10 класс

Задача 1. Три блока

К двум лёгким подвижным блокам подвешены грузы, массы которых m_1 и m_2. Лёгкая нерастяжимая нить, на которой висит блок с грузом m_1, образует с горизонтом угол α. Грузы удерживают в равновесии (рис. 1). Найдите ускорение грузов сразу после того, как их освободят. Считайте, что радиусы блоков $r \ll L$.

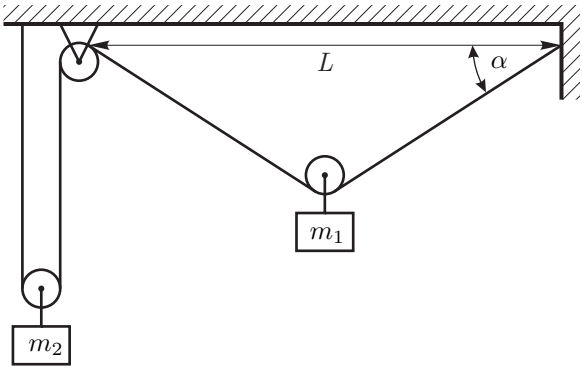

Рис. 1

Задача 2. Переменное трение

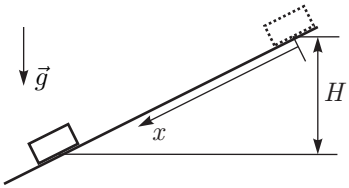

Рис. 2

Небольшой груз соскальзывает без начальной скорости по наклонной плоскости. Известно, что коэффициент трения между грузом и плоскостью меняется по закону:

$$\mu(x) = \alpha x,$$

где x — расстояние вдоль плоскости от начального положения груза. Опустившись на высоту H по вертикали (рис. 2), груз останавливается. Найдите максимальную скорость груза в процессе движения.

Задача 3. Работа в цикле

Рабочим телом тепловой машины является идеальный одноатомный газ. Цикл состоит из изобарного расширения (1, 2), адиабатического расширения (2, 3) и изотермического сжатия (3, 1). Модуль работы при изотермическом сжатии равен A_{31}. Определите, чему может быть равна работа при адиабатическом расширении A_{23}, если у указанного цикла КПД $\eta \leqslant 40\%$?

Задача 4. Чёрный ящик

Теоретик Баг предложил экспериментатору Глюку определить схему электрического «чёрного» ящика (ЧЯ) с двумя выводами. В ящике находятся два одинаковых диода и два разных резистора. Вольтамперная характеристика (ВАХ) «чёрного» ящика приведена на рис. 3, а ВАХ диода – на рис. 4.

Восстановите схему ЧЯ и определите сопротивление каждого из резисторов.

