там он увидел незаконченный чертёж (рис. 10.1), где на координатной сетке были нанесены три положения тела, брошенного под некоторым углом к горизонту, в различные моменты времени. В подписи к чертежу было указано, что масштаб по обеим осям одинаковый, а ускорение свободного падения направлено вдоль оси y.

1. Определите, под каким углом к горизонту направлен вектор скорости в каждой из трёх отмеченных на чертеже точек.
2. Найдите отношение скоростей в левой и правой точках.

Сопротивлением воздуха пренебречь.

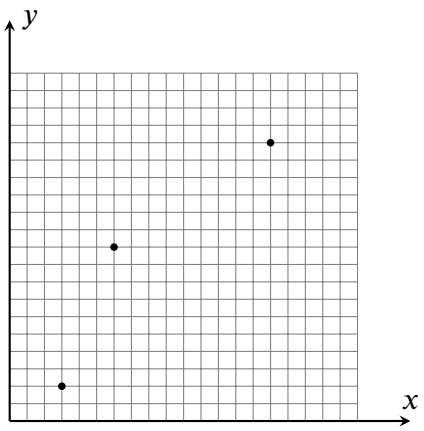


Рис. 10.1.

Задача 10.2. Оптика будет!

Луч лазера падает из воздуха на левую (см. рис. 10.2) грань стеклянной призмы под углом $\alpha = 60^\circ$ к её поверхности.

1. Под каким углом β к поверхности правой грани он выйдет из призмы, если при переходе из стекла в воздух преломлённый и отражённый лучи перпендикулярны друг другу?
2. Чему равен преломляющий угол призмы φ?

Показатель преломления стекла $n = 1{,}6$.

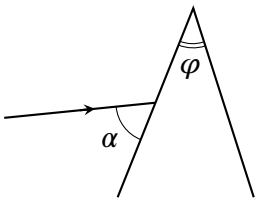


Рис. 10.2.

Задача 10.3. Тянем-потянем.

Какова сила натяжения нити, перекинутой через блок, в системе, изображённой на рис. 10.3, если масса верхнего груза равна $m = 200$ г, масса нижнего $M = 800$ г, сила $F = 2{,}5$ Н, а коэффициент трения между грузами $\mu = 0{,}25$? Трение между нижним грузом и горизонтальной поверхностью, на которой он находится, отсутствует. Нити считать горизонтальными, невесомыми и нерастяжимыми. Массой блока и трение в его оси пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2.

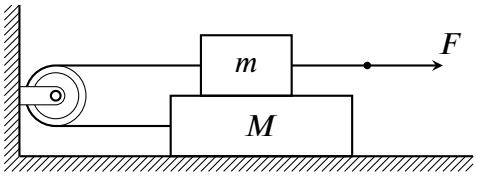


Рис. 10.3.

Задачи 10.4 и 10.5 находятся на второй странице!

Задача 10.4. Нагрев проводников.

У экспериментатора Иннокентия Иванова есть три цилиндрических проводника, сделанных из одного и того же тугоплавкого материала (размеры указаны на рис. 10.4), к торцам которых он по очереди подключает источник постоянного напряжения. Когда Иннокентий подключил источник к проводнику №1, тот нагрелся до температуры 120 ℃. Второй проводник смог нагреться уже до 280 ℃. До какой температуры сможет нагреться проводник №3? Температура воздуха в комнате равна $t_0 = 20$ ℃. Удельное сопротивление материала зависит от его температуры t по закону $\rho = \rho_0(1 + \alpha(t - t_0))$, где ρ_0 — удельное сопротивление при комнатной температуре t_0, а α — некоторый коэффициент. Считать, что мощность теплоотдачи от проводника пропорциональна разности температур между ним и воздухом, а также площади его **боковой** поверхности.

