

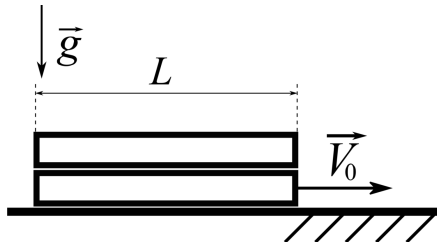
## Олимпиада «Физтех» по физике

11 класс, 2025/26 год, онлайн-этап, первый тур

1. На гладкой горизонтальной плоскости лежит доска длиной  $L = 0,5$  м, на которой в середине лежит небольшой брусок массой  $m = 1$  кг. Коэффициент трения скольжения бруска по доске равен  $\mu = 0,2$ . К доске прикладывают горизонтальную силу, направленную вдоль доски. Модуль силы зависит от времени по закону  $F = f_0 \cdot t$ , где  $f_0$  — постоянная (значение  $f_0$  не дано),  $t$  — время в секундах. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Найдите количество теплоты, выделившейся в результате трения бруска по доске к моменту соскальзывания бруска с конца доски. Доска и брусок движутся поступательно. Ответ приведите в [Дж] с точностью до десятых.

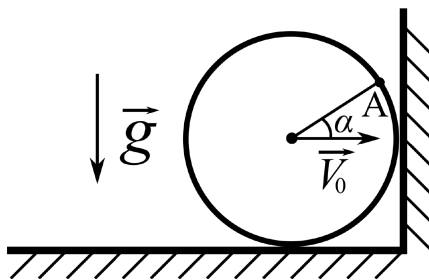
$$Q = \frac{1}{2} m v^2 = 0$$

2. Две одинаковые доски длиной  $L = 0,5$  м, лежащие одна на другой (см. рис.), движутся по горизонтальной плоскости со скоростью  $V_0 = 1,5$  м/с. В момент времени  $t = 0$  доски въезжают с гладкой полуплоскости на шероховатую. Коэффициент трения скольжения нижней доски по шероховатой полуплоскости равен  $\mu_1 = 0,3$ , коэффициент трения скольжения верхней доски по нижней равен  $\mu_2 = 0,1$ . В какой момент времени начнётся относительное движение досок? Ответ приведите в [мс] и округлите до целого числа. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Доски движутся поступательно.



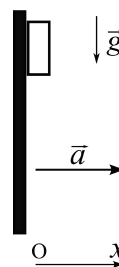
$$t = \frac{L}{V_0} \sqrt{\frac{g}{\mu_1 \mu_2}} = \frac{0,5}{1,5} \sqrt{\frac{10}{0,3 \cdot 0,1}} \approx 113 \text{ мс}$$

3. Однородный массивный обруч радиуса  $R = 0,5$  м катится без проскальзывания по горизонтальной шероховатой плоскости и абсолютно упруго сталкивается с вертикальной гладкой стенкой. Скорость центра масс обруча перед столкновением со стенкой равна  $V_0 = 1$  м/с. Угол между радиусом, проведённым в точку  $A$  из центра обруча, и горизонтом равен  $\alpha = 50^\circ$ . Коэффициент трения скольжения обруча по горизонтальной шероховатой плоскости равен  $\mu = 0,1$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Найдите модуль ускорения точки  $A$  в лабораторной системе отсчёта сразу после столкновения обруча со стенкой. Обруч движется в вертикальной плоскости, перпендикулярной стенке. За время соударения модуль скорости центра масс обруча и угловая скорость вращения обруча в системе центра масс не изменяются. Ответ приведите в [см/с<sup>2</sup>] и округлите до целого числа.



$$v_{A/c} \approx \left( v \sin \frac{\theta}{2} - (v \cos \theta) \right) + \left( (v \cos \frac{\theta}{2} - (v \sin \theta - 1) \right) \Lambda = v v$$

4. Вертикальная шероховатая плоскость движется поступательно вдоль горизонтальной оси  $Ox$ . Ускорение плоскости зависит от времени  $t$  по закону  $a = a_0 - \alpha t$ , где  $a_0 = 41$  м/с<sup>2</sup>,  $\alpha = 1$  м/с<sup>3</sup>. Плоскость толкает перед собой массивный брусок. В момент времени  $t = 0$  брусок покоится относительно плоскости, скорость движения плоскости и бруска пренебрежимо мала. Коэффициент трения скольжения бруска по плоскости равен  $\mu = 0,25$ . Найдите модуль скорости бруска относительно плоскости в момент времени  $\tau = 2$  с. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ приведите в [см/с] и округлите до целого числа. Силу сопротивления воздуха, действующую на брусок, считайте пренебрежимо малой. Брусок безотрывно движется по плоскости.



$$v/c \approx v/c \approx 12,5 \text{ м/с} = \frac{v \tau}{(0,25 - 1) \tau + 1} = 1$$

5. Герметичный цилиндрический сосуд разделён на две части лёгким поршнем, который может скользить в сосуде без трения. Первая часть сосуда наполнена одним идеальным газом, а вторая другим. Объём первой части сосуда составляет  $\alpha = 20\%$  от объёма сосуда. Отношение молярной массы газа в первой части сосуда к молярной массе газа во второй части сосуда равно  $\beta = \frac{\mu_1}{\mu_2} = 2$ . Температуры газов одинаковы. Найдите отношение массы газа в первой части сосуда к массе газа во второй части сосуда. Объём поршня мал по сравнению с объёмом сосуда. Ответ приведите с точностью до десятых.