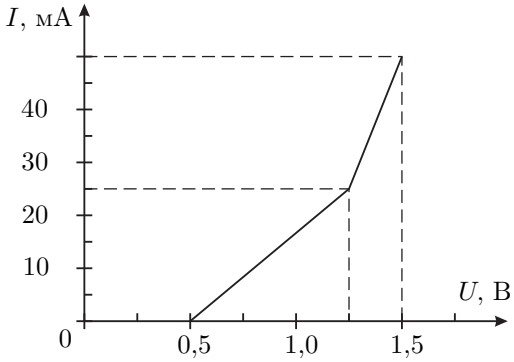

Рис. 3

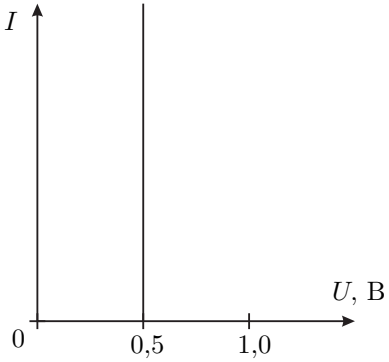

Рис. 4

Задача 5. Две пружины

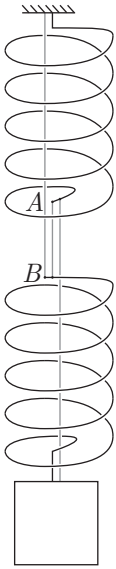

Рис. 5

На двух легких одинаковых пружинах, соединенных нитью AB, висит груз массы m. Жесткость каждой пружины k. Между витками пружины протянули еще две нити: одну прикрепили к потолку и к верхнему концу B нижней пружины, а вторую к грузу и нижнему концу A верхней пружины (рис. 5). Эти две нити не провисают, но и не натянуты. Нить AB перерезали. Через некоторое время система пришла к новому положению равновесия. Найдите изменение потенциальной энергии системы.

Бесплатный разбор теоретического тура и консультация к экспериментальному туру состоятся 19 января (воскресенье) в 13:00 по московскому времени на сайте

online.mipt.ru

Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться не менее чем за полчаса до начала разбора!

11 класс

Задача 1. Колонна из песка

Рис. 1

Как-то теоретик Баг, гуляя по берегу моря, увидел как отдыхающий строил замок из песка (рис. 1). Он решил узнать, какой максимальной высоты колонну можно построить из влажного песка. В одной из работ Леонарда Эйлера он обнаружил, что максимальная высота цилиндрической колонны изготовленной из однородного и изотропного материала, может быть рассчитана по формуле

$$H = 1{,}25 \cdot E^{\alpha} R^{\beta} \rho^{\gamma} g^{\lambda}, \qquad (1)$$

где α, β, γ и λ — некоторые числовые коэффициенты, R — радиус колонны, ρ — плотность материала, из которого она изготовлена, g — ускорение свободного падения, E — модуль Юнга. Баг рассчитал, что если колонну сделать из влажного песка, то при её радиусе $R_1 = 5$ см, высота колонны окажется 1,0 м. Друг Бага, экспериментатор Глюк, решил собрать более «солидную» колонну. Он сделал радиус её основания $R_2 = 15$ см. Колонна какой высоты получилась у Глюка?

Справочные данные: плотность влажного песка $\rho = 1{,}5 \times 10^3$ кг/м^3, его модуль Юнга $E = 3{,}0 \times 10^6$ Па, ускорение свободного падения $g = 9{,}8$ м/с^2.

Примечание. Модуль Юнга — это коэффициент пропорциональности между давлением (или растяжением), действующим на плоскую поверхность исследуемого образца и его относительным сжатием (удлинением).

Задача 2. Ползущая пружина

Вблизи края гладкой горизонтальной полуплоскости лежат два одинаковых груза, соединенные лёгкой нерастянутой пружиной, длина которой l_0, а жёсткость — k. К грузу, ближайшему к краю плоскости, с помощью нерастяжимой нити, перекинутой через лёгкий блок, прикреплён ещё один такой же груз массой m (рис. 2). Его удерживают так, что участок нити, идущий от блока к этому грузу, вертикален. Нижний груз отпускают.

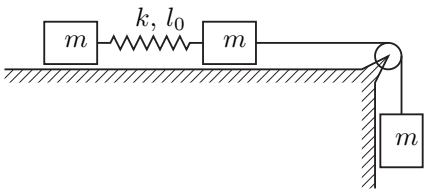

Рис. 2

Через какое минимальное время τ удлинение Δl пружины станет максимальным?

Найдите это удлинение.

