

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$

модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м^3
воды	1000 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0°C

Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

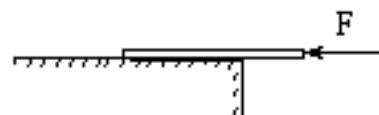
Часть 1

Ответами к заданиям 1-23 являются число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ №1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 Небольшой шарик с зарядом $-Q = -10$ мкКл закреплён неподвижно в вакууме. Два одинаковых маленьких шарика с зарядами $+Q = +10$ мкКл и массами $m = 3$ г вращаются вокруг него по одной окружности радиуса $R = 25$ см. Найдите величину скорости каждого из шариков. Ответ выразите в м/с, округлив до целого числа. Силой тяжести пренебрегите.

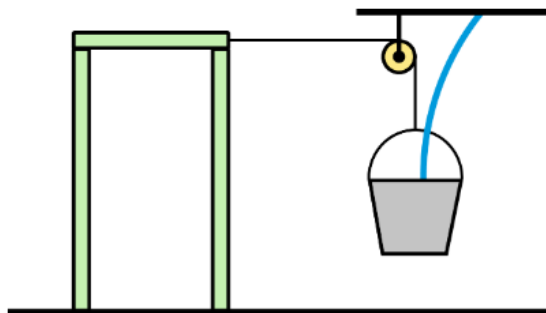
Ответ: _____ м/с

- 2 Третья часть однородной линейки массой $m = 50$ г и длиной $L = 30$ см выступает за край стола. Найдите минимальное значение работы A , которую необходимо совершить, чтобы переместить всю линейку на стол, сдвигая ее силой, направленной вдоль длинной стороны. Коэффициент трения между линейкой и столом $\mu = 0,3$. Ответ выразить в мДж и округлить до целого.



Ответ: _____ мДж

- 3 На горизонтальном полу стоит табуретка массой 3 кг. Высота табуретки 50 см, расстояние между её ножками 30 см, а коэффициент трения между ножками и полом равен 0,35. К середине одной из сторон сиденья табуретки прикрепили лёгкую нерастяжимую



нить, перекинутую через блок (см. рис.). На втором конце нити висит пустое ведро, масса которого равна 300 г. По тонкому шлангу (который не касается стенок или дна ведра) в ведро начали подавать воду с объёмным расходом $1 \text{ см}^3/\text{с}$. Через какое время после этого табуретка придёт в движение? Ответ дайте в минутах, округлив до целого числа.

Ответ: _____ МИН

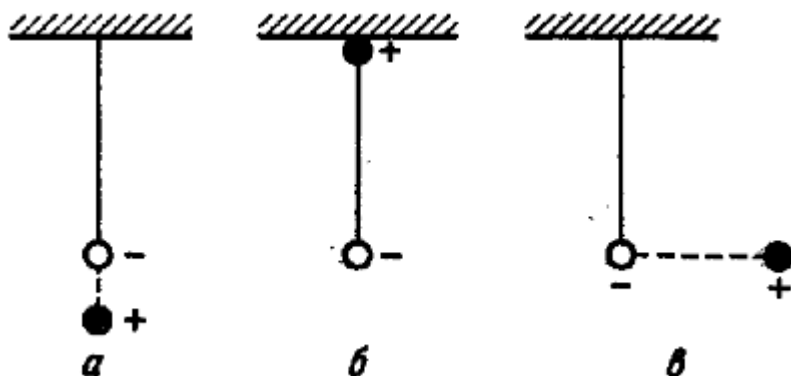
- 4 Лифт движется вертикально вниз с ускорением a в однородном поле тяжести g . Внутри лифта находится небольшой мячик массой m . В установившемся режиме мячик покоится относительно лифта.

