

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

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

(элементарный электрический заряд)

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 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.

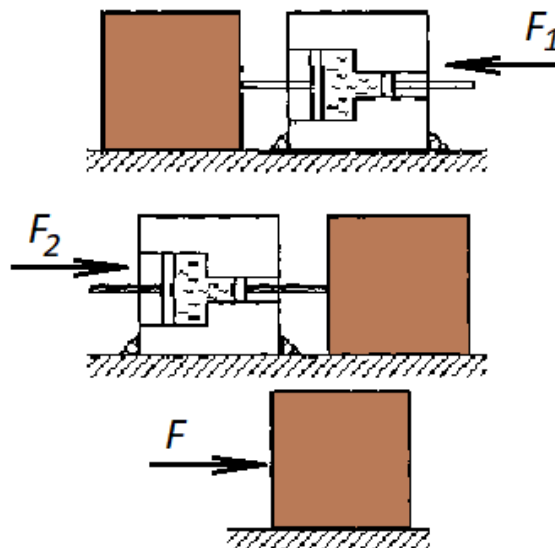
- 1 Конец однородной балки массой $m = 4,5$ кг шарнирно закреплён в жёсткой опоре, относительно которой эта балка может свободно вращаться в вертикальной плоскости. Балка покоится в горизонтальном положении, опираясь на две жёсткие вертикальные пружины, одна из которых (первая) находится под серединой балки, а вторая — под её свободным концом. Известно, что коэффициент жёсткости первой пружины в два раза больше, чем второй. Найдите величину силы реакции шарнира. Для расчётов принять ускорение свободного падения равным $g \approx 10$ м/с². Ответ выразите в ньютонах, округлив до целого числа.

Ответ: _____ Н

- 2 Какую работу надо совершить, чтобы медленно втащить сани с грузом (общей массой 30 кг) на гору высотой $H = 10$ м? Угол наклона горы $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между санями и горой линейно убывает вдоль пути от $\mu_1 = 0,5$ у подножия горы до $\mu_2 = 0,1$ у ее вершины. Скорость саней в конце подъема равна нулю. Ответ дать в кДж и округлить до десятых.

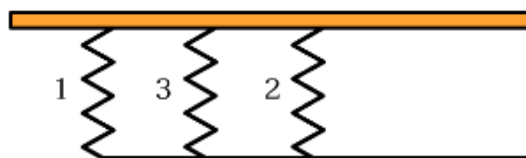
Ответ: _____ кДж

- 3 Гидравлический пресс с двумя поршнями разного диаметра закреплен на бетонном полу в цехе. К штоку поршня большего диаметра прижат ящик. Минимальная сила, которую нужно приложить к штоку поршня меньшего диаметра, для того чтобы сдвинуть ящик, равна $F_1 = 40$ Н. Если ящик установить возле штока поршня меньшего диаметра, то для того, чтобы сдвинуть его с места, к противоположному штоку придется приложить силу $F_2 = 90$ Н. Какую минимальную силу F необходимо приложить к отдельно стоящему ящику, чтобы сдвинуть его с места? Учитывайте трение только между ящиком и полом.



Ответ: _____ Н

- 4 Недеформируемый однородный стержень массой 3 кг подвешен к горизонтальному недеформируемому потолку на трёх одинаковых жёстких пружинах (деформации пружин малы, стержень практически горизонтален, а пружины вертикальны). Первая пружина прикреплена к одному из концов стержня, вторая — к середине стержня, а третья точно посередине между ними.

