

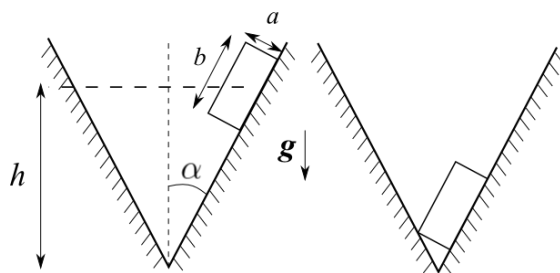
МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ФИЗИКЕ 2015–2016 уч. г.  
НУЛЕВОЙ ТУР, ЗАОЧНОЕ ЗАДАНИЕ. 11 КЛАСС

В прилагаемом файле приведено январское заочное задание для 11 класса. Подготовьте несколько листов в клетку, на которых от руки напишите развёрнутые решения прилагаемых задач. Сфотографируйте или отсканируйте страницы с Вашими решениями так, чтобы текст был чётко виден. Создайте архив фотографий с решениями и прикрепите к заданию. Развёрнутые решения задач оцениваются максимально в 30 баллов (по 6 баллов за полное правильное решение каждой задачи).

**ЗАДАЧИ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ**

*Развёрнутое решение задачи включает в себя законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для её решения, а также математические преобразования, приводящие к решению в общем виде, и расчёты с численным ответом и единицами измерения.*

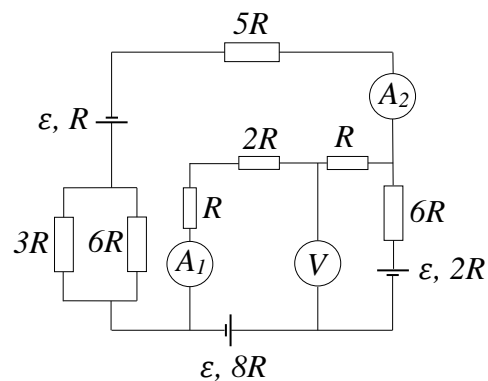
**Задача 1.** Между двумя плоскостями, составляющими угол  $2\alpha$ , на поверхности одной из плоскостей находится брусок длиной  $b$  и высотой  $a$ . В начальный момент времени центр масс бруска находится на высоте  $h$  от линии пересечения плоскостей. Брусок отпускают без начальной скорости, он соскальзывает и касается своим ребром другой плоскости. Найдите скорость бруска в этот момент. Линия пересечения плоскостей параллельна поверхности земли. Трением пренебречь.



**Задача 2.** Математический маятник колеблется с угловой амплитудой  $\varphi_0 = 0,1$  рад. В момент прохождения маятником нижней точки своей траектории, скорость маятника резко увеличили в 2 раза. Найдите новую угловую амплитуду колебаний  $\varphi_1$ .

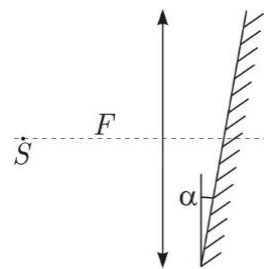
**Задача 3.** Герметичный сосуд заполнен двухатомным идеальным газом. После значительного повышения температуры часть молекул диссоциировала на атомы, при этом удельная теплоёмкость всего газа возросла на 10%. Какая часть молекул диссоциировала? Теплоёмкость одного моля двухатомного идеального газа при неизменном объёме  $c_V = 2,5 R$ .

**Задача 4.** В схеме, изображенной на рисунке, определить показание амперметра  $A_1$ . Приборы считать идеальными.



**Задача 5.** За собирающей линзой расположено плоское зеркало, причём угол между зеркалом и линзой равен  $\alpha$ . На главной оптической оси линзы в фокусе расположен ис-

точник света  $S$ . Определите, на каком расстоянии от источника света находится его изображение, если фокусное расстояние линзы равно  $F$ .



## ЗАДАНИЯ С КРАТКИМ ОТВЕТОМ

**Задание 1 (по условию задачи 1).** Чему равно ускорение бруска, если  $\alpha = 30^\circ$ , ускорение свободного падения  $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Ответ представьте в  $\text{м/с}^2$  и округлите до десятых. Единицы измерений указывать не нужно. Правильный ответ оценивается в 2 балла.

**Задание 2 (по условию задачи 1).** Чему равно время движения бруска, если  $h = 1$  (м),  $a = 20$  (см),  $b = 30$  (см),  $\alpha = 30^\circ$ , ускорение свободного падения  $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Ответ представьте в секундах и округлите до сотых. Единицы измерений указывать не нужно. Правильный ответ оценивается в 3 балла.