На основании анализа условия, выберите все верные утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) Величина силы, с которой мячик действует на лифт, равна $F = ma$
- 2) Величина силы, с которой мячик действует на лифт, равна $F = m|g - a|$
- 3) Мячик будет покоиться на полу лифта при $a < g$
- 4) Мячик будет покоиться на полу лифта при $a > g$
- 5) Мячик будет покоиться на потолке лифта при $a > g$

Ответ: _____

- 5 Имеется маятник, состоящий из металлического шарика, подвешенного на длинной шелковой нити. Как изменится период колебаний маятника, если шарик зарядить отрицательно, а другой, положительный заряд, поместить А) внизу, на одной вертикали с точкой подвеса; Б) в точке подвеса; В) сбоку, на одном уровне с шариком, так, что последний, качаясь, не может прикоснуться к этому заряду.



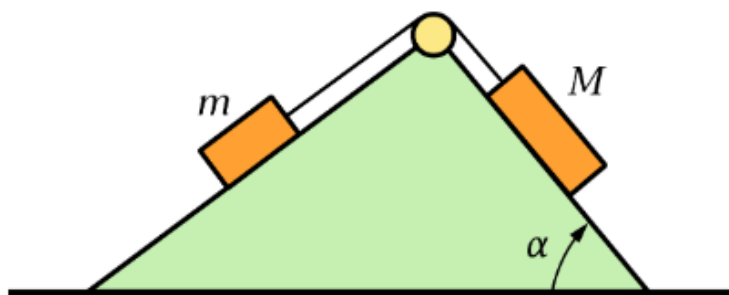
Для каждого случая определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

А	Б	В

- 6 Два груза с массами $M = 0,3$ кг и m связаны лёгкой нерастяжимой нитью, перекинутой через лёгкий блок (см. рисунок), и помещены на наклонные шероховатые поверхности клина. Нить скользит по блоку без трения. Угол при вершине клина прямой, а угол наклона к горизонту плоскости, на которой находится груз массы M , равен $\alpha = 60^\circ$. Коэффициенты трения между грузами и поверхностями одинаковы и равны $\mu = \frac{1}{2\sqrt{3}} \approx 0,289$. Найдите минимальное и максимальное значение массы m , при котором грузы могут находиться в состоянии покоя.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ЗНАЧЕНИЕ

- А) Минимальная масса
 Б) Максимальная масса

- 1) 0,277 кг
 2) 0,289 кг
 3) 0,5 кг
 4) 1,25 кг
 5) 1,21 кг

А	Б

- 7 В вертикальном гладком цилиндре с площадью сечения $S = 4$ см² под поршнем массой 800 г находится газ. При увеличении абсолютной температуры газа в $n = 1,5$ раза поршень поднимается вверх и упирается в уступы. При этом объем газа по сравнению с первоначальным увеличивается в $k = 1,2$ раза. Определить силу, с которой поршень давит на уступы. Атмосферное давление $p = 100$ кПа.

Ответ: _____ Н

- 8 Температуру одного моля одноатомного идеального газа увеличили изохорически на ΔT , а затем изобарически еще на такую же величину. Во сколько раз сообщенное газу во всем процессе количество теплоты больше совершенной им работы?

Ответ: _____

- 9 В калориметре смешиваются равные по массе объемы воды при температуре $+50^{\circ}\text{C}$ и льда при температуре -40°C . Какова окончательная температура смеси, если $m_1 = m_2 = m = 200$ г. Теплоемкостью калориметра пренебречь. В ответ записать массу воды в калориметре при установлении теплового баланса.

Ответ: _____ г

- 10 В замкнутом сосуде под поршнем находятся одинаковые массы воды и водяного пара в равновесии. Поршень плавно опускают, уменьшая объем сосуда вдвое. Температура поддерживается постоянной и равной $t = 50^{\circ}\text{C}$. Выберите все верные утверждения.

- 1) Плотность пара уменьшилась вдвое.
- 2) Плотность пара не изменилась.
- 3) Масса пара уменьшилась вдвое.
- 4) В конце процесса масса воды втрое превышает массу пара.
- 5) В конце процесса масса воды вдвое превышает массу пара.

