



## Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

### Профиль «Инженерное дело»

#### Специализация «Физика»

Класс участия: 10

Вариант: 12

#### Задача 1 (5 баллов).

На горизонтальной плоскости вблизи поверхности Земли закреплено тонкое равномерно заряженное кольцо радиуса  $R$ . Небольшой шарик массой  $m$ , заряд которого равен заряду кольца и одноименный с ним, поместили в точку, отстоящую от плоскости кольца на расстояние  $h = 0,75R$ , и находящуюся на вертикальной оси, проходящей через центр кольца. В результате шарик неподвижно «парит» над кольцом. Чему равен заряд кольца?

Ответ:  $q = \frac{5}{4} R \sqrt{\frac{5mg}{3k}} = \frac{5}{2} R \sqrt{\frac{5\pi\epsilon_0 mg}{3}}$ .

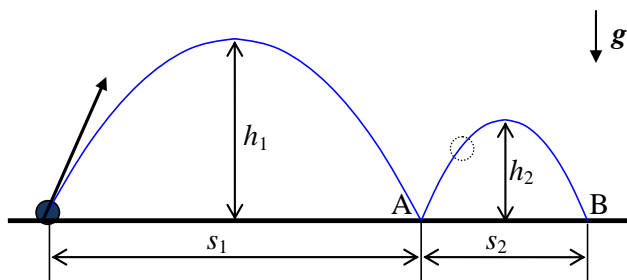
#### Критерии оценивания задачи 1.

	Элементы решения	Баллы (макс. 5 баллов)
1	Записано условие равновесия шарика	+1 балл
2	Прделаны необходимые преобразования и получена формула для напряженности кольца (или похожая формула для силы, действующей на шарик со стороны кольца) <hr/> 2 балла, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные, но ведут к верному ответу 1 балл, если преобразования отсутствуют, но имеется верная формула 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	+3 балла
3	Получена формула для заряда $q$	+1 балл



### Задача 2 (10 баллов).

Мяч бросают с горизонтальной поверхности под углом к горизонту. В точке А мяч ударяется о поверхность, затем подпрыгивает и снова ударяется о поверхность в точке В (см. рисунок). Известны максимальные высоты подъема мяча до и после удара:  $h_1 = 1,21$  м и  $h_2 = 0,81$  м, а также их горизонтальные дальности в обоих случаях:  $s_1 = 2,2$  м и  $s_2 = 0,36$  м. Чему равен коэффициент трения между поверхностью и мячом? Удар считать почти мгновенным, мяч в процессе движения и при ударе не вращается. Соппротивлением воздуха пренебречь.



Ответ:  $\mu = \frac{\frac{s_1}{\sqrt{h_1}} - \frac{s_2}{\sqrt{h_2}}}{4(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})} = 0,2.$

### Критерии оценивания задачи 2.

	Элементы решения	Баллы (макс. 10 баллов)
1	Записаны кинематические формулы для проекций скорости $v_{1x}, v_{1y}$ в точке А до удара и после удара	+4 балла
2	Записаны уравнения закона изменения импульса в проекциях на оси $x$ и $y$	+2 балла
3	Записана формула для силы трения	+1 балл
4	Проделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для расчета $\mu$ <hr/> 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	+2 балла
5	Получен правильный числовой ответ	+1 балл



### Задача 3 (10 баллов).

С полюса некоторой планеты вертикально (т.е. перпендикулярно поверхности планеты) запускают ракету с начальной скоростью  $V_0$ , которая на 10% больше первой космической скорости для этой планеты. 1. На какую максимальную высоту, отсчитанную от поверхности планеты, поднимется эта ракета? 2. Если ракету запустить на полюсе с небольшой высоты горизонтально (то есть по касательной к поверхности планеты) с той же самой скоростью  $V_0$ , то, на каком максимальном расстоянии от точки старта она окажется в процессе своего движения? Планету считайте однородным шаром радиуса  $R$ , ракету – материальной точкой.

**Ответ:**  $h = \frac{121}{79} R = 1,53R$ ,  $r = \frac{200}{79} R = 2,53R$ .

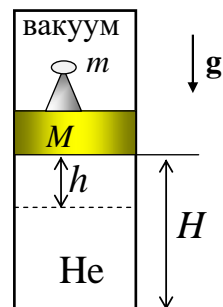
### Критерии оценивания задачи 3.

