

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

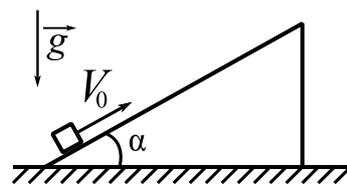
Класс 11

Билет 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол α такой, что $\cos \alpha = 0,6$. Если шайбе, находящейся у основания клина, сообщить начальную скорость V_0 вдоль поверхности клина (см. рис.), то к моменту достижения шайбой высшей точки траектории скорость шайбы уменьшается в $n = 5$ раз. В процессе движения шайба безотрывно скользит по клину, а клин по столу. Ускорение свободного падения g . Известными считать V_0, n и α .

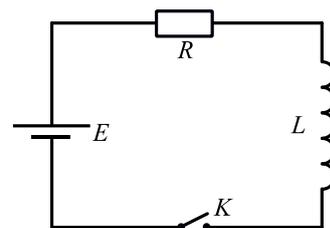


- 1) Найдите отношение m/M массы шайбы к массе клина.
- 2) На какую максимальную высоту H , отсчитанную от точки старта, поднимается шайба в процессе движения по клину?
- 3) Через какое время T после старта шайба поднимается на максимальную высоту?

2. Подвижный поршень делит объем горизонтально расположенного сосуда на два отсека с общим объемом $V = 150$ л. В первый отсек ввели $\nu_1 = 1$ моль воды, а во второй ввели $\nu_2 = 2$ моль азота. Можно считать, что объем введенной воды намного меньше V . В отсеках установилась температура $T_1 = 275$ К. Сосуд вместе с содержимым прогревают до температуры $T_2 = 373$ К. Давление насыщенного пара воды при температуре $T_1 = 275$ К равно $P_H = 705$ Па. Плотность воды $\rho = 1$ г/см³.

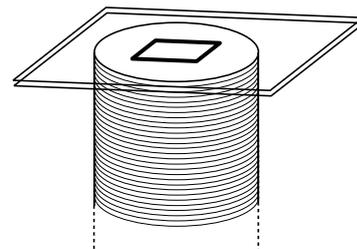
- 1) Найти давление P_1 в сосуде до прогрева.
- 2) Найти объем V_1 первого отсека до прогрева.
- 3) Найти давление P_2 в сосуде после прогрева.

3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, их параметры указаны. Ключ K замыкают.



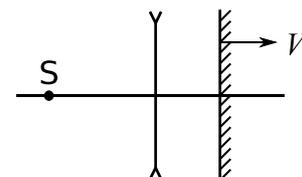
- 1) Найти напряжение на катушке индуктивности сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальную скорость изменения энергии N_m в катушке индуктивности.
- 3) Найти скорость изменения тока в цепи в момент, когда скорость изменения энергии в катушке равна $24/49$ от максимальной скорости N_m .

4. По длинному соленоиду пропускается переменный ток, изменяющийся по гармоническому закону с циклической частотой ω . В результате вдали от торцов соленоида возникает однородное магнитное поле с максимальной индукцией B_0 . В плоскости торца соленоида между двумя закрепленными тонкими гладкими стеклянными пластинами помещена прямоугольная жесткая рамка из проволоки со сторонами a и $2a$ (см. рис.). Зазор между пластинами незначительно больше диаметра проволоки. Сопrotивление единицы длины проволоки ρ . Индуктивность рамки не учитывать. Размеры рамки сравнимы с диаметром соленоида.



- 1) Найти максимальный ток в рамке.
- 2) Найти максимальную силу натяжения длинной стороны рамки.

5. На главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = -30$ см находится муравей S на расстоянии $d_1 = 45$ см от линзы (см. рис.). По другую сторону линзы находится плоское зеркало, перемещающееся вдоль главной оптической оси линзы со скоростью $V = 6$ мм/с. В некоторый момент времени t_0 зеркало было на расстоянии $L = 6$ см от линзы.



- 1) На каком расстоянии от линзы получится изображение муравья при отсутствии зеркала?
- 2) На каком расстоянии от линзы получится изображение муравья в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?
- 3) С какой скоростью движется изображение муравья в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

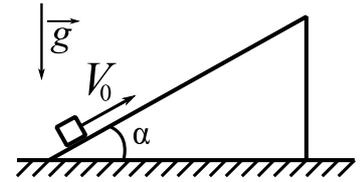
Класс 11

Билет 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = \pi/3$. Если шайбе, находящейся у основания клина, сообщить некоторую начальную скорость V_0 вдоль поверхности клина (см. рис.), то шайба поднимается на максимальную высоту H , отсчитанную от точки старта. К этому моменту скорость шайбы уменьшается в $n=4$ раза. В процессе движения шайба безотрывно скользит по клину, а клин по столу. Ускорение свободного падения g . Известными считать α , n и H .



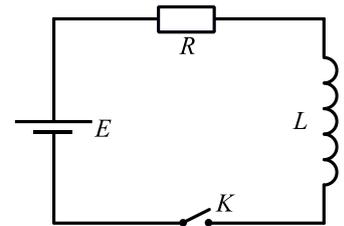
- 1) Найдите отношение M/m массы клина к массе шайбы.
- 2) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.
- 3) Через какое время T после старта шайба поднимается на максимальную высоту?

2. Подвижный поршень делит объем горизонтально расположенного сосуда на два отсека с общим объемом $V = 90$ л. В первом отсеке при температуре $T_1 = 373$ К находится $\nu_1 = 0,5$ моль водяного пара, во втором при той же температуре $\nu_2 = 1,5$ моль азота. Сосуд вместе с содержимым охлаждают до температуры $T_2 = 280$ К. Давление насыщенного пара воды при температуре $T_2 = 280$ К равно $P_H = 997$ Па. Плотность воды $\rho = 1$ г/см³. Объем воды, которая может образоваться из пара, намного меньше объема пара.

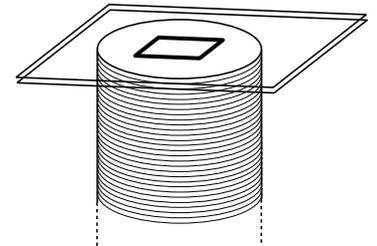
- 1) Найти давление P_1 в сосуде до охлаждения.
- 2) Найти давление P_2 в сосуде после охлаждения.
- 3) Найти объем V_1 первого отсека после охлаждения.

3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, их параметры указаны. Ключ K замыкают.

- 1) Найти напряжение на катушке индуктивности сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальную мощность P_m , потребляемую катушкой индуктивности.
- 3) Найти скорость изменения тока в цепи в момент, когда потребляемая катушкой мощность равна $7/16$ от максимальной мощности P_m .

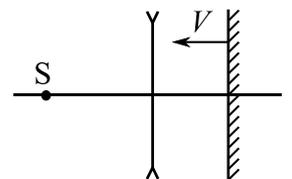


4. По длинному соленоиду пропускается переменный ток, изменяющийся по гармоническому закону с циклической частотой ω . В результате вдали от торцов соленоида возникает однородное магнитное поле с максимальной индукцией B_0 . В плоскости торца соленоида между двумя закрепленными тонкими гладкими стеклянными пластинами помещена прямоугольная жесткая рамка из проволоки со сторонами a и $4a$ (см. рис.). Зазор между пластинами незначительно больше диаметра проволоки. Сопротивление единицы длины проволоки ρ . Индуктивность рамки не учитывать. Размеры рамки сравнимы с диаметром соленоида.



- 1) Найти максимальный ток в рамке.
- 2) Найти максимальную силу сжатия короткой стороны рамки.

5. На главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = -48$ см находится гайка S на расстоянии $d_1 = 80$ см от линзы (см. рис.). По другую сторону линзы находится плоское зеркало, перемещающееся вдоль главной оптической оси линзы со скоростью $V = 4$ мм/с. В некоторый момент времени t_0 зеркало было на расстоянии $L = 9$ см от линзы.



- 1) На каком расстоянии от линзы получится изображение гайки при отсутствии зеркала?
- 2) На каком расстоянии от линзы получится изображение гайки в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?
- 3) С какой скоростью движется изображение гайки в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

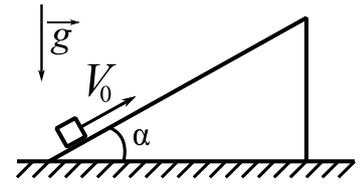
Класс 11

Билет 11-03

Шифр

(заполняется секретарём)

1. На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом некоторый угол α . Если шайбе, находящейся у основания клина, сообщить начальную скорость V_0 вдоль поверхности клина (см. рис.), то к моменту достижения шайбой высшей точки траектории скорость шайбы уменьшается в $n = 5$ раз. Отношение массы шайбы к массе клина $m/M = 1/3$. В процессе движения шайба безотрывно скользит по клину, а клин по столу. Ускорение свободного падения g . Известными считать V_0 , n и m/M .