Задача 3. Градирня

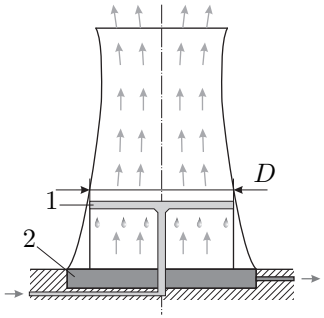

Рис. 3

На промышленных предприятиях для охлаждения больших объемов воды используют градирни (рис. 3). Рассмотрим идеализированную градирню, представляющую собой широкий цилиндр диаметром $D = 15$ м, в котором на некоторой высоте H от основания через специальные форсунки (1) распыляется горячая вода, температура которой $t_1 = 50$°C. По мере падения она остывает до температуры $t_2 = 28$°C. Посредством вентилятора навстречу падающим каплям снизу со скоростью $u = 2{,}0$ м/с поднимается воздух при температуре $t_0 = 29$°C. Считайте, что его температура на протяжении всего пути остается неизменной, а влажность меняется от $\varphi = 40\%$ на входе, до $\varphi_1 = 100\%$ на выходе из градирни. Какова производительность q градирни, то есть, сколько тонн воды охлаждается в ней за один час?

Справочные данные для воды:
удельная теплоемкость $c = 4{,}2 \times 10^3$ Дж/(кг·°C); удельная теплота парообразования $L = 2{,}3 \times 10^6$ Дж/кг, температурная зависимость давления насыщенных паров приведена на графике (рис. 4).

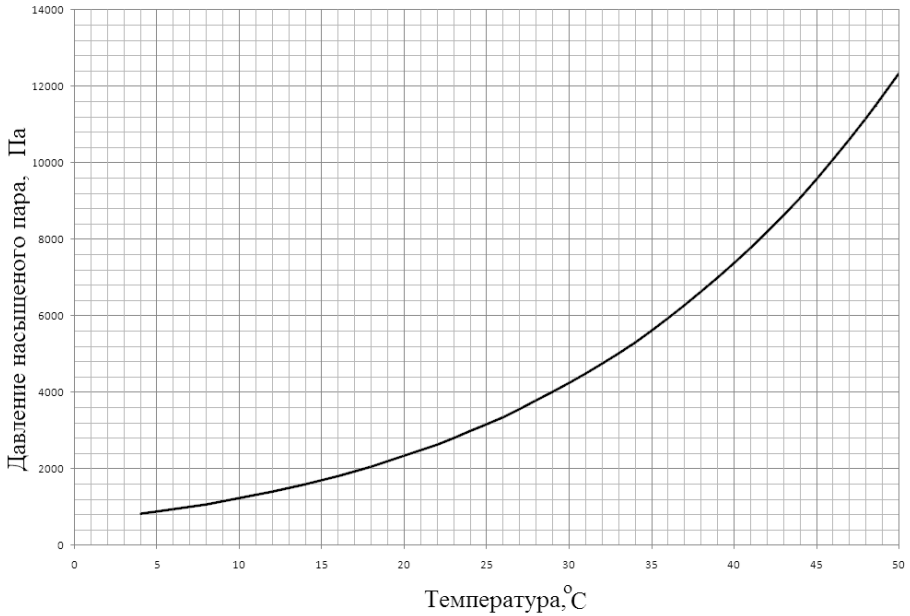

Рис. 4

Задача 4. Конденсаторы

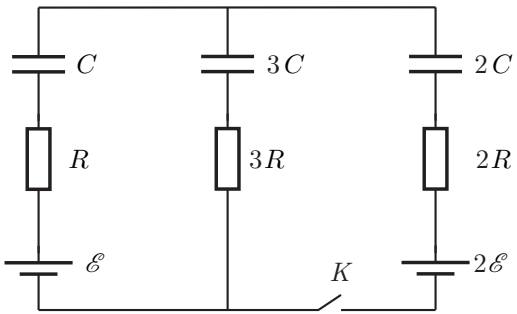

Рис. 5

Параметры электрической цепи указаны на схеме (рис. 5). Вначале ключ K разомкнут.

1. Определите напряжение на конденсаторе емкостью C.
2. Определите силу тока, который потечёт через резистор сопротивлением $3R$, сразу после замыкания ключа K.
3. Какое напряжение установится на конденсаторе емкостью C после того, как переходные процессы в цепи завершатся?