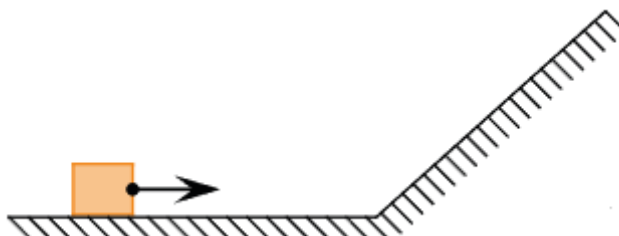


На основании анализа условия, выберите все верные утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) Величина силы упругости первой пружины 5 Н;
- 2) Величина силы упругости второй пружины 20 Н;
- 3) Величина силы упругости третьей пружины 10 Н;
- 4) Величина силы упругости первой пружины 10 Н;
- 5) Величина силы упругости второй пружины 25 Н;
- 6) Величина силы упругости третьей пружины 15 Н

Ответ: _____

- 5 Точечное тело равномерно тянут по шероховатой поверхности, изображённой на рисунке, прикладывая к телу внешнюю силу, которая всё время параллельна поверхности. Коэффициент трения между бруском и поверхностью одинаков на всём пути. Определите, как изменятся модуль действующей на тело силы трения и модуль действующей на него силы тяжести после перехода тела с горизонтальной поверхности на наклонную.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

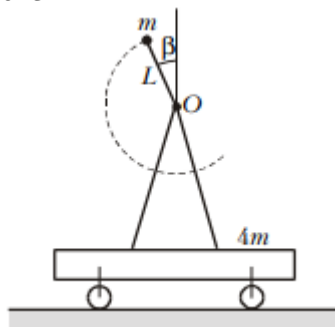
- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

Модуль действующей на тело силы трения	Модуль действующей на тело силы тяжести

- 6 На рисунке изображена тележка, которая может двигаться прямолинейно по горизонтальной поверхности стола без трения. К тележке прикреплена горизонтальная ось O , перпендикулярная плоскости рисунка. Вокруг оси O (в плоскости, перпендикулярной ей) может вращаться небольшой шарик массой m . Шарик укреплен на конце стержня длиной L . Масса тележки, оси O и ее крепления равна $4m$. Массами стержня и колес тележки пренебречь. Вначале тележка покоилась, а стержень удерживался под углом $\beta = 30^\circ$ к вертикали. Затем стержень отпустили.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) скорость тележки в момент прохождения шариком нижней точки своей траектории;
 Б) амплитуда колебаний тележки, т.е. половина расстояния между наиболее удаленными друг от друга положениями тележки.

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{Lg(2 + \sqrt{3})}{5}}$
 2) $\frac{5}{6} \sqrt{Lg(2 + \sqrt{3})}$
 3) $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{Lg}{5}}$
 4) $\frac{L}{2}$
 5) $\frac{L}{5}$
 6) $\frac{L}{3}$

А	Б

7 При увеличении давления над поверхностью воды ее температура кипения повышается. На газовой плите в кастрюле-скороварке медленно кипела вода при 105°C. Неожиданно произошла разгерметизация кастрюли, и хозяйка сразу же выключила газ. Какая часть воды испарилась к моменту прекращения кипения? Ответ округлить до первой значащей цифры.

Ответ: _____

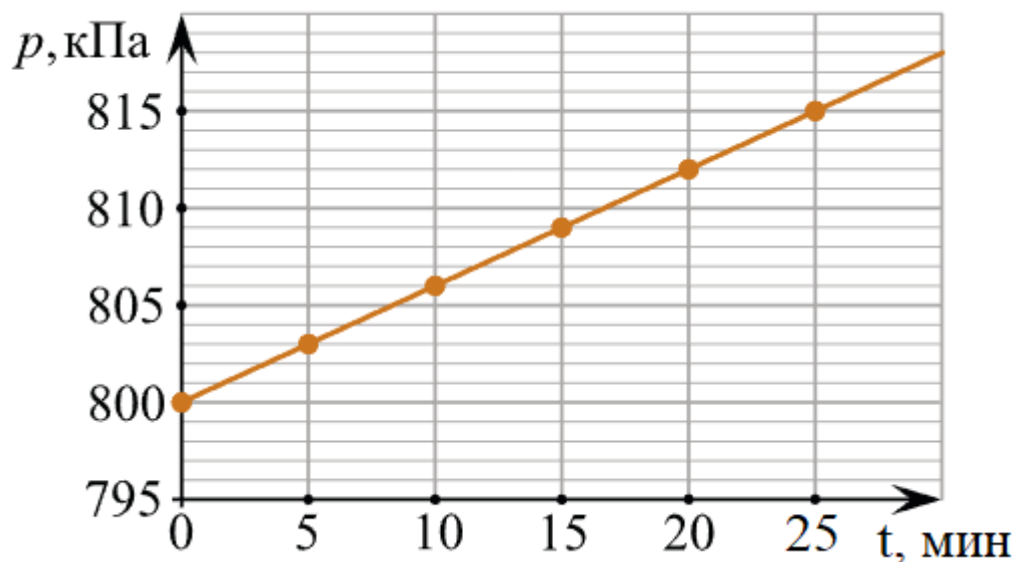
8 В герметично закрытом сосуде объемом $V = 1,1$ л находятся $m = 100$ г кипящей воды и ее пар при температуре 100 °С. Воздуха в сосуде нет. Определите массу пара m . Зависимостью плотности воды от температуры можно пренебречь. Ответ округлить до сотых.

