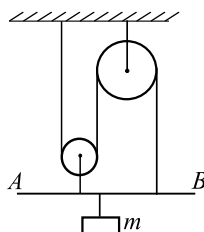


**Выездная физико-математическая олимпиада МФТИ. Январь – февраль 2021г.**

**Условия. 8 класс, физика**

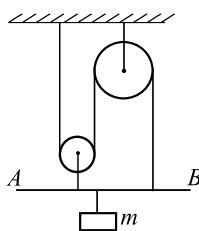
**1.1.** Система из невесомых блоков, невесомого горизонтального стержня АВ и груза массой  $m$  находится в равновесии (см. рис.). Радиусы блоков  $r$  и  $3r$ . Участки легкой нити, не соприкасающиеся с блоками, вертикальны. Трением в осях блоков пренебречь.

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) На каком расстоянии  $x$  от места крепления правого конца нити подвешен груз?



**1.2.** Система из невесомых блоков, невесомого горизонтального стержня АВ и груза массой  $m$  находится в равновесии (см. рис.). Радиусы блоков  $r$  и  $2r$ . Участки легкой нити, не соприкасающиеся с блоками, вертикальны. Трением в осях блоков пренебречь.

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) На каком расстоянии  $x$  от места крепления правого конца нити подвешен груз?



**2.1.** Три одинаковых сообщающихся сосуда – вертикальные цилиндры – заполнены водой. Уровни воды в цилиндрах одинаковы. В один из сосудов наливают сверху слой жидкости высотой  $H = 5$  см. Жидкость с водой не смешивается, уровень воды в этом сосуде понижается на  $h = 2$  см.

- 1) На сколько повышается уровень воды в других сосудах?
- 2) Определите плотность  $\rho$  жидкости. Плотность воды  $\rho_B = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

**2.2** Три одинаковых сообщающихся сосуда – вертикальные цилиндры – заполнены водой. Уровни воды в цилиндрах одинаковы. В один из сосудов наливают сверху слой жидкости плотностью  $\rho = 750$  кг/м<sup>3</sup>. Жидкость с водой не смешивается. Уровень воды в двух других сосудах повышается на  $h = 2$  см.

- 1) На сколько понизится уровень воды в том сосуде, в который налили жидкость?
- 2) Определите высоту  $H$  слоя налитой жидкости. Плотность воды  $\rho_B = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

**3.1.** Два тела приводят в тепловой контакт. Температура первого  $60^\circ\text{C}$ , второго  $20^\circ\text{C}$ . В процессе установления теплового равновесия от горячего тела к холодному перетекла теплота в количестве  $Q = 1200$  Дж, в системе установилась температура  $30^\circ\text{C}$ .

1) Какое количество теплоты  $q$  следует подвести ко второму телу, чтобы повысить его температуру на  $1^\circ\text{C}$ ?

2) Какое количество  $Q_1$  теплоты следует подвести к системе двух тел для повышения температуры системы от  $30^\circ\text{C}$  до  $60^\circ\text{C}$ ?

Потери теплоты считайте пренебрежимо малыми.

**3.2.** Два тела приводят в тепловой контакт. Температура первого  $80^\circ\text{C}$ , второго  $40^\circ\text{C}$ . В процессе установления теплового равновесия от горячего тела к холодному перетекла теплота в количестве  $Q = 2400$  Дж, в системе установилась температура  $50^\circ\text{C}$ .

1) Какое количество теплоты  $q_1$  следует подвести к первому телу (или отвести от него), чтобы изменить его температуру на  $1^\circ\text{C}$ ?

2) Какая температура  $t$  установится в системе, если к ней подвести  $Q_1 = 16$  кДж теплоты?

Потери теплоты считайте пренебрежимо малыми.

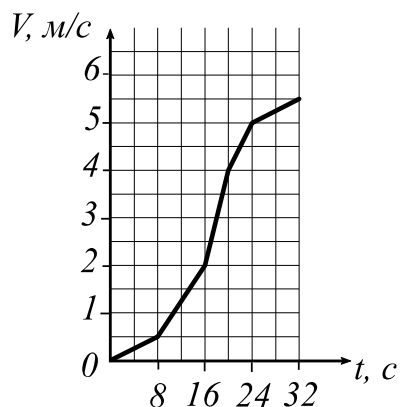
**4.1.** Велосипедист разгоняется со старта до максимальной скорости  $V_M = 10$  м/с и далее движется равномерно. Зависимость скорости от времени в течение первых 32 секунд представлена на графике (см. рис.). На завершающем участке разгона, который начинается в момент времени  $T = 24$  с, скорость равномерно увеличивается со временем на  $0,5$  м/с за каждые 8 секунд. Велосипедист движется по прямой.

