



Физическая олимпиада  
 «Формула Единства» / «Третье тысячелетие»  
 2018–2019 учебный год. Заключительный этап  
**Задачи для 8 класса**

- 1) По первой дороге машины едут со скоростью  $V_1 = 36$  км/ч, а по второй — со скоростью  $V_2 = 54$  км/ч. На каждой дороге средняя дистанция между машинами  $l_1 = 30$  м. Какой будет средняя дистанция между машинами после того, как дороги сольются в одну, скорость на которой  $V_3 = 72$  км/ч?

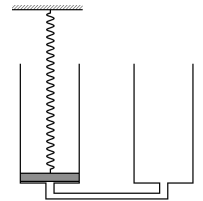
**Примечание.** На дорогах однополосное движение в одну сторону, пробок не образуется.

- 2) Разноплечный рычаг закреплён над аквариумом с водой. К левому концу подвешен грузик  $m_1$ , к правому — грузики  $m_2$  и  $m_3$ , причём  $m_1$  и  $m_3$  погружены в воду, а  $m_2$  — нет (см. рисунок). Рычаг находится в равновесии. Известно, что если из аквариума вылить воду, рычаг останется в равновесии.



Найдите объём третьего груза, если известно, что объём второго  $10$  см<sup>3</sup>, плотность воды —  $1$  г/см<sup>3</sup>, плотности грузов  $\rho_1 = 11,3$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_2 = 7,2$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_3 = 8,9$  г/см<sup>3</sup>.

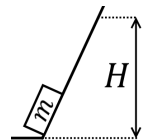
- 3) Два одинаковых сосуда с площадью сечения  $S = 100$  см<sup>2</sup> (каждый) соединены у основания тонкой трубкой. Левый сосуд закрыт невесомым поршнем, прикрепленным пружиной к потолку. Сосуды пусты, пружина не деформирована. Поршень плотно прилегает к стенкам сосуда, но движется без трения.



Когда в правый сосуд налили  $4,5$  литра воды, поршень поднялся на  $15$  см. Потом в воду насыпали  $460$  грамм соли, и когда она растворилась, поршень поднялся на  $1$  см. На какую высоту он поднимется, если в воду насыпать ещё  $920$  грамм соли?

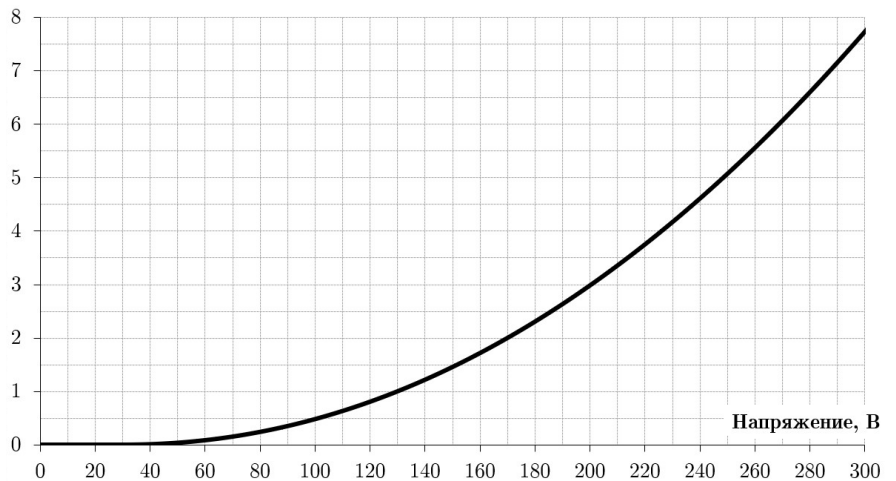
**Примечание.** Раствор не стал насыщенным. Считайте, что плотность раствора зависит от массы растворённой соли линейно ( $\rho = \rho_0 + c \cdot m$ , где  $m$  — масса растворённых солей, а  $c$  — некий постоянный коэффициент). Плотность пресной воды —  $1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $g = 10$  Н/кг.