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v-1}{g^v} = \frac{v u}{1 u}$$

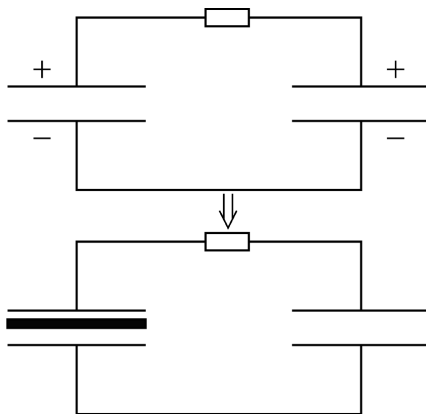
6. Идеальный одноатомный газ в количестве  $\nu_1 = 4$  моль расширяется в процессе, в котором зависимость объёма от температуры  $V = \alpha T^n$ , где  $\alpha$  — постоянная в  $[m^3/K^n]$  (значение не задано),  $T$  — температура в  $[K]$ ,  $n = 3$ . Начальная температура газа равна  $T_0 = 200$  К. Найдите работу газа к тому моменту, когда давление газа уменьшится в  $\alpha = 4$  раза по сравнению с начальным. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль · К). Ответ приведите в  $[кДж]$  и округлите до десятых.

$$A = \nu R T_0 \left( 1 - \frac{1}{\alpha} \right) = 19,944 \text{ кДж}$$

7. Герметичный цилиндрический сосуд разделён на две части легким подвижным поршнем, который может скользить внутри сосуда без трения. В одной части сосуда находится гелий при температуре  $T = 300$  К, а в другой — небольшое количество воды и пар при температуре  $T_0 = 100^\circ\text{C}$ . Из сосуда откачивают  $\nu = 2$  моль гелия. Температуру гелия, температуру воды и водяного пара поддерживают при этом постоянными. В процессе откачки гелия часть воды испаряется. Найдите приращение внутренней энергии системы «вода + пар» за время перехода из начального состояния в конечное. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль · К), удельная теплота парообразования воды  $L = 2,26$  МДж/кг, молярная масса воды  $\nu_1 = 18$  г/моль. Теплопроводность поршня пренебрежимо мала. Ответ приведите в  $[кДж]$  и округлите до десятых. Изменение объёма воды в процессе испарения считайте пренебрежимо малым.

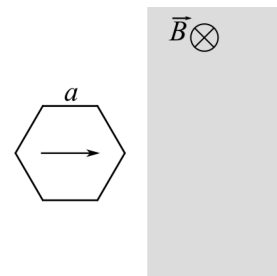
$$\Delta U = \nu R T_0 \left( \frac{L}{R T_0} - 1 \right) = 5,609 \text{ кДж}$$

8. Схема электрической цепи представлена на рисунке. Ёмкости конденсаторов одинаковы. Заряд каждого конденсатора  $q = 3$  мкКл. В один конденсатор параллельно обкладкам помещают незаряженную металлическую пластинку так, как показано на рисунке. Толщина пластинки меньше расстояния между обкладками в  $n = 2$  раза. Найдите модуль заряда, индуцированного на гранях металлической пластинки, параллельных обкладкам. Геометрические размеры этих граней и обкладок одинаковы. Ответ приведите в  $[мкКл]$  с точностью до целых.



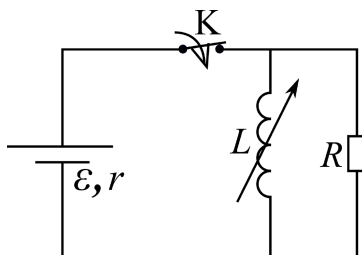
$$|q| = \frac{1 - n^2}{n^2} q = 4 \text{ мкКл}$$

9. Проволочную рамку в форме правильного шестиугольника с длиной стороны  $a = 10$  см перемещают в область однородного магнитного поля с индукцией  $B = 1$  Тл (см. рис.). Линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости рамки. Сопротивление рамки  $R = 0,1$  Ом. Найдите модуль заряда, протекшего через произвольное сечение проволоки рамки к моменту времени, когда рамка полностью окажется в области однородного магнитного поля. Ответ приведите в [мКл] с точностью до целых. Самоиндукцией рамки пренебрегите.



$$q \approx \frac{\mathcal{E} \Delta t}{R} = \frac{B a^2}{R} = 1 \text{ мКл}$$

10. Схема электрической цепи показана на рисунке. ЭДС батареи равна  $\mathcal{E} = 12$  В,  $R = 3$  Ом,  $r = 1$  Ом. Индуктивность катушки переменная. Через некоторое время после замыкания ключа ЭДС самоиндукции в катушке становится равной  $E_L = \alpha E_0$ , где  $\alpha = 0,5$ ,  $E_0$  — ЭДС самоиндукции в катушке сразу после замыкания ключа. Начиная с этого момента времени, индуктивность начинают изменять таким образом, что ЭДС самоиндукции в катушке остаётся постоянной и равной  $E_L$ . Найдите приращение индуктивности катушки за  $t = 20$  мс с момента начала её изменения. Ответ приведите в [мГн] с точностью до целых. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал.



$$\Delta L = \frac{R r \alpha t}{(1 + R/r)} = 15 \text{ мГн}$$