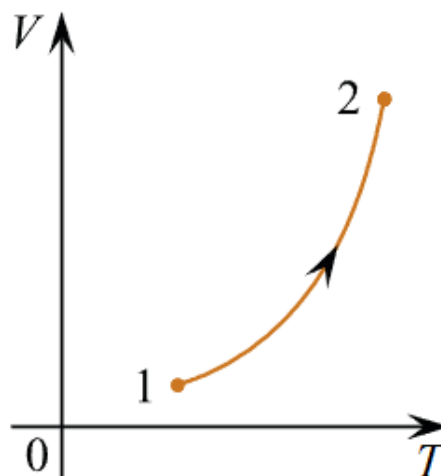
Ответ: _____

- 11 На рисунке изображён график зависимости объёма V одного моля идеального одноатомного газа от его температуры T в процессе 1–2. Как в результате перехода из состояния 1 в состояние 2 изменяются внутренняя энергия газа и давление газа?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем таблице:



Внутренняя энергия газа	Давление газа

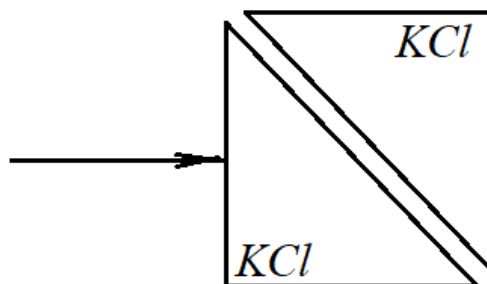
- 12** Вольтметр, подключенный к зажимам источника тока, показал напряжение $U_1 = 6$ В. Когда к тем же зажимам подключили еще и резистор, вольтметр стал показывать напряжение $U_2 = 3$ В. Что покажет вольтметр, если вместо одного подключить два таких резистора, подключенных параллельно?

Ответ: _____ В

- 13** К бесконечной вертикальной плоскости на нити подвешен заряженный шарик массой $m = 5$ г и зарядом $q = 11,8$ нКл. Нить образует с плоскостью угол $\alpha = 45^\circ$. Определить поверхностную плотность σ заряда на плоскости.

Ответ: _____ мкКл/м²

- 14** Кубический кристалл хлористого калия разрезан по диагонали и половинки раздвинуты на небольшое расстояние. На боковую грань падает тонкий луч света, содержащий излучение двух длин волн - λ_1 и λ_2 .



Из кристалла выходят два пучка света — один, содержащий в основном излучение длины волны λ_1 и небольшую примесь излучения длины волн λ_2 , и второй, содержащий излучение только длины волны λ_2 . Определите угол между этими двумя пучками. Показатель преломления хлористого калия для длины волны λ_1 равен 1,425, а для длины волны λ_2 — 1,403.

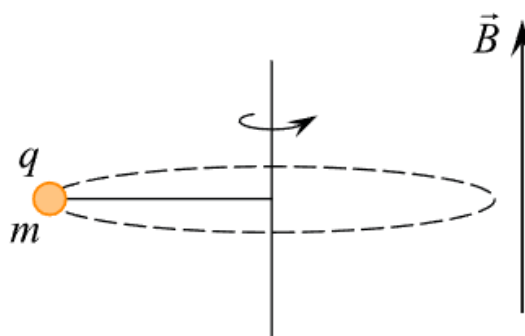
Ответ: _____ °

- 15** Луч света идёт в воде, падает на плоскую границу раздела вода — воздух и целиком отражается от границы раздела. Затем угол падения луча на границу раздела начинают уменьшать. Выберите все верные утверждения о характере изменений углов, характеризующих ход луча, и о ходе самого луча.

- 1) Угол отражения луча будет уменьшаться.
- 2) Может появиться преломлённый луч.
- 3) Отражённый луч не исчезает.
- 4) Если преломление будет возможно, то угол преломления луча будет увеличиваться.
- 5) Угол отражения может стать больше угла падения.

