



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

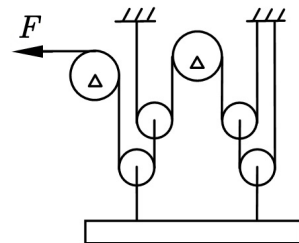
Задачи для 8 класса

- 1) Есть уравновешенная линейка длиной 30 см. Над точкой опоры линейки сидят муравей массы 0,2 г и жук массы 1 г. В какой-то момент они одновременно стартуют и движутся с постоянными скоростями так, чтобы линейка все время оставалась в равновесии. Муравей добежал до своего края линейки за 1 минуту. Найдите скорость (в сантиметрах в минуту), с какой полз жук.

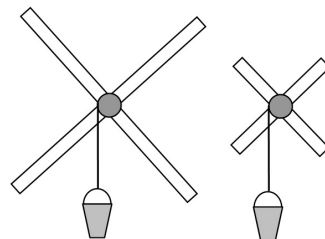
- 2) Незнайка построил домик на необитаемом острове посреди большой глубокой лужи. У него был маленький пенопластовый плотик, с помощью которого он за 1 раз мог переправить в домик стратегический запас в 4 леденца (так, чтобы они не намокли). Друзья подарили Незнайке плот, по всем размерам в 3 раза больший, но из дерева. Сколько теперь он может за раз переправить леденцов, если $\rho_{\text{пенопласт}} = 0,1 \text{ г/см}^3$, $\rho_{\text{дерево}} = 0,8 \text{ г/см}^3$, $\rho_{\text{вода}} = 1 \text{ г/см}^3$?

Примечание: Незнайка тащит за собой плот, но сам ходит по луже.

- 3) На рисунке изображена схема из четырех подвижных блоков. Найдите силу F (в ньютонах), с которой нужно тянуть веревку, чтобы поднять балку массы $M = 20 \text{ кг}$. Считайте, что все блоки невесомые, и все веревки — нерастяжимые.



- 4) Есть две ветряные мельницы одинаковой формы, отличающиеся только размерами: размах лопастей большей из мельниц в 1,5 раза превышает размах меньшей (ширина лопасти при этом одинакова). Обе мельницы используют для подъема воды в колодцах. При некоторой скорости ветра меньшая мельница может поднимать ведро с 8 литрами воды. Ведро с каким количеством литров воды сможет поднимать при таком же ветре большая мельница? Вес самих ведер считайте пренебрежимо малым.



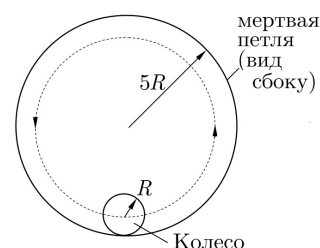
- 5) Кот Леопольд, отдыхая на северном полюсе, решил искупаться в специальной ванне с подогревом. Он налил в ванну 10 кг воды, и включил подогрев на максимальной мощности. Доведа температуру воды до 50° , он выключил нагреватель, и, выждав 5 секунд, замерил температуру воды. Оказалось, что она упала на 1° . Понимая, что через некоторое время он будет купаться в совсем холодной воде, он решил оставить подогрев, но лишь на мощности $P = 1400 \text{ Вт}$. До какой наименьшей температуры остынет вода

в ванне, если температура воздуха в комнате Леопольда поддерживается равной 20° ? Теплообменом между водой и котом Леопольдом пренебрегите. Ответ округлите до целых.

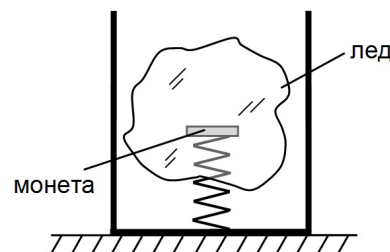
Считайте, что потери теплоты происходят со свободной поверхности воды в ванне и пропорциональны разности температур воды и окружающего воздуха.