Ответ: _____ г

- 9 В нижней части цилиндрического сосуда с площадью основания $S = 1 \text{ м}^2$ заключен при нормальных условиях $V_0 = 1 \text{ м}^3$ воздуха, который закрыт невесомым поршнем. Воздух под поршнем нагревается на $\Delta t = 1 \text{ }^\circ\text{C}$, при этом поршень поднимается. Определить величину работы, которую совершает расширяющийся воздух, перемещая поршень. Ответ округлить до целых.

Ответ: _____ Дж

- 10 В закрытом сосуде объёмом 8,3 литра находится одноатомный идеальный газ при температуре $127 \text{ }^\circ\text{C}$. Начиная с момента времени $t = 0$ давление p газа изменяется так, как показано на приведённом графике.



На основании анализа графика выберите все верные утверждения.

- 1) Количество теплоты, переданное газу за первые 10 минут, равно 74,7 Дж.
- 2) Работа газа за первые 10 минут больше, чем работа газа за следующие 10 минут.
- 3) Изменение внутренней энергии газа за первые 20 минут равно 149,4 Дж.
- 4) В момент времени $t = 25$ мин температура газа станет равной $407,5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 5) По заданным в задаче параметрам определить число молей газа в сосуде не представляется возможным.

Ответ: _____

- 11** На электроплитке стоит кастрюля, в которую налит некоторый объём воды. Плитку включают, и вода нагревается от $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем в кастрюлю вместо воды наливают тот же объём машинного масла, удельная теплоёмкость которого равна $1700\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, а плотность составляет $900\text{ кг}/\text{м}^3$. Далее масло нагревают от той же начальной температуры до той же конечной температуры, уменьшив мощность плитки в 3 раза. Как во втором опыте по сравнению с первым изменяются количество теплоты, получаемое жидкостью при нагревании, и время нагревания жидкости до конечной температуры? Считайте, что всё количество теплоты, выделяемое плиткой, расходуется на нагревание жидкости.

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.

Количество теплоты, получаемое жидкостью при нагревании	Время нагревания жидкости до конечной температуры

- 12** Присоединение к амперметру некоторого шунтирующего сопротивления увеличивает предел измерения в три раза. Другое шунтирующее сопротивление увеличивает предел измерения в 7 раз. Во сколько раз увеличится предел измерения амперметра, если в качестве шунта использовать оба этих сопротивления, соединённые параллельно?

