

7 класс

Продолжительность — 160 минут. Максимальный балл — 40.

Задача 7.1. Улитка & бамбук.

Британские учёные-биологи вывели новый быстрорастущий сорт бамбука. Согласно их измерениям, стебли этого растения растут вверх с постоянной скоростью 5 см/ч в светлое время суток (с 4:00 утра до 8:00 вечера) и совсем не растут ночью (с 8:00 вечера до 4:00 утра). Однажды неугомонная улитка Дуглас решил забраться повыше и начал ползти вверх по стеблю бамбука со скоростью 15 см/ч относительно стебля. Забравшись на высоту 2 м над землёй, Дуглас сразу развернулся и пополз вниз с той же скоростью относительно стебля. В какой день и час Дуглас спустится обратно на землю, если он начал своё путешествие в понедельник в 4 утра?

Задача 7.2. Вода и кубики.

В цилиндрическом сосуде лежат три кубика (см. рис. 7.1). Высота кубика №1 равна 4 см, кубика №2 — 10 см, а кубика №3 — 6 см. В сосуд начинают медленно наливать воду. Через 20 секунд после начала эксперимента уровень воды достиг верхней грани кубика №1, ещё через 35 секунд — верхней грани кубика №2.

1. Какова площадь дна сосуда?

2. Сколько времени должно пройти **от начала эксперимента**, чтобы вода достигла верхней грани кубика №3?

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

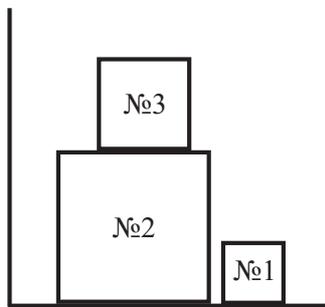


Рис. 7.1.

Задача 7.3. Тайна древних сокровищ.

Во время раскопок учёные-археологи обнаружили два старинных амулета одинаковой квадратной формы и размера (см. рис. 7.2). Оба амулета состоят из трёх частей, сделанных из разных материалов. Границы между этими частями тоже имеют форму квадрата. В первом амулете (рис. 7.2а) центральная часть имеет плотность $\rho_1 = 19,3 \text{ г/см}^3$, средняя — плотность $\rho_2 = 4 \text{ г/см}^3$, а плотность внешней части равна ρ_3 . У второго амулета материалы центральной и внешней частей поменяны местами (рис. 7.2б). Найдите плотность ρ_3 , если масса второго амулета в 2,5 раза больше массы первого. Все размеры указаны на рис. 7.2а. Толщина обоих амулетов постоянна.

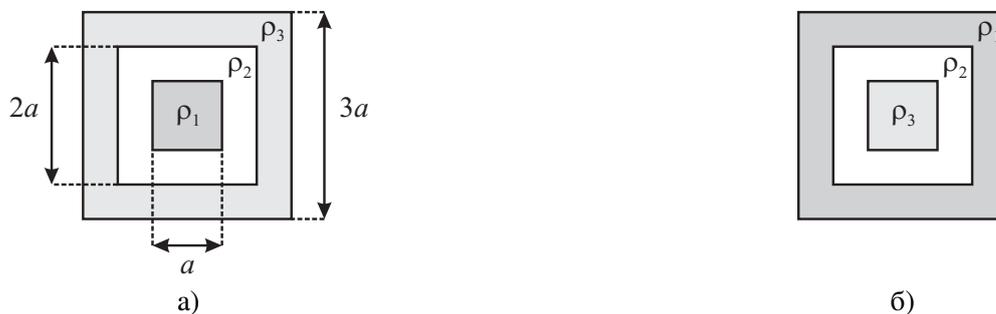


Рис. 7.2.

Задача 7.4. Треть и треть.

Экспериментатор Иннокентий Иванов поехал на своём автомобиле на дачу. Первую часть пути он двигался со скоростью $v_1 = 15 \text{ м/с}$, на втором участке — со скоростью $v_2 = 600 \text{ м/мин}$, а на третьем, последнем участке — со скоростью $v_3 = 60 \text{ км/ч}$. По подсчётам Иннокентия, на первый участок он затратил **треть всего времени** своего движения, а длина второго участка была равна трети **всего пути**. Чему оказалась равна средняя скорость автомобиля на всём пути?