- 6) В благодарность за игру морской царь приказал дать Садко столько золотого песка, сколько весят его гусли. Точные взвешивания производились под водой на морском дне. Поднявшись на поверхность и проведя на суше собственные измерения, Садко обнаружил, что полученный им золотой песок на $2,9$ кг легче, чем его гусли. Какова масса гуслей Садко, если их средняя плотность — $1,6$ г/см³, а плотность золотого песка — 19 г/см³? Плотность воды равна 1 г/см³.

- 7) Мотоциклист преодолевает мертвую петлю. Сколько оборотов совершит ведущее колесо мотоцикла, когда мотоциклист вернется в низшую точку петли? Известно, что радиус колес в 5 раз меньше радиуса петли, проскальзывания нет.



- 8) Пружина приварена к дну аквариума с одной стороны, а с другой — к маленькой золотой монетке. Вокруг золотой монеты намерзла большая глыба льда. В начальный момент пружина сжата относительно положения равновесия на 29 см. Затем аквариум заливают водой, и когда его залили полностью, то оказалось, что пружина растянута на 1 см относительно своего положения равновесия (при этом вся ледяная глыба полностью находится под водой).



В каком положении окажется пружина, когда лед растает и на ней останется висеть только золотая монета? Считайте, что плотность золота настолько велика, что объемом монеты можно пренебречь.

Запишите ответ в сантиметрах со знаком «+», если пружина сжата, и «-», если растянута.

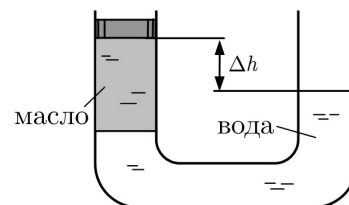
- 9) Тело подвесили на пружину, и оно растянуло ее на 3 см. Когда к телу подцепили вторую пружину с такой же начальной длиной, то оказалось, что обе пружины растянуты на 1 см.

Насколько окажется растянута вторая пружина, если ее подцепить к этому же телу в одиночку?

- 10) В сообщающихся сосудах равной площади находятся вода и масло, причем все масло находится в левой части. Сосуды закрыты тонкими невесомыми поршнями. В начальный момент уровень масла в левом сосуде на 6 см выше, чем воды в правом.

Тело какой массы (в граммах) надо положить на левый поршень, чтобы уровни сровнялись?

Плотность масла — $0,7$ г/см³, воды — 1 г/см³. Площадь сечения сосудов — 10 см².





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

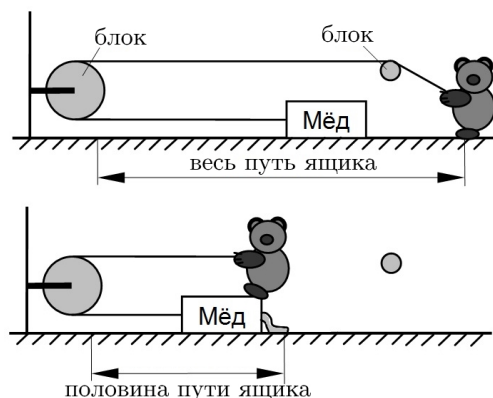
Задачи для 9 класса

- 1) Винни-Пух решил перенести свой ящик с медом с помощью механизма, изображенного на рисунке. Когда ящик преодолел половину пути, Винни понял, что ему будет лень идти пешком к ящику меда весь путь, поэтому он решил дойти до ящика, упереться в него ногами, и тащить себя вместе с ящиком. К сожалению, под весом Винни ящик немного треснул, и из него начал вытекать мед.

Найдите отношение минимальных сил, которые прикладывал Винни-Пух к канату в самом начале пути и в конце пути, если в этот момент весь мед вытек из ящика.

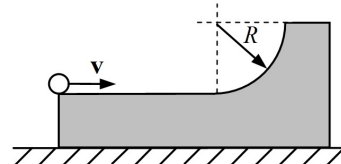
Масса Винни-Пуха равна 10 кг, масса ящика — 2 кг, масса меда в ящике (при полном заполнении) — 10 кг.

Если нужно: коэффициент трения ящика о землю равен 0,3.



