

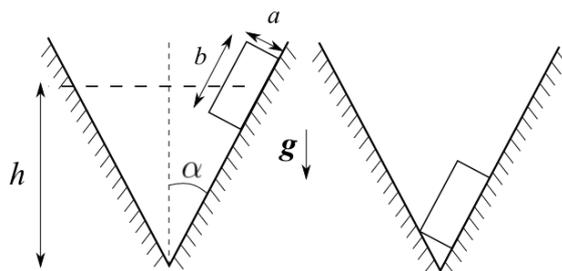
МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
 ПО ФИЗИКЕ 2015–2016 уч. г.
 НУЛЕВОЙ ТУР, ЗАОЧНОЕ ЗАДАНИЕ. 11 КЛАСС

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.

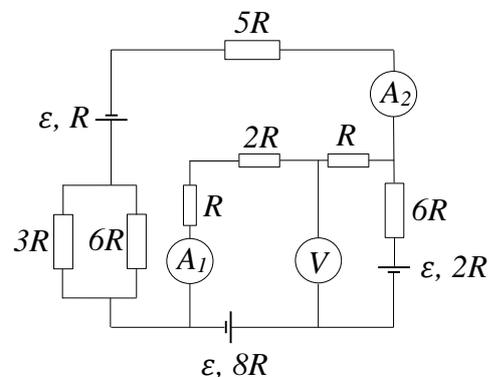
Задача 1. Между двумя плоскостями, составляющими угол 2α , на поверхности одной из плоскостей находится брусок длиной b и высотой a . В начальный момент времени центр масс бруска находится на высоте h от линии пересечения плоскостей. Брусок отпускают без начальной скорости, он соскальзывает и касается 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 φ_1 .

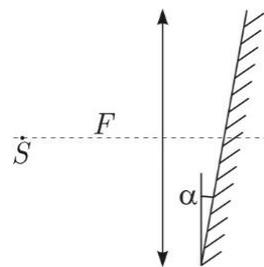
Задача 3. Герметичный сосуд заполнен двухатомным идеальным газом. После значительного повышения температуры часть молекул диссоциировала на атомы, при этом удельная теплоёмкость всего газа возросла на 10%. Какая часть молекул диссоциировала? Теплоёмкость одного моля двухатомного идеального газа при неизменном 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 α . 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 $g = 9,8 \frac{m}{c^2}$. Ответ представьте в m/c^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 $g = 9,8 \frac{m}{c^2}$. 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 $g = 9,8 \frac{m}{c^2}$? Ответ представьте в m/c 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:

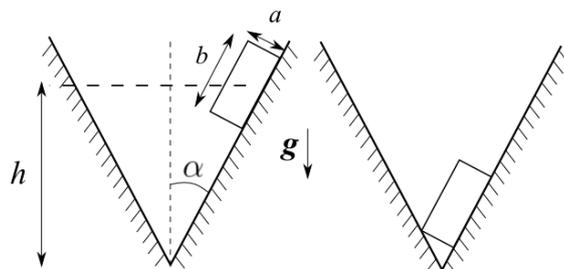
1. Пучок параллельных лучей, падающий на собирающую линзу, соберётся в её фокусе.
2. Пучок параллельных лучей, падающий на рассеивающую линзу, соберётся в её фокальной плоскости.
3. Пучок лучей, параллельных оптической оси собирающей линзы, соберётся в её фокусе.
4. Пучок лучей, параллельных оптической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

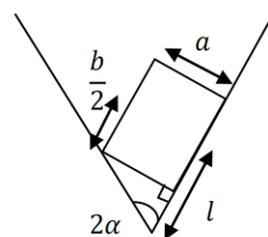
Заочное задание (январь) состоит из пяти задач. За решение каждой задачи участник получает до 4 баллов по результатам автоматической проверки ответов и до 6 баллов на основании проверки развёрнутого ответа. Всего участник может получить до 50 баллов.