8 класс

Продолжительность — 160 минут. Максимальный балл — 40.

Задача 8.1. Старый мост.

Между станциями Аистово и Ведёркино находится старый мост длиной 500 м. Поезд, выехавший со станции Аистово, первую половину пути (до моста) шёл со скоростью 60 км/ч. Подъехав к мосту, машинист поезда, соблюдая технику безопасности, сбросил скорость до 20 км/ч и сохранял её до того момента, пока состав полностью не съехал с моста. На оставшемся участке пути скорость поезда была увеличена до 80 км/ч. Какое путь прошёл поезд между Аистово и Ведёркино, если его средняя скорость составила 50 км/ч, а длина состава равна 280 м?

Задача 8.2. Монетки во льду.

Однажды мальчик Паша нашёл в папиной коллекции пятикопеечную монету времён СССР и принёс её в школу на урок физики. Там Паша вместе с учителем взяли эту монету и современную монету в 1 рубль, нагрели их в горячей воде и аккуратно положили плашмя на горизонтальную поверхность льда, взятого при температуре 0 °С. Пятикопеечная монета проплавила под собой лёд и погрузилась в образовавшуюся лунку на 1 мм.

1. Чему была равна температура горячей воды?
2. Насколько погрузится в лёд рублёвая монета?

Справочные данные о монетах см. в таблице на рис. 8.1. Удельная теплоёмкость латуни равна 400 Дж/(кг · °С), удельная теплоёмкость стали — 500 Дж/(кг · °С), удельная теплота плавления льда — 330 кДж/кг, плотность льда — 900 кг/м³. Теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.

Примечание: Площадь круга вычисляется по формуле $S = \pi r^2$, где r — радиус круга, а $\pi \approx 3,14$.

Номинал	Материал	Масса, г	Диаметр, мм
5 копеек	Латунь	5	25
1 рубль	Сталь	3	20

Рис. 8.1.

Задача 8.3. Повышаем уровень.

Девочка Наташа взяла в школьной лаборатории цилиндрический сосуд, налила в него слой воды высотой $h_0 = 20$ см и стала экспериментировать. Сначала Наташа полностью погрузила в сосуд алюминиевую гирьку, и оказалось, что уровень воды увеличился до $h_1 = 22$ см. Аккуратно вынув гирьку, девочка опустила в сосуд деревянный брусок, который стал плавать. В этом случае высота слоя воды стала равна $h_2 = 25$ см. Наконец, девочка поставила гирьку на брусок и, убедившись, что конструкция плавает, в третий раз измерила уровень воды.

1. Какое значение h_3 она получила?
2. Какова плотность дерева, из которого сделан брусок, если в последнем случае он погрузился на половину своего объёма?

Плотность воды равна 1000 кг/м³, плотность алюминия — 2700 кг/м³. Во время всех экспериментов вода из сосуда не выливается.

Задача 8.4. Знание — сила!

Как-то раз учёный Иннокентий Иванов пошёл на рынок купить мандарины к Новому году. К сожалению, продавец фруктов оказался «хитрым» и достал для взвешивания весы, изображённые на рис. 8.2. Он взял пакет с отобранными Иннокентием мандаринами, положил на левую чашу весов и уравновесил его положенным на правую чашу грузом в 1 кг. Но учёный не растерялся и, добавив на левую чашу гирьку в 500 г, предложил перевесить. Оказалось, что пакет мандаринов вместе с гирькой уравновешивается набором грузов общей массой 1 кг 750 г. Чему равна истинная масса пакета мандаринов, если весы с пустыми чашами находились в равновесии?

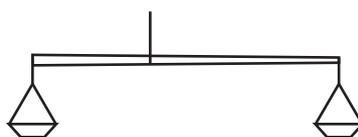


Рис. 8.2.

9 класс

Продолжительность — 200 минут. Максимальный балл — 50.

Задача 9.1. Ускорение+замедление.