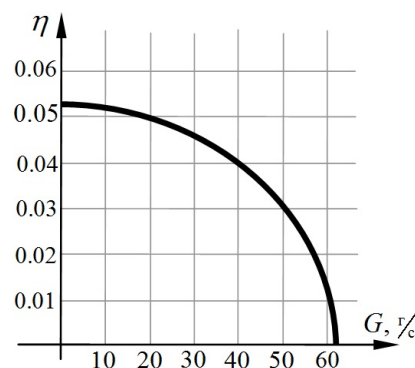
- 2) Легкий шарик налетает со скоростью $v = 2$ м/с на брусок специальной формы, находящийся на абсолютно гладкой поверхности. Найдите скорость шарика относительно Земли, когда он достигнет верхней точки бруска.

Отношение массы бруска к массе шарика равно 19, радиус закругления верхней поверхности бруска $R = 0,19$ м. Трения в системе нет.



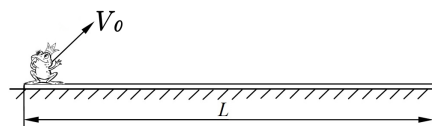
- 3) Компания друзей-физиков пошла в поход. Во время привала было решено приготовить чай. Одному физику стало интересно, как КПД системы «костер-чай» зависит от количества подкладываемых в секунду дров. После серии аккуратных измерений он получил такой график (см. рисунок). За какое наименьшее время можно на таком костре подогреть до 100°C пять литров (20°C) чая?

Удельная теплота сгорания дров $q = 10^7$ Дж/кг, удельную теплоемкость чая примите равной $c_{\text{ч}} = 4200$ Дж/кг · град. Считайте, что дрова подкладываются с некоторой выбранной постоянной скоростью.



- 4) Лягушка сидит на краю большой ленты длины $L = 1$ метр, масса которой в 9 раз больше массы лягушки.

Какое минимальное число прыжков должна сделать лягушка, чтобы попасть на противоположный конец ленты, если в момент прыжка лягушка развивает скорость $v_0 = 0,5$ м/с? Трение между лентой и полом отсутствует.



- 5) Кот Леопольд, отдыхая на северном полюсе, решил искупаться в специальной ванне с подогревом. Он налил в ванну 10 кг воды, и включил подогрев на максимальной мощности. Доведя температуру воды до 50° , он выключил нагреватель, и, выждав 5 секунд, замерил температуру воды. Оказалось, что она упала на 1° . Понимая, что через некоторое время он будет купаться в совсем холодной воде, он решил оставить подогрев, но лишь на мощности $P = 1400$ Вт.

До какой наименьшей температуры остынет вода в ванне, если температура воздуха в комнате Леопольда поддерживается равной 20° ? Теплообменом между водой и котом Леопольдом пренебрегите. Ответ округлите до целых.

Считайте, что потери теплоты происходят со свободной поверхности воды в ванне и пропорциональны разности температур воды и окружающего воздуха.

- 6) Гарри Поттер нашел волшебную палочку, которая представляет собой цилиндр длины 30 см и поперечной площади 1 см^2 , сделанный частично из серебра ($\rho_1 = 10,8 \text{ г/см}^3$), а частично из алюминия ($\rho_2 = 2,7 \text{ г/см}^3$). Еще Гарри обнаружил, что если поддерживать на концах палочки постоянное напряжение $0,12 \text{ В}$, то в палочке будет выделяться мощность 200 Вт . Удельное сопротивление серебра — $0,016 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, алюминия — $0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

Серебро	Алюминий
---------	----------

Используя эти данные, найдите массу палочки в граммах.

- 7) В высокий цилиндрический сосуд с делениями налили 100 г горячей воды ($T_0 = 80^\circ\text{C}$), а затем стали аккуратно насыпать со скоростью 5 г/сек раскаленный ($T = 200^\circ\text{C}$) песок.

Каким будет уровень воды (в миллилитрах) в сосуде через 70 секунд?

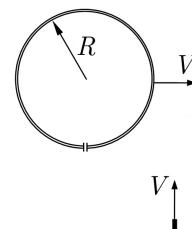
Плотность песка — 2 г/см^3 , его удельная теплоемкость $c_{\text{п}} = 700 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$. Удельная теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$, удельная теплота парообразования воды — $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$.