Задача 5. Много катушек

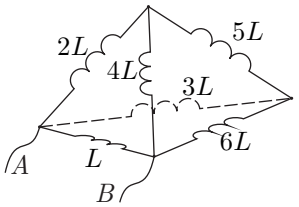

Рис. 6

Шесть идеальных катушек индуктивности соединили в электрическую цепь так, что катушки образовали ребра тетраэдра (рис. 6). К вершинам A и B подсоединили последовательно соединенные резистор сопротивлением $R = 100$ Ом, батарейку с ЭДС $\mathscr{E} = 4{,}6$ В, миллиамперметр и ключ. Индуктивность катушки $L = 1$ мГн. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.

1. Вычислите силу тока I_{60}, протекающего через миллиамперметр спустя 1 минуту после замыкания ключа.
2. Вычислите силу тока, протекающего через каждую из катушек в тот момент, когда сила тока, протекающего через миллиамперметр, равна $I_{\text{A}} = 23$ мА.

Бесплатный разбор теоретического тура и консультация к экспериментальному туру состоятся 19 января (воскресенье) в 10:00 по московскому времени на сайте

online.mipt.ru

Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться не менее чем за полчаса до начала разбора!

7 класс

Задача 1. Противостояние Марса

В момент противостояния Солнце, Земля и Марс находятся на одной прямой (Земля между Солнцем и Марсом). Продолжительность земного года $T =$ $= 365$ суток, марсианского — в $k = 1{,}88$ раза больше. Считая, что планеты обращаются вокруг Солнца по круговым орбитам с общим центром, лежащим в одной плоскости, найдите минимальный промежуток времени τ, между двумя последовательными противостояниями.

Задача 2. На метеорологической станции

На метеорологической станции проводят измерения плотности снега в воздухе при помощи осадкомера. Осадкомер представляет собой цилиндрический сосуд с площадью дна 200 см^2 и высотой 40 см, куда собираются осадки. Во время измерений снежинки падали вертикально вниз со скоростью $v =$ $= 0{,}6$ м/с. За шесть часов уровень снега в осадкомере достиг $h = 15$ см, а плотность снега в сосуде составила $\rho_0 = 0{,}15$ г/см^3. Определите, чему равна плотность снега ρ в воздухе во время снегопада, то есть масса снега, находящегося в одном кубическом метре воздуха.

Задача 3. Рыбак

Рыбак на лодке с мотором снялся с якоря, при этом случайно обронил в воду весло, и затем поплыл вверх против течения. Через 5 минут, проплыв вдоль берега 1200 м, он обнаружил пропажу весла, развернул лодку и поплыл обратно. Когда он догнал его, то заметил, что весло снесло вниз по течению на 600 м. Считайте, что скорость течения реки и скорость лодки относительно воды постоянны.

1. Через какое время t_0, после обнаружения пропажи весла, рыбак подплыл к нему?
2. Какова скорость v_p течения реки?
3. Какова скорость v_0 моторной лодки в стоячей воде?

Задача 4. Шарик с гелием

Шарик накачали гелием. Масса газа составляет 20% от массы всего шарика. Через день, когда часть гелия просочилась через стенки, объём шарика уменьшился в 2 раза, а масса гелия стала составлять 10% от массы всего шарика. Определите, во сколько раз изменилась средняя плотность воздушного шарика.

Бесплатный разбор теоретического тура и консультация к экспериментальному туру состоятся 19 января (воскресенье) в 12:00 по московскому времени на сайте

online.mipt.ru

Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться не менее чем за полчаса до начала разбора!