Автомобиль тронулся с места с постоянным ускорением a . Разогнавшись, он половину всего пути двигался равномерно со скоростью, набранной в конце предыдущего участка. После этого водитель нажал на педаль тормоза, и автомобиль стал замедляться с постоянным ускорением, равным по модулю $2a$. Через время τ , прошедшее с момента старта, машина остановилась. Какой путь s она проехала?

Задача 9.2. Кубики на ниточке.

В сосуд, в котором находятся вода и керосин, погрузили на нити два сплошных кубика одинаковой массы, связанных между собой ещё одной нитью. Оказалось, что когда первый кубик с плотностью $\rho = 550 \text{ кг/м}^3$ целиком погружен в верхнюю жидкость, а второй — целиком погружен в нижнюю (см. рис. 9.1), сила натяжения верхней нити вдвое меньше силы натяжения нижней.

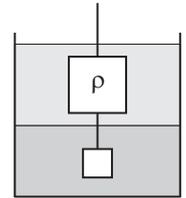


Рис. 9.1.

1. Определите силу натяжения нижней нити, если объём верхнего кубика равен $V = 200 \text{ см}^3$.
2. Чему равна плотность материала нижнего кубика?

Плотность воды равна $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность керосина — $\rho_{\text{к}} = 800 \text{ кг/м}^3$. Массой и объёмом нитей пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .

Задача 9.3. Оптимизация!

В рис. 9.2 дано расписание движения поезда от станции Аистово до станции Дубинино и указано пройденное поездом расстояние. Чтобы оптимизировать расписание и сократить время путешествия, в управлении железных дорог было решено уменьшить длительность каждой стоянки на 15 мин и увеличить среднюю скорость поезда между любыми двумя станциями на некоторую величину v . Чему она должна быть равна, чтобы время поезда в пути от Аистово до Дубинино сократилось до 10,5 часов?

Станция	Прибытие	Отправление	Расстояние, км
Аистово	—	07:00	0
Боброво	10:00	10:32	150
Ведёркино	12:37	13:00	275
Гуськово	16:36	16:56	455
Дубинино	19:11	—	590

Рис. 9.2.

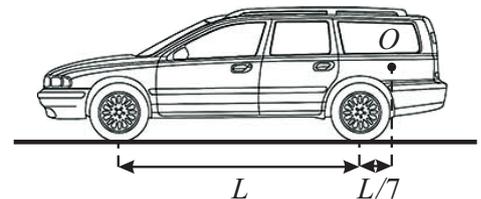


Рис. 9.3.

Задача 9.4. Новый автомобиль.

Учёный Иннокентий Иванов, купив себе новый автомобиль, решил с ним поэкспериментировать. Оказалось, что когда автомобиль пустой, оба его передних колеса давят на дорогу с силой 3 кН каждое, а задние — с силой 2 кН каждое. Если же багажник автомобиля загрузить мешками с картошкой, то сила давления каждого переднего колеса уменьшается на 100 Н.

1. На сколько возрастёт в этом случае сила давления заднего колеса на дорогу?
2. Какова общая масса всех мешков?

Центр тяжести груза находится в точке O (см. рис. 9.3). Во всех случаях автомобиль стоит без движения на горизонтальной дороге. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .

Задача 9.5. Нагревательный элемент.

Девятиклассница Алёна нашла в школьной лаборатории кусок алюминиевой проволоки, поместила его в калориметр, а концы проволоки подсоединила к источнику постоянного напряжения. В результате экспериментов Алёна выяснила, что лёд массой 100 г, взятый при температуре 0°C , полностью превращается в воду за 2 мин. За какое время этот же нагревательный элемент должен превратить 50 г воды, взятой при температуре 100°C , в пар? Удельная теплота плавления льда равна 330 кДж/кг , удельная теплота парообразования воды — $2,3 \text{ МДж/кг}$. Сопротивление проволоки зависит от её температуры t по закону $R = R_0(1 + \alpha t)$, где R_0 — сопротивление при температуре 0°C , а коэффициент α для алюминия равен $0,004 \frac{1}{^\circ\text{C}}$. Теплообменом калориметра с окружающей средой и сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

10 класс

Продолжительность — 200 минут. Максимальный балл — 50.

Задача 10.1. Без друга — никуда!