- 8) Экспериментатор Глюк нагревает воду схемой из двух резисторов и источника напряжения. Когда он подключил к источнику только первый из двух резисторов, вода нагрелась до 30°C . Когда параллельно первому подключил второй, она нагрелась до 90°C .

Насколько нагреется вода, если он подключит их последовательно к тому же самому источнику напряжения? Считайте, что мощность теплотерь пропорциональна разности температур между телом и окружающей средой, а температура окружающей среды — 0°C (экспериментатор соблюдал правила пожарной безопасности и проводил опыт на открытом воздухе, не смотря на холодную погоду).

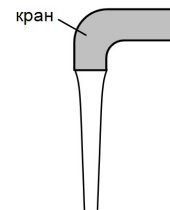
- 9) Маленькая сфера радиуса $R = 1 \text{ м}$ движется со скоростью $V = 20 \text{ м/с}$. В нижней точке сферы есть небольшое отверстие, в которое попадает маленькая резиновая пулька, летящая с той же скоростью.

Через какое время в секундах пулька вылетит обратно? Считайте, что пулька бьется об стенки абсолютно упруго. Силу тяжести не учитывайте.



- 10) Как известно, если открыть кран, то вытекающая струя воды по мере падения будет уменьшаться в диаметре. Оцените, насколько уменьшится диаметр струи на расстоянии 5 см от отверстия в кране.

Скорость воды на выходе из крана — 1 м/с , диаметр отверстия в кране $d = 3 \text{ см}$. Считайте, что струя по мере падения не распадается на капли. Ответ дайте в сантиметрах и округлите до десятых.

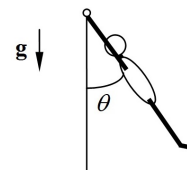




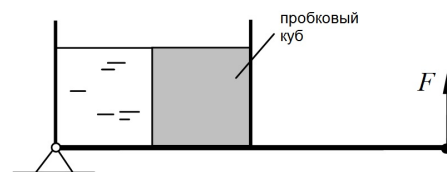
Физическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2018–2019 учебный год. Отборочный этап

Задачи для 10 класса

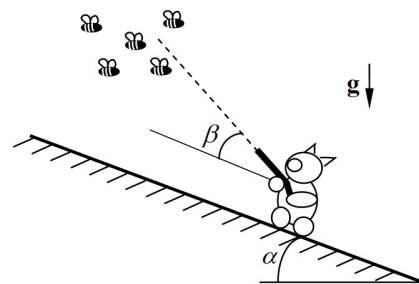
- 1) Незнайка проектирует перекладину для гимнастов-школьников так, что она выдерживает трех неподвижно повисших школьников одинаковой массы. Какая максимальная амплитуда (то есть максимальный угол θ — см. рисунок) качаний школьника будет допустимой? Считайте, что вся масса школьника сосредоточена в его центре масс.



- 2) В невесомой емкости приклеен пробковый куб. Затем в емкость наливают такое же по объему количество воды. Для того, чтобы удерживать систему в равновесии, к концу рычага необходимо прикладывать силу $F = 16$ Н. Куб отклеивается и всплывает. Какую силу теперь нужно прикладывать к рычагу? Плотность пробки в пять раз меньше плотности воды.



- 3) Пятачок с пробковым ружьем равномерно съезжает с горки со скоростью 5 м/с, спасаясь от злых пчел. Понимая, что ситуация критическая, и ему срочно нужно ускориться, он стреляет из ружья в пчел под углом $\beta = 30^\circ$ к плоскости горки (тем самым и отпугивая пчел, и прибавляя себе скорости).

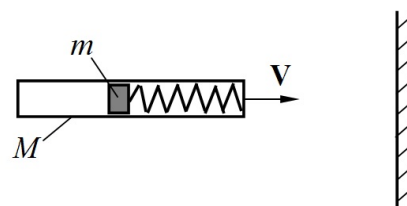


Какую скорость приобретет Пятачок, если скорость пробки относительно земли при вылете из ружья равна 20 м/с? Масса Пятачка, ружья и пули в сумме составляет всего 1 кг, в том числе, масса пробки равна 0,1 кг. Угол наклона горки $\alpha = 30^\circ$. Ответ округлите до целых.