Олимпиада Максвелла. Региональный этап

7 класс

Задача 1. Противостояние Марса

В момент противостояния Солнце, Земля и Марс находятся на одной прямой (Земля между Солнцем и Марсом). Продолжительность земного года $T =$ $= 365$ суток, марсианского — в $k = 1{,}88$ раза больше. Считая, что планеты обращаются вокруг Солнца по круговым орбитам с общим центром, лежащим в одной плоскости, найдите минимальный промежуток времени τ, между двумя последовательными противостояниями.

Задача 2. На метеорологической станции

На метеорологической станции проводят измерения плотности снега в воздухе при помощи осадкомера. Осадкомер представляет собой цилиндрический сосуд с площадью дна 200 см^2 и высотой 40 см, куда собираются осадки. Во время измерений снежинки падали вертикально вниз со скоростью $v =$ $= 0{,}6$ м/с. За шесть часов уровень снега в осадкомере достиг $h = 15$ см, а плотность снега в сосуде составила $\rho_0 = 0{,}15$ г/см^3. Определите, чему равна плотность снега ρ в воздухе во время снегопада, то есть масса снега, находящегося в одном кубическом метре воздуха.

Задача 3. Рыбак

Рыбак на лодке с мотором снялся с якоря, при этом случайно обронил в воду весло, и затем поплыл вверх против течения. Через 5 минут, проплыв вдоль берега 1200 м, он обнаружил пропажу весла, развернул лодку и поплыл обратно. Когда он догнал его, то заметил, что весло снесло вниз по течению на 600 м. Считайте, что скорость течения реки и скорость лодки относительно воды постоянны.

1. Через какое время t_0, после обнаружения пропажи весла, рыбак подплыл к нему?
2. Какова скорость v_p течения реки?
3. Какова скорость v_0 моторной лодки в стоячей воде?

Задача 4. Шарик с гелием

Шарик накачали гелием. Масса газа составляет 20% от массы всего шарика. Через день, когда часть гелия просочилась через стенки, объём шарика уменьшился в 2 раза, а масса гелия стала составлять 10% от массы всего шарика. Определите, во сколько раз изменилась средняя плотность воздушного шарика.

Бесплатный разбор теоретического тура и консультация к экспериментальному туру состоятся 19 января (воскресенье) в 12:00 по московскому времени на сайте

online.mipt.ru

Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться не менее чем за полчаса до начала разбора!

8 класс

Задача 1. На прогулке

Экспериментатор Глюк и теоретик Баг по утрам гуляют в парке. Вместе с Глюком на прогулку вышел и его пес Шарик. Баг, не торопясь, бежит трусцой по прямой дорожке навстречу Глюку со скоростью $v_Б$, а Глюк идет с Шариком навстречу Багу со скоростью $v_Г$. Когда Глюк увидел Бага, расстояние между ними было равно L. Он тут же отпустил Шарика, и тот со всех ног со скоростью $v_0 = 3(v_Г + v_Б)$ бросился бежать к товарищу своего хозяина. Шарик, добежав до Бага, некоторое время идет рядом с ним, а затем бросается к своему хозяину. Добежав до него и пройдясь немного рядом с Глюком, он снова бежит к Багу, и так несколько раз. За время сближения приятелей Шарик провел возле каждого из них одинаковое время. Общая длина пути, который успел пройти и пробежать пес, равна $2L$. Сколько времени Шарик бегал со скоростью v_0, если друзья встретились через 1 минуту 40 секунд? До самой встречи скорости приятелей не изменялись.

Задача 2. Плавание наоборот

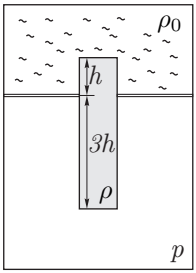

Рис. 1

В герметичном сосуде сверху находится жидкость с плотностью $\rho_0 = 800$ кг/м^3, отделенная легким подвижным поршнем от газа (рис. 1), находящегося внизу и имеющего давление $p = 20$ кПа. В поршне есть круглое отверстие, в которое вставлен цилиндрический поплавок. Причем в жидкость поплавок погружен на некоторую длину h, а в газ на длину $3h$. Площадь основания поплавка S. Поплавок может свободно скользить относительно поршня, а поршень относительно стенок сосуда. Жидкость нигде не подтекает. Какой должна быть плотность поплавка ρ, чтобы система могла оставаться в равновесии? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

