

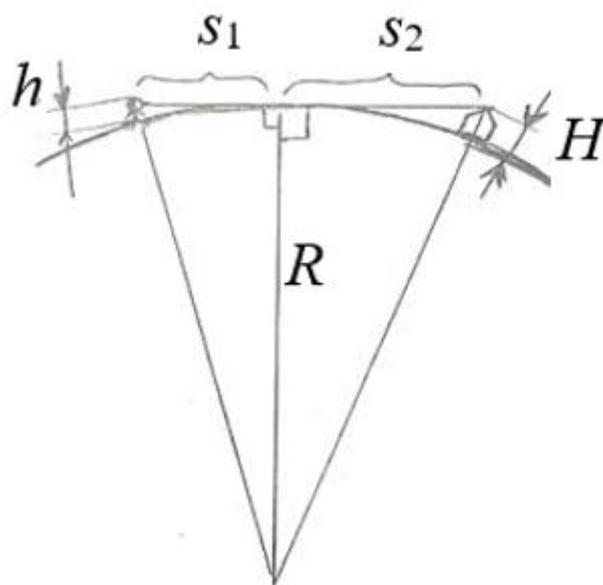
## Задания 8 класс с решениями

### Задача № 1. Неплоская Земля

Какой должна быть минимальная высота  $H$  домов в поселке, чтобы человек на открытой ровной местности мог увидеть их крыши с расстояния  $s = 15$  км? Рост человека принять равным  $h = 1,7$  м. Радиус Земли приближенно равен 6400 км. Ответ выразить в СИ, округлить до десятых.

#### Возможное решение

1. Обозначим радиус Земли  $R$ , высоту человека  $h$ , дома –  $H$ , расстояния до линии горизонта: от наблюдателя –  $s_1$ , от крыши дома –  $s_2$ . Очевидно,  $s = s_1 + s_2$ . Имеем два прямоугольных треугольника.
2. Применим теорему Пифагора для каждого из них, выражая  $s_1$  и  $s_2$  соответственно:



$$s_1^2 = (R+h)^2 - R^2 \quad \text{и} \quad s_2^2 = (R+H)^2 - R^2$$

3. В каждом выражении можно пренебречь квадратом малого расстояния ( $h^2$  и  $H^2$ ), так как каждое из них много меньше  $R^2$ , и  $2Rh$  (или  $2RH$ ):

$$s_1^2 = (R+h)^2 - R^2 \approx 2Rh; \quad s_2^2 = (R+H)^2 - R^2 \approx 2RH.$$

4. Тогда  $s \approx \sqrt{2RH} + \sqrt{2Rh}$ , откуда  $\sqrt{2RH} = s - \sqrt{2Rh}$

$$2RH = (s - \sqrt{2Rh})^2 \quad \text{и}$$

$$H = \frac{(s - \sqrt{2Rh})^2}{2R} = \frac{(15000 - \sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \cdot 1,7})^2}{2 \cdot 6,4 \cdot 10^6} \approx 8,3 \text{ м}$$

### **Критерии оценивания**

За 1-й пункт – 4 балла

За 2-й пункт – 2 балла

За 3-й пункт – 2 балла

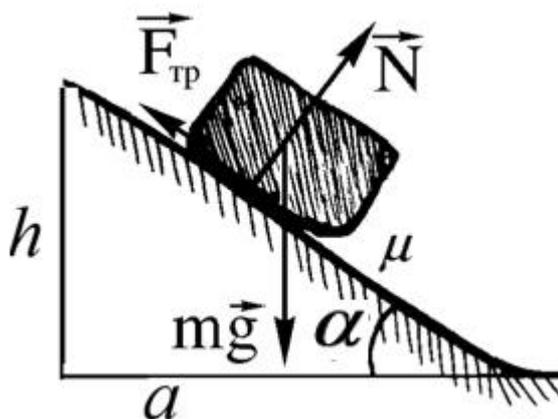
За 4-й пункт – 2 балла

В том случае, когда приближение (п. 3) не проведено, но вычисление привело к верному значению, пункт 3 не оценивается, а за 4-й пункт, выполненный с учетом квадратов высот ( $h^2$  и  $H^2$ ) и правильное вычисление искомой высоты, добавляется 1 балл. То есть, в таком случае максимальная оценка может составить 7 баллов (один балл снимается за нерациональность).

**! ВНИМАНИЕ!** По этой и другим заданиям придерживаться правила: если задача не решена, но приведены некоторые идеи по существу условия задачи, можно оценивать каждую задачу в 1 или 2 балла в качестве поощрения.