Ответ: _____

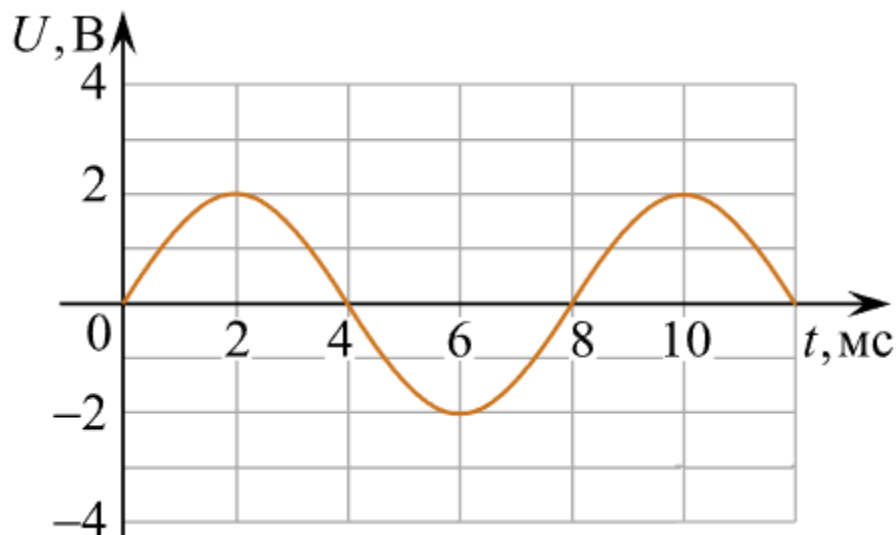
- 13** Положительно заряженная диэлектрическая пластина, создающая однородное электрическое поле напряжённостью $E = 10^4\text{ В}/\text{м}$, укреплена на горизонтальной плоскости. На нее с высоты $h = 10\text{ см}$ падает с нулевой начальной скоростью шарик массой $m = 20\text{ г}$, имеющий положительный заряд $q = 10^{-5}\text{ Кл}$. Какой импульс передаст шарик пластине при абсолютно неупругом ударе?

Ответ: _____ $\text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}$

- 14 Два шара, один диаметром $d_1 = 10$ см и зарядом $q_1 = 6 \cdot 10^{-10}$ Кл, другой — $d_2 = 30$ см и $q_2 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл, соединяются длинной тонкой проволокой. Какой заряд переместится по ней?

Ответ: _____ нКл

- 15 На рисунке изображён график зависимости напряжения U между обкладками конденсатора в колебательном контуре от времени t . Ёмкость конденсатора равна 10 мкФ.



Выберите все верные утверждения об этом колебательном контуре.

- 1) Сила тока в колебательном контуре изменяется с частотой 250 Гц.
- 2) Период изменения энергии электрического поля конденсатора равен 4 мс.
- 3) Максимальный заряд конденсатора равен 20 мкКл.
- 4) Индуктивность катушки колебательного контура примерно равна 0,16 Гн.
- 5) В момент времени 4 мс сила тока в контуре равна нулю.

Ответ: _____

- 16 Как изменится емкость плоского конденсатора, если между его обкладками будет вдвинута: а) пластинка из диэлектрика ($\epsilon > 1$); б) пластинка из проводника? Толщина каждой пластинки равна половине расстояния между обкладками.

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.

Вдвинута пластинка из диэлектрика	Вдвинута пластинка из проводника

- 17** Заряженная частица, имеющая положительный заряд q , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля по окружности радиусом R с периодом обращения T . Модуль импульса частицы равен p . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их в рассматриваемой задаче. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- А) масса частицы
- Б) модуль индукции магнитного поля

ФОРМУЛА

- 1) $\frac{pR}{q}$
- 2) $\frac{p}{qR}$
- 3) $\frac{pT}{2\pi R}$
- 4) $\frac{2\pi T}{pR}$

А	Б

- 18** Неподвижное ядро изотопа радона ${}^{220}_{86}\text{Rn}$ распадается с испусканием α – частицы. При этом ядро, образовавшееся в результате распада, и α – частица движутся в противоположных направлениях. Определите скорость образовавшегося ядра, если скорость α – частицы $v_\alpha = 1,6 \cdot 10^7$ м/с.

Ответ: _____ км/с

- 19** Энергия протона, который движется в ускорителе уменьшилась на некоторую величину. Как в результате этого изменятся следующие две величины: кинетическая энергия протона, энергия покоя протона?

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.

Кинетическая энергия протона	Энергия покоя протона

- 20** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите в ответ их номера.