Задача 3. Разные мощности

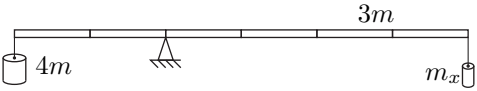

Рис. 2

На рычаге массой $3m$ висят две льдинки (рис. 2). Точка опоры делит рычаг в соотношении 1:2. К короткому плечу рычага подвешена льдинка массой $4m$.

1. Какую массу должна иметь льдинка, подвешенная к длинному плечу, чтобы система находилась в равновесии?
2. Льдинки одновременно начали нагревать. Во сколько раз должны отличаться мощности подводимого к льдинкам тепла, чтобы равновесие сохранилось? Льдинки находятся при температуре плавления.

Задача 4. Две детали

Теплоизолированный сосуд был до краев наполнен водой при температуре $t_0 = 19°\text{C}$. В середину этого сосуда быстро, но аккуратно опустили деталь, изготовленную из металла плотностью $\rho_1 = 2700$ кг/м^3, нагретую до температуры $t_\text{д} = 99°\text{C}$, и закрыли крышкой. После установления теплового равновесия температура воды в сосуде равна $t_x = 32{,}2°\text{C}$. Затем в этот же сосуд, вновь наполненный до краев водой при температуре $t_0 = 19°\text{C}$, вновь быстро, но аккуратно опустили две такие же детали, нагретые до той же температуры $t_\text{д} = 99°\text{C}$, и закрыли крышкой. В этом случае после установления в сосуде теплового равновесия температура воды равна $t_y = 48{,}8°\text{C}$. Чему равна удельная теплоемкость c_1 металла, из которого изготовлены детали? Плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м^3. Удельная теплоемкость воды $c_0 = 4200$Дж/(кг $\cdot$ °C).

Бесплатный разбор теоретического тура и консультация к экспериментальному туру состоятся 19 января (воскресенье) в 14:00 по московскому времени на сайте

online.mipt.ru

Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться не менее чем за полчаса до начала разбора!

9 класс

Задача 1. Опасная затея

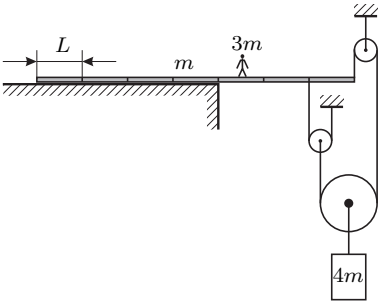

Рис. 1

Доска массой m лежит, выступая на 3/7 своей длины, на краю обрыва. Длина одной седьмой части доски $L = 1$ м. К свисающему краю доски с помощью невесомых блоков и нитей (рис. 1) прикреплен противовес, имеющий массу $4m$. На каком расстоянии от края обрыва на доске может стоять человек массой $3m$, чтобы доска оставалась горизонтальной?

Задача 2. Туда-сюда

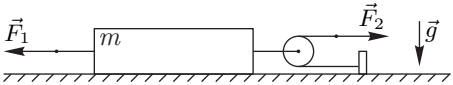

Рис. 2

К системе, приведённой на рисунке 2, прикладывают в указном направлении внешние силы F_1 и F_2, графики зависимости которых от времени даны на рис. 3 и рис. 4 соответственно. Масса бруска $m = 1$ кг, коэффициент трения между плоскостью и бруском $\mu = 0{,}4$, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Нити лёгкие, нерастяжимые и длинные. Блок невесомый. На какое расстояние переместится брусок за 10 секунд, если изначально он покоится?