### **Задача № 2. Груз на клине**

Груз массой  $m = 2$  кг покоится на неподвижной наклонной плоскости в форме клина с углом наклона  $\alpha$  (см. рис.). Отношение длины  $a$  основания клина к его высоте  $h$  равно 3. Коэффициент трения скольжения груза о поверхность клина составляет  $\mu = 0,5$ . Найти силу трения, удерживающую груз.



### ***Возможное решение***

1. Очевидно, искомая сила является силой трения покоя. Такая сила равна по величине приложенной («скатывающей» по старинной терминологии) силе. Этой силой является проекция силы тяжести на ось, параллельную наклонной плоскости и направленную в сторону возможного движения груза,

$$F_{\text{ПРИЛ}} = mg \sin \alpha$$

2. Найдем  $\sin \alpha$ . По условию,  $a/h = 3$ . Очевидно, данное выражение есть

$\text{ctg } \alpha$ . Поскольку  $\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{ctg}^2 \alpha}}$ , произведя вычисления, получим

$$\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{10}} \approx 0,316$$

3. Вычислим силу трения:  $F_{\text{ТР}} = F_{\text{ПРИЛ}} = 2 \cdot 10 \cdot 0,316 = 6,32 \text{ Н}$ .

**(ответ)**

### ***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 4 балла

За 2-й пункт – 4 балла

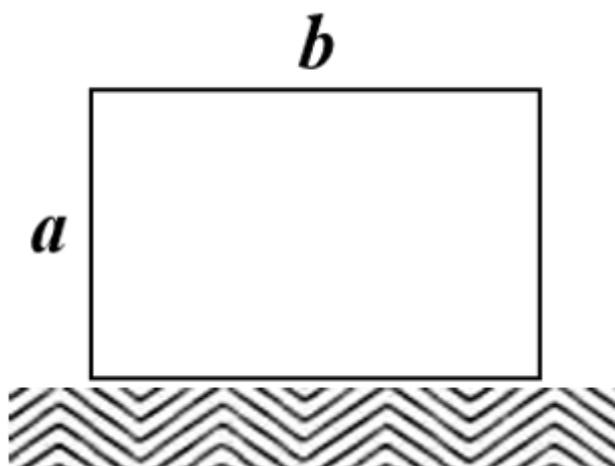
За 3-й пункт – 2 балла

Если участник олимпиады пишет для силы трения выражение  $F_{\text{ТР}} = \mu N$ , он демонстрирует непонимание различия между силой трения покоя и силой трения скольжения; максимальная оценка за решение не может превышать 2 балла. Если автор решения приходит к верной формуле  $F_{\text{ПРИЛ}} = mg \sin \alpha$ , но  $\sin \alpha$  находит другим способом, оценка по данному пункту в случае правильных промежуточных значений снижаться не должна.

### ***Задача № 3. Строительные работы***

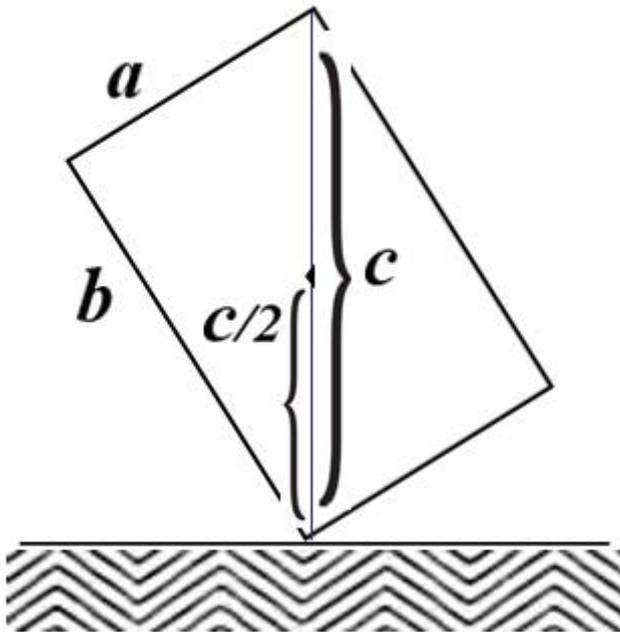
Строительный блок (похожий на кирпич) представляет собой прямоугольный брусок массы  $m = 3 \text{ кг}$  (см. рис.). Стороны  $a = 30 \text{ см}$ ,  $b = 40 \text{ см}$ . Третья сторона (которая не показана на рис.) равна, как и меньшая, 30 см. Блок лежит на

горизонтальной поверхности, опираясь на грань наибольшей площади. Если к телу прикладывается внешняя сила, то механическая энергия тела изменяется. Минимальную работу внешних сил можно вычислить как изменение механической (кинетической и потенциальной) энергии. Найдите такую минимальную работу, необходимую для того, чтобы перевернуть блок на противоположную грань. Положение протяженного тела определяется по координате его центра тяжести. Считайте, что проскальзывание отсутствует. Сделайте поясняющий рисунок.