- 4) Известно, что установившаяся скорость всплытия маленького пробкового шарика плотности $\rho = 0,8\rho_0$ кг/м³ (где ρ_0 — плотность воды) со дна самого глубокого в мире озера Байкал равна $v_0 = 3$ м/с. И этот же шарик всплыл с нулевой начальной скоростью со дна озера глубиной $H = 12$ м за время $t = 4,1$ с.

С какой скоростью он выскочит из воды? Считайте, что сила сопротивления движению шарика со стороны воды прямо пропорциональна скорости движения шарика, и $g = 10$ м/с².

- 5) Имеется полый стержень массы M , внутри которого находится пружина малой жесткости с грузиком массы $m = M/3$. Пусть стержень летит с постоянной скоростью $v = 12$ м/с и ударяется об стену.

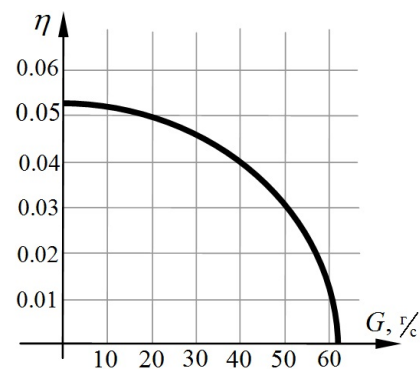


Найдите скорость стержня с грузиком после удара, когда колебания грузика затихнут.

Считайте, что соударения стержня со стенкой упругие. Грузик испытывает небольшое трение при движении внутри стержня. Сила тяжести отсутствует, массой пружины пренебрегите.

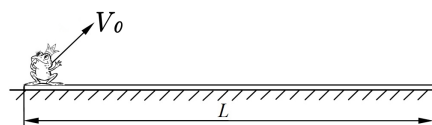
- 6) Компания друзей-физиков пошла в поход. Во время привала было решено приготовить чай. Одному физика стало интересно, как КПД системы «костер-чай» зависит от количества подкладываемых в секунду дров. После серии аккуратных измерений он получил такой график (см. рисунок). За какое наименьшее время можно на таком костре подогреть до 100°C пять литров (20°C) чая?

Удельная теплота сгорания дров $q = 10^7$ Дж/кг, удельную теплоемкость чая примите равной $c_{\text{ч}} = 4200$ Дж/кг · град. Считайте, что дрова подкладываются с некоторой выбранной постоянной скоростью.



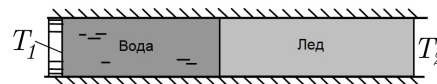
- 7) Лягушка сидит на краю большой ленты длины $L = 1$ метр, масса которой в 9 раз больше массы лягушки.

Какое минимальное число прыжков должна сделать лягушка, чтобы попасть на противоположный конец ленты, если в момент прыжка лягушка развивает скорость $v_0 = 0,5$ м/с? Трение между лентой и полом отсутствует, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

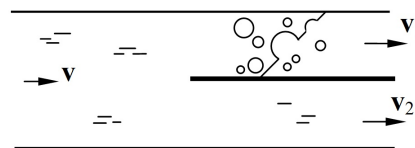


- 8) Горизонтальная длинная теплоизолированная труба заполнена льдом. На левом конце поддерживается температура $T_1 = 3^\circ\text{C}$, на правом — $T_2 = -3^\circ\text{C}$. Теплопроводность льда составляет $2,3$ Вт/м · град, воды — $0,56$ Вт/м · град.

Какая часть льда (от общего объема трубы) находится в расплавленном состоянии? Ответ дайте в процентах, округлив до целых.



- 9) В трубе движется жидкость с низкой температурой кипения. Труба, на некотором расстоянии от ее начала, делится на две равные части перегородкой (эти части никак не сообщаются между собой). На верхней поверхности перегородки поддерживается достаточно высокая температура, и поэтому на выходе из трубы выходил поток паров жидкости со скоростью $v_1 = 80$ м/с, имеющий плотность в 1000 раз меньшую, чем плотность жидкости.