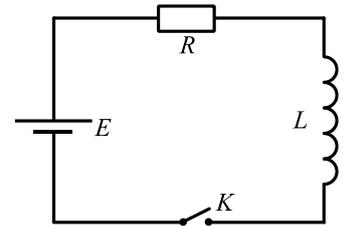
- 1) Найдите угол α .
- 2) На какое максимальное расстояние S в системе отсчета, связанной с клином, удаляется шайба от точки старта?
- 3) Через какое время T после старта шайба оказывается на этом максимальном расстоянии от точки старта?

2. Подвижный поршень делит объем горизонтально расположенного сосуда на два отсека с общим объемом $V = 110$ л. В первый отсек ввели $\nu_1 = 0,6$ моль воды, а во второй ввели $\nu_2 = 10/3$ моль гелия. Можно считать, что объем введенной воды намного меньше V . В отсеках установилась температура $T_1 = 287$ К. Сосуд вместе с содержимым прогревают до температуры $T_2 = 373$ К. В результате часть воды превращается в пар. Давление насыщенного пара воды при температуре $T_1 = 287$ К равно $P_H = 1600$ Па. Плотность воды $\rho = 1$ г/см³.

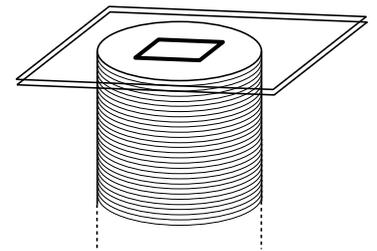
- 1) Найти давление P_1 в сосуде до прогрева.
- 2) Найти объем V_1 первого отсека до прогрева.
- 3) Найти объем V_2 первого отсека после прогрева.

3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, их параметры указаны. Ключ K замыкают.

- 1) Найти напряжение на катушке индуктивности сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальную скорость изменения энергии N_m в катушке индуктивности.
- 3) Найти скорость изменения тока в цепи в момент, когда скорость изменения энергии в катушке равна $32/81$ от максимальной скорости N_m .

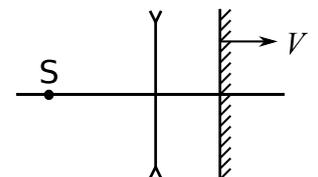


4. По длинному соленоиду пропускается переменный ток, изменяющийся по гармоническому закону с циклической частотой ω . В результате вдали от торцов соленоида возникает однородное магнитное поле с максимальной индукцией B_0 . В плоскости торца соленоида между двумя закрепленными тонкими гладкими стеклянными пластинами помещена прямоугольная жесткая рамка из проволоки со сторонами a и $3a$ (см. рис.). Зазор между пластинами незначительно больше диаметра проволоки. Сопротивление единицы длины проволоки ρ . Индуктивность рамки не учитывать. Размеры рамки сравнимы с диаметром соленоида.



- 1) Найти максимальный ток в рамке.
- 2) Найти максимальную силу натяжения длинной стороны рамки.

5. На главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = -42$ см находится жук S на расстоянии $d_1 = 56$ см от линзы (см. рис.). По другую сторону линзы находится плоское зеркало, перемещающееся вдоль главной оптической оси линзы со скоростью $V = 2$ мм/с. В некоторый момент времени t_0 зеркало было на расстоянии $L = 9$ см от линзы.



- 1) На каком расстоянии от линзы получится изображение жука при отсутствии зеркала?
- 2) На каком расстоянии от линзы получится изображение жука в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?
- 3) С какой скоростью движется изображение жука в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

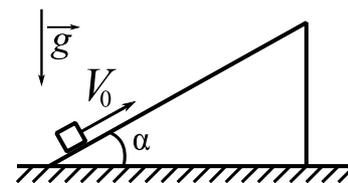
Класс 11

Билет 11-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол α такой, что $\cos \alpha = 0,8$. Если шайбе, находящейся у основания клина, сообщить некоторую начальную скорость V_0 вдоль поверхности клина (см. рис.), то в системе отсчета, связанной с клином, шайба удаляется от точки старта на максимальное расстояние S . К этому моменту скорость шайбы уменьшается в $n=5$ раз. В процессе движения шайба безотрывно скользит по клину, а клин по столу. Ускорение свободного падения g . Известными считать α , n и S .



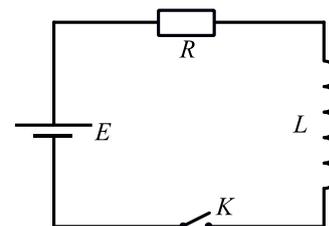
- 1) Найдите отношение m/M массы шайбы к массе клина.
- 2) Найдите начальную скорость V_0 шайбы.
- 3) Через какое время T после старта шайба оказывается на максимальном расстоянии S от точки старта?

2. Подвижный поршень делит объем горизонтально расположенного сосуда на два отсека с общим объемом $V = 100$ л. В первом отсеке при температуре $T_1 = 373$ К находятся вода и водяной пар, общее количество смеси $\nu_1 = 0,5$ моль. Во втором отсеке при той же температуре находится $\nu_2=3$ моль гелия. Сосуд вместе с содержимым охлаждают до температуры $T_2 = 274$ К. Давление насыщенного пара воды при температуре $T_2 = 274$ К равно $P_H = 650$ Па. Плотность воды $\rho = 1$ г/см³. Объем воды, которая может образоваться из пара, намного меньше объема пара.

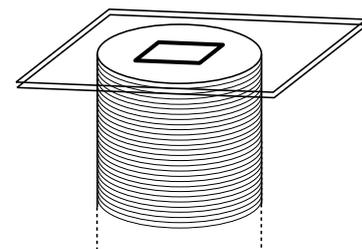
- 1) Найти давление P_1 в сосуде до охлаждения.
- 2) Найти давление P_2 в сосуде после охлаждения.
- 3) Найти объем V_1 первого отсека после охлаждения.

3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, их параметры указаны. Ключ K замыкают.

- 1) Найти напряжение на катушке индуктивности сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальную мощность P_m , потребляемую катушкой индуктивности.
- 3) Найти скорость изменения тока в цепи в момент, когда потребляемая катушкой мощность равна $40/49$ от максимальной мощности P_m .

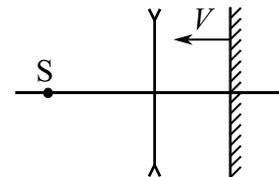


4. По длинному соленоиду пропускается переменный ток, изменяющийся по гармоническому закону с циклической частотой ω . В результате вдали от торцов соленоида возникает однородное магнитное поле с максимальной индукцией B_0 . В плоскости торца соленоида между двумя закрепленными тонкими гладкими стеклянными пластинами помещена прямоугольная жесткая рамка из проволоки со сторонами a и $5a$ (см. рис.). Зазор между пластинами незначительно больше диаметра проволоки. Сопротивление единицы длины проволоки ρ . Индуктивность рамки не учитывать. Размеры рамки сравнимы с диаметром соленоида.



- 1) Найти максимальный ток в рамке.
- 2) Найти максимальную силу сжатия короткой стороны рамки.

5. На главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = -24$ см находится песчинка S на расстоянии $d_1 = 48$ см от линзы (см. рис.). По другую сторону линзы находится плоское зеркало, перемещающееся вдоль главной оптической оси линзы со скоростью $V = 5$ мм/с. В некоторый момент времени t_0 зеркало было на расстоянии $L = 4$ см от линзы.



- 1) На каком расстоянии от линзы получится изображение песчинки при отсутствии зеркала?
- 2) На каком расстоянии от линзы получится изображение песчинки в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?
- 3) С какой скоростью движется изображение песчинки в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

Класс 11

Билет 11-05

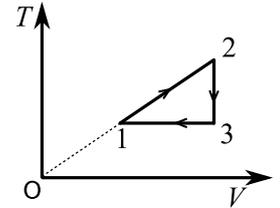
Шифр

(заполняется секретарём)

1. Самолёт совершает перелёт дальностью $L = 2000$ км на высоте $h \approx 10$ км. Его скорость изменяется так, что отношение подъёмной силы к силе сопротивления воздуха (аэродинамическое качество самолёта) остаётся постоянным и равным $K = 20$ почти всё время полёта. КПД двигателя $\eta = 40\%$, удельная теплота сгорания топлива $q = 50$ МДж/кг. Масса израсходованного топлива значительно меньше общей массы самолёта. Влиянием ветра пренебречь.