- 4) Тело массы  $m = 2$  кг начало подъём в гору со скоростью  $8$  м/с, поднялось до высоты  $H = 2$  м и скатилось обратно. Коэффициент трения тела о гору равен  $0,3$ . Какую скорость оно будет иметь у подножия горы?

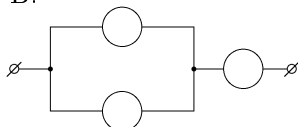


- 5) Юный электрик использует в цепях вместо обычных резисторов нелинейные элементы. На графике (см. справа) показана зависимость силы тока от напряжения для такого элемента.

Сила тока, А



Однажды он собрал из трёх таких элементов схему, показанную на рисунке ниже, и подключил её к идеальному источнику тока напряжением  $300$  В.



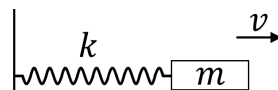
Какая тепловая мощность будет выделяться на каждом из нелинейных элементов?



Физическая олимпиада  
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»  
2018–2019 учебный год. Заключительный этап

Задачи для 9 класса

- 1) Лежащее на шероховатом столе тело массой  $m = 10$  кг прикреплено к стене пружиной жёсткостью  $k = 112,5$  Н/м. Пружина не деформирована. Телу щелчком придают скорость  $1$  м/с.



На каком расстоянии от начального положения оно остановится, если коэффициент трения  $\mu = 0,1$ ?

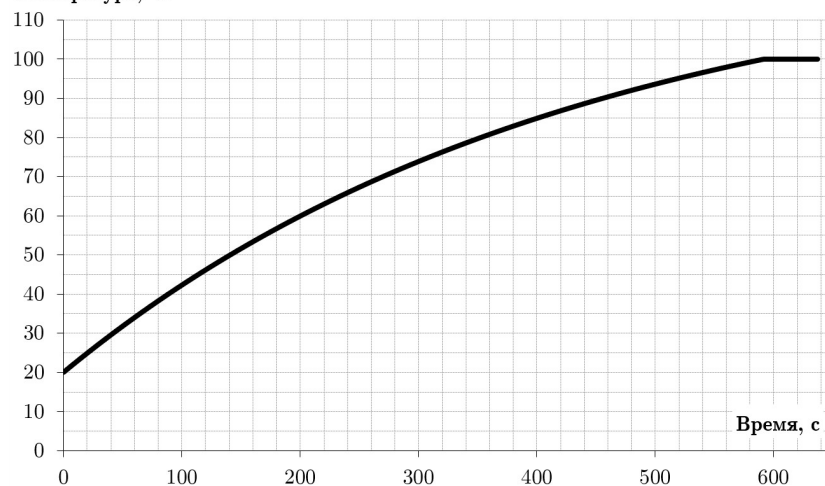
- 2) Три гоночные машины начинают движение по параллельным дорогам с одинаковым ускорением и перестают ускоряться по достижении одинаковой скорости.

При этом вторая машина трогается, когда первая пройдёт некоторое расстояние  $l$  от старта, а третья — когда первая пройдёт расстояние  $2l$  от старта.

Во сколько раз дистанция между третьей и второй машиной будет отличаться от дистанции между первой и второй машиной, когда все они достигнут своих максимальных скоростей?

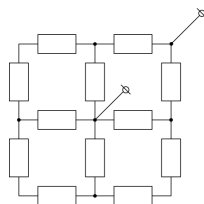
- 3) Экспериментатор Глюк решил заварить чай. Налил в кастрюлю воды, положил кипятильник и плотно закрыл крышкой. Чтобы не скучать, он построил график зависимости температуры воды от времени (см. рисунок). Когда вода закипела, он передумал пить чай, убрал крышку, положил в кастрюлю ещё два таких же кипятильника и сел считать, через какое время испарится 5% воды. Сколько времени у него на расчёт (если он всё-таки хочет успеть раньше, чем эти 5% испарятся)?

