

# МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ПО ФИЗИКЕ 2016–2017 уч. г.

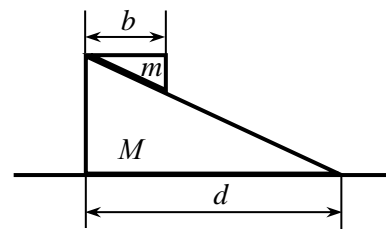
## НУЛЕВОЙ ТУР, ЗАОЧНОЕ ЗАДАНИЕ. 10 КЛАСС

В прилагаемом файле приведено декабрьское заочное задание для 10-го класса. Подготовьте несколько листов в клетку, на которых от руки напишите развёрнутые решения прилагаемых задач. Сфотографируйте 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

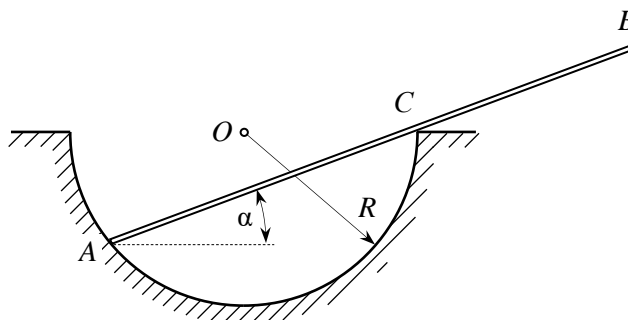
*Развёрнутое решение задачи включает в себя законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для её решения, а также математические преобразования, приводящие к решению в общем виде, и расчёты с численным ответом и единицами измерения.*

**Задача 1.** Два гоночных автомобиля с открытыми (без крыльев) колёсами едут друг за другом по мокрому прямолинейному горизонтальному шоссе со скоростью  $v = 150$  км/ч. При каком минимальном расстоянии  $r$  между ними брызги из-под колёс переднего автомобиля не будут попадать на лобовое стекло заднего? Размерами автомобилей по сравнению с расстоянием между ними пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

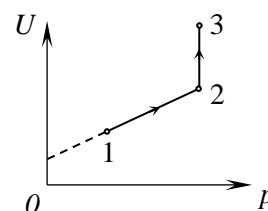


**Задача 2.** Какое расстояние  $S$  пройдёт нижняя призма, когда верхняя коснётся плоскости? Размеры и массы тел указаны на рисунке. В начальный момент система покоилась. Трения нет.

**Задача 3.** В горизонтальной плоской плите сделано углубление в виде полусферы радиусом  $R$ . В углубление опущен однородный тонкий стержень  $AB$  неизвестной длины  $l$  ( $2R < l < 4R$ ). Найдите длину стержня, если он образует с горизонтом угол  $\alpha$ . Трения нигде нет.

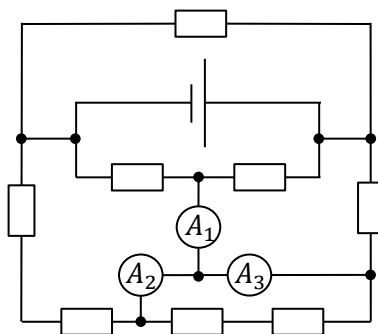


**Задача 4.** Внутренняя энергия и давление идеального газа изменялись в соответствии с приведенным графиком.



Определите, увеличивалась или уменьшалась плотность газа на участках 1-2 и 2-3.

**Задача 5.** В цепи, представленной на рисунке, сопротивления резисторов одинаковы и равны  $1\text{ кОм}$ , сопротивления амперметров пренебрежимо малы. Напряжение идеального источника  $70\text{ В}$ . Найдите показания амперметров.



## ЗАДАНИЯ С КРАТКИМ ОТВЕТОМ

### Задание 1 (по условию задачи 1).

Чему равно время полёта капли? Ускорение свободного падения принять равным  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ . Ответ представьте в с и округлите до целого. Правильный ответ оценивается в 3 балла.

### Задание 2 (по условию задачи 2).

Чему равен угол между направлением вектора абсолютной скорости верхней призмы и горизонталью, если  $M = 1 \text{ кг}$ ,  $m = 2 \text{ кг}$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ? Ответ представьте в градусах и округлите до целого. Правильный ответ оценивается в 4 балла.