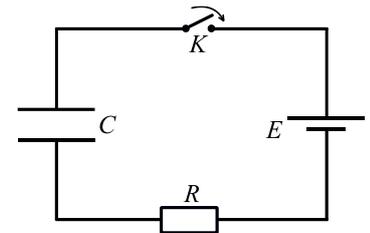
- 1) Найти отношение x силы тяги (развиваемой двигателем) к силе тяжести, действующей на самолет.
- 2) Определите долю α массы израсходованного топлива от массы самолёта.

2. На диаграмме зависимости температуры T газа от объема V для гелия в количестве $\nu = 1$ моль показано, что сначала газ переводится из состояния с температурой $T_1 = 100$ К в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости температуры от объема, при этом объем газа увеличивается в 2 раза. Затем газ охлаждается до температуры $T_3 = T_1$ в изохорическом процессе 2-3. Далее в изотермическом процессе 3-1 газ переходит в начальное состояние, при этом внешнее давление совершает над газом работу $A_{31} = 576$ Дж.



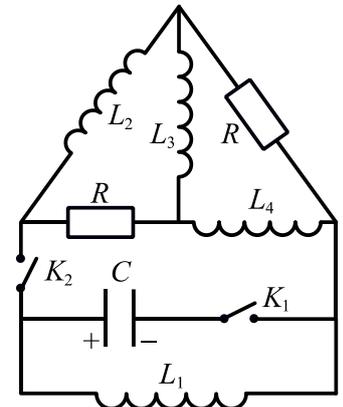
- 1) Найти максимальную температуру газа в этом цикле.
- 2) Найти работу, совершенную газом в процессе 1-2.
- 3) Найти КПД цикла.

3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, их параметры указаны, конденсатор не заряжен. Ключ K замыкают.



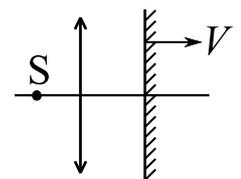
- 1) Какой максимальный ток будет течь через резистор после замыкания ключа?
- 2) Найти максимальную скорость изменения энергии N_m конденсатора.
- 3) Найти напряжение на конденсаторе в момент, когда скорость изменения энергии конденсатора равна $5/9$ от максимальной скорости N_m .

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны, причем $L_1 = L$, $L_2 = 2L$, $L_3 = 3L$, $L_4 = 4L$. Конденсатор емкостью C заряжен до напряжения U_0 , ключи разомкнуты, режим в цепи установился. Ключ K_1 замыкают. Когда напряжение на конденсаторе C уменьшается в 3 раза, замыкают ключ K_2 .



- 1) Найти ток I_0 через L_1 непосредственно перед замыканием ключа K_2 .
- 2) Найти напряжение на конденсаторе C в установившемся режиме после замыкания ключа K_2 .
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа K_2 ?

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 16$ см находится муха S на расстоянии $d_1 = 24$ см от линзы (см. рис.). По другую сторону линзы находится плоское зеркало, перемещающееся вдоль главной оптической оси линзы со скоростью $V = 1$ мм/с. В некоторый момент времени t_0 зеркало было на расстоянии $L = 36$ см от линзы.



- 1) На каком расстоянии от линзы получится изображение мухи при отсутствии зеркала?
- 2) На каком расстоянии от линзы получится изображение мухи в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?
- 3) С какой скоростью движется изображение мухи в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?

Олимпиада «Физтех» по физике 2019

Класс 11

Билет 11-06

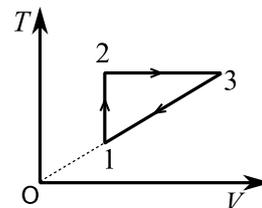
Шифр

(заполняется секретарём)

1. Самолёт совершает перелёт дальностью $L = 1000$ км на высоте $h \approx 3$ км. Его скорость изменяется так, что отношение подъёмной силы к силе сопротивления воздуха (аэродинамическое качество самолёта) остаётся постоянным и равным $K = 40$ почти всё время полёта. Удельная теплота сгорания топлива $q = 50$ МДж/кг. Масса израсходованного топлива от общей массы самолёта составила $\alpha = 0,01$. Можно считать $\alpha \ll 1$. Влиянием ветра пренебречь.

- 1) Найти отношение x силы тяжести (действующей на самолет) к силе тяги, развиваемой двигателем.
- 2) Определите КПД двигателя η .

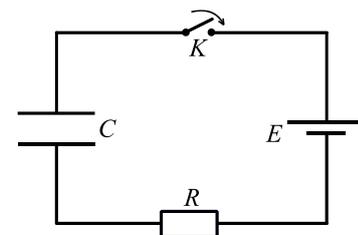
2. На диаграмме зависимости температуры газа T от объема V для гелия в количестве $\nu = 0,5$ моль показано, что сначала газ нагревается в изохорическом процессе 1-2 до температуры $T_2 = 300$ К. Затем газ увеличивает свой объем в 3 раза в изотермическом процессе 2-3, совершив при этом работу $A_{23} \approx 1370$ Дж. Наконец в процессе 3-1 прямо пропорциональной зависимости температуры от объема газ переходит в начальное состояние.



- 1) Найти минимальную температуру газа в цикле.
- 2) Найти работу A_{31} , совершенную над газом в процессе 3-1.
- 3) Найти КПД цикла.

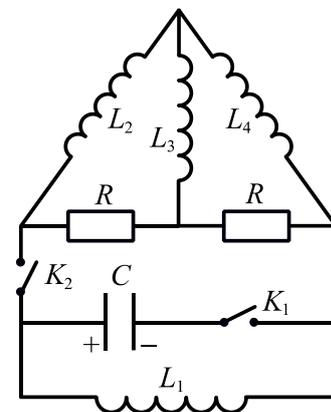
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, их параметры указаны, конденсатор не заряжен. Ключ K замыкают.

- 1) Какой максимальный ток будет течь через источник после замыкания ключа?
- 2) Найти максимальную мощность P_m , потребляемую конденсатором.
- 3) Найти напряжение на конденсаторе в момент, когда потребляемая конденсатором мощность равна $9/25$ от максимальной мощности P_m .

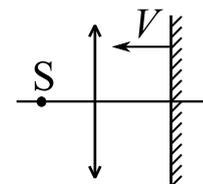


4. В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны, причем $L_1 = L$, $L_2 = 2L$, $L_3 = 4L$, $L_4 = L$. Конденсатор емкостью C заряжен до напряжения U_0 , ключи разомкнуты, режим в цепи установился. Ключ K_1 замыкают. Когда напряжение на конденсаторе C уменьшается в 4 раза, замыкают ключ K_2 .

- 1) Найти ток I_0 через L_1 непосредственно перед замыканием ключа K_2 .
- 2) Найти напряжение на конденсаторе C в установившемся режиме после замыкания ключа K_2 .
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа K_2 ?



5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 12$ см находится бусинка S на расстоянии $d_1 = 16$ см от линзы (см. рис.). По другую сторону линзы находится плоское зеркало, перемещающееся вдоль главной оптической оси линзы со скоростью $V = 4$ мм/с. В некоторый момент времени t_0 зеркало было на расстоянии $L = 42$ см от линзы.

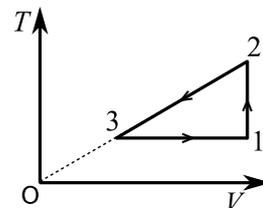


- 1) На каком расстоянии от линзы получится изображение бусинки при отсутствии зеркала?
- 2) На каком расстоянии от линзы получится изображение бусинки в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?
- 3) С какой скоростью движется изображение бусинки в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?

1. Самолёт совершает перелёт дальностью $L = 1500$ км на высоте $h \approx 8$ км. Его скорость изменяется так, что отношение подъёмной силы к силе сопротивления воздуха (аэродинамическое качество самолёта) остаётся постоянным и равным $K = 15$ почти всё время полёта. КПД двигателя $\eta = 50\%$, удельная теплота сгорания топлива $q = 50$ МДж/кг. Масса израсходованного топлива значительно меньше общей массы самолёта. Влиянием ветра пренебречь.