1) Найдите среднюю скорость  $\langle V \rangle$  за время от старта до  $T = 24$  с.

2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта будет находиться велосипедист в тот момент, когда его скорость станет максимальной?

3) За какое время  $\tilde{T}$  после старта велосипедист проедет  $\tilde{S} = 1000$  м?

Указание: путь, пройденный велосипедистом за время от  $t_1$  до  $t_2$ , равен площади под графиком зависимости  $V(t)$  за этот промежуток времени.



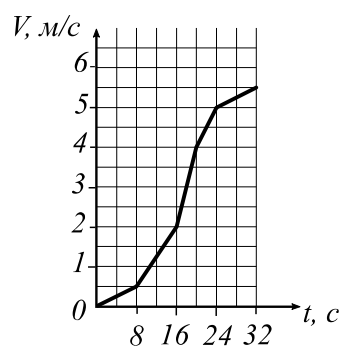
**4.2.** Велосипедист разгоняется со старта до максимальной скорости  $V_M = 10$  м/с и далее движется равномерно. Зависимость скорости от времени в течение первых 32 секунд представлена на графике (см. рис.). На завершающем участке разгона, который начинается в момент времени  $T = 24$  с, скорость равномерно увеличивается со временем на  $0,5$  м/с за каждые 8 секунд. Велосипедист движется по прямой.

1) Найдите среднюю скорость  $\langle V \rangle$  за время от старта до  $T = 24$  с.

2) Через какое время  $\tilde{T}$  после старта скорость велосипедиста станет максимальной?

3) На каком расстоянии  $\tilde{S}$  от точки старта будет находиться велосипедист через  $\tau = 150$  с после старта?

Указание: путь, пройденный велосипедистом за время от  $t_1$  до  $t_2$ , равен площади под графиком зависимости  $V(t)$  за этот промежуток времени.



# Выездная физико-математическая олимпиада МФТИ. Январь – февраль 2021г.

## Условия. 9 класс. Физика

**1.1.** Футболист на тренировке наносит удары по мячу и сообщает мячу одинаковые по величине и направлению скорости. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете,  $H = 20$  м.

1) Найдите продолжительность  $T$  полета мяча.

2) Если мяч направить к вертикальной стенке, то через  $\tau = 1$  с после абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на поле. На какой высоте  $h$  мяч соударяется со стенкой?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Траектория мяча лежит в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

**1.2.** Футболист на тренировке наносит удары по мячу и сообщает мячу одинаковые по величине и направлению скорости. Продолжительность полета мяча  $T = 3$  с.

1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.

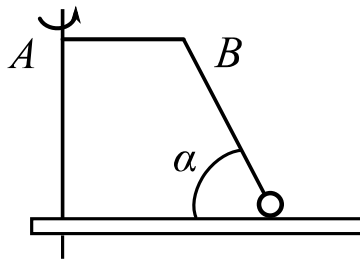
2) Если мяч направить к вертикальной стенке, то через  $\tau = 2$  с после абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на поле. На какой высоте  $h$  мяч соударяется со стенкой?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Траектория мяча лежит в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

**2.** Горизонтальная платформа вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega$  (см. рис.). На платформе лежит, вращаясь вместе с платформой, маленький шарик массой  $m$ . Шарик привязан нитью к горизонтальной штанге АВ, прикрепленной к оси. Длина штанги  $l$ , длина нити  $2l$ , нить образует угол  $\alpha = 60^\circ$  с горизонтом. Трение между платформой и шариком пренебрежимо мало.

1) Найти силу натяжения нити.

2) При каких угловых скоростях шарик не будет отрываться от платформы?

