

**Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования  
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»  
по общеобразовательному предмету «физика», осень 2019 г.  
11 класс**

**Типовой вариант**

**Задача 1**

Человек в лодке переплывает реку шириной 1 км. Скорость течения реки в 2 раза больше скорости лодки относительно воды. Найдите минимальное расстояние, на которое снесёт лодку вниз по течению реки за время переправы.

**Задача 2**

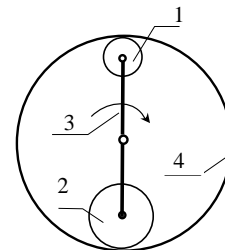
Тело, двигаясь из состояния покоя под действием постоянной силы, равной 20 Н, за время  $\Delta t = 0,1\text{с}$  приобретает кинетическую энергию  $E_0 = 10$  Дж. Найдите энергию в Джоулях, которую сообщит эта сила тому же телу за следующий промежуток времени  $\Delta t = 0,1\text{с}$ .

**Задача 3**

Муравей сидит в нижней точке внутренней поверхности тонкостенного обруча радиуса  $R = 0,5$  м, который катится по горизонтальной плоскости без проскальзывания. Определите радиус кривизны траектории муравья в метрах в тот момент, когда муравей окажется в верхней точке обруча.

**Задача 4**

В планетарной зубчатой передаче шестерни 1 и 2 приводятся в движение кривошипом 3, ось вращения которого совпадает с осью неподвижного колеса 4. Число зубьев шестерён:  $Z_1 = 15$ ,  $Z_2 = 25$ , а число зубьев колеса  $Z_4 = 75$ . Найдите отношение числа оборотов шестерни 1 к числу оборотов шестерни 2 за два оборота кривошипа.



**Задача 5**

По наклонной плоскости, расположенной под углом  $45^\circ$  к горизонту, одновременно начинают скатываться без проскальзывания обруч и соскальзывать брусок. Найдите коэффициент трения  $\mu$  между бруском и плоскостью, при котором оба тела будут двигаться, не обгоняя друг друга.

**Задача 6**

В вертикально расположенном цилиндре под поршнем находится моль гелия. На поршне лежит груз. При этом объём газа  $V_1 = 10$  л, а давление  $P_1 = 4 \cdot 10^5$  Па. В некоторый момент времени груз с поршня убрали. В результате газ под поршнем адиабатически изменил свой объём, и давление газа уменьшилось в два раза. Определите температуру газа после установления термодинамического равновесия. Силами трения при перемещении поршня в цилиндре пренебречь. Ответ указать в градусах Кельвина.

**Задача 7**

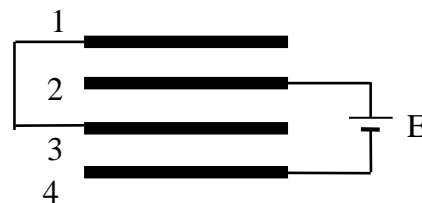
Конус высотой  $H$  с вершиной  $S$  равномерно заряжен по объёму. Потенциал в вершине конуса  $\varphi_0 = 9\text{В}$ . От вершины конуса плоскостью, параллельной основанию, отрезают конус высотой  $h = 1/3 H$  и удаляют его на бесконечность. Найдите потенциал  $\varphi$  в точке, где находилась вершина  $S$  исходного конуса.

### Задача 8

В теплоизолированном сосуде находится азот при температуре  $T_1 = 300$  К. Через некоторое время под действием излучения все молекулы азота распадаются. Определите температуру газа в сосуде после распада всех молекул, если при распаде одной молекулы азота на атомы, выделяется теплота  $q = 0,6$  эВ.

### Задача 9

Батарея конденсаторов, состоящая из четырёх одинаковых металлических пластин, расположенных в воздухе на равных расстояниях  $d$  друг от друга, подключена к источнику постоянного тока с ЭДС, равной  $E$ , как показано на рисунке. Площадь каждой из пластин равна  $S$ . Пластина 1 соединена проводником с пластиной 3. Определите величину заряда, который пройдёт через источник тока, если пространство между пластинами 2 и 3 заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 4$ . Расстояние  $d$  между пластинами мало по сравнению с их размерами.