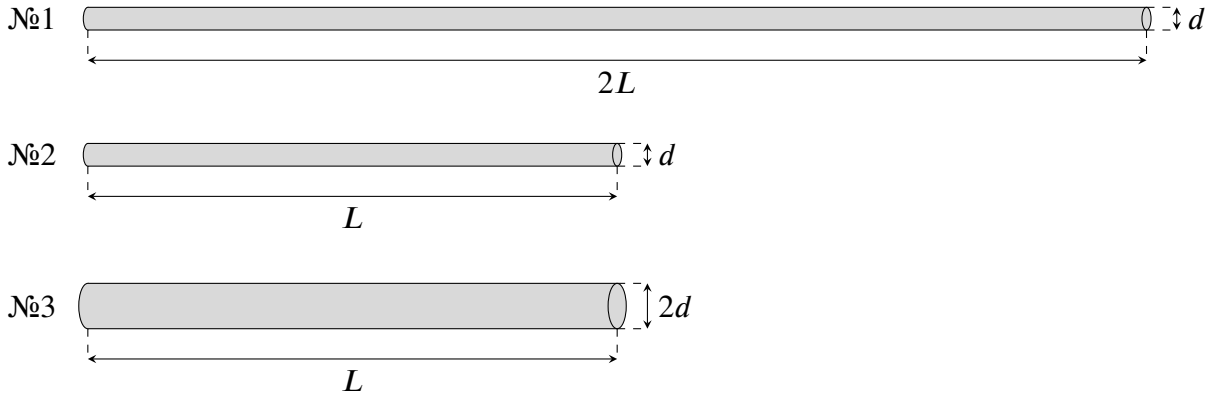


Рис. 10.4.

Задача 10.5. Равновесие изогнутого стержня.

Тонкий однородный стержень массой M, согнутый под прямым углом, шарнирно закреплён на опоре так, что в положении равновесия его длинная часть является горизонтальной (рис. 10.5). Груз какой массы m нужно подвесить к левому концу стержня, чтобы в новом положении равновесия его длинная часть образовала угол α с горизонтом? Длина короткой части (на рис. 10.5 она расположена вертикально) равна одной трети длины всего стержня. Трение в шарнире отсутствует.

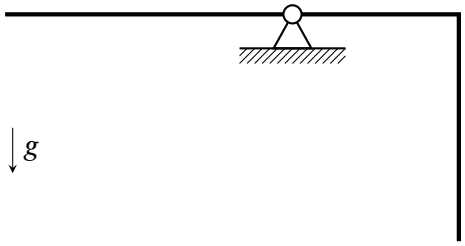


Рис. 10.5.

Задачи 10.1, 10.2 и 10.3 находятся на первой странице!

11 класс

Продолжительность — 230 минут. Максимальный балл — 50.

Задача 11.1. Одновременное падение.

Из одной точки на земле одновременно брошены два тела: первое — под углом $\alpha = 30^\circ$, второе — под углом $\beta = 60^\circ$ к горизонту. Определите начальные скорости тел, если они одновременно упали обратно на землю на расстоянии $\Delta L = 4$ м друг от друга. Рассмотрите все возможные варианты, считая, что траектории движения обоих тел лежат в одной плоскости. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2. Сопротивление воздуха не учитывать, а поверхность земли считать горизонтальной.

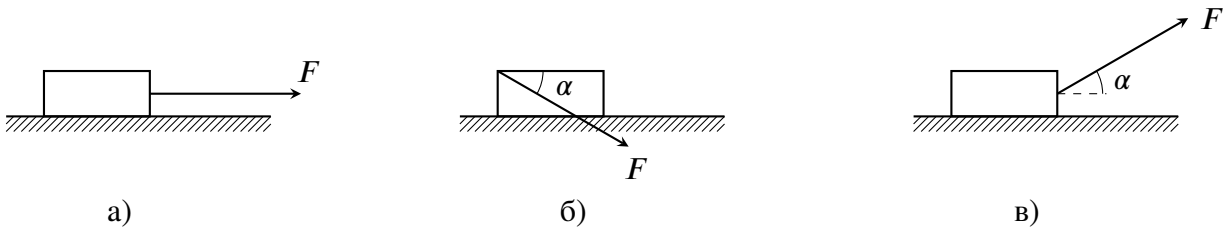
Задача 11.2. Тяни-толкай.