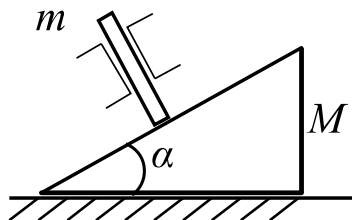


**3.1.** На клин массы  $M = 4,5$  кг (см. рис.) опирается стержень массы  $m = 1$  кг, который, благодаря направляющему устройству, может перемещаться только в направлении перпендикулярном наклонной плоскости клина, образующей угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтом. Клин установлен на горизонтальном столе. Трения в системе нет.

1) Какую по величине  $F$  горизонтальную силу следует приложить к клину, чтобы удерживать систему в покое?

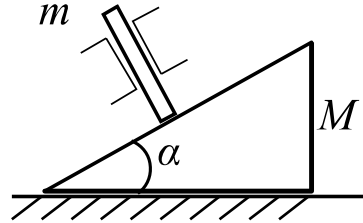
2) Силу  $F$  снимают. С каким по величине  $a_1$  ускорением будет двигаться клин?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



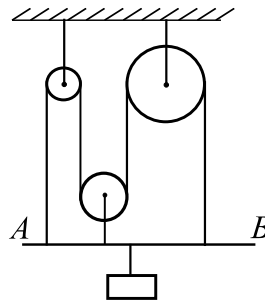
**3.2.** На клин массы  $M = 2$  кг (см. рис.) опирается стержень массы  $m = 1$  кг, который, благодаря направляющему устройству, может перемещаться только в направлении перпендикулярном наклонной плоскости клина, образующей угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтом. Клин установлен на горизонтальном столе. Трения в системе нет. Горизонтальной силой, приложенной к клину, систему удерживают в покое.

- 1) С какой по величине  $P$  силой клин действует на стол?
  - 2) Горизонтальную силу снимают. С каким по величине  $a$  ускорением будет двигаться стержень?
- Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



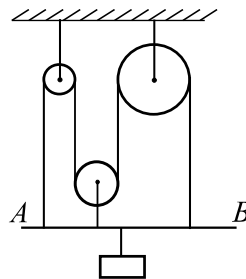
**4.1.** Система из невесомых блоков, невесомого горизонтального стержня АВ и груза массой  $m$  находится в равновесии (см. рис.). Радиусы блоков  $r$ ,  $2r$  и  $3r$ . Участки легкой нити, не соприкасающиеся с блоками, вертикальны. Трением в осях блоков пренебречь.

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) На каком расстоянии  $x$  от места крепления правого конца нити подвешен груз?



**4.2.** Система из невесомых блоков, невесомого горизонтального стержня АВ и груза массой  $m$  находится в равновесии (см. рис.). Радиусы блоков  $r$ ,  $2r$  и  $4r$ . Участки легкой нити, не соприкасающиеся с блоками, вертикальны. Трением в осях блоков пренебречь.

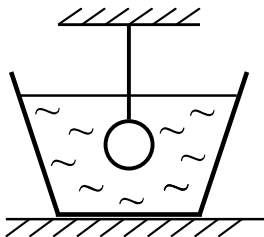
- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) На каком расстоянии  $x$  от места крепления правого конца нити подвешен груз?



**5.** На горизонтальном столе стоит сосуд массой  $m = 2$  кг (см. рис.). В сосуд налита вода массой  $M = 5$  кг. Подвешенный на легкой нити шар полностью погружен в воду. Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Плотность шара  $8\rho$ , объем шара  $V = 1 \text{ дм}^3$ .

- 1) Найти силу натяжения нити.
- 2) Найти силу давления сосуда на стол.

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



**6.1.** В Вашем распоряжении четыре резистора, сопротивления которых: 2 Ом, 3 Ом, 4 Ом и 5 Ом.

- 1) Как следует соединить имеющиеся резисторы для получения эквивалентного сопротивления, численно (в омах) максимально близкого к  $\pi \approx 3,14159$ ? Ответ подкрепите схемой соединения и расчетом.
- 2) На сколько процентов полученное Вами численное значение эквивалентного сопротивления отличается от приближенного значения  $\pi \approx 3,14159$ ?

**6.2.** В Вашем распоряжении четыре одинаковых резистора сопротивлением 8 Ом каждый.

- 1) Как следует соединить имеющиеся резисторы для получения эквивалентного сопротивления, численно (в омах) максимально близкого к «золотому сечению» – числу  $\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1,61803\dots$ ? Ответ подкрепите схемой соединения и расчетом.
- 2) На сколько процентов полученное Вами численное значение эквивалентного сопротивления отличается от приближенного значения  $\Phi = 1,618\dots$ ?