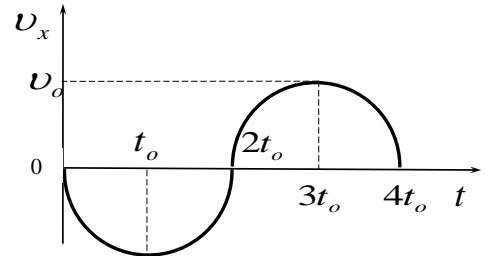


**Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования  
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»  
по общеобразовательному предмету «физика», осень 2019 г.  
11 класс**

**Комплект задач № 2**

**Задача 1.2** (6 баллов)

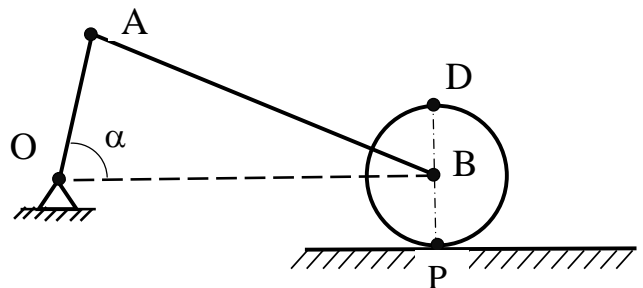
Тело движется прямолинейно вдоль оси  $x$ . График зависимости проекции скорости движения тела от времени имеет вид двух полуокружностей, как показано на рисунке. Максимальная скорость тела  $v_0$ , время движения  $4t_0$ . Определите путь тела  $S$  к моменту времени  $4t_0$ . В ответе укажите номер выбранного ответа без скобки.



Варианты: 1)  $S = 0$ ; 2)  $S = \frac{1}{2}v_0^2 \cdot t_0$ ; 3)  $S = \pi v_0^2$ ; 4)  $S = \pi v_0 t_0$ .

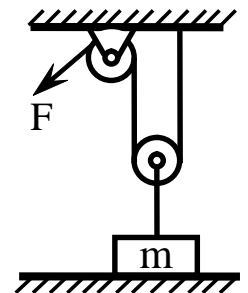
**Задача 2.2.** (17 баллов)

Кривошип  $OA$  длиной 50 см вращается равномерно в плоскости рисунка вокруг неподвижной точки  $O$  с угловой скоростью  $\omega_0 = 1 \frac{1}{c}$ . Шатун  $AB$  шарнирно соединён с кривошипом и центром колеса, которое катится без проскальзывания по прямой, параллельной  $OB$ . Определите скорость точки  $D$  колеса в метрах в секунду в момент, когда угол между кривошипом и прямой  $OB$  равен  $\alpha = 90^\circ$ . Ответ укажите целым числом без указания единицы измерения.



**Задача 3.2.** (6 баллов)

С помощью системы блоков, изображённых на рисунке, поднимают с поверхности земли груз массой  $m = 2$  кг. На какую максимальную высоту  $H$  в метрах поднимется груз, если веревку тянуть с постоянной силой  $F = 20$  Н в течение  $t = 1$  с? Считать веревку достаточно длинной. Массой верёвки, блоков и силами трения пренебречь. Ускорение свободного падения принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Растяжением верёвки пренебречь.



Ответ укажите целым числом без единицы измерения.

**Задача 4.2.** (6 баллов)

На гладкой горизонтальной поверхности на расстоянии  $L = 3$  м от вертикальной стенки находится шар массы  $M$ . Другой шар такого же размера массы  $m$  скользит с некоторой скоростью по направлению от стенки к шару  $M$ . После абсолютно упругого удара шаров шар массы  $m$  достигает стенки и, упруго отразившись от неё, догоняет шар массы  $M$ . Определите, на каком расстоянии  $S$  от стенки произошло второе соударение, если  $n = \frac{M}{m} = 4$ . В ответе укажите расстояние в метрах целым числом без единицы измерения.