Ответ: _____

- 16** Маленький шарик массой m с зарядом q , закреплённый на непроводящей невесомой нерастяжимой нити, равномерно вращается, двигаясь по гладкой горизонтальной поверхности по окружности с некоторой постоянной по модулю скоростью v в однородном вертикальном магнитном поле B .



Как изменятся модули действующих на шарик силы Лоренца и силы натяжения нити, если увеличить массу шарика, не изменяя других параметров?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

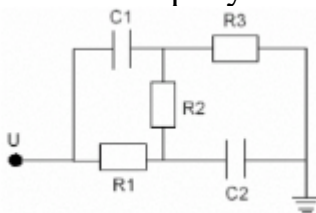
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы Лоренца	Модуль силы натяжения нити

- 17 Конденсаторы емкостями C_1 и C_2 и сопротивления R_1, R_2, R_3 включены в электрическую цепь, как показано на рисунке. Напряжение U известно.



Для каждой величины из левого столбца подберите формулу, по которой ее можно определить, из правого. Цифры в ответе могут повторяться.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- А) Заряд конденсатора C_1
 Б) Заряд конденсатора C_2

ФОРМУЛА

- 1) $UC_1 \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$
 2) $UC_2 \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$
 3) $UC_1 \frac{R_2 + R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$
 4) $UC_2 \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3}$
 5) $UC_1 \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3}$

А	Б

- 18 Период полураспада некоторого вещества равен 2 суткам. Сколько процентов этого вещества (от начального количества) останется по прошествии 11 дней? Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____ %

19 Металлическую пластину освещали монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Что произойдет с импульсом фотонов и кинетической энергией вылетающих электронов при освещении этой пластины монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 700$ нм одинаковой интенсивности? Фотоэффект наблюдается в обоих случаях.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Импульс фотонов	Кинетическая энергия вылетающих электронов

20 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) Потенциальная энергия тела зависит от его массы и скорости движения тела.

2) Хаотическое тепловое движение частиц тела прекращается при достижении термодинамического равновесия.

3) В растворах или расплавах электролитов электрический ток представляет собой упорядоченное движение ионов, происходящее на фоне их теплового хаотического движения.

4) При преломлении электромагнитных волн на границе двух сред длина волны остаётся неизменной величиной.

5) В процессе позитронного бета-распада происходит выбрасывание из ядра позитрона, возникшего из-за самопроизвольного превращения протона в нейтрон.

Ответ: _____

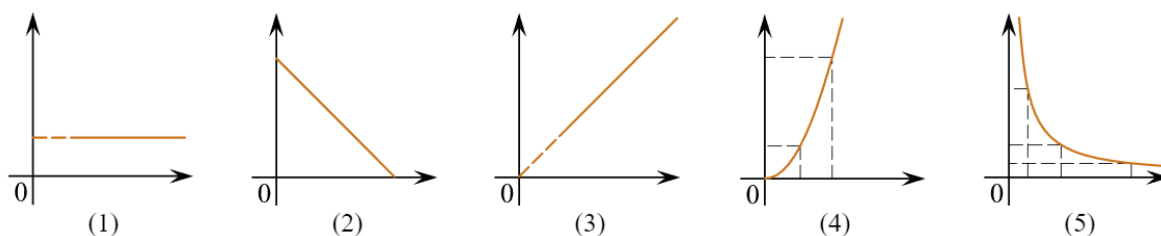
21 Даны следующие зависимости величин:

А) зависимость центростремительного ускорения точки, находящейся на расстоянии R от центра вращения, от линейной скорости;

Б) зависимость количества теплоты, выделяющегося при сгорании топлива, от его массы;