**Выездная физико-математическая олимпиада МФТИ. Январь – февраль 2021г.**  
**Условия. 10 класс. Физика**

**1.1.** Трамвай, двигаясь прямолинейно, тормозит с постоянным ускорением и останавливается. Тормозной путь  $S=25$  м, время торможения  $t=5$  с.

- 1) Найти начальную скорость трамвая.
- 2) Найти скорость  $V_1$  трамвая на расстоянии  $S_1=16$  м от места остановки.

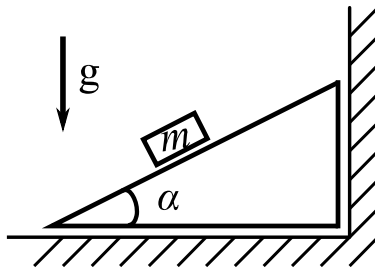
**1.2.** Автобус, двигаясь прямолинейно, тормозит с постоянным ускорением и останавливается. Тормозной путь  $S=36$  м, время торможения  $t=6$  с.

- 1) Найти начальную скорость автобуса.
- 2) За какое время  $t_1$  автобус пройдет последние  $S_1=9$  м?

**2.** Клин находится на горизонтальной поверхности гладкого стола и упирается в гладкую вертикальную стенку (см. рис.). На гладкую поверхность клина, наклоненную под углом  $\alpha$  ( $\cos \alpha = \frac{3}{4}$ ) к горизонту,

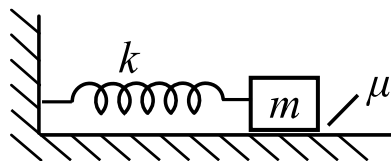
положили брусок и отпустили. Масса бруска  $m$ , масса клина  $3m$ .

- 1) Найти силу, с которой брусок действует на клин.
- 2) Найти силу, с которой клин действует на стол.



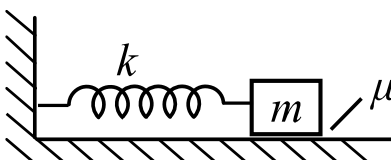
**3.1.** Один конец пружины прикреплен к вертикальной стенке, к другому концу пружины прикреплен груз массы  $m = 1$  кг. Система находится на шероховатой горизонтальной плоскости. Коэффициент трения скольжения груза по плоскости  $\mu = 0,4$ . Если груз сместить из положения, в котором упругая сила пружины нулевая, на любое расстояние большее  $A = 0,2$  м и отпустить с нулевой начальной скоростью, груз движется по прямой, останавливается и продолжает движение.

- 1) Найдите коэффициент  $k$  жесткости пружины.
  - 2) Найдите максимальную скорость  $V_M$  груза при начальном удлинении пружины равном  $A$ .
- Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**3.2.** Один конец пружины прикреплен к вертикальной стенке, к другому концу пружины прикреплен груз массы  $m = 5$  кг. Система находится на шероховатой горизонтальной плоскости. Коэффициент жесткости пружины  $k = 100$  Н/м. Если груз сместить из положения, в котором упругая сила пружины нулевая, на любое расстояние большее  $A = 0,3$  м и отпустить с нулевой начальной скоростью, груз движется по прямой, останавливается и продолжает движение.

- 1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения груза по плоскости.
  - 2) Найдите наибольшую кинетическую  $K_{MAX}$  груза энергию при начальном удлинении пружины равном  $A$ .
- Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**4.1.** Тепловая машина работает по прямому циклу, состоящему из изобары 1-2, адиабаты 2-3, изобары 3-4 и адиабаты 4-1. Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. Работа газа при изобарическом расширении равна  $A$ , работа над газом при изобарическом сжатии равна  $A/3$ .

- 1) Какое количество теплоты получил газ при изобарическом расширении?
- 2) Найти КПД тепловой машины.

**4.2.** Тепловая машина работает по прямому циклу, состоящему из изобары 1-2, адиабаты 2-3, изобары 3-4 и адиабаты 4-1. Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. Работа газа при изобарическом расширении равна  $A$ , в процессе изобарического сжатия от газа отвели количество теплоты  $15A/8$ .