Как-то раз Ёжик решил сесть в лодку и уплыть прочь от острова Смешариков. Узнав об этом, его друг Крош бросился к морю. Когда Крош добежал до края высокого берега, Ёжик уже плыл по морю со скоростью $u = 3$ м/с в перпендикулярном берегу направлении. Не задумываясь, кролик прыгнул и приземлился точно в лодку друга! Какова высота берега H , если в момент прыжка лодка находилась на расстоянии $L = 4$ м от него, а Крош прыгнул под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту со скоростью $v = 10$ м/с (см. рис. 10.1)? В мире Смешариков сопротивление воздуха можно не учитывать, а ускорение свободного падения равно 10 м/с².

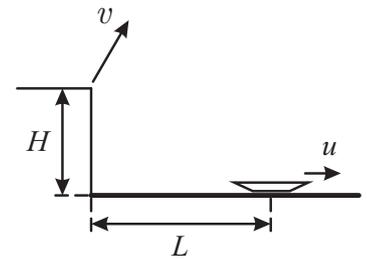


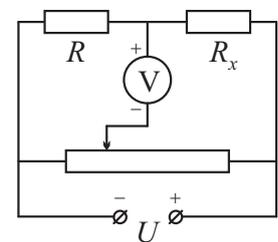
Рис. 10.1.

Задача 10.2. Разъезд на перекрёстке.

Два автомобиля движутся к перекрёстку по двум взаимно перпендикулярным дорогам. Скорость первого автомобиля в два раза меньше скорости второго. В некоторый момент времени автомобили были равноудалены от перекрёстка, и расстояние между ними было равно L . Через время τ оно опять стало равно L . Какое расстояние будет между автомобилями ещё через время τ ? Скорости автомобилей постоянны.

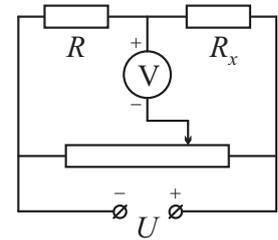
Задача 10.3. Мостик Паша.

Для нахождения неизвестного сопротивления резистора R_x , мальчик Паша собрал мостовую электрическую схему, состоящую из этого резистора, резистора R с известным сопротивлением, реостата, источника постоянного напряжения и электронного вольтметра. В результате экспериментов мальчик выяснил, что когда ползунок реостата отстоит от левого края на четверть его длины (см. рис. 10.2а), вольтметр показывает напряжение $U_1 = 1$ В. Если же ползунок отстоит от правого края реостата на четверть его длины (рис. 10.2б), вольтметр показывает $U_2 = -2$ В. 1. Чему равно общее напряжение в цепи U ?



а)

2. Найдите сопротивление правого резистора R_x , если $R = 3$ Ом. Вольтметр считать идеальным, а сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь. Полярность источника и вольтметра указаны на рисунках.



б)

Рис. 10.2.

Задача 10.4. Крутим-покрутим!

Массивное тело вращается на нити в вертикальной плоскости. Определите отношение скоростей тела в нижней и верхней точках его траектории, если сила натяжения нити в нижней точке траектории в три раза больше силы натяжения нити в верхней точке траектории. Нить считать невесомой и нерастяжимой. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Задача 10.5. Фонарь.

Недалеко от фонаря высотой 2,4 м находится странная конструкция, имеющая форму буквы «Г» (см. рис. 10.3а). Высота конструкции равна 80 см, длина её горизонтальной части — 60 см, а длина отбрасываемой ею тени — 140 см. Как-то раз десятиклассник Дима взял и развернул эту конструкцию, так что теперь её горизонтальная часть оказалась направлена в сторону фонаря (см. рис. 10.3б).

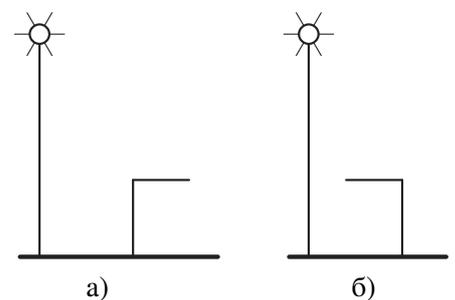


Рис. 10.3.