- 1) Найти отношение x силы тяги (развиваемой двигателем) к силе тяжести, действующей на самолет.
- 2) Определите долю α массы израсходованного топлива от массы самолёта.

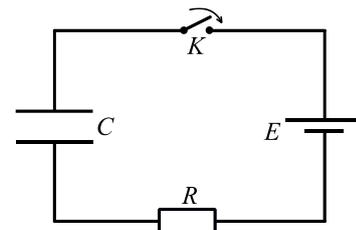
2. На диаграмме зависимости температуры T газа от объема V для гелия в количестве $\nu = 2$ моль показано, что сначала газ нагревается от температуры $T_1 = 50$ К в изохорическом процессе 1-2, затем газ охлаждается до температуры $T_3 = T_1$ в процессе 2-3 прямо пропорциональной зависимости температуры от объема. Наконец, в изотермическом процессе 3-1 газ переходит в начальное состояние, увеличивая свой объем в 3 раза и совершив при этом работу $A_{31} \approx 913$ Дж.



- 1) Найти максимальную температуру газа в цикле.
- 2) Найти работу A_{23} , совершенную над газом в процессе 2-3.
- 3) Найти отношение количества теплоты Q^+ , подведенной к газу в цикле, к количеству теплоты Q^- , отведенной от газа в цикле ($Q^- > 0$).

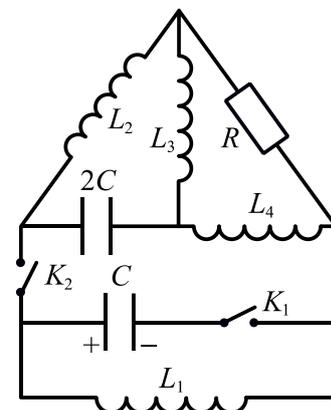
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, их параметры указаны, конденсатор не заряжен. Ключ K замыкают.

- 1) Какой максимальный ток будет течь через резистор после замыкания ключа?
- 2) Найти максимальную скорость изменения энергии N_m конденсатора.
- 3) Найти напряжение на конденсаторе в момент, когда скорость изменения энергии конденсатора равна $11/36$ от максимальной скорости N_m .



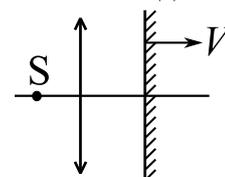
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны, причем $L_1 = L$, $L_2 = 3L$, $L_3 = 4L$, $L_4 = 2L$. Конденсатор емкостью C заряжен до напряжения U_0 , ключи разомкнуты, режим в цепи установился. Ключ K_1 замыкают. Когда напряжение на конденсаторе C уменьшается в 2 раза, замыкают ключ K_2 .

- 1) Найти ток I_0 через L_1 непосредственно перед замыканием ключа K_2 .
- 2) Найти напряжение на конденсаторе C в установившемся режиме после замыкания ключа K_2 .
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа K_2 ?



5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см находится комар S на расстоянии $d_1 = 25$ см от линзы (см. рис.). По другую сторону линзы находится плоское зеркало, перемещающееся вдоль главной оптической оси линзы со скоростью $V = 2$ мм/с. В некоторый момент времени t_0 зеркало было на расстоянии $L = 65$ см от линзы.

- 1) На каком расстоянии от линзы получится изображение комара при отсутствии зеркала?
- 2) На каком расстоянии от линзы получится изображение комара в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?
- 3) С какой скоростью движется изображение комара в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?



Олимпиада «Физтех» по физике 2019

Класс 11

Билет 11-08

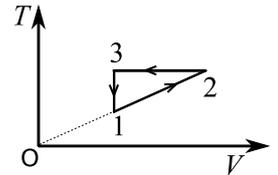
Шифр

(заполняется секретарём)

1. Самолёт совершает перелёт дальностью $L = 600$ км на высоте $h \approx 5$ км. Его скорость изменяется так, что отношение подъёмной силы к силе сопротивления воздуха (аэродинамическое качество самолёта) остаётся постоянным и равным $K = 30$ почти всё время полёта. Удельная теплота сгорания топлива $q = 50$ МДж/кг. Масса израсходованного топлива от общей массы самолёта составила $\alpha = 0,02$. Можно считать $\alpha \ll 1$. Влиянием ветра пренебречь.

- 1) Найти отношение x силы тяжести (действующей на самолет) к силе тяги, развиваемой двигателем.
- 2) Определите КПД двигателя η .

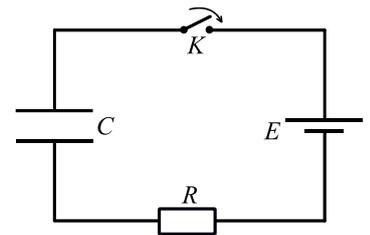
2. На диаграмме зависимости температуры газа T от объема V для гелия в количестве $\nu = 1,5$ моль показано, что сначала газ увеличивает свой объем в 2 раза, нагреваясь до температуры $T_2 = 100$ К в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости температуры от объема. Затем внешнее давление сжимает газ в изотермическом процессе 2-3, совершив над газом работу $A_{23} \approx 860$ Дж. Наконец, в изохорическом процессе 3-1 газ переходит в начальное состояние.



- 1) Найти минимальную температуру газа в цикле.
- 2) Найти работу A_{12} , совершенную газом в процессе 1-2.
- 3) Найти отношение количества теплоты Q^- , отведенной от газа в цикле ($Q^- > 0$), к количеству теплоты Q^+ , подведенной к газу в цикле.

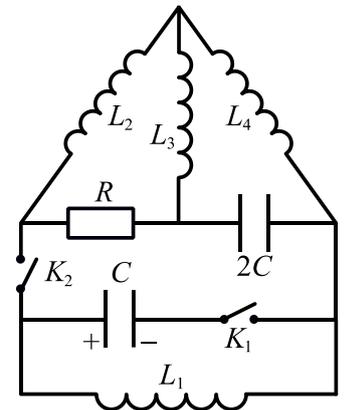
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, их параметры указаны, конденсатор не заряжен. Ключ K замыкают.

- 1) Какой максимальный ток будет течь через источник после замыкания ключа?
- 2) Найти максимальную мощность P_m , потребляемую конденсатором.
- 3) Найти напряжение на конденсаторе в момент, когда потребляемая конденсатором мощность равна $15/64$ от максимальной мощности P_m .

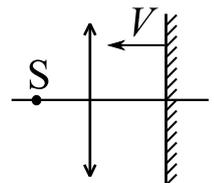


4. В цепи, схема которой показана на рисунке, все элементы идеальные, их параметры указаны, причем $L_1 = L$, $L_2 = L$, $L_3 = 5L$, $L_4 = 2L$. Конденсатор емкостью C заряжен до напряжения U_0 , ключи разомкнуты, режим в цепи установился. Ключ K_1 замыкают. Когда напряжение на конденсаторе C уменьшается в 5 раз, замыкают ключ K_2 .

- 1) Найти ток I_0 через L_1 непосредственно перед замыканием ключа K_2 .
- 2) Найти напряжение на конденсаторе C в установившемся режиме после замыкания ключа K_2 .
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа K_2 ?



5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 24$ см находится дробишка S на расстоянии $d_1 = 40$ см от линзы (см. рис.). По другую сторону линзы находится плоское зеркало, перемещающееся вдоль главной оптической оси линзы со скоростью $V = 6$ мм/с. В некоторый момент времени t_0 зеркало было на расстоянии $L = 66$ см от линзы.



- 1) На каком расстоянии от линзы получится изображение дробишки при отсутствии зеркала?
- 2) На каком расстоянии от линзы получится изображение дробишки в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?
- 3) С какой скоростью движется изображение дробишки в момент времени t_0 в системе линза-зеркало?

Олимпиада «Физтех». 2019 г. Физика. Решения. Билет 11-01

1. 1) $mV_0 \cos \alpha = (M + m) \frac{V_0}{5}$. $\frac{m}{M} = \frac{1}{2}$. 2) $\frac{1}{2} mV_0^2 = \frac{1}{2} (M + m) \left(\frac{V_0}{5}\right)^2 + mgH$. $H = \frac{11 V_0^2}{25 g}$.

3) Направим ось x под углом α к горизонту вверх. В ЛСО $a_x = -g \sin \alpha$. $\frac{V_0}{5} \cos \alpha = V_0 + (-g \sin \alpha)T$.

$T = \frac{11 V_0}{10 g}$. Второй способ решения. В СО клин $a_{отн} = const$ (доказательство не требовать).