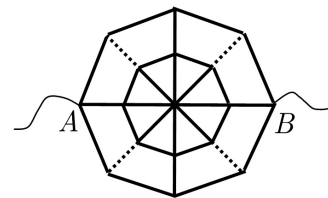


Нижняя часть перегородки поддерживалась при достаточно низкой температуре, поэтому там двигалась та же жидкость, но со скоростью $v_2 = 0,52$ м/с.

Какова была скорость жидкости v до перегородки?

- 10) Кот Матроскин, прослушав курсы электротехники, решил сделать паутинку из сопротивлений. Но, так как он делает это в первый раз, у него не все получилось: по ребрам, которые отмечены пунктирам, ток не течет.

Найдите сопротивление между точками A и B , если сопротивление всех ребер одинаковы и равны $R = 17$ Ом.



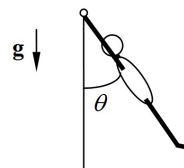


Физическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2018–2019 учебный год. Отборочный этап

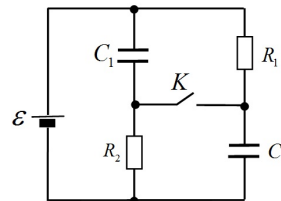
Задачи для 11 класса

- 1) Незнайка проектирует перекладину для гимнастов-школьников так, что она выдерживает трех неподвижно повисших школьников одинаковой массы.

Какая максимальная амплитуда (то есть максимальный угол θ — см. рисунок) качаний школьника будет допустимой? Считайте, что вся масса школьника сосредоточена в его центре масс.

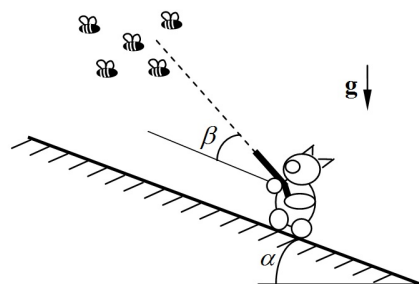


- 2) Имеется электрическая схема, представленная на рисунке. Известно, что $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $C_1 = C_2 = 100 \text{ пкФ}$, $\mathcal{E} = 20 \text{ В}$. Найдите токи I_1 , I_2 через резисторы R_1 и R_2 через большое время после замыкания ключа K , а также заряды q_1 и q_2 на конденсаторах (ответ выразите в нКл). Внутренним сопротивлением источника пренебрегите.



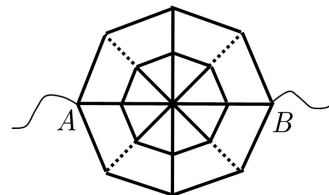
- 3) Пятачок с пробковым ружьем равномерно съезжает с горки со скоростью 5 м/с, спасаясь от злых пчел. Понимая, что ситуация критическая, и ему срочно нужно ускориться, он стреляет из ружья в пчел под углом $\beta = 30^\circ$ к плоскости горки (тем самым и отпугивая пчел, и прибавляя себе скорости).

Какую скорость приобретет Пятачок, если скорость пробки относительно земли при вылете из ружья равна 20 м/с? Масса Пятачка, ружья и пули в сумме составляет всего 1 кг, в том числе, масса пробки равна 0,1 кг. Угол наклона горки $\alpha = 30^\circ$. Ответ округлите до целых.



- 4) Кот Матроскин, прослушав курсы электротехники, решил сделать паутинку из сопротивлений. Но, так как он делает это в первый раз, у него не все получилось: по ребрам, которые отмечены пунктиром, ток не течет.

Найдите сопротивление между точками A и B , если сопротивления всех ребер одинаковы и равны $R = 17 \text{ Ом}$.

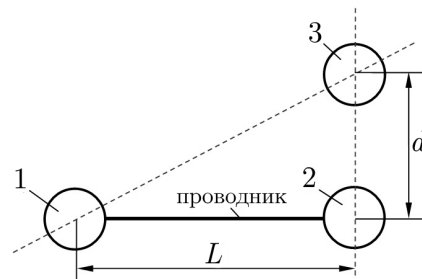


- 5) Известно, что установившаяся скорость всплытия маленького пробкового шарика плотности $\rho = 0,8\rho_0 \text{ кг/м}^3$ (где ρ_0 — плотность воды) со дна самого глубокого в мире озера Байкал равна $v_0 = 3 \text{ м/с}$. И этот же шарик всплыл с нулевой начальной скоростью со дна озера глубиной $H = 12 \text{ м}$ за время $t = 4,1 \text{ с}$.