**Задание 3 (по условию задачи 2).** Во сколько раз увеличится период колебаний маятника после изменения скорости в момент прохождения маятником нижней точки своей траектории? Ответ округлите до целого. Правильный ответ оценивается в 2 балла.

**Задание 4 (по условию задачи 2).** Чему равна скорость маятника в нижней точке траектории до её увеличения, если длина нити равна  $l = 1$  (м), ускорение свободного падения  $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ? Ответ представьте в  $\text{м/с}$  и округлите до десятых. Единицы измерений указывать не нужно. Правильный ответ оценивается в 2 балла.

**Задание 5 (по условию задачи 3).** Найдите число диссоциированных молекул, если первоначально газ находился при нормальных условиях, а объём сосуда равен  $V = 30$  (л). Ответ представьте в единицах  $N_A$  и округлите до сотых. Единицы измерений указывать не нужно. Правильный ответ оценивается в 3 балла.

**Задание 6 (по условию задачи 4).** Чему равно показание вольтметра, если  $\varepsilon = 10$  (В),  $R = 1$  (Ом)? Ответ представьте в Вольтах и округлите до десятых. Единицы измерений указывать не нужно. Правильный ответ оценивается в 2 балла.

**Задание 7 (по условию задачи 4).** Чему равно показание амперметра  $A_2$ , если  $\varepsilon = 10$  (В),  $R = 1$  (Ом)? Ответ представьте в Амперах и округлите до сотых. Единицы измерений указывать не нужно. Правильный ответ оценивается в 2 балла.

**Задание 8 (по условию задачи 5).** Запишите в ответ номер правильного утверждения из приведённых ниже:

1. Пучок параллельных лучей, падающий на собирающую линзу, соберётся в её фокусе.
2. Пучок параллельных лучей, падающий на рассеивающую линзу, соберётся в её фокальной плоскости.
3. Пучок лучей, параллельных оптической оси собирающей линзы, соберётся в её фокусе.
4. Пучок лучей, параллельных оптической оси рассеивающей линзы, соберётся в её фокусе.

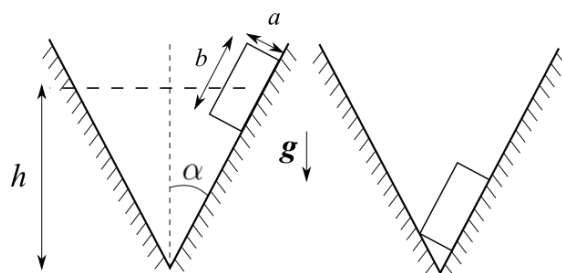
Правильный ответ оценивается в 2 балла.

**Задание 9 (по условию задачи 5).** Дайте численный ответ на вопрос задачи, если  $F = 40$  см,  $\alpha = 0,1$  рад. Ответ выразите в см и округлите до целого. Единицы измерения указывать не нужно. Правильный ответ оценивается в 2 балла.



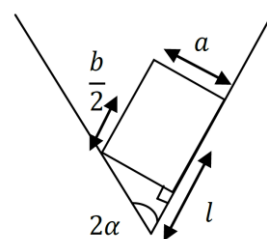
Заочное задание (январь) состоит из пяти задач. За решение каждой задачи участник получает до 4 баллов по результатам автоматической проверки ответов и до 6 баллов на основании проверки развёрнутого ответа. Всего участник может получить до 50 баллов.

**Задача 1.** Между двумя плоскостями, составляющими угол  $2\alpha$ , на поверхности одной из плоскостей находится брусок длиной  $b$  и высотой  $a$ . В начальный момент времени центр масс бруска находится на высоте  $h$  от линии пересечения плоскостей. Брусок отпускают без начальной скорости, он соскальзывает и касается своим ребром другой плоскости. Найдите скорость бруска в этот момент. Линия пересечения плоскостей параллельна поверхности земли. Трением пренебrecь.



**Возможное решение.** Сначала нужно определить перемещение центра масс бруска. Из геометрии находим, что начальная координата центра масс бруска относительно ребра двугранного угла  $l_0 = \frac{h}{\cos \alpha} - \frac{a}{2} \operatorname{tg} \alpha$ , а конечная (см. рисунок)

$$l = \frac{b}{2} + \frac{a}{\operatorname{tg} 2\alpha}.$$



1-й способ (динамический).