### *Возможное решение*

1. Изменение энергии складывается из изменений кинетической и потенциальной энергии. Если рассматривать блок в начальном и конечном положениях, его потенциальная энергия одинакова. Но в процессе переворачивания блок необходимо дважды поднять на ребро, что соответствует изменению его потенциальной энергии. При этом разные точки блока будут подняты на разную высоту, Будем считать потенциальную энергию по положению центра тяжести, которое, очевидно, будет соответствовать центру диагонали прямоугольника – вертикального сечения блока (см. рис.). Кинетическая энергия, которую блок приобретает в процессе движения, равна нулю в фиксируемых положениях (в положениях максимального подъема). Поэтому  $\Delta E = \Delta E_{\text{п}}$ .



2. Диагональ можно найти следующим способом. Длины сторон  $a$  и  $b$  таковы, что прямоугольные треугольники, которые образованы диагональю прямоугольника, пифагоровы. То есть, гипотенуза такого треугольника

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м.}$$

Тогда центр тяжести окажется на высоте  $h = c/2 = 0,25 \text{ м}$ .

3. После каждого подъема блока на ребро изменение энергии будет составлять

$\Delta E = mgh = mgc/2$ , а минимальная работа будет равна удвоенному изменению энергии:  $A = 2 \Delta E = mgc$

3. Вычислим работу:  $A = 3 \cdot 10 \cdot 0,5 = 15 \text{ Дж}$  (ответ)

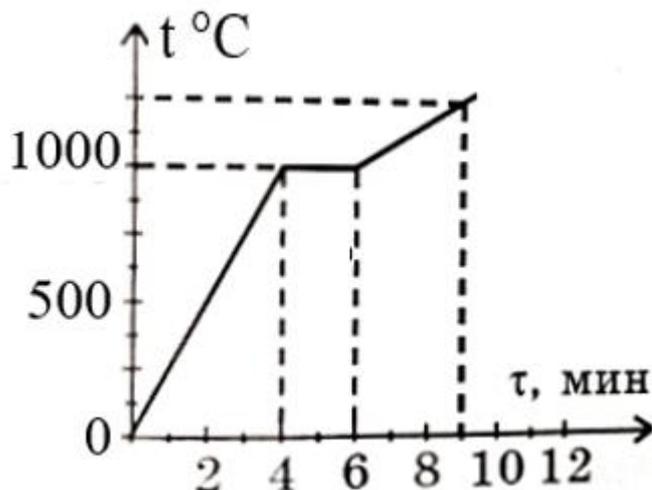
#### **Критерии оценивания**

За 1-й пункт – 3 балла; за 2-й пункт – 3 балла; за 3-й пункт – 3 балла;  
за 4-й пункт – 1 балл.

#### **Задача № 4. Термодинамический эксперимент**

Образец сплава меди с неизвестными добавками помещают в лабораторную печь. Режим нагрева выставляют так, что к сплаву за равные, сколь угодно малые промежутки времени подводятся равные количества теплоты. Какие

термодинамические характеристики сплава можно определить по зависимости температуры образца от времени (см. рис.)? Известна только удельная теплоемкость вещества в твердом состоянии ( $c_1 \approx 0,4 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{С})$ ) и начальная температура -  $0^\circ\text{С}$ ). Найдите значения неизвестных термодинамических характеристик сплава.



### ***Возможное решение***

1. Очевидно, горизонтальный участок графика соответствует плавлению, а последующий наклонный участок – нагреванию расплава. Нагревание образца до температуры плавления заняло 4 мин, а плавление – 2 мин. Это значит, что на плавление потребовалось вдвое меньшее количество теплоты, чем на нагревание до температуры плавления. То есть,

$$\lambda m = c_1 m \Delta t_1 / 2,$$

где  $\Delta t_1 = 1000^\circ\text{С}$ . Отсюда находим  $\lambda = 200 \text{ кДж}/\text{кг}$ . **(Ответ 1)**

2. За следующие 3 минуты расплав нагрелся на  $\Delta t_2 = 250^\circ\text{С}$ . Следовательно,  $c_2 m \Delta t_2 = 3 c_1 m \Delta t_1 / 4$ , откуда находим удельную теплоемкость расплава:

$$c_2 = \frac{3 c_1 \Delta t_1}{4 \Delta t_2} = 1200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{С}). \text{ (Ответ 2)}$$

### ***Критерии оценивания***

За 1-й пункт – 5 баллов

За 2-й пункт – 5 баллов