Температура, °С

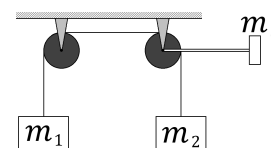


**Примечание.** Удельная теплоёмкость воды —  $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ , удельная теплота парообразования воды —  $2256$  КДж/кг.

- 4) Сопротивление каждого резистора в приведённой на рисунке цепи равно  $1$  Ом. Найдите общее сопротивление цепи.



- 5) Грузы массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 1$  кг соединены невесомой нерастяжимой нитью через систему из двух неподвижных блоков. К правому блоку прикреплен жёстким невесомым стержнем длиной  $40$  см груз массой  $m_3 = 0,5$  кг. Радиусы обоих блоков равны  $10$  см.



В начальный момент система неподвижна; стержень, соединяющий правый блок и груз  $m_3$ , горизонтален.

- А) Каково ускорение  $m_3$  в начальный момент?  
Б) Какими будут его скорость и ускорение при прохождении нижней точки траектории?  
В) С какой начальной скоростью нужно было бы толкнуть вниз груз  $m_3$ , чтобы он достиг верхней точки (ровно над блоком)?

**Примечание.** Блоки невесомые, трения в осях нет, нить не проскальзывает по блоку.



Физическая олимпиада  
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»  
2018–2019 учебный год. Заключительный этап

**Задачи для 10 класса**

- 1) Вертикальный сосуд закрыт поршнем массы  $m$ , который может перемещаться без трения. В сосуде находятся жидкость при температуре  $T$  и её насыщенные пары (иные газы отсутствуют). В сосуд подведён электрический нагреватель. Каков КПД системы (полезным действием считайте работу по подъёму поршня)? Удельная теплота парообразования жидкости  $L$ , молярная масса  $\mu$ .

**Примечание.** Теплопотери пренебрегите, мощность нагревателя постоянна.

- 2) Космический зонд вращается по круговой орбите вокруг планеты, находящейся в газовом облаке. Облако неподвижно относительно планеты.

Чтобы поддерживать радиус орбиты равным 10000 км, двигателю необходимо затрачивать 500 грамм топлива в сутки. Если же двигатель отключить, радиус орбиты из-за трения будет уменьшаться на 1 км в месяц.

Чтобы оставаться на орбите в 5000 км, двигатель тратит 2,8 кг топлива в сутки. С какой скоростью будет уменьшаться радиус этой орбиты, если двигатель отключить?

**Примечание.** Затраты топлива малы по сравнению с массой корабля. Сила сопротивления среды пропорциональна скорости корабля и концентрации частиц облака на данной высоте. Считайте, что изменение радиуса орбиты за один оборот мало по сравнению с самим радиусом.

- 3) Граната, брошенная вертикально вверх со скоростью  $v$ , в верхней точке траектории разрывается на два осколка. Скорость первого направлена вертикально вниз, второго — вертикально вверх. При возвращении в точку метания их скорости равны  $v_1$  и  $v_2$ .

Найдите отношение масс осколков. Сопротивлением воздуха пренебрегите.

- 4) Торцы телескопически раздвигающегося цилиндра скреплены пружиной, цилиндр может неограниченно растягиваться и сжиматься. В цилиндре идеальный газ, нагреваемый электрической цепью из источника тока и двух резисторов, соединённых параллельно. Внутреннее сопротивление источника равно сопротивлению каждого резистора.

Во сколько раз изменится объём цилиндра, если один из резисторов перегорит?

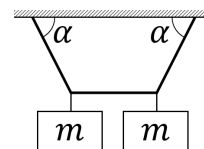
**Примечание.** Цилиндр находится в вакууме, отдача тепла пропорциональна четвёртой степени абсолютной температуры сосуда и площади его поверхности.

Стенки сосуда тонкие, площадь торцов много меньше площади боковой поверхности, длина недеформированной пружины много меньше длины сосуда.

- 5) Два груза подвешены на трёх резинках так, как показано на рисунке. Расстояние между точками подвеса —  $2L$ , длины резинок в свободном состоянии —  $L$ . Массы грузов —  $m$ , угол между резинкой и потолком равен  $\alpha$ .