Согласно второму закону Ньютона, ускорение бруска равно:

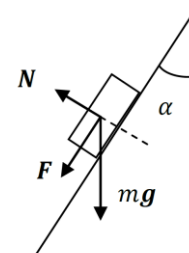
$$a = \frac{F}{m} = \frac{mg \cos \alpha}{m} = g \cos \alpha = 8,5 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$

Путь  $l_0 - l$  брусок прошел за время  $t$ :

$$l_0 - l = (g \cos \alpha) \frac{t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2(l_0 - l)}{g \cos \alpha}} = 0,44 \text{ (с)}.$$

Скорость бруска в конце пути:

$$v = (g \cos \alpha) \cdot t = \sqrt{2g \left( h - \frac{a}{2} \sin \alpha - \frac{b}{2} \cos \alpha - \frac{a \cos \alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha} \right)}.$$



2-й способ (энергетический).

Из-за отсутствия диссипации (трения) полная механическая энергия сохраняется. Поэтому

$$mgh = mgl \cos \alpha + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = 2g(l_0 - l) \cos \alpha \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{2g \left( h - \frac{a}{2} \sin \alpha - \frac{b}{2} \cos \alpha - \frac{a \cos \alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha} \right)}.$$

**Критерии оценок развёрнутого решения.** За полное решение задачи участник получает *6 баллов*. За решение, доведённое до правильного ответа, но с недочётами в доказательстве участник получает *4 балла*. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до *2 утешительных баллов* по следующим основаниям: правильное использование законов Ньютона или закона сохранения энергии.

**Задача 2.** Математический маятник колеблется с угловой амплитудой  $\varphi_0 = 0,1$  рад. В момент прохождения маятником нижней точки своей траектории, скорость маятника резко увеличили в 2 раза. Найдите новую угловую амплитуду колебаний  $\varphi_1$ .

**Возможное решение.** Пусть  $v$  — скорость маятника в нижней точке траектории. Из закона сохранения энергии

$$\frac{v^2}{2} = gl(1 - \cos \varphi_0) \Rightarrow v = \sqrt{2gl(1 - \cos \varphi_0)} = 0,3 \text{ (м/с)}.$$

После того, как скорость маятника увеличили

$$2v^2 = gl(1 - \cos \varphi_1).$$

Значит,

$$1 - \cos \varphi_1 = 4(1 - \cos \varphi_0) \Rightarrow \varphi_1 = \arccos(4 \cos \varphi_0 - 3) \approx 0,2 \text{ рад}.$$

**Критерии оценок развёрнутого решения.** За полное решение задачи участник получает *6 баллов*. За решение, доведённое до конечного ответа, но с недочётами в доказательстве или вычислительной ошибкой участник получает *4 балла*. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до *2 утешительных баллов* по следующим основаниям: правильное использование закона сохранения энергии.

**Задача 3.** Герметичный сосуд заполнен двухатомным идеальным газом. После значительного повышения температуры часть молекул диссоциировала на атомы, при этом удельная теплоёмкость всего газа возросла на 10%. Какая часть молекул диссоциировала? Теплоёмкость одного моля двухатомного идеального газа при неизменном объёме  $c_V = 2,5 R$ .

**Возможное решение.** Пусть  $m$  — масса всей смеси,  $\alpha$  — коэффициент диссоциации, тогда  $\alpha m$  — масса диссоциированных молекул. Удельная теплоёмкость одноатомного газа:  $C_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{\mu}$ , двухатомного:  $C_2 = \frac{5}{2} \cdot \frac{R}{2\mu}$ , где  $\mu$  — молярная масса одноатомного газа. Удельная теплоёмкость смеси равна:

$$C = \alpha C_1 + (1 - \alpha)C_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{\mu} \cdot \alpha + \frac{5}{2} \cdot \frac{R}{2\mu} \cdot (1 - \alpha).$$

По условию  $C = 1,1 \cdot C_2$ . Откуда получаем:  $\alpha = 0,5$ .

Из определения количества вещества получаем:

$$v = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_\mu} \Rightarrow N = \frac{V}{V_\mu} N_A \Rightarrow N_{\text{дис}} = \left( \alpha \frac{V}{V_\mu} \right) N_A = 0,67 \cdot N_A.$$

**Критерии оценок развёрнутого решения.** За полное решение задачи участник получает *6 баллов*. За решение, доведённое до правильного ответа, но с недочётами в доказательстве участник получает *4 балла*. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до *2 утешительных баллов* по следующим основаниям: правильно записана удельная теплоёмкость смеси.