- 1) В инерциальной системе отсчёта импульс системы тел сохраняется, если сумма внешних сил равна нулю.
- 2) Процесс конденсации жидкостей происходит с поглощением большого количества теплоты.
- 3) В процессе электризации трением два первоначально незаряженных тела приобретают разноимённые и равные по модулю заряды.
- 4) В цепи постоянного тока во всех параллельно соединённых резисторах протекает одинаковый электрический ток.
- 5) В процессе альфа-распада происходит испускание радиоактивным веществом ядер атомов гелия.

Ответ: _____

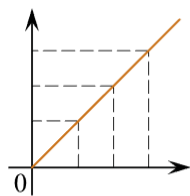
21 Даны следующие зависимости величин:

А) зависимость потенциальной энергии гравитационного взаимодействия от высоты, на которую поднято тело (считать нулевым уровнем потенциальной энергии поверхность Земли);

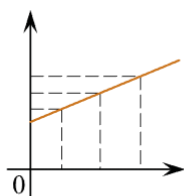
Б) зависимость ёмкости плоского конденсатора от расстояния между пластинами;

В) зависимость давления идеального газа от температуры при изотермическом процессе.

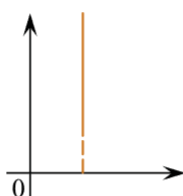
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



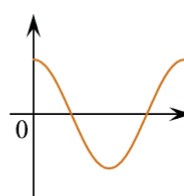
(1)



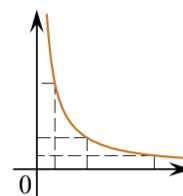
(2)



(3)



(4)



(5)

А	Б	В

22 Толя взял стрелочный вольтметр, рассчитанный на измерение напряжения не более 4 В, и решил увеличить его предел измерений до 12 В. Для этого Толя припаял к одному из выходов вольтметра дополнительный резистор и переградуировал шкалу прибора, получив тем самым вольтметр с увеличенным внутренним сопротивлением и расширенным диапазоном измерений. То есть, когда вольтметр по старой шкале показывал значение напряжения 4 В, на новой шкале стрелка указывала на деление в 12 В.

1) Если напряжение на последовательно соединённых вольтметре и дополнительном резисторе составляет 12 В, а напряжение на вольтметре составляет 4 В, то чему равно напряжение на резисторе?

2) Если считать, что внутреннее сопротивление вольтметра составляет 1 кОм, то чему равно сопротивление дополнительного резистора, который Толя припаял к вольтметру?

3) Точность изготовления резисторов на заводе составляет $\pm 5\%$. В каком диапазоне может лежать суммарная величина напряжения на резисторе и вольтметре, если вольтметр по старой шкале показывает 1 В? Считайте показания вольтметра по старой шкале точными.

В ответ запишите то, что получилось при решении пункта 3, в формате $(U_1; U_2)$

Ответ: (____;____) В

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

23 Вам необходимо исследовать силу, необходимую для отрыва от поверхности жидкости смачиваемого этой жидкостью диска в зависимости от площади этого диска. Имеется следующее оборудование:

— набор из трех деревянных дисков разного радиуса с креплением в центре;

— неограниченный набор из грузов, масса каждого 1 г;

— штатив с нитью, блоками и подвесом для дисков и легкой чашей для грузов.

Какие еще инструменты и приборы вам понадобятся? В ответе укажите их номера:

1) ёмкость с жидкостью;

2) набор пружин известной жесткости;

3) секундомер;

4) линейка;

5) весы.

Ответ: _____

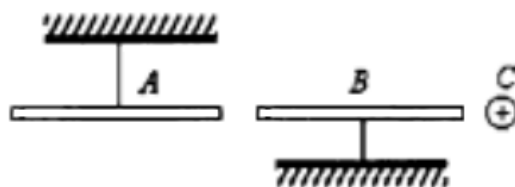
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