$T = \frac{S}{V_{cp}} = \frac{S}{\frac{1}{2}(V_0 + 0)} = \frac{2S}{V_0}$. $S = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{11V_0^2}{20g}$. $T = \frac{2S}{V_0} = \frac{11 V_0}{10 g}$.

2. 1) При T_1 пара нет. $P_1 = \frac{v_2 RT_1}{V} \approx 0,3 \cdot 10^5$ Па. 2) В первом отсеке только вода массой 18 г, ее объем $V_1 = 18 \text{ см}^3$.

3) Предположим, что вся вода испарилась. Тогда $P_2 = \frac{(v_1 + v_2) RT_2}{V} \approx 0,62 \cdot 10^5$ Па. Это меньше давления насыщенного пара при T_2 , т.е. предположение верное. Итого, $P_2 = \frac{(v_1 + v_2) RT_2}{V} \approx 0,62 \cdot 10^5$ Па.

3. 1) $U_0 = E$. 2) Пусть U - напряжение на катушке. $N = UI$, $E = U + IR$. $N = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$. Максимальная скорость изменения энергии N_m при $U = \frac{E}{2}$. $N_m = \frac{E^2}{4R}$.

3) $U = LI'$, $N = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$, $N = \alpha N_m = \alpha \frac{E^2}{4R}$, $\alpha = \frac{24}{49}$. Отсюда $I' = \frac{E}{2L} (1 \pm \sqrt{1 - \alpha})$. $I'_1 = \frac{6 E}{7 L}$, $I'_2 = \frac{1 E}{7 L}$.

4. 1) Пусть $b = 2a$ - длина длинной стороны. Направим ось x вдоль оси соленоида. В любой точке на торце соленоида $B_x(t) = \frac{1}{2} B_0 \cos \omega t$. Магнитный поток $\Phi = B_x(t) ab = \frac{1}{2} B_0 ab \cos \omega t$.

ЭДС $\varepsilon = -\Phi' = -\frac{1}{2} B_0 ab \omega \sin \omega t$. Ток $I = \frac{\varepsilon}{2(a+b)\rho} = -\frac{1}{4} \frac{B_0 ab \omega \sin \omega t}{(a+b)\rho}$.

Максимальный ток $I_0 = \frac{1}{4} \frac{B_0 \omega ab}{\rho a+b} = \frac{1}{6} \frac{B_0 \omega a}{\rho}$.

2) Сила натяжения (сжатия) стороны b равна $F(t) = \frac{1}{2} B_x(t) I(t) a = -\frac{1}{32} \frac{B_0^2 \omega a^2 b}{\rho a+b} \sin 2\omega t$. Максимальная сила натяжения $F_0 = \frac{1}{32} \frac{B_0^2 \omega a^2 b}{\rho a+b} = \frac{1}{48} \frac{B_0^2 \omega a^2}{\rho}$.

5. 1) Изображение S_1 в линзе на расстоянии 18 см от линзы, слева от нее, мнимое.

2) Изображение S_2 в зеркале на расстоянии 24 см от зеркала, справа. S_2 - источник для линзы, $d_2 = 30$ см. $f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = -15$ см. Изображение S_3 в системе на расстоянии 15 см от линзы (справа).

3) Скорость S_2 равна $2V$. $\frac{u}{2V} = \Gamma^2$. $\Gamma = \left| \frac{f_2}{d_2} \right| = \frac{1}{2}$. Скорость изображения в системе $u = \frac{1}{2} V = 3$ мм/с.

Олимпиада «Физтех». 2019 г. Физика. Решения. Билет 11-02

1. 1) $mV_0 \cos \alpha = (M + m) \frac{V_0}{4}$. $\frac{M}{m} = 1$. 2) $\frac{1}{2} mV_0^2 = \frac{1}{2} (M + m) \left(\frac{V_0}{4}\right)^2 + mgH$. $V_0 = \frac{4\sqrt{7}}{7} \sqrt{gH}$.

3) Направим ось x под углом α к горизонту вверх. В ЛСО $a_x = -g \sin \alpha$. $\frac{V_0}{4} \cos \alpha = V_0 + (-g \sin \alpha)T$.

$T = \frac{7}{4\sqrt{3}} \frac{V_0}{g} = \sqrt{\frac{7H}{3g}}$. Второй способ решения. В СО клин $a_{отн} = const$ (доказательство не требовать).

$T = \frac{S}{V_{CP}} = \frac{S}{\frac{1}{2}(V_0 + 0)} = \frac{2S}{V_0}$. $S = \frac{H}{\sin \alpha}$. $T = \sqrt{\frac{7H}{3g}}$.

2. 1) Предположим, что вся вода испарилась. Тогда $P_1 = \frac{(v_1 + v_2)RT_1}{V} \approx 0,69 \cdot 10^5$ Па. Это меньше давления насыщенного пара при T_1 , т.е. в первом отсеке ненасыщенный пар, т.е. предположение верное. Итак,

$P_1 = \frac{(v_1 + v_2)RT_1}{V} \approx 0,69 \cdot 10^5$ Па.

2) Предположим, что при T_2 пара нет. Тогда $P_2 = \frac{v_2 RT_2}{V} \approx 0,39 \cdot 10^5$ Па. Это больше P_H , т.е.

предположение верное. Итак, $P_2 = \frac{v_2 RT_2}{V} \approx 0,39 \cdot 10^5$ Па.

3) В первом отсеке только вода массой 9 г, ее объем $V_1 = 9 \text{ см}^3$.

3. 1) $U_0 = E$. 2) Пусть U - напряжение на катушке. $P = UI$, $E = U + IR$. $P = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$. Максимальная

мощность P_m при $U = \frac{E}{2}$. $P_m = \frac{E^2}{4R}$.

3) $U = LI'$, $P = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$, $P = \alpha P_m = \alpha \frac{E^2}{4R}$, $\alpha = \frac{7}{16}$. Отсюда $I' = \frac{E}{2L} (1 \pm \sqrt{1 - \alpha})$. $I'_1 = \frac{7E}{8L}$, $I'_2 = \frac{1E}{8L}$.

4. 1) Пусть $b = 4a$ - длина длинной стороны. Направим ось x вдоль оси соленоида. В любой точке на торце соленоида $B_x(t) = \frac{1}{2} B_0 \cos \omega t$. Магнитный поток $\Phi = B_x(t)ab = \frac{1}{2} B_0 ab \cos \omega t$.

ЭДС $\varepsilon = -\Phi' = -\frac{1}{2} B_0 ab \omega \sin \omega t$. Ток $I = \frac{\varepsilon}{2(a+b)\rho} = -\frac{1}{4} \frac{B_0 ab \omega \sin \omega t}{(a+b)\rho}$.

Максимальный ток $I_0 = \frac{1}{4} \frac{B_0 \omega}{\rho} \frac{ab}{a+b} = \frac{1}{5} \frac{B_0 \omega a}{\rho}$.

2) Сила натяжения (сжатия) стороны a равна $F(t) = \frac{1}{2} B_x(t) I(t) b = -\frac{1}{32} \frac{B_0^2 \omega}{\rho} \frac{b^2 a}{a+b} \sin 2\omega t$. Максимальная

сила сжатия $F_0 = \frac{1}{32} \frac{B_0^2 \omega}{\rho} \frac{b^2 a}{a+b} = \frac{1}{10} \frac{B_0^2 \omega a^2}{\rho}$.

5. 1) Изображение S_1 в линзе на расстоянии 30 см от линзы, слева от нее, мнимое.

2) Изображение S_2 в зеркале на расстоянии 39 см от зеркала, справа. S_2 - источник для линзы,

$d_2 = 48$ см. $f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = -24$ см. Изображение S_3 в системе на расстоянии 24 см от линзы (справа).

3) Скорость S_2 равна $2V$. $\frac{u}{2V} = \Gamma^2$. $\Gamma = \frac{|f_2|}{d_2} = \frac{1}{2}$. Скорость изображения в системе $u = \frac{1}{2} V = 2$ мм/с.

Олимпиада «Физтех». 2019 г. Физика. Решения. Билет 11-03

1. 1) $mV_0 \cos \alpha = (M + m) \frac{V_0}{5}$. $\cos \alpha = \frac{4}{5}$. 2) $\frac{1}{2} mV_0^2 = \frac{1}{2} (M + m) \left(\frac{V_0}{5}\right)^2 + mgH$. $H = S \sin \alpha$. $S = \frac{7V_0^2}{10g}$.

3) Направим ось x под углом α к горизонту вверх. В ЛСО $a_x = -g \sin \alpha$. $\frac{V_0}{5} \cos \alpha = V_0 + (-g \sin \alpha)T$.