### Задание 3 (по условию задачи 3).

Чему равно отношение реакций опоры  $\frac{N_C}{N_A}$ , если  $\alpha = 30^\circ$ ? Ответ округлите до первого знака после запятой. Правильный ответ оценивается в 3 балла.

### Задание 4 (по условию задачи 4).

Какое количество теплоты было подведено на участке 2-3? Изменение внутренней энергии на этом участке равно  $\Delta U_{23} = U_3 - U_2 = 300 \text{ Дж}$ . Ответ выразите в Дж и округлите до целого. Правильный ответ оценивается в 3 балла.

### Задание 5 (по условию задачи 5).

Чему равно общее сопротивление цепи? Ответ выразите в Омах, округлите до целого. Правильный ответ оценивается в 3 балла.

Московская олимпиада по физике, 2016/2017, нулевой тур,  
заочное задание (декабрь), 10-й класс

Заочное задание (декабрь) 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.** Два гоночных автомобиля с открытыми (без крыльев) колёсами едут друг за другом по мокрому прямолинейному горизонтальному шоссе со скоростью  $v = 150$  км/ч. При каком минимальном расстоянии  $r$  между ними брызги из-под колёс переднего автомобиля не будут попадать на лобовое стекло заднего? Размерами автомобилей по сравнению с расстоянием между ними пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

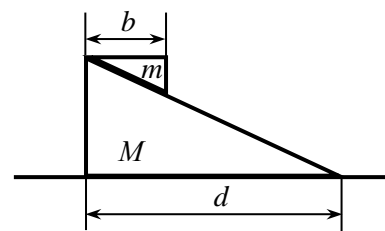
**Возможное решение.** В системе отсчёта, связанной с автомобилями, искомое расстояние равно наибольшей дальности полёта капель, вылетающих из-под задних колёс со скоростями  $v$  под всевозможными углами  $\alpha$ . Поскольку время полёта (подъёма-спуска) капли  $\tau = 2 \frac{v \sin \alpha}{g}$ , дальность полёта  $l = v\tau \cos \alpha = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$ . Она максимальна, очевидно, при  $\sin 2\alpha = 1$ , так что  $r = \frac{v^2}{g} \cong 177$  м.

Решение задания с кратким ответом:

$$\tau = 2 \frac{v \sin \alpha}{g} = 6 \text{ с.}$$

**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.

**Задача 2.** Какое расстояние  $S$  пройдёт нижняя призма, когда верхняя коснётся плоскости? Размеры и массы тел указаны на рисунке. В начальный момент система покоилась. Трения нет.

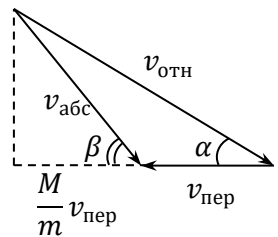


**Возможное решение.** Оба тела будут ускоряться только за счёт (равных по величине) горизонтальных составляющих сил их взаимодействия – нормальных реакций (ибо проекции всех других сил на горизонталь равны нулю). Значит, отношение (горизонтальных) ускорений призм будет обратно отношению их масс:  $\frac{a_m}{a_M} = \frac{M}{m}$ . Таким же будет и отношение пройденных ими расстояний. Сумма же этих расстояний равна, очевидно,  $d - b$ . Значит,

$$\begin{cases} \frac{S}{s} = \frac{m}{M} \\ S + s = d - b \end{cases} \Rightarrow S = \frac{m}{M+m} (d - b).$$

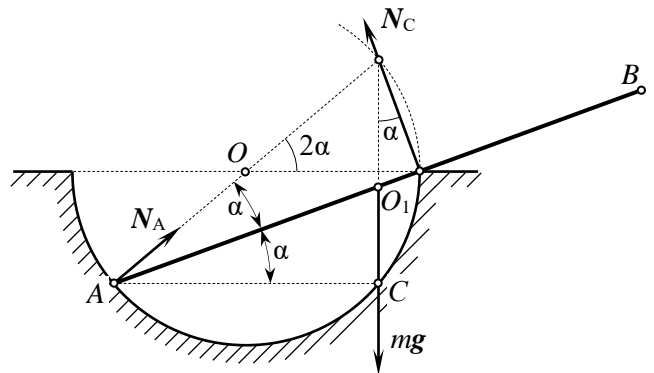
Решение задания с кратким ответом. Из рисунка находим

$$\frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{\left(1 + \frac{M}{m}\right) v_{\text{пер}}}{\frac{M}{m} v_{\text{пер}}} \Rightarrow \operatorname{tg} \beta = \frac{M+m}{M} \operatorname{tg} \alpha = \sqrt{3} \Rightarrow \beta = 60^\circ.$$



**Критерии оценок развёрнутого решения.** За полное решение задачи участник получает 6 баллов. Получено отношение пройденных (горизонтальных) расстояний призм – 2 балла. Указана сумма этих расстояний – 2 балла. Получено выражение расстояния  $S$  – 2 балла. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до 2 *утешительных баллов* по следующим основаниям: правильное использование закона сохранения энергии и теоремы о движении центра масс.