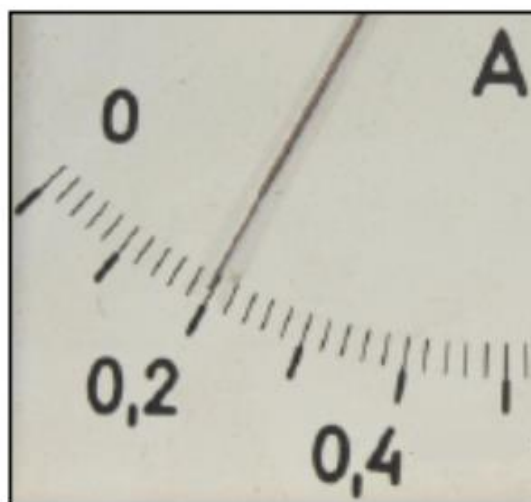
В) зависимость количества теплоты, выделяющегося в проводнике сопротивлением R за время t , от напряжения на проводнике.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



А	Б	В

22 Определите показания амперметра (см. рис.), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра. В ответе запишите значение и погрешность слитно без пробела.



Ответ: (_____ ± _____) А

В бланк ответов №1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

- 23** Ученик изучает колебания пружинного маятника. В его распоряжении имеется пять маятников, характеристики которых указаны в таблице. Какие **два** маятника необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость периода колебаний от массы груза?

№ маятника	Масса груза m , г	Жёсткость пружины k , Н/м	Длина пружины L , см
1	200	10	15
2	250	15	25
3	200	10	25
4	300	15	15
5	400	10	15

Ответ: _____

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

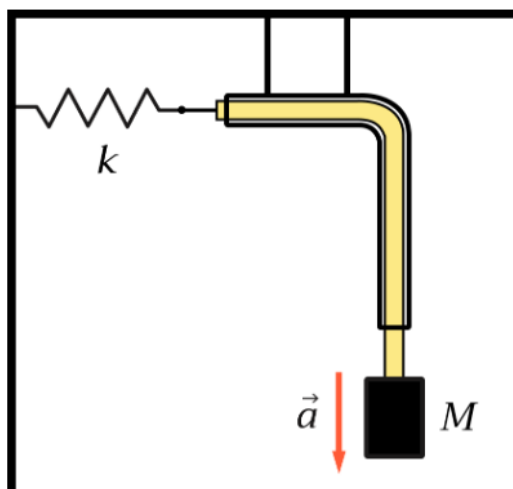
Часть 2

Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 24 Каким образом можно увеличить внутреннюю энергию горячего газа за счет уменьшения внутренней энергии холодного газа? Ответ поясните.

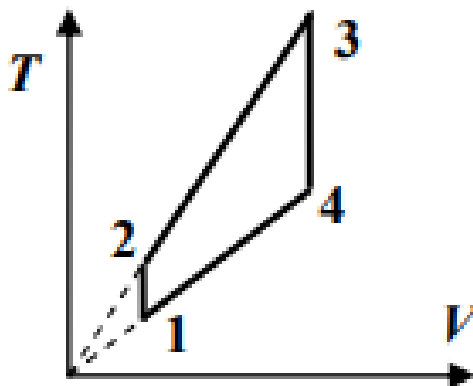
Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 25 Изогнутая под прямым углом гладкая трубка закреплена так, что один из её концов направлен вертикально вниз. Внутри трубки покоится однородная гибкая массивная прочная верёвка длиной $L = 50$ см, диаметр которой чуть меньше диаметра трубки. Верхний конец верёвки через отрезок невесомой нерастяжимой нити соединён с лёгкой пружиной, другой конец которой закреплён так, что ось пружины горизонтальна и совпадает с осью нити. К нижнему концу верёвки, не оттягивая его, прикрепляют груз массой $M = 1,5$ кг. После отпускания груза без начальной скорости он некоторое время движется вниз с постоянным ускорением $a = 0,2g$ (g — ускорение свободного падения). Найдите коэффициент жёсткости пружины k . Ответ выразите в Н/м, округлив до целого числа. Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с².

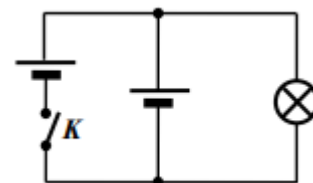


- 26 Горизонтальный стержень длиной 1 м вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Ось вращения образует угол 30° с линиями однородного магнитного поля с индукцией 50 мкТл. При вращении на концах стержня возникает разность потенциалов 1 мВ. Определить частоту вращения стержня.