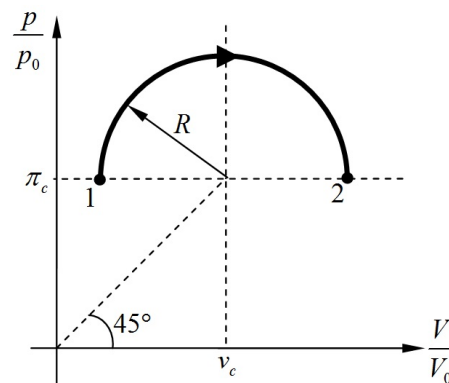
С какой скоростью он выскочит из воды? Считайте, что сила сопротивления движению шарика со стороны воды прямо пропорциональна скорости движения шарика, и $g = 10 \text{ м/с}^2$.

- 6) Пусть имеются два металлических шара радиуса $R = 10$ см на расстоянии 4 м друг от друга. Первый из них имеет заряд $Q_1 = 2$ Кл, а второй не заряжен. Если соединить их проводником, то заряд с первого шара распределится между шарами одинаково.

Как изменится этот результат (то есть чему будут равны заряды шаров), если на расстоянии $d = 3$ м от второго шара, перпендикулярно к линии, соединяющей первый и второй шары, поместить третий шар с зарядом $Q_3 = 15$ Кл? Ответ приведите с точностью до десятых.



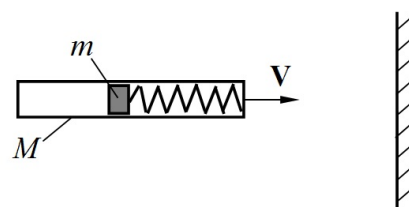
- 7) Один моль идеального газа совершает процесс 1-2, изображенный на рисунке. Процесс на плоскости pV представляет собой полуокружность радиуса $R = 1$ с центром в точке $(\pi_c, v_c) = (2, 2)$. При этом давление $\pi = p/p_0$ и объем $v = V/V_0$ являются безразмерными величинами, а «истинные» давление и объем определяются простым умножением π и v на константы: $p = p_0\pi$, $V = V_0v$. Известно, что $p_0 = 10^5$ Па, $V_0 = 4$ м³. Найдите максимальное значение внутренней энергии газа U и посчитайте работу A , совершенную газом в этом процессе. Ответ дайте в МДж, округлив до целых.



- 8) Имеется полый стержень массы M , внутри которого находится пружина малой жесткости с грузиком вдвое меньшей массы. Пусть стержень летит с постоянной скоростью $v = 12$ м/с и ударяется об стену.

Найдите скорость стержня с грузиком после удара, когда колебания грузика затихнут.

Считайте, что соударения стержня со стенкой упругие. Грузик испытывает небольшое трение при движении внутри стержня. Сила тяжести отсутствует, массой пружины пренебрегите.



- 9) Даны три параллельных плоскости, между которыми находится вакуум. Найдите температуру средней плоскости T , если левая плоскость поддерживается при постоянной температуре $T_1 = 200^\circ\text{K}$, а правая — при $T_2 = 300^\circ\text{K}$. Известно также, что если увеличить температуру какой-либо плоскости в 2 раза, то количество энергии, излучаемой плоскостью в единицу времени, возрастет в 16 раз. Считайте, что средняя плоскость поглощает все падающее на нее излучение. Ответ округлите до целых.

- 10) Обруч катится со скоростью $v = 7$ м/с мимо тонкого столба (то есть обруч и столб друг друга не касаются — на рисунке вид сбоку), наклоненного к горизонту под углом $\alpha = 75^\circ$.

Найдите скорость верхней точки пересечения обруча и столба, когда угол между OA и горизонталью равен $\beta = 60^\circ$. Ответ округлите до целых.