**Задача 3.** В горизонтальной плоской плите сделано углубление в виде полусферы радиусом  $R$ . В углубление опущен однородный тонкий стержень  $AB$  неизвестной длины  $l$  ( $2R < l < 4R$ ). Найдите длину стержня, если он образует с горизонтом угол  $\alpha$ . Трения нигде нет.



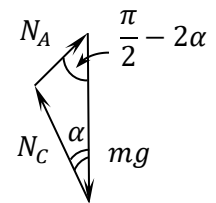
**Возможное решение.** Стержень находится в покое под действием плоской системы трех непараллельных сил,

следовательно, линии действия этих сил пересекаются в одной точке. Из рисунка находим

$$AC = \frac{l}{2} \cos \alpha = 2R \cos 2\alpha \Rightarrow l = 4R \frac{\cos 2\alpha}{\cos \alpha}.$$

Решение задания с кратким ответом. По теореме синусов находим

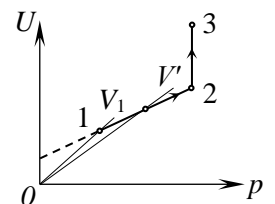
$$\frac{N_C}{N_A} = \frac{\cos 2\alpha}{\sin \alpha} = 1.$$



**Критерии оценок развёрнутого решения.** За полное решение задачи участник получает 6 баллов. Сформулирована теорема о трёх силах – 2 балла. Нарисован правильный чертёж – 2 балла. Найдена длина стержня – 2 балла. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до 2 *утешительных баллов* по следующим основаниям: правильное использование законов Ньютона и уравнения моментов сил.

**Задача 4.** Внутренняя энергия и давление идеального одноатомного газа изменялись в соответствии с приведенным графиком. Определите, увеличивалась или уменьшалась плотность газа на участках 1-2 и 2-3.

**Возможное решение.** Движение вдоль 1-2 можно рассматривать как переход с изохоры на изохору, соответствующую всё меньшему и меньшему значению объёма ( $V_1 > V', V' > V_2$ ). Значит, на участке 1-2 плотность газа увеличивается. На участке 2-3, очевидно, плотность газа уменьшается, поскольку это изобара, вдоль которой температура растёт, а объём, следовательно, увеличивается.



Решение задания с кратким ответом:

$$Q_{23} = \nu c_p \Delta T_{23} = \frac{c_p}{c_v} \Delta U_{23} = 500 \text{ Дж.}$$

**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 уравнения состояния и формулы для внутренней энергии идеального газа.

**Задача 5.** В цепи, представленной на рисунке, сопротивления резисторов одинаковы и равны 1 кОм, сопротивления амперметров пренебрежимо малы. Напряжение идеального источника 70 В. Найдите показания амперметров.

**Возможное решение.** Вначале найдём токи через резисторы. При расчёте этих токов амперметры можно заменить проводами с нулевым сопротивлением. Значит,

потенциалы точек *C, D, E* одинаковы. Расставим токи в схеме, с учетом закона Ома и закона сохранения заряда (см. рис.). Амперметры  $A_1, A_2, A_3$  будут показывать токи 10 мА, 20 мА, 30 мА соответственно.

Решение задания с кратким ответом:

$$R_{\text{общ}} = \frac{70 \text{ В}}{130 \text{ мА}} \cong 538 \text{ Ом.}$$

**Критерии оценок развёрнутого решения.** За полное решение задачи участник получает 6 баллов. За указание равенства потенциалов точек *C, D, E* – 1 балл. Найдено правильное распределение токов – 4 балла. Найдены показания амперметров – 1 балл. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до 2 *утешительных баллов* по следующим основаниям: правильное использование законов Кирхгофа.

*Автоматическая проверка ответов.*

**Задание 1.** 6

**Задание 2.** 60

**Задание 3.** 1

**Задание 4.** 500

**Задание 5.** 538