	Элементы решения	Баллы (макс. 10 баллов)
1	Приведена формула для первой космической скорости	+1 балл
2	Записан закон сохранения энергии при вертикальном старте	+1 балл
3	Получен верный ответ для максимальной высоты $h$	+2 балла
4	Записан закон сохранения энергии при горизонтальном старте	+1 балла
5	Записан второй закон Кеплера	+2 балла
6	При наличии всех верных формул проделаны необходимые алгебраические преобразования для вывода формулы для $r$ . 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	+2 балла
7	Получен правильный ответ для максимального расстояния $r$	+1 балл



#### Задача 4 (10 баллов).

В вертикальном теплоизолированном цилиндре поршень массой  $M$  находится в равновесии на высоте  $H$  от дна цилиндра. Под поршнем находится гелий, над поршнем вакуум. На поршень плавно опускается мини-робот (см. рисунок). Трением и теплообменом между гелием и поршнем пренебречь. 1) Определите массу  $m$  мини-робота, если после установления равновесия в цилиндре поршень опустится расстояние  $h = 0,3H$ . 2) На сколько процентов повысится при этом температура гелия?



**Ответ:**  $m = M$ . Температура повысится на 40%.

#### Критерии оценивания задачи 4.

	Элементы решения	Баллы (макс. 10 баллов)
1	Записаны все необходимые уравнения для начального и конечного состояний (уравнения состояния газа, условия равновесия поршня)	+4 балла (по 1 баллу за каждое уравнение)
2	Правильно записаны формулы для внутренней энергии газа в начальном и конечном состояниях (или для $\Delta U$ )	+1 балл
3	Получена формула для работы гелия (с верным знаком)	+1 балл
4	Используется первое начало термодинамики для теплоизолированной системы	+1 балл
5	При наличии всех верных формул проделаны необходимые алгебраические преобразования	+1 балл
6	Получен правильный ответ для массы мини-робота $m$	+1 балл
7	Получен правильный ответ для повышения температуры	+1 балл

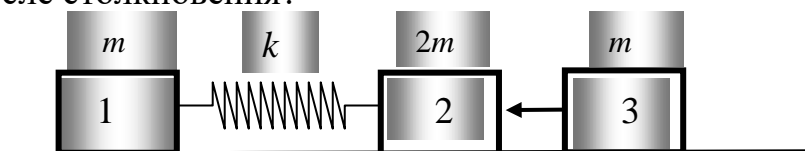


**Задача 5 (15 баллов).**

Бруски 1 и 2 массами  $m$  и  $2m$  соответственно, соединенные невесомой нерастянутой пружиной жесткости  $k$ , лежат на горизонтальной поверхности (см. рисунок). На брусок 2 налетает брусок 3 массой  $m$ , и происходит упругое лобовое столкновение этих брусков. Коэффициенты трения всех брусков о поверхность равны  $\mu$ . Время взаимодействия брусков 2 и 3 считайте очень малым.

1) При какой наименьшей скорости  $v_0$  бруска 3 в момент столкновения, брусок 1 может сдвинуться спустя некоторое время после столкновения брусков 2 и 3?

2) Каким в этом случае будет максимально возможное расстояние между брусками 2 и 3 после столкновения?



**Ответ:**  $v_0 = \frac{3}{2} \mu g \sqrt{\frac{5m}{2k}}$ ,  $L = \frac{21\mu mg}{16k}$ .



### Критерии оценивания задачи 5.

	Элементы решения	Баллы (макс. 15 баллов)
1	Записаны законы сохранения импульса и энергии при упругом ударе	+2 балла
2	При наличии всех верных формул проделаны необходимые алгебраические преобразования для решения системы 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	+3 балла
3	Получены формулы для скоростей брусков после столкновения	+2 балла
4	Записаны закон изменения энергии для системы и условие сдвигания бруска 1	+2 балла
5	При наличии всех верных формул проделаны необходимые алгебраические преобразования для решения системы 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	+2 балла
6	Получена формула для минимальной скорости $v_0$ бруска 3.	+2 балла
7	Получена формула для макс. расстояния между 2 и 3	+2 балл