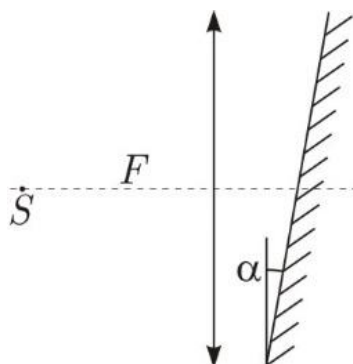
**Задача 4.** В схеме, изображенной на рисунке, определить показание амперметра  $A_1$ . Приборы считать идеальными.

**Возможное решение.** Упростив схему, приходим к картине, изображенной на рисунке, где к точкам  $A$ ,  $B$  и  $C$  подключены два резистора с сопротивлениями  $R$ , резистор с сопротивлением  $2R$ , амперметр  $A_1$  и вольтметр (эти элементы не изображены на рисунке).

Из симметрии следует что потенциалы точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  равны. Следовательно, показание амперметра  $A_1$  равно:  $I_1 = 0$ , показание вольтметра равно:  $U_V = 0$ , а показание амперметра  $A_2$  равно:  $I_2 = \frac{\varepsilon}{8R} = 1,25$  (А).

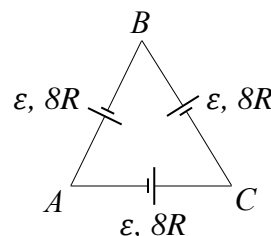
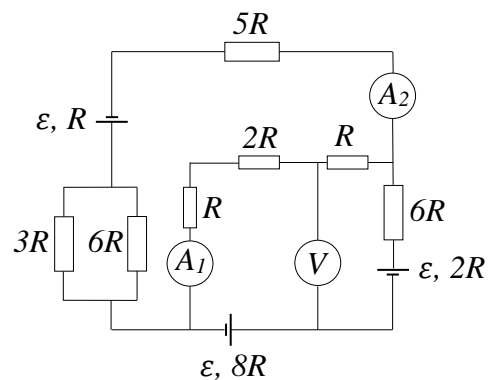
**Критерии оценок развёрнутого решения.** За полное решение задачи участник получает 6 баллов. За решение, доведённое до правильного ответа, но с недочётами в доказательстве участник получает 4 балла. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до 2 утешительных баллов по следующим основаниям: правильное использование законов Кирхгофа.

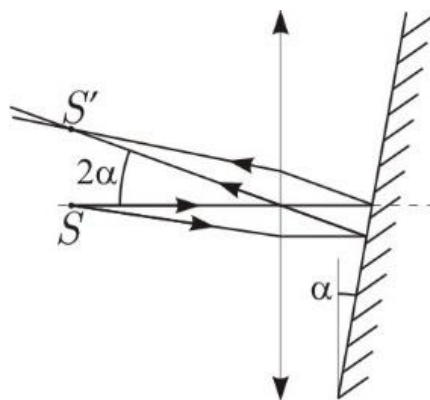
**Задача 5.** За собирающей линзой расположено плоское зеркало, причём угол между зеркалом и линзой равен  $\alpha$ . На главной оптической оси линзы в фокусе расположен источник света  $S$ . Определите, на каком расстоянии от источника света находится его изображение, если фокусное расстояние линзы равно  $F$ .



**Возможное решение.** Так как источник  $S$  находится в фокусе, то после линзы лучи от него будут представлять параллельный пучок. Каждый такой луч падает на линзу под углом падения  $\alpha$ , угол отражения так же равен  $\alpha$ , поэтому, угол между отраженным от зеркала лучом и оптической осью будет  $2\alpha$ . Получаем параллельный пучок под углом  $2\alpha$  к оптической оси, который опять должен собраться в фокальной плоскости линзы. Положение точки сбора лучей определяется лучом, проходящим через центр линзы, который не преломляется.

Таким образом, расстояние между источником и его изображением равно  $F \operatorname{tg} 2\alpha$ .





**Критерии оценок развёрнутого решения.** За полное решение задачи участник получает *6 баллов*. Если ход решения правильный, но допущена вычислительная ошибка или недочёт в рассуждениях, участник получает *4 балла*. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до *2 утешительных баллов* по следующим основаниям: правильное использование закона отражения, правильное построение хода лучей, прошедших через линзу.

#### **Автоматическая проверка ответов**

**Задание 1.** 8,5

**Задание 2.** 0,44

**Задание 3.** 1

**Задание 4.** 0,3

**Задание 5.** 0,67

**Задание 6.** 0

**Задание 7.** 1,25

**Задание 8.** 3

**Задание 9.** 8