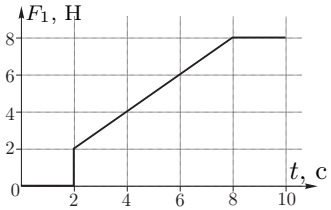

Рис. 3

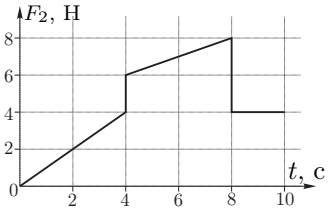

Рис. 4

Задача 3. Две детали

Теплоизолированный сосуд был до краев наполнен водой при температуре $t_0 = 19°$C. В середину этого сосуда быстро, но аккуратно опустили деталь, изготовленную из металла плотностью $\rho_1 = 2700$ кг/м^3, нагретую до температуры $t_д = 99°$C, и закрыли крышкой. После установления теплового равновесия температура воды в сосуде равна $t_x = 32{,}2°$C. Затем в этот же сосуд, вновь наполненный до краев водой при температуре $t_0 = 19°$C, вновь быстро, но аккуратно опустили две такие же детали, нагретые до той же температуры $t_д = 99°$C, и закрыли крышкой. В этом случае после установления в сосуде теплового равновесия температура воды равна $t_y = 48{,}8°$C. Чему равна удельная теплоемкость c_1 металла, из которого изготовлены детали? Плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м^3. Удельная теплоемкость воды $c_0 = 4200$Дж/(кг $\cdot$ °C).

Задача 4. Эквивалентная схема

На рис. 5 приведена блок-схема регулируемого источника постоянного тока. Идеальная батарея, обеспечивающая постоянное напряжение U_0, защищена от короткого замыкания резистором, сопротивление которого r. Выходное напряжение задается резистором сопротивлением R. К выходным разъемам A и B подключают нагрузку, сопротивление которой $R_н$.

Для упрощения расчета силы тока, текущего через нагрузку $R_н$, схему регулируемого источника принято представлять в виде эквивалентной схемы (рис. 6), обеспечивающей такую же силу тока, текущего через нагрузку, как и реальный источник (рис. 5) . Выразите напряжение U_1 и сопротивление r_1 эквивалентной схемы через параметры (U_0, R, и r) источника.

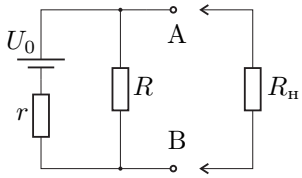

Рис. 5

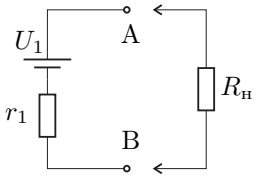

Рис. 6

Задача 5. Вода и ртуть

В тонкой U-образной трубке постоянного сечения находится вода и ртуть одинаковых объемов. Длина горизонтальной части трубки $l = 40$ см. Трубку раскрутили вокруг колена с водой (рис. 7), и оказалось, что уровни жидкостей в трубке одинаковы и равны $h = 25$ см. Пренебрегая эффектом смачивания, определите период T вращения трубки.

Справочные данные: ускорение свободного падения $g = 9{,}8$ м/с^2; плотности воды и ртути равны $\rho_в = 1{,}0$ г/см^3 и $\rho_р = 13{,}5$ г/см^3 соответственно.

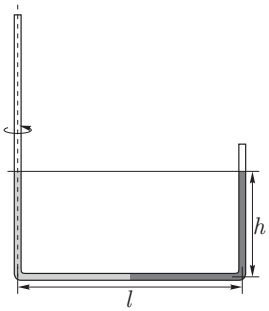

Рис. 7

Бесплатный разбор теоретического тура и консультация к экспериментальному туру состоятся 19 января (воскресенье) в 16:00 по московскому времени на сайте

online.mipt.ru

Для участия в разборе необходимо зарегистрироваться не менее чем за полчаса до начала разбора!