Если на маленький брусок, лежащий на шершавой поверхности, действовать силой F, направленной горизонтально вправо (рис. 11.1а), он будет двигаться с ускорением $a_1 = 1$ м/с^2.

1. Каким станет ускорение бруска a_2, если та же сила F направлена вниз и вправо под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рис. 11.1б)?

2. С каким ускорением a_3 будет двигаться брусок, если сила F направлена вверх и вправо под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рис. 11.1в)?

Коэффициент трения скольжения бруска о поверхность равен $\mu = 0{,}4$, а ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Поверхность считать горизонтальной. Сопротивлением воздуха пренебречь.



а) б) в)

Рис. 11.1.

Задача 11.3. Подъём груза.

Груз массой m, насаженный на вертикальную гладкую спицу, тянут вверх, прикладывая к нити, перекинутой через неподвижный блок, постоянную горизонтальную силу. Ось блока находится на расстоянии L от спицы. В начальный момент груз имеет нулевую скорость и расположен так, как показано на рис. 11.2.

1. С какой наименьшей силой F нужно тянуть, чтобы груз смог подняться до уровня оси блока?

2. Какова **в этом случае** будет максимальная скорость груза в процессе его движения?

Нить считать невесомой и нерастяжимой. Размерами блока и груза пренебречь. Трение в оси блока отсутствует.

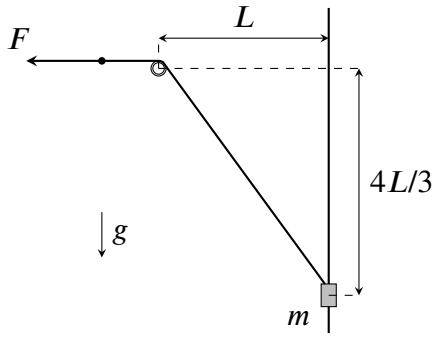


Рис. 11.2.

Задачи 11.4 и 11.5 находятся на второй странице!

Задача 11.4. Изучаем цикл.

Одноатомный идеальный газ совершает цикл 1-2-3-4-1 (см. рис. 11.3), состоящий из двух изохор и двух изобар. Температура газа в точке 1 равна T_1, в точке 3 равна $T_3 = 6T_1$, а в точке 2 температура на T_1 больше, чем температура в точке 4.

1. Какова температура газа в точках 2 и 4?
2. Какую работу совершит ν молей газа за этот цикл?
3. Определите КПД данного цикла.

Задача 11.5. Заряд имеет значение!

В цепи, изображённой на рис. 11.4, ключ K вначале разомкнут, конденсатор ёмкостью $3C$ не заряжен, а заряд q конденсатора ёмкостью C отличен от нуля. Определите заряд q, если после замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты $Q = C\mathscr{E}^2/4$. Величины C и ЭДС батареи $\mathscr{E}$ считать заданными.

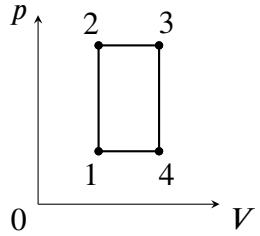


Рис. 11.3.

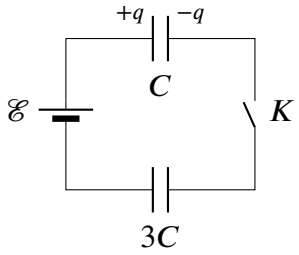


Рис. 11.4.

Задачи 11.1, 11.2 и 11.3 находятся на первой странице!