$T = \frac{7V_0}{5g}$. Второй способ решения. В СО клин $a_{отн} = const$ (доказательство не требовать).

$T = \frac{S}{V_{CP}} = \frac{S}{\frac{1}{2}(V_0 + 0)} = \frac{2S}{V_0}$. $T = \frac{2S}{V_0} = \frac{7V_0}{5g}$.

2. 1) При T_1 пара нет. $P_1 = \frac{v_2 RT_1}{V} \approx 0,72 \cdot 10^5$ Па.

2) В первом отсеке только вода массой $m = v_1 \mu = 10,8$ г, ее объем $V_1 \approx 11$ см³.

3) При T_2 давление $P_2 \approx 10^5$ Па. $P_2(V - V_2) = v_2 RT_2$. Отсюда $V_2 = V - \frac{v_2 RT_2}{P_2} \approx 0,007$ м³ = 7 л.

3. 1) $U_0 = E$. 2) Пусть U - напряжение на катушке. $N = UI$, $E = U + IR$. $N = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$. Максимальная

скорость изменения энергии N_m при $U = \frac{E}{2}$. $N_m = \frac{E^2}{4R}$.

3) $U = LI'$, $N = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$, $N = \alpha N_m = \alpha \frac{E^2}{4R}$, $\alpha = \frac{32}{81}$. Отсюда $I' = \frac{E}{2L} (1 \pm \sqrt{1 - \alpha})$. $I'_1 = \frac{8E}{9L}$, $I'_2 = \frac{1E}{9L}$.

4. 1) Пусть $b = 3a$ - длина длинной стороны. Направим ось x вдоль оси соленоида. В любой точке на торце соленоида $B_x(t) = \frac{1}{2} B_0 \cos \omega t$. Магнитный поток $\Phi = B_x(t) ab = \frac{1}{2} B_0 ab \cos \omega t$.

ЭДС $\varepsilon = -\Phi' = -\frac{1}{2} B_0 ab \omega \sin \omega t$. Ток $I = \frac{\varepsilon}{2(a+b)\rho} = -\frac{1}{4} \frac{B_0 ab \omega \sin \omega t}{(a+b)\rho}$.

Максимальный ток $I_0 = \frac{1}{4} \frac{B_0 \omega ab}{\rho a+b} = \frac{3}{16} \frac{B_0 \omega a}{\rho}$.

2) Сила натяжения (сжатия) стороны b равна $F(t) = \frac{1}{2} B_x(t) I(t) a = -\frac{1}{32} \frac{B_0^2 \omega a^2 b}{\rho a+b} \sin 2\omega t$. Максимальная

сила натяжения $F_0 = \frac{1}{32} \frac{B_0^2 \omega a^2 b}{\rho a+b} = \frac{3}{128} \frac{B_0^2 \omega a^2}{\rho}$.

5. 1) Изображение S_1 в линзе на расстоянии 24 см от линзы, слева от нее, мнимое.

2) Изображение S_2 в зеркале на расстоянии 33 см от зеркала, справа. S_2 - источник для линзы,

$d_2 = 42$ см. $f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = -21$ см. Изображение S_3 в системе на расстоянии 21 см от линзы (справа).

3) Скорость S_2 равна $2V$. $\frac{u}{2V} = \Gamma^2$. $\Gamma = \frac{|f_2|}{d_2} = \frac{1}{2}$. Скорость изображения в системе $u = \frac{1}{2} V = 1$ мм/с.

Олимпиада «Физтех». 2019 г. Физика. Решения. Билет 11-04

1. 1) $mV_0 \cos \alpha = (M + m) \frac{V_0}{5} \cdot \frac{m}{M} = \frac{1}{3}$. 2) $\frac{1}{2} mV_0^2 = \frac{1}{2} (M + m) \left(\frac{V_0}{5} \right)^2 + mgH$. $H = S \sin \alpha$. $V_0 = \sqrt{\frac{10}{7} gS}$.

3) Направим ось x под углом α к горизонту вверх. В ЛСО $a_x = -g \sin \alpha$. $\frac{V_0}{5} \cos \alpha = V_0 + (-g \sin \alpha)T$.

$T = \frac{7V_0}{5g} = \sqrt{\frac{14S}{5g}}$. Второй способ решения. В СО клин $a_{отн} = const$ (доказательство не требовать).

$T = \frac{S}{V_{CP}} = \frac{S}{\frac{1}{2}(V_0 + 0)} = \frac{2S}{V_0}$. $T = \sqrt{\frac{14S}{5g}}$.

2. 1) $P_1 \approx 10^5$ Па. 2) Предположим, что при T_2 пара нет. Тогда $P_2 = \frac{v_2 RT_2}{V} \approx 0,68 \cdot 10^5$ Па. Это больше P_H ,

т.е. предположение верное. Итак, $P_2 = \frac{v_2 RT_2}{V} \approx 0,68 \cdot 10^5$ Па.

3) В первом отсеке только вода массой 9 г, ее объем $V_1 = 9 \text{ см}^3$.

3. 1) $U_0 = E$. 2) Пусть U - напряжение на катушке. $P = UI$, $E = U + IR$. $P = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$. Максимальная

мощность P_m при $U = \frac{E}{2}$. $P_m = \frac{E^2}{4R}$.

3) $U = LI'$, $P = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$, $P = \alpha P_m = \alpha \frac{E^2}{4R}$, $\alpha = \frac{40}{49}$. Отсюда $I' = \frac{E}{2L} (1 \pm \sqrt{1 - \alpha})$. $I'_1 = \frac{5E}{7L}$, $I'_2 = \frac{2E}{7L}$.

4. 1) Пусть $b = 5a$ - длина длинной стороны. Направим ось x вдоль оси соленоида. В любой точке на торце соленоида $B_x(t) = \frac{1}{2} B_0 \cos \omega t$. Магнитный поток $\Phi = B_x(t) ab = \frac{1}{2} B_0 ab \cos \omega t$.

ЭДС $\varepsilon = -\Phi' = -\frac{1}{2} B_0 ab \omega \sin \omega t$. Ток $I = \frac{\varepsilon}{2(a+b)\rho} = -\frac{1}{4} \frac{B_0 ab \omega \sin \omega t}{(a+b)\rho}$.

Максимальный ток $I_0 = \frac{1}{4} \frac{B_0 \omega}{\rho} \frac{ab}{a+b} = \frac{5}{24} \frac{B_0 \omega a}{\rho}$.

2) Сила натяжения (сжатия) стороны a равна $F(t) = \frac{1}{2} B_x(t) I(t) b = -\frac{1}{32} \frac{B_0^2 \omega}{\rho} \frac{b^2 a}{a+b} \sin 2\omega t$. Максимальная

сила сжатия $F_0 = \frac{1}{32} \frac{B_0^2 \omega}{\rho} \frac{b^2 a}{a+b} = \frac{25}{192} \frac{B_0^2 \omega a^2}{\rho}$.

5. 1) Изображение S_1 в линзе на расстоянии 16 см от линзы, слева от нее, мнимое.

2) Изображение S_2 в зеркале на расстоянии 20 см от зеркала, справа. S_2 - источник для линзы,

$d_2 = 24$ см. $f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = -12$ см. Изображение S_3 в системе на расстоянии 12 см от линзы (справа).

3) Скорость S_2 равна $2V$. $\frac{u}{2V} = \Gamma^2$. $\Gamma = \frac{|f_2|}{d_2} = \frac{1}{2}$. Скорость изображения в системе $u = \frac{1}{2} V = 2,5$ мм/с.