Задача 1. Между двумя плоскостями, составляющими угол 2α , 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 $l_0 = \frac{h}{\cos \alpha}$, 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:

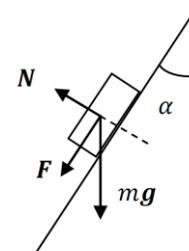
$$a = \frac{F}{m} = \frac{mg \cos \alpha}{m} = g \cos \alpha = 8,5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$

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

$$l_0 - l = (g \cos \alpha) \frac{t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2(l_0 - l)}{g \cos \alpha}} = 0,46 \text{ (с)}.$$

Скорость бруска в конце пути:

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



2-й способ (энергетический).

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

$$mgh = mgl \cos \alpha + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = 2g(l_0 - l) \cos \alpha \Rightarrow v = \sqrt{2g \left(h - \frac{b}{2} \cos \alpha - \frac{a \cos \alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha} \right)}.$$

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 от-

вета, 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 φ_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, α — коэффициент диссоциации, тогда αm — 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 μ — 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.

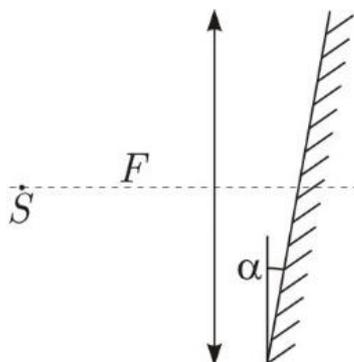
Задача 4. В схеме, изображенной на рисунке, определить показание амперметра A_1 . Приборы считать идеальными.

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).

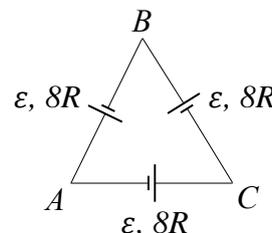
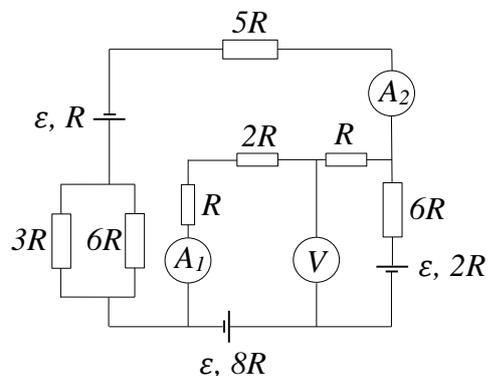
Критерии оценок развернутого решения. За полное решение задачи участник получает *6 баллов*. За решение, доведенное до правильного ответа, но с недочётами в доказательстве участник получает *4 балла*. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до *2 утешительных баллов* по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

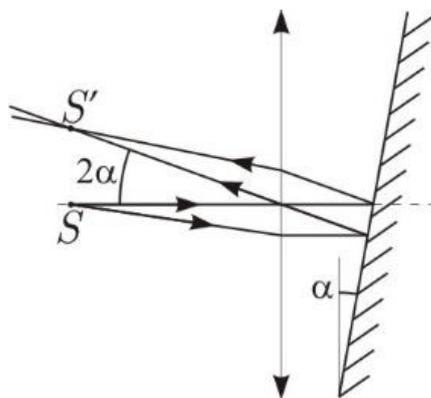
Задача 5. За собирающей линзой расположено плоское зеркало, причём угол между зеркалом и линзой равен α . На главной оптической оси линзы в фокусе расположен источник света S . Определите, на каком расстоянии от источника света находится его изображение, если фокусное расстояние линзы равно F .



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 α , угол отражения так же равен α , поэтому, угол между отраженным от зеркала лучом и оптической осью будет 2α . Получаем параллельный пучок под углом 2α 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. 0,46

Задание 3. 1

Задание 4. 0,3

Задание 5. 0,67

Задание 6. 0

Задание 7. 1,25

Задание 8. 3

Задание 9. 8