**Задача 5.2.** (10 баллов)

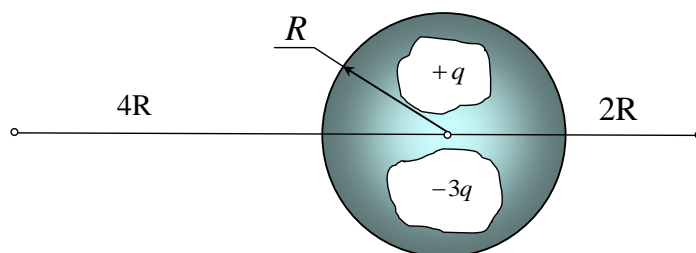
Смесь гелия и кислорода имеет при давлении  $P = 10^5 \text{ Па}$  и температуре  $T = 300 \text{ К}$  плотность  $\rho = 1 \text{ кг/м}^3$ . Какой станет при том же объёме плотность смеси, если из неё удалить две трети молекул кислорода?  $\mu_{\text{Г}} = 4 \text{ г/моль}$ ,  $\mu_{\text{К}} = 32 \text{ г/моль}$ . В ответе плотность укажите в  $\text{кг/м}^3$  числом в виде десятичной дроби, округлив её значение до сотых долей, без указания единицы измерения.

**Задача 6.2.** (10 баллов)

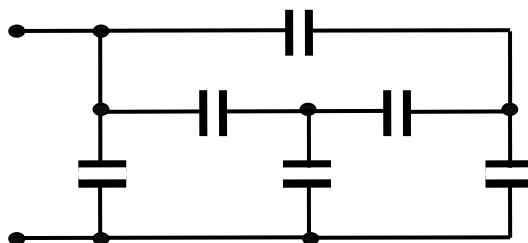
Одноатомный идеальный газ участвует в процессе, для которого внутренняя энергия газа пропорциональна квадрату его объема  $U = \alpha V^2$ , где  $\alpha$  – постоянная. Найдите работу  $A$ , совершенную газом в таком процессе, если известно количество теплоты  $Q = 800 \text{ Дж}$ , сообщенное при этом газу.

**Задача 7.2.** (10 баллов)

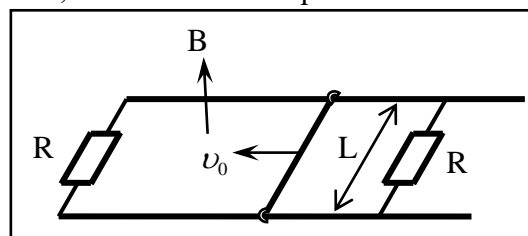
Внутри электрически нейтрального проводящего шара радиуса  $R$  имеются две полости, в которых находятся точечные заряды:  $+q$  в одной полости и  $-3q$  – в другой. Найдите отношение потенциала в точке, находящейся на расстоянии  $4R$  от центра шара к потенциалу в точке, находящейся на расстоянии  $2R$  от центра шара. Ответ укажите целым числом.

**Задача 8.2.** (17 баллов)

Найдите ёмкость батареи конденсаторов, если ёмкость каждого конденсатора равна  $1 \text{ мкФ}$ . В ответе укажите ёмкость в  $\text{мкФ}$  целым числом без единицы измерения.

**Задача 9.2.** (18 баллов)

По двум горизонтальным проводящим рейкам, расстояние между которыми  $L = 0,5 \text{ м}$ , может скользить без трения перемычка, масса которой  $m = 100 \text{ г}$ , а омическое сопротивление  $r = 0,5 \text{ Ом}$ . Слева и справа концы реек соединены через резисторы с сопротивлением  $R = 2 \text{ Ом}$ . Система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 0,2 \text{ Тл}$ . Неподвижной перемычке сообщают некоторую начальную скорость вдоль реек, и она, сместившись на расстояние  $S = 3 \text{ м}$ , останавливается. Определите начальную скорость перемычки в метрах в секунду. Сопротивлением реек пренебречь. Перемычка расположена перпендикулярно рейкам. Ответ дайте десятичной дробью, округлив её значение до десятых долей, без указания единицы измерения.



**Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования  
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»  
по общеобразовательному предмету «физика», осень 2019 г.  
11 класс**

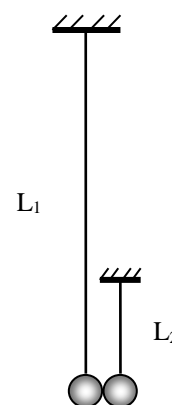
**Комплект задач № 3**

**Задача 1.3 (6 баллов)**

Тело А бросили с земли вертикально вверх со скоростью  $v_1 = 20$  м/с. На какой высоте находилось тело Б, которое, будучи брошенным с горизонтальной скоростью  $v_2 = 4$  м/с одновременно с телом А, столкнулось с ним в полёте? Расстояние по горизонтали между исходными положениями тел равно 4 м. Ускорение свободного падения принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. В ответе укажите высоту в метрах целым числом без единицы измерения.

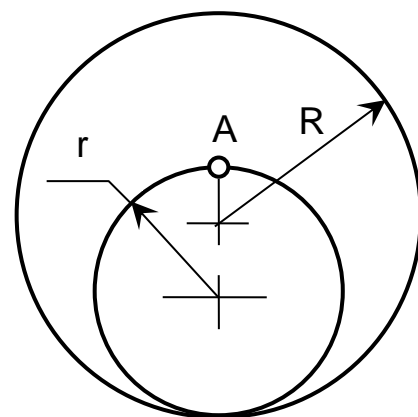
**Задача 2.3 (6 баллов)**

Два одинаковых упругих шарика подвешены на невесомых нерастяжимых нитях таким образом, что нити параллельны и центры тяжести шариков находятся на одном уровне. Длина нити первого шарика  $L_1 = 1$  м, второго  $L_2 = 0,25$  м. Нить второго шарика отклонили на небольшой угол и отпустили. Сколько раз столкнутся шарики за время  $\tau = 4$  с, прошедшее с начала движения второго шарика? Ускорение свободного падения принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ укажите целым числом.



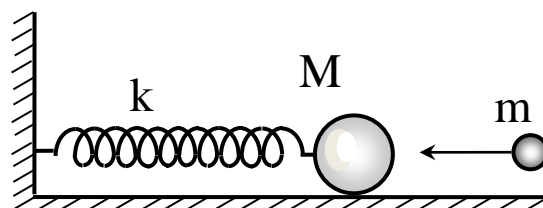
**Задача 3.3 (17 баллов)**

По внутренней цилиндрической поверхности радиуса  $R = 30$  см катится диск радиуса  $r = 20$  см. Определите радиус  $\rho$  кривизны траектории точки А. В ответе укажите величину радиуса в сантиметрах целым числом без единицы измерения.



**Задача 4.3 (10 баллов)**

На гладком горизонтальном столе лежит шар массы  $M = 8$  кг, прикрепленный к пружине с коэффициентом упругости  $k = 10^4$  кг/с<sup>2</sup>. В шар попадает тело массы  $m = 1$  кг, имеющее в момент удара скорость, направленную вдоль оси пружины. Считая удар абсолютно неупругим, определите количество теплоты, выделившееся при ударе, если известно, что максимальная деформация пружины  $A = 0,1$  м.



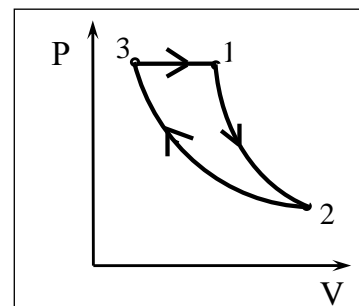
Ответ дайте в Джоулях целым числом без указания единицы измерения.

**Задача 5.3 (6 баллов)**

В паровой котёл объёмом  $V = 5$  м<sup>3</sup> накачали воду массы  $m_1 = 20$  кг и нагрели её до температуры  $t = 180$  °С. Найдите давление  $P$  паров в котле. Плотность насыщенных паров воды при этой температуре равна  $\rho = 5,05$  кг/м<sup>3</sup>. Ответ дайте в МПа десятичной дробью, округлив её значение до сотых долей.