1. Найдите новую длину тени, если при развороте вертикальная часть конструкции осталась на месте.
2. На какое расстояние нужно сместить развёрнутую конструкцию от первоначального положения, чтобы длина отбрасываемой ею тени снова стала 140 см?

Фонарь можно считать точечным источником. Поверхность земли всюду горизонтальна.

11 класс

Продолжительность — 200 минут. Максимальный балл — 50.

Задача 11.1. Ускорение в квадрате.

В вершинах квадрата со стороной L закреплены заряды $-q, q, 3q$ и $4q$ (см. рис. 11.1). В центр такого квадрата поместили заряд q с массой m . С каким ускорением a и под каким углом α к пунктирной линии AB начнёт двигаться этот заряд, если его отпустить?

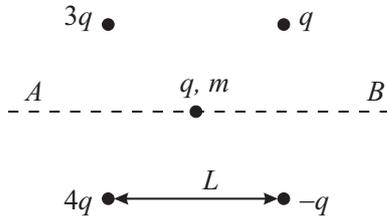


Рис. 11.1.

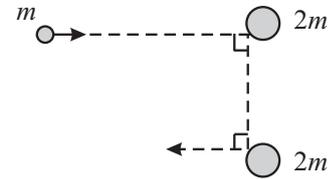


Рис. 11.2.

Задача 11.2. Мастерство.

Как-то раз учёный Иннокентий Иванов решил поразвлечься. Он взял шайбу массой m и два диска массой $2m$ каждый и положил их на горизонтальный стол. Затем он пустил шайбу в сторону одного из дисков, стараясь сделать так, чтобы шайба отскочила от него в направлении, перпендикулярном первоначальному, попала во второй диск и снова отскочила в перпендикулярном направлении (рис. 11.2). Какую скорость после удара шайбы будет иметь **второй** диск, если первый диск после столкновения с шайбой приобрёл скорость v , а задумка Иннокентия осуществилась. Все удары считать абсолютно упругими. Трением пренебречь.

Задача 11.3. Неизвестный реостат.

Реостат представляет собой катушку индуктивностью L , сделанную из однородной проволоки с общим сопротивлением $4R$. Этот реостат включили в цепь, содержащую источник с ЭДС \mathcal{E} и резистор сопротивлением R , так, как показано на рис. 11.3.

1. Какова энергия магнитного поля в реостате, когда его движок находится в крайнем правом положении?
2. Какова энергия магнитного поля в реостате, когда его движок находится посередине?
3. Какова максимально возможная энергия магнитного поля в реостате?

Считать, что индуктивность катушки прямо пропорциональна её длине, а в цепи (во всех случаях) текут установившиеся токи. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

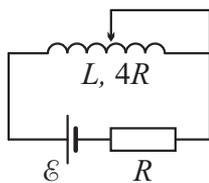


Рис. 11.3.

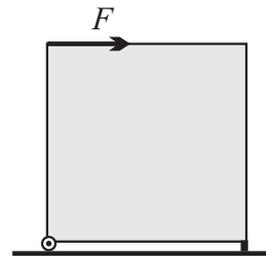


Рис. 11.4.

Задача 11.4. Перестановка холодильника.

Мальчик Паша решил передвинуть холодильную камеру кубической формы и массой m , стоящую на горизонтальном полу. Левая опора камеры снабжена колёсиками (см. рис. 11.4), способными вращаться без трения, а коэффициент трения между полом и правой опорой равен $\mu = 1/4$. Какую минимальную горизонтальную силу F он должен приложить к середине верхней кромки камеры, чтобы сдвинуть холодильную камеру с места. Центр тяжести холодильной камеры совпадает с её геометрическим центром. Высотой опор можно пренебречь.

Задача 11.5. Давление и КПД.

Идеальный одноатомный газ, имеющий объём V_0 и находящийся под давлением p_0 , является рабочим телом тепловой машины. В ходе её работы газ сначала изохорно нагревают, увеличивая давление до p_1 , затем изобарно увеличивают его объём вдвое. После этого давление изохорно возвращают к начальному значению p_0 и изобарно сжимают до начального объёма. Во сколько раз давление p_1 больше давления p_0 , если коэффициент полезного действия такой тепловой машины равен $\eta = 1/9$?