Олимпиада «Физтех». 2019 г. Физика. Решения. Билет 11-05

1. 1) Подъемная сила $F_{\Pi} = mg$, сила тяги $F_T = F_{\text{сопр}}$. $F_T/mg = 1/K = 1/20$.

$$2) \eta = \frac{F_T L}{qm_T} \cdot \frac{mg}{F_T} = K. \quad \alpha = \frac{m_T}{m} = \frac{gL}{Kq\eta} = 0,05.$$

$$2. 1) \frac{T_2}{T_1} = \frac{2V_1}{V_1}, T_{\text{max}} = T_2 = 2T_1 = 200 \text{ К.}$$

$$2) 1-2 - \text{изобара. } A_{12} = P_1(V_2 - V_1) = P_1 V_1 = \nu RT_1 \approx 831 \text{ Дж.}$$

$$3) \eta = \frac{A_{12} + (-A_{31})}{Q_{12}} = \frac{A_{12} - A_{31}}{\nu C_p (T_2 - T_1)} = \frac{2}{5} \left(1 - \frac{A_{31}}{\nu RT_1} \right) \approx 0,12$$

$$3. 1) I_M = \frac{E}{R}.$$

$$2) \text{ Пусть } U - \text{ напряжение на конденсаторе. } N = UI, \quad E = U + IR. \quad N = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}. \text{ Максимальная}$$

$$\text{ скорость изменения энергии } N_M \text{ при } U = \frac{E}{2}. \quad N_M = \frac{E^2}{4R}.$$

$$3) N = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}, \quad N = \alpha N_M = \alpha \frac{E^2}{4R}, \quad \alpha = \frac{5}{9}. \text{ Отсюда } U = \frac{E}{2} (1 \pm \sqrt{1 - \alpha}). \quad U_1 = \frac{5}{6} E, \quad U_2 = \frac{1}{6} E.$$

$$4. 1) \text{ ЗСЭ: } \frac{1}{2} CU_0^2 = \frac{1}{2} C \left(\frac{U_0}{3} \right)^2 + \frac{1}{2} LI_0^2. \text{ Отсюда } I_0 = \sqrt{\frac{8 CU_0^2}{9 L}} = \frac{2}{3} U_0 \sqrt{\frac{2C}{L}}.$$

$$2) U_C = 0.$$

3) Пусть I_1 - установившийся ток через катушки. Сумма магнитных потоков сохраняется:

$$LI_0 = LI_1 + 2LI_1 + 3LI_1 + 4LI_1. \text{ Отсюда } I_1 = \frac{1}{10} I_0. \text{ По ЗСЭ}$$

$$Q = \frac{1}{2} CU_0^2 - \frac{1}{2} (L + 2L + 3L + 4L) I_1^2 = \frac{1}{2} CU_0^2 - 5LI_1^2 = \frac{1}{2} CU_0^2 - \frac{1}{20} LI_0^2. \quad Q = \frac{41}{90} CU_0^2.$$

5. 1) Изображение S_1 в линзе на расстоянии $f_1 = 48$ см от линзы, справа от нее, действительное.

2) S_1 - мнимый предмет для зеркала. Изображение S_2 в зеркале действительное, слева от зеркала, на расстоянии 12 см от зеркала. S_2 - источник для линзы, $d_2 = 24$ см. $f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = 48$ см. Изображение S_3 в системе на расстоянии $f_2 = 48$ см от линзы (слева, действительное).

$$3) \text{ Скорость } S_2 \text{ равна } 2V. \quad \frac{u}{2V} = \Gamma^2. \quad \Gamma = \frac{f_2}{d_2} = 2. \text{ Скорость изображения в системе } u = 8V = 8 \text{ мм/с.}$$

Олимпиада «Физтех». 2019 г. Физика. Решения. Билет 11-06

1. 1) Подъемная сила $F_{\Pi} = mg$, сила тяги $F_T = F_{\text{сопр}}$. $mg/F_T = K = 40$.

$$2) \eta = \frac{F_T L}{qm_T} \cdot \frac{mg}{F_T} = K. \quad \alpha = \frac{m_T}{m}. \quad \eta = \frac{gL}{Kq\alpha} \approx \frac{1}{2}.$$

$$2. 1) \frac{T_1}{T_3} = \frac{V_1}{3V_1}, \quad T_{\min} = T_1 = \frac{1}{3}T_2 = 100 \text{ К.}$$

$$2) 3-1 - \text{изобара. } A_{31} = P_1(V_3 - V_1) = \nu R(T_3 - T_1) = \frac{2}{3}\nu RT_2 \approx 831 \text{ Дж.}$$

$$3) \eta = \frac{A_{23} + (-A_{31})}{Q_{12} + Q_{23}}. \quad Q_{12} = \nu C_V(T_2 - T_1) = \nu RT_2. \quad Q_{23} = 0 + A_{23}. \quad \eta = \frac{A_{23} - \frac{2}{3}\nu RT_2}{\nu RT_2 + A_{23}} \approx 0,21.$$

$$3. 1) I_M = \frac{E}{R}.$$

$$2) \text{ Пусть } U - \text{напряжение на конденсаторе. } P = UI, \quad E = U + IR. \quad P = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}. \text{ Максимальная}$$

$$\text{мощность } P_M \text{ при } U = \frac{E}{2}. \quad P_M = \frac{E^2}{4R}.$$

$$3) P = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}, \quad P = \alpha P_M = \alpha \frac{E^2}{4R}, \quad \alpha = \frac{9}{25}. \text{ Отсюда } U = \frac{E}{2}(1 \pm \sqrt{1 - \alpha}). \quad U_1 = \frac{9}{10}E, \quad U_2 = \frac{1}{10}E.$$

$$4. 1) \text{ ЗСЭ: } \frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2}C\left(\frac{U_0}{4}\right)^2 + \frac{1}{2}LI_0^2. \text{ Отсюда } I_0 = \sqrt{\frac{15CU_0^2}{16L}} = \frac{1}{4}U_0\sqrt{\frac{15C}{L}}.$$

$$2) U_C = 0.$$

3) Пусть I_1 - установившийся ток через катушки L_2, L_4, L_1 . Ток через L_3 не идет. Сумма магнитных потоков сохраняется: $LI_0 = LI_1 + 2LI_1 + LI_1$. Отсюда $I_1 = \frac{1}{4}I_0$. По ЗСЭ

$$Q = \frac{1}{2}CU_0^2 - \frac{1}{2}(L + 2L + L)I_1^2 = \frac{1}{2}CU_0^2 - 2LI_1^2 = \frac{1}{2}CU_0^2 - \frac{1}{8}LI_0^2. \quad Q = \frac{49}{128}CU_0^2.$$

5. 1) Изображение S_1 в линзе на расстоянии $f_1 = 48$ см от линзы, справа от нее, действительное.

2) S_1 - мнимый предмет для зеркала. Изображение S_2 в зеркале действительное, слева от зеркала, на расстоянии 6 см от зеркала. S_2 - источник для линзы, $d_2 = 36$ см. $f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = 18$ см. Изображение S_3 в системе на расстоянии $f_2 = 18$ см от линзы (слева, действительное).

$$3) \text{ Скорость } S_2 \text{ равна } 2V. \quad \frac{u}{2V} = \Gamma^2. \quad \Gamma = \frac{f_2}{d_2} = \frac{1}{2}. \text{ Скорость изображения в системе } u = \frac{1}{2}V = 2 \text{ мм/с.}$$

Олимпиада «Физтех». 2019 г. Физика. Решения. Билет 11-07

1. 1) Подъемная сила $F_{\Pi} = mg$, сила тяги $F_T = F_{\text{сопр}}$. $F_T/mg = 1/K = 1/15$.

2) $\eta = \frac{F_T L}{q m_T} \cdot \frac{mg}{F_T} = K$. $\alpha = \frac{m_T}{m} = \frac{gL}{Kq\eta} = 0,04$.

2. 1) $\frac{T_2}{T_3} = \frac{V_2}{V_3} = 3$, $T_{\text{max}} = T_2 = 3T_1 = 150$ К.

2) 2-3 – изобара. $A_{23} = P_2(V_2 - V_3) = \nu R(T_2 - T_3) = 2\nu RT_1 \approx 1,66$ кДж.

3) $Q^+ = Q_{31} + Q_{12} = \nu C_V(T_2 - T_1) + A_{31} = 3\nu RT_1 + A_{31} \approx 3400$ Дж. $Q^- = Q_{23} = \nu C_P(T_2 - T_3) = 5\nu RT_1 \approx 4150$ Дж.

$\frac{Q^+}{Q^-} = \frac{1}{5} \left(3 + \frac{A_{31}}{\nu RT_1} \right) \approx 0,82$.

3. 1) $I_M = \frac{E}{R}$.

2) Пусть U - напряжение на конденсаторе. $N = UI$, $E = U + IR$. $N = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$. Максимальная

скорость изменения энергии N_M при $U = \frac{E}{2}$. $N_M = \frac{E^2}{4R}$.

3) $N = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$, $N = \alpha N_M = \alpha \frac{E^2}{4R}$, $\alpha = \frac{11}{36}$. Отсюда $U = \frac{E}{2} (1 \pm \sqrt{1 - \alpha})$. $U_1 = \frac{11}{12} E$, $U_2 = \frac{1}{12} E$.