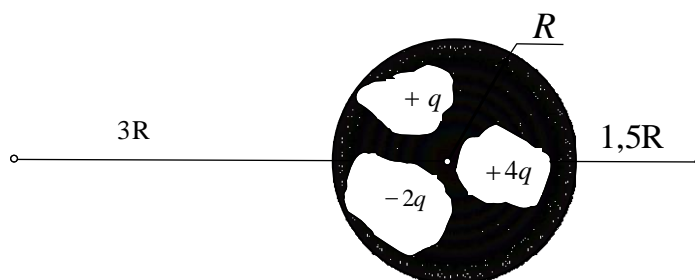
**Задача 6.3** (10 баллов)

Идеальный газ используется как рабочее тело в тепловой машине, работающей по циклу, состоящему из адиабатического расширения 1 – 2, изотермического сжатия 2 – 3 и изобарического расширения 3 – 1. КПД цикла равен  $\eta = 0,25$ . При изотермическом сжатии над газом совершается работа  $A_T = 300$  Дж. Найдите работу, которую совершает машина в этом цикле. Ответ дайте в Джоулях целым числом без указания единицы измерения.



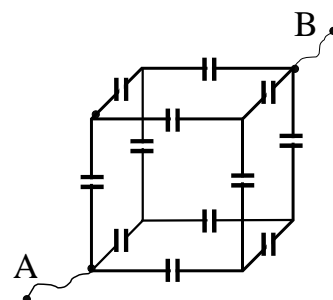
**Задача 7.3** (10 баллов)

Внутри электрически нейтрального проводящего шара радиуса  $R$  имеются три полости, в которых находятся точечные заряды:  $+q$  в одной полости,  $-2q$  – в другой и  $+4q$  – в третьей. Найдите отношение потенциала в точке, находящейся на расстоянии  $1,5 R$  от центра шара, к потенциалу в точке, находящейся на расстоянии  $3R$  от центра шара. Ответ дайте целым числом.



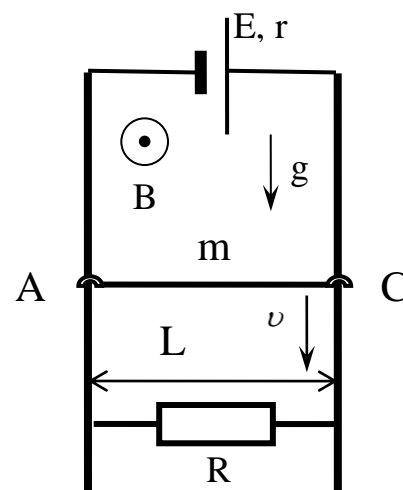
**Задача 8.3** (17 баллов)

Из проводников изготовлен куб. В середине каждого ребра куба расположен воздушный конденсатор ёмкости  $C$ , полностью заполненный диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$ . Найдите отношение ёмкости этой батареи конденсаторов к ёмкости батареи, в которой из конденсаторов, расположенных на рёбрах, выходящих из вершин  $A$  и  $B$ , диэлектрик удалили. Куб включается в цепь вершинами  $A$  и  $B$ . Ответ укажите числом в виде десятичной дроби, округлив её значение до десятых долей.



**Задача 9.3** (18 баллов)

Две вертикальные проводящие рейки, расстояние между которыми  $L = 25$  см, находятся в однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 1$  Тл направлена перпендикулярно плоскости рисунка. Сверху концы реек соединены через батарею с ЭДС  $E = 6$  В и внутренним сопротивлением  $r = 2$  Ом, а снизу – через резистор с сопротивлением  $R = 6$  Ом. В начальный момент проводящую перемычку  $AC$  массой  $m = 100$  г, удерживают неподвижной, а затем отпускают. Через некоторое время перемычка движется вниз с установившейся скоростью. Пренебрегая силами трения, найдите установившуюся скорость движения перемычки.



Ответ дайте целым числом в метрах в секунду.