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

Часть 2

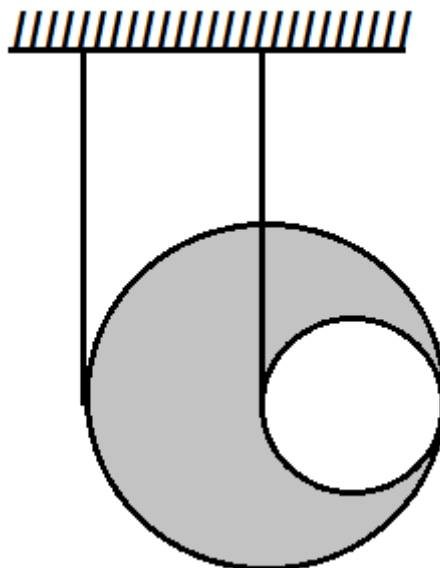
Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 24 Металлический стержень А подвешен на непроводящей нити; металлический стержень В закреплен на непроводящей подставке. Расстояние между соседними концами стержней очень мало. Что произойдет со стержнем А, если к противоположному концу стержня В поднести положительно заряженное тело С?



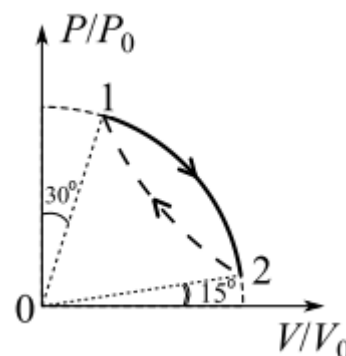
Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 25** В сплошной однородной тонкой пластине, имеющей форму круга радиусом R и первоначальную массу M , вырезали отверстие в 2 раза меньшего радиуса, касающееся края пластины. Пластины подвесили на двух невесомых нитях, как показано на рисунке. Найдите силы натяжения нитей.

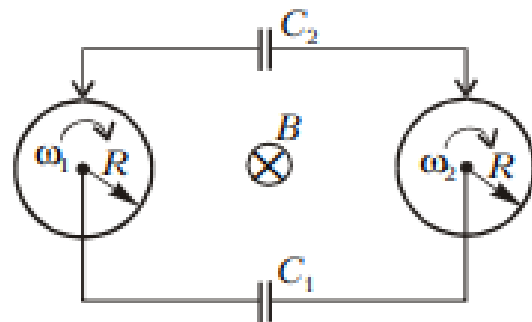


- 26** Небольшой шарик с зарядом $-Q$ закреплён неподвижно в вакууме. Ион с зарядом $+q$ и массой m запускают так, что он движется по окружности радиуса r_1 вокруг центра шарика равномерно, совершая полный оборот за время $\tau_1 = 5$ мс. В другом опыте ион запускают так, что он вращается равномерно по окружности радиуса $r_2 = 2r_1$. Найдите период обращения иона во втором опыте. Силу тяжести не учитывайте. Ответ округлите до целых.

- 27** С идеальным одноатомным газом проводят циклический процесс. Расширение газа можно описать графиком в виде дуги окружности 1-2 с центром в начале координат на pV – диаграмме. p_0 и V_0 – некоторые фиксированные давление и объем. Найдите отношение температур в точках 1 и 2.



- 28 Два одинаковых проводящих диска радиусами R вращаются с угловыми скоростями ω_1 и ω_2 ($\omega_1 > \omega_2$) в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярной их плоскостям (рис.). Центры дисков с помощью проводников присоединены к конденсатору емкостью C_1 , а ободы – через скользящие контакты к конденсатору емкостью C_2 . Найдите напряжения, которые установятся на конденсаторах.



- 29 Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус - скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет. Мощность W солнечного излучения, падающего на 1 м^2 поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет вблизи Земли 1370 Вт/м^2 . Во сколько раз ближе к Солнцу, чем Земля, находится аппарат массой 500 кг (включая массу паруса), снабженный парусом размерами $100 \text{ м} \times 100 \text{ м}$, если давление солнечных лучей сообщает ему дополнительное ускорение $10^{-4} g$?
- 30 Сосуд в форме куба, наполненный жидкостью, движется в горизонтальном направлении с ускорением a . Объем жидкости в сосуде равен половине объема куба, ее масса m . Определите силы давления жидкости F_1 и F_2 соответственно на переднюю и заднюю стенки сосуда.

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