- 1) Какое количество теплоты получил газ при изобарическом расширении?
- 2) Найти КПД тепловой машины.

**5.** В цилиндре под поршнем находится воздух с относительной влажностью  $\varphi_1 = 70\%$  при температуре  $t_1 = 7^\circ\text{C}$ . Воздух сжали, уменьшив объем в 4 раза, а температуру увеличили до  $100^\circ\text{C}$ .

- 1) Во сколько раз увеличилась плотность водяного пара?
- 2) Найти новую относительную влажность воздуха.

Пар считать идеальным газом. Давление насыщенного водяного пара при  $7^\circ\text{C}$  равно  $P_{1H} = 1$  кПа.

**6.** К батарее подключено переменное сопротивление. При уменьшении сопротивления от  $R = 16$  Ом до  $0,5R = 8$  Ом напряжение на зажимах батареи уменьшается от  $U_1 = 10$  В до  $U_2 = 7$  В.

- 1) Найдите внутреннее сопротивление  $r$  и электродвижущую силу  $E$  батареи.
- 2) Найдите максимальную мощность  $P_{MAX}$ , которая рассеивается на внешнем сопротивлении в этом опыте.



# Выездная физико-математическая олимпиада МФТИ. Январь – февраль 2021г.

## Условия. 11 класс. Физика

1. Автомобиль разгоняется из неподвижного состояния с постоянным ускорением, двигаясь по прямой. За  $t=10$  с он прошел путь  $S=100$  м.

1) Найти ускорение автомобиля. 2) Найти скорость автомобиля на расстоянии  $S_1=49$  м от места старта.

2.1. По горизонтальной поверхности стола движется брусок и сталкивается с неподвижным бруском. Скорость движущегося бруска перед ударом  $V_0$ , его масса в 4 раза меньше массы неподвижного бруска. Все скорости направлены вдоль одной прямой. Коэффициент трения брусков по столу  $\mu$ .

1) Найти скорость двигавшегося бруска сразу после столкновения.

2) На каком расстоянии окажутся остановившиеся бруски после столкновения.

2.2. По горизонтальной поверхности стола движется брусок и сталкивается с неподвижным бруском. Скорость движущегося бруска перед ударом  $V_0$ , его масса в 5 раз меньше массы неподвижного бруска. Все скорости направлены вдоль одной прямой. Коэффициент трения брусков по столу  $\mu$ .

1) Найти скорость покоившегося бруска сразу после столкновения.

2) На каком расстоянии окажутся остановившиеся бруски после столкновения.

3.1. С одноатомным идеальным газом проводят циклический процесс, состоящий из изобары, изохоры и адиабаты. В изобарическом процессе объем газа увеличивается в  $n=8$  раз.

1) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

2) Найдите максимальный возможный КПД  $\eta_{MAX}$  такого цикла при неограниченном росте  $n$ .

Указание: в адиабатическом процессе с одноатомным идеальным газом абсолютная температура и объем связаны соотношением  $T \cdot V^{\frac{5}{3}} = const$ .

3.2. С одноатомным идеальным газом в количестве  $\nu=1$  моль проводят цикл, состоящий из трех процессов: расширения, в котором плотность и абсолютная температура связаны обратно пропорциональной зависимостью  $\rho = \frac{\alpha}{T}$ , изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В процессе расширения плотность

газа уменьшается в  $n=5,2$  раза. В начальном состоянии температура газа  $T_0=300$  К.

1) Найдите работу  $A$  газа за цикл.

2) Найдите максимальный возможный КПД  $\eta_{MAX}$  такого цикла при неограниченном росте  $n$ .

Указание: в адиабатическом процессе с одноатомным идеальным газом абсолютная температура и плотность связаны соотношением  $T = const \cdot \rho^{\frac{5}{3}}$ .

4. В цилиндре под поршнем находится воздух с относительной влажностью  $\varphi_1=96\%$  при температуре  $t_1=14^\circ\text{C}$ . Воздух сжали, уменьшив объем в 3 раза, а температуру увеличили до  $100^\circ\text{C}$ .

1) Во сколько раз увеличилась плотность водяного пара?

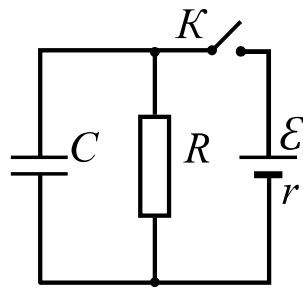
2) Найти новую относительную влажность воздуха.