- 27 На рисунке представлена TV – диаграмма цикла, в котором участвует постоянное количество одноатомного идеального газа. КПД этого цикла равен 8 %. Известно, что температура в состоянии 4 во столько же раз больше температуры в состоянии 2, во сколько последняя больше температуры в состоянии 1. $T_1 = 250$ К. Найти T_4 .

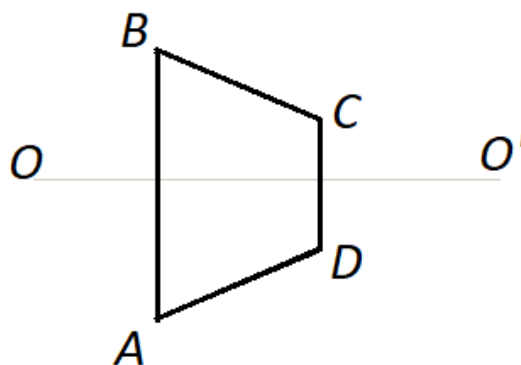


- 28 В схеме, показанной на рисунке, оба источника одинаковы. Лампа является нелинейным элементом: ее вольт-амперная характеристика (связь протекающего тока с напряжением)

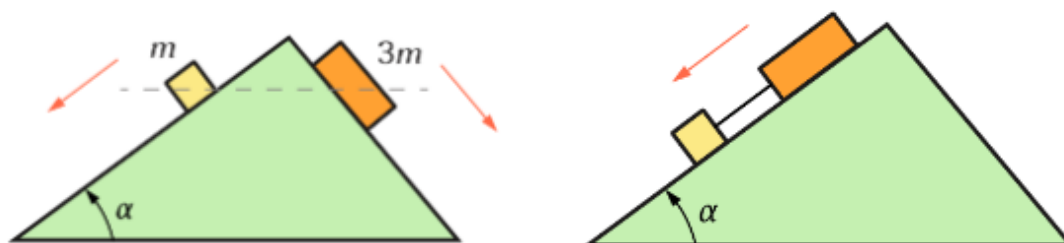


описывается выражением $I(U) = \frac{2}{r} \sqrt{\frac{EU}{3}}$, где r – внутреннее сопротивление, а E – величина ЭДС каждого источника. Пока ключ K разомкнут, лампа потребляет мощность $P_1 = 6$ Вт. Какой станет потребляемая лампой мощность после замыкания ключа?

- 29 Трапеция $ABCD$ расположена так, что ее параллельные стороны AB и CD перпендикулярны главной оптической оси тонкой линзы. Линза создает мнимое изображение трапеции $ABCD$ в виде трапеции с теми же самыми углами. Если повернуть трапецию $ABCD$ на 180° вокруг стороны AB , то линза создает изображение трапеции в виде прямоугольника. С каким увеличением изображается сторона AB ?



- 30** Оба ровных склона горки с прямым углом при вершине обработаны одинаково. Более пологий склон наклонён к горизонту под углом $\alpha = \arctg(3/4) \approx 36,9^\circ$. Если положить на склоны горки грузы с массами $m_1 = m$ и $m_2 = 3m$ так, как показано на рисунке слева, чтобы их центры находились на одной горизонтали, и аккуратно отпустить, то оба груза придут в движение и при этом их центры в течение некоторого интервала времени по-прежнему будут оставаться на одной горизонтали. Если соединить грузы лёгкой нерастяжимой нитью и поместить на более пологий склон горки так, как показано на рисунке справа, слегка потянув вниз нижний груз, то грузы в течение некоторого времени будут плавно скользить вниз с практически постоянной скоростью. Определите коэффициенты трения обоих грузов о склоны горки. В ответе укажите μ_1 и μ_2 , округлив до сотых.



Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с правильным номером задания.