Найдите:

- А) жёсткость резинки,  
Б) расстояние от груза до потолка.

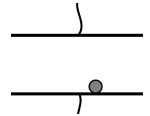




Физическая олимпиада  
 «Формула Единства» / «Третье тысячелетие»  
 2018–2019 учебный год. Заключительный этап

**Задачи для 11 класса**

- 1) Внутри плоского конденсатора с горизонтальными пластинами лежит маленький шарик из фольги. Между пластинами вакуум. Напряжение на конденсаторе плавно повышают до  $U_0$ , при котором шарик отрывается от нижней обкладки. После этого напряжение поднимают в два раза и фиксируют.



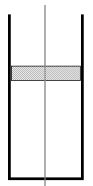
Найдите среднюю силу тока в этой цепи, если масса шарика —  $m$ , установившееся напряжение —  $2 \cdot U_0$ , площадь обкладок конденсатора —  $S$ , расстояние между ними —  $L$ .

**Примечание.** Расстояние между пластинами конденсатора много больше диаметра шарика, заряд между пластинами переносится только шариком.

- 2) Кубик с ребром 10 см и плотностью  $1,5 \text{ г/см}^3$  плавает на границе двух жидкостей с плотностями  $1 \text{ г/см}^3$  и  $2 \text{ г/см}^3$ . Сверху к кубику прикреплена пружина жёсткостью  $500 \text{ Н/м}$ , при этом в недеформированном состоянии её конец находится на 5 см выше границы сред. Каков период малых колебаний кубика вокруг положения равновесия?

**Примечание.** Размеры тела значительно меньше толщины слоёв жидкостей.

- 3) Вертикальный сосуд с газом закрыт поршнем. Вдоль сосуда проходит провод, нагревающий газ. Поршень свободно двигается вдоль провода. Ток постепенно увеличивают, и при приближении тока к  $I_0$  поршень начинает быстро неограниченно подниматься. При пропускании тока  $I_0/2$  поршень останавливается на высоте  $h$ .



На какой высоте он остановится при пропускании тока  $I_0/4$ ?

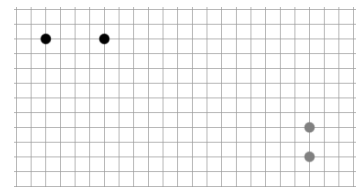
**Примечание.** Стенки и дно сосуда теплоизолированы, потери тепла происходят только через поршень и пропорциональны разности температур с окружающей средой. Температура окружающей среды постоянна, отвод тепла от участка провода, находящегося вне сосуда, очень быстрый. Удельное сопротивление провода не зависит от температуры.

- 4) Через неподвижный блок переброшен канат длины  $L$ , его концы находятся на одной высоте. На правый конец каната подвесили груз массы  $m$ . В момент, когда левый конец прошёл половину пути до блока, скорость груза равнялась  $v$ . Какой будет его скорость, когда левый конец каната достигнет блока?

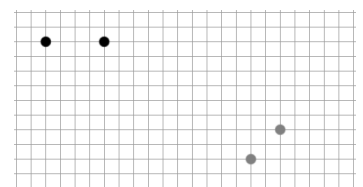


**Примечание.** Канат однороден; размерами и массой блока, а также силой трения можно пренебречь.

- 5) Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертежи двух оптических систем. К сожалению, чернила от времени выцвели, и на чертежах остались видны только два точечных предмета и их изображения. Из пояснения к чертежам известно, что первая оптическая схема состояла из собирающей тонкой линзы и плоского зеркала, находящегося за ней некотором расстоянии, а во второй оптической схеме зеркало было передвинуто (предметы остались на прежних местах). Теоретик Баг померил расстояния между точками на чертежах и перенёс их на миллиметровую бумагу.



Первая оптическая схема



Вторая оптическая схема

Найдите:

- А) расстояние от тонкой линзы до предметов,  
 Б) её фокусное расстояние.

**Примечание.** Масштаб чертежа: 1 клетка = 10 см.