Пар считать идеальным газом. Давление насыщенного водяного пара при  $14^\circ\text{C}$  равно  $P_{1H}=1,6$  кПа.

5. В цепи, схема которой показана рисунке, все параметры известны, в начальный момент конденсатор не заряжен. Ключ замыкают, а в тот момент, когда скорость роста энергии, запасенной в конденсаторе, становится равной мощности тепловыделения на сопротивлении  $R$ , ключ размыкают.

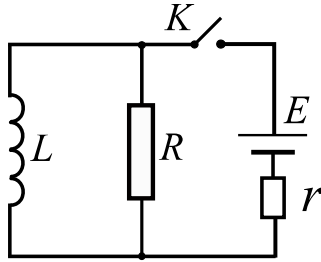
1) Какую мощность  $P$  развивают сторонние силы в источнике перед размыканием ключа?

2) Какое количество  $Q$  теплоты выделится в цепи, если ключ разомкнуть в тот момент, когда скорость роста энергии конденсатора, становится наибольшей?



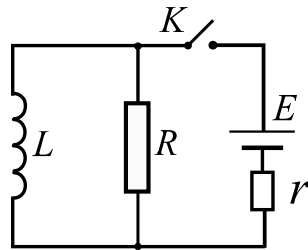
**6.1.** Параметры элементов цепи указаны на схеме (см. рис.). Ключ замыкают.

- 1) Найти ток через резистор  $R$  сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивности в момент, когда ток через  $R$  станет в 2 раза меньше тока через источник.



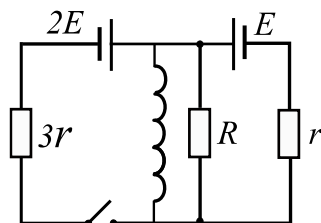
**6.2.** Параметры элементов цепи указаны на схеме (см. рис.). Ключ замыкают.

- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивности в момент, когда ток через  $R$  станет в 3 раза меньше тока через источник.



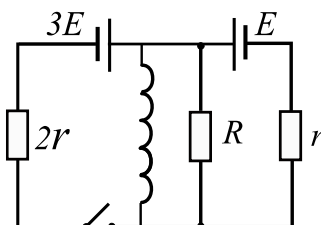
**7.1.** В цепи, схема которой показана рисунке, ключ разомкнут, режим в цепи установился. Параметры элементов цепи указаны на схеме.

- 1) Найти ток через катушку индуктивности в установившемся режиме до замыкания ключа.
- 2) Найти ток через резистор  $R$  сразу после замыкания ключа.



**7.2.** В цепи, схема которой показана рисунке, ключ разомкнут, режим в цепи установился. Параметры элементов цепи указаны на схеме.

- 1) Найти ток через источник  $E$  в установившемся режиме до замыкания ключа.
- 2) Найти ток через резистор  $R$  сразу после замыкания ключа.



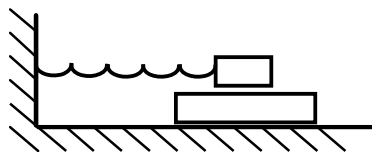
**8.1.** На гладкой горизонтальной поверхности стола находится доска. На доске лежит брусок, прикрепленный к стене упругой пружиной (см. рис.). Масса бруска в 8 раз больше массы доски. Система совершает колебания вдоль горизонтальной прямой с амплитудой  $A = 0,1$  м и максимальной скоростью  $V_M = 1,6$  м/с.

Брусок при колебаниях не проскальзывает по доске.

1) Найти максимальное значение ускорения бруска.

2) При каких значениях коэффициента трения между доской и бруском такие колебания возможны?

Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**8.2.** На гладкой горизонтальной поверхности стола находится доска. На доске лежит брусок, прикрепленный к стене упругой пружиной (см. рис.). Масса бруска в 10 раз больше массы доски. Система совершает колебания вдоль горизонтальной прямой с амплитудой  $A = 0,2$  м и максимальной скоростью  $V_M = 2$  м/с.

Брусок при колебаниях не проскальзывает по доске.

1) Найти период колебаний системы.

2) При каких значениях коэффициента трения между доской и бруском такие колебания возможны?

Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