4. 1) ЗСЭ: $\frac{1}{2} CU_0^2 = \frac{1}{2} C \left(\frac{U_0}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} LI_0^2$. Отсюда $I_0 = \sqrt{\frac{3 CU_0^2}{4 L}} = \frac{1}{2} U_0 \sqrt{\frac{3C}{L}}$.

2) $U_c = 0$.

3) Пусть I_1 - установившийся ток через катушки. Сумма магнитных потоков сохраняется:

$LI_0 = LI_1 + 3LI_1 + 4LI_1 + 2LI_1$. Отсюда $I_1 = \frac{1}{10} I_0$. По ЗСЭ

$Q = \frac{1}{2} CU_0^2 - \frac{1}{2} (L + 3L + 4L + 2L) I_1^2 = \frac{1}{2} CU_0^2 - 5LI_1^2 = \frac{1}{2} CU_0^2 - \frac{1}{20} LI_0^2$. $Q = \frac{37}{80} CU_0^2$.

5. 1) Изображение S_1 в линзе на расстоянии $f_1 = 100$ см от линзы, справа от нее, действительное.

2) S_1 – мнимый предмет для зеркала. Изображение S_2 в зеркале действительное, слева от зеркала, на расстоянии 35 см от зеркала. S_2 - источник для линзы, $d_2 = 30$ см. $f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = 60$ см. Изображение S_3 в системе на расстоянии $f_2 = 60$ см от линзы (слева, действительное).

3) Скорость S_2 равна $2V$. $\frac{u}{2V} = \Gamma^2$. $\Gamma = \frac{f_2}{d_2} = 2$. Скорость изображения в системе $u = 8V = 16$ мм/с.

Олимпиада «Физтех». 2019 г. Физика. Решения. Билет 11-08

1. 1) Подъемная сила $F_{\Pi} = mg$, сила тяги $F_T = F_{\text{сопр}}$. $mg/F_T = K = 30$.

$$2) \eta = \frac{F_T L}{q m_T} \cdot \frac{mg}{F_T} = K \cdot \alpha = \frac{m_T}{m} \cdot \eta = \frac{gL}{K q \alpha} \approx \frac{1}{5} = 0,2.$$

$$2. 1) \frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{2V_1} = \frac{1}{2}, T_{\min} = T_1 = \frac{1}{2} T_2 = 50 \text{ К.}$$

$$2) 1-2 - \text{изобара. } A_{12} = P_1(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \nu R T_2 \approx 623 \text{ Дж.}$$

$$3) Q^+ = Q_{12} = \nu C_p(T_2 - T_1) = \frac{5}{4} \nu R T_2 \approx 1558 \text{ Дж. } Q^- = -(Q_{31} + Q_{23}). \quad Q_{31} = \nu C_v(T_1 - T_3) = -\frac{3}{4} \nu R T_2.$$

$$Q_{23} = 0 + (-A_{23}) = -A_{23}. \quad Q^- = \frac{3}{4} \nu R T_2 + A_{23} \approx 1795 \text{ Дж.} \quad \frac{Q^-}{Q^+} = \frac{1}{5} \left(3 + \frac{4A_{23}}{\nu R T_2} \right) \approx 1,15.$$

$$3. 1) I_M = \frac{E}{R}.$$

2) Пусть U - напряжение на конденсаторе. $P = UI$, $E = U + IR$. $P = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}$. Максимальная

мощность P_M при $U = \frac{E}{2}$. $P_M = \frac{E^2}{4R}$.

$$3) P = -\frac{U^2}{R} + U \frac{E}{R}, \quad P = \alpha P_M = \alpha \frac{E^2}{4R}, \quad \alpha = \frac{15}{64}. \quad \text{Отсюда } U = \frac{E}{2} (1 \pm \sqrt{1 - \alpha}). \quad U_1 = \frac{15}{16} E, \quad U_2 = \frac{1}{16} E.$$

$$4. 1) \text{ЗСЭ: } \frac{1}{2} C U_0^2 = \frac{1}{2} C \left(\frac{U_0}{5} \right)^2 + \frac{1}{2} L I_0^2. \quad \text{Отсюда } I_0 = \sqrt{\frac{24 C U_0^2}{25 L}} = \frac{2}{5} U_0 \sqrt{\frac{6C}{L}}.$$

$$2) U_C = 0.$$

3) Пусть I_1 - установившийся ток через катушки L_2, L_4, L_1 . Ток через L_3 не идет. Сумма магнитных потоков сохраняется: $LI_0 = LI_1 + 2LI_1 + LI_1$. Отсюда $I_1 = \frac{1}{4} I_0$. По ЗСЭ

$$Q = \frac{1}{2} C U_0^2 - \frac{1}{2} (L + 2L + L) I_1^2 = \frac{1}{2} C U_0^2 - 2L I_1^2 = \frac{1}{2} C U_0^2 - \frac{1}{8} L I_0^2. \quad Q = \frac{19}{50} C U_0^2.$$

5. 1) Изображение S_1 в линзе на расстоянии $f_1 = 60$ см от линзы, справа от нее, действительное.

2) S_1 - действительный предмет для зеркала. Изображение S_2 в зеркале мнимое, справа от зеркала, на расстоянии 6 см от зеркала. S_2 - источник для линзы, $d_2 = 72$ см. $f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = 36$ см. Изображение S_3 в системе на расстоянии $f_2 = 36$ см от линзы (слева, действительное).

$$3) \text{Скорость } S_2 \text{ равна } 2V. \quad \frac{u}{2V} = \Gamma^2. \quad \Gamma = \frac{f_2}{d_2} = \frac{1}{2}. \quad \text{Скорость изображения в системе } u = \frac{1}{2} V = 3 \text{ мм/с.}$$

**Критерии оценивания. Олимпиада «Физтех». 2019 г.
Билеты 11-01, 11-02, 11-03, 11-04**

Задача 1. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 3 очка
Правильно записан ЗСИ 1 очко
- 2) 2-й вопрос стоит 3 очка
Правильно записан ЗСЭ 1 очко
- 3) 3-й вопрос стоит 4 очка
Если T выражено через V_0 , то оценку не снижать (Б.11-02, 11-04)

Задача 2. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 3 очка
- 2) 2-й вопрос стоит 3 очка
- 3) 3-й вопрос стоит 4 очка
Если в Б.11-03 на 3-й вопрос есть прав. аналит. ответ, ставить 4 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 2 очка
- 2) 2-й вопрос стоит 4 очка
Правильно записаны все необходимые ур-я 1 очко
- 3) 3-й вопрос стоит 4 очка
Правильно записаны все необходимые ур-я 1 очко

Задача 4. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 4 очка
Ответ завышен в 2 раза 2 очка
- 2) 2-й вопрос стоит 6 очков
Ответ завышен в 2 раза 3 очка
Ответ завышен в 4 раза 2 очка
Ответ завышен в 8 раз 1 очко

Задача 5. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 2 очка
- 2) 2-й вопрос стоит 4 очка
- 3) 3-й вопрос стоит 4 очка
Есть понимание, что изобр. в зеркале дв-ся со скор. $2V$ 1 очко
Есть отношение скоростей через Γ^2 2 очка

Критерии оценивания. Олимпиада «Физтех». 2019 г.

Билеты 11-05, 11-06, 11-07, 11-08

Задача 1. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 3 очка
- 2) 2-й вопрос стоит 7 очков
- Правильные ур-я для нахождения КПД 3 очка
- Правильный аналитический ответ 3 очка
- Правильный численный ответ 1 очко

Задача 2. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 2 очка
- 2) 2-й вопрос стоит 4 очка
- 3) 3-й вопрос стоит 4 очка

Задача 3. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 2 очка
- 2) 2-й вопрос стоит 4 очка
- Правильно записаны все необходимые ур-я 1 очко
- 3) 3-й вопрос стоит 4 очка
- Правильно записаны все необходимые ур-я 1 очко

Задача 4. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 3 очка
- 2) 2-й вопрос стоит (объяснений не требовать) 3 очка
- 3) 3-й вопрос стоит 4 очка
- Есть сохранение суммы потоков 1 очко
- Найден правильно ток I_1 1 очко
- Правильный ЗСЭ 1 очко
- Ответ 1 очко

Задача 5. (10 очков)

- 1) 1-й вопрос стоит 2 очка
- 2) 2-й вопрос стоит 4 очка
- 3) 3-й вопрос стоит 4 очка
- Есть понимание, что изобр. в зеркале дв-ся со скор. $2V$ 1 очко
- Есть отношение скоростей через Γ^2 2 очка
- Ответ 1 очко