



Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

Профиль «Инженерное дело»

Специализация «Физика»

Класс участия: 10

Вариант: 11

Задача 1 (5 баллов).

На горизонтальной плоскости вблизи поверхности Земли закреплено тонкое равномерно заряженное кольцо. Небольшой шарик массой m и заряда q поместили в точку, отстоящую от центра кольца на расстояние, равное радиусу кольца, и находящуюся на вертикальной оси, проходящей через центр кольца. В результате шарик неподвижно «парит» над кольцом. Чему равен радиус кольца, если заряд кольца одноименный с зарядом шарика и равен $2q$.

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

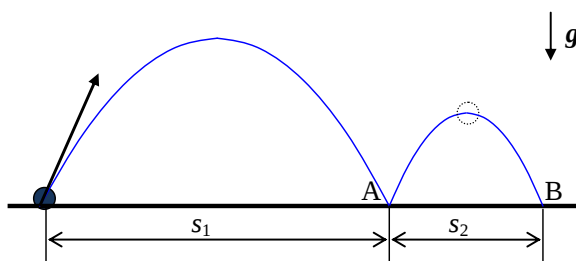
Критерии оценивания задачи 1.

	Элементы решения	Баллы (макс. 5 баллов)
1	Записано условие равновесия шарика	+1 балл
2	Проделаны необходимые преобразования и получена формула для напряженности кольца (или для силы, действующей на шарик со стороны кольца) 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 радиуса кольца R	+1 балл



Задача 2 (10 баллов).

Мяч бросают с горизонтальной поверхности под углом к горизонту. Спустя время $t_1 = 1$ с мяч ударяется о поверхность в точке А, находящейся на расстоянии $s_1 = 2$ м от точки броска. После удара мяч подпрыгивает и снова ударяется о поверхность в точке В, находящейся на расстоянии $s_2 = 0,16$ м от точки А (см. рисунок). От точки А до точки В мяч движется в течение времени $t_2 = 0,8$ с. Чему равен коэффициент трения между поверхностью и мячом? Считайте, что удар происходит практически мгновенно, и что мяч в процессе движения и при ударе не вращается. Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: $\mu = \frac{2 \left(\frac{s_1}{t_1} - \frac{s_2}{t_2} \right)}{g(t_1 + t_2)} = 0,2.$

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	Прделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для расчета μ 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 такой начальной скоростью, что она поднялась на высоту, отсчитанную от поверхности планеты, равную двум ее радиусам. Первая космическая скорость для этой планеты известна и равна V_I . 1. С какой начальной скоростью V_0 запускают ракету? 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: $V_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} V_I$, $r = 3R$.

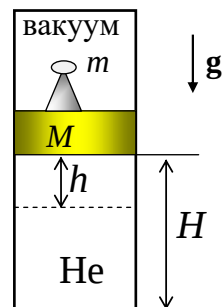
Критерии оценивания задачи 3.

	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 начальной скорости	+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 массой $m = M/2$ (см. рисунок). Трением и теплообменом между гелием и поршнем пренебречь. 1) На какое расстояние h опустится поршень после установления равновесия в цилиндре? 2) На сколько процентов повысится при этом температура гелия?



Ответ: $h = \frac{H}{5}$. Температура повысится на 20%.

Критерии оценивания задачи 4.

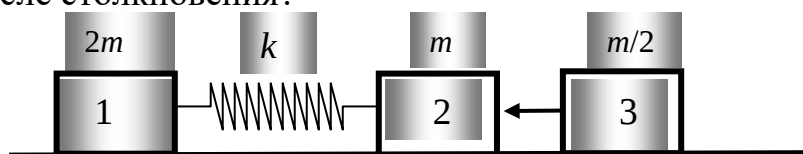
	Элементы решения	Баллы (макс. 10 баллов)
1	Записаны все необходимые уравнения для начального и конечного состояний (уравнения состояния газа, условия равновесия поршня)	+4 балла
2	Правильно записаны формулы для внутренней энергии газа в начальном и конечном состояниях (или для ΔU)	+1 балл
3	Получена 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 расстояния h	+1 балл
7	Получен правильный ответ для повышения температуры	+1 балл



Задача 5 (15 баллов).

Брусочки 1 и 2 массами $2m$ и m соответственно, соединенные невесомой нерастянутой пружиной жесткости k , лежат на горизонтальной поверхности (см. рисунок). На брусок 2 налетает брусок 3 массой $m/2$, и происходит упругое лобовое столкновение этих брусков. Коэффициенты трения всех брусков о поверхность равны μ . 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: $v_0 = 3\mu g \sqrt{\frac{2m}{k}}$, $L = \frac{3\mu mg}{k}$.

Брусок 3 до остановки пройдет расстояние $s_3 = \frac{v^2}{2\mu g} = \frac{\mu mg}{k}$. Тогда максимально возможное расстояние между брусками 2 и 3 после столкновения равно $L = x + s_3 = \frac{3\mu mg}{k}$.



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



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

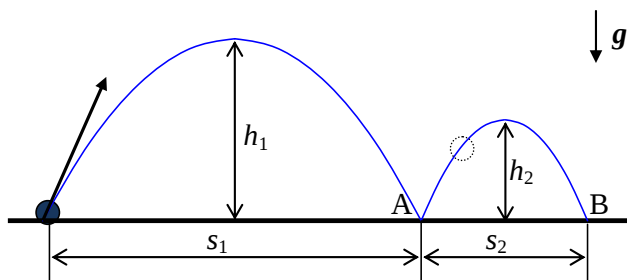
Критерии оценивания задачи 1.

	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) 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	Прделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для расчета μ 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: $h = \frac{121}{79} R = 1,53R$, $r = \frac{200}{79} R = 2,53R$.

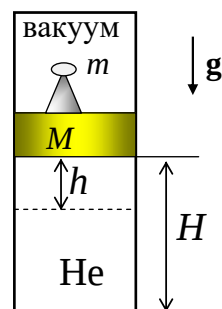
Критерии оценивания задачи 3.

	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 ΔU)	+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

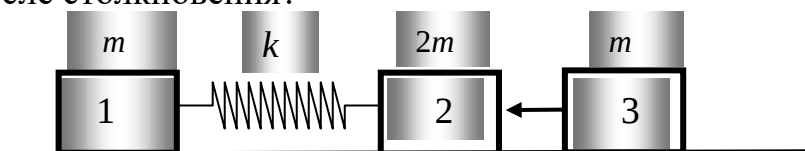


Задача 5 (15 баллов).

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 μ . 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