



Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

Профиль: «Физика»

Класс участия: 10

Вариант задания: 1

Задача 1 (8 баллов).

Камень, брошенный горизонтально с вершины холма высотой $h = 40$ м, летит по параболе и падает на землю. Оказалось, что величина модуля среднего тангенциального ускорения камня за время его полета составила 75% от значения модуля вектора тангенциального ускорения камня в момент падения его на землю. С какой начальной скоростью бросили камень с вершины холма? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Ответ: $v_0 = \frac{\sqrt{gh}}{2} = 10$ м/с.

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 1	
Элемент решения	Баллы
Записаны формулы кинематики, необходимые для решения задачи	2
Получена формула для дальности L	1
При наличии верной формулы для дальности $L(\beta)$ проделаны необходимые преобразования, с целью получить максимальное значение функции $L(\beta)$.	3
1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	
Получен правильный ответ для угла наклона горки α	1
Получен правильный ответ для начальной скорости v_0 .	1
ИТОГО	8



Задача 2 (8 баллов).

В герметичном сосуде объемом $V = 5$ л находится некоторое количество воды (H_2O) при давлении $p = 10^5$ Па. Никаких других веществ, кроме воды, в сосуде нет. Воду из сосуда откачивают при неизменной температуре сосуда и его содержимого. Когда откачали $\Delta m = 3,55$ г воды, давление в сосуде уменьшилось в 2 раза. Какое общее количество воды было первоначально в сосуде?

Ответ: $m = \Delta m + \frac{0,5 p_n V \mu}{RT_k} = 5$ г.

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 2	
Элемент решения	Баллы
Записаны уравнения, необходимые для определения p_2/p_1	1
Имеется правильный ответ на первый вопрос (давление уменьшилось на 1%)	1
Записано выражение для работы A газа	1
Записано выражение для ΔU через удельную теплоемкость c_V	1
Записано выражение для Q	1
При наличии всех верных формул проделаны необходимые преобразования и получено выражение для A/Q 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	2
Получен правильный числовой ответ для A/Q	1
ИТОГО	8



Задача 3 (14 баллов).

Астероид имеет форму однородного шара радиуса R . На полюсе астероида прорыли глубокую скважину, направленную к центру астероида, и на глубине $h = R/2$ установили пусковую установку. Какую минимальную начальную скорость должна иметь ракета, запущенная вертикально вверх с помощью этой пусковой установки, чтобы подняться над поверхностью астероида на высоту $H = R/2$? Считать, что первая космическая скорость при старте с поверхности этого астероида, известна и равна $V_I = 360$ м/с. Для справки: объем шара радиусом R вычисляется по формуле $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, площадь поверхности шара $S = 4\pi R^2$.

Ответ: $v_0 = v_I \sqrt{\frac{17}{12}} = 428$ м/с.



Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 3	
Элемент решения	Баллы
Записана связь угловой скорости (линейной скорости) и периода	1
Записан второй закон Ньютона при движении по окружности под действием силы тяготения для первой пары косм. тел.	2
При наличии всех верных уравнений проделаны необходимые алгебраические преобразования для получения формулы для периода T_2 второго тела <hr/> 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	2
Получена верная формула для периода T_2 второго тела	1
Записаны все необходимые уравнения (первые три уравнения системы) для описания движения второй пары тел.	3
При наличии всех верных уравнений проделаны необходимые алгебраические преобразования для получения формулы для периода T_{34} второй пары косм. тел. <hr/> 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	3
Получена верная формула для периода T_3 третьего тела	1
Получен правильный ответ для отношения T_2/ T_3	1
ИТОГО	14



Задача 4 (14 баллов).

Тонкая цилиндрическая заготовка, состоящая из трех частей, лежит на дне широкого сосуда, который медленно заполняется жидкостью плотности ρ . Площадь поперечного сечения всех трех частей заготовки одинакова. При этом левая часть цилиндра, длиной l , сделана из материала плотности 5ρ , средняя – длиной $2l$, из материала плотности ρ , а крайняя правая имеет длину $4l$ и плотность $\rho/5$. Определите минимальную высоту уровня жидкости в сосуде, при которой заготовка займет вертикальное положение.

Ответ: $h_{\min} = l\sqrt{23}$.

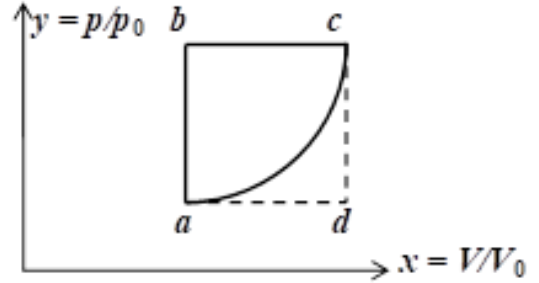
Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 4	
Элемент решения	Баллы
Установлено, что с большой высоты мячик падает с постоянной скоростью	2
Записано уравнение (1) для нахождения скорости v при падении с большой высоты	2
Записан второй закон Ньютона ((2) или (3)) (или закон изменения импульса) при движении мячика вверх для малого Δt	2
При наличии верных уравнений проделаны необходимые преобразования (суммирование или интегрирование) и получена формула (4), связывающая v_0 , t и h_{\max} с учетом начальных условий 3 балла, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	5
При наличии всех верных необходимых формул проделаны преобразования с целью получения выражения для h_{\max}	1
Получена верная формула для нахождения макс. высоты	1
Получен правильный числовой ответ	1
ИТОГО	14



Задача 5 (18 баллов).

С идеальным одноатомным газом совершают замкнутый цикл $a-b-c-a$, показанный на рисунке в безразмерных осях $x = V/V_0$ и $y = p/p_0$, где V_0 и p_0 – некоторые постоянные значения объема и давления (нам не известные). График процесса $c-a$ на рисунке изображается дугой окружности, радиус которой равен 1, а центр находится в точке b . Масса газа не меняется.



1) Считаем, что КПД цикла $a-b-c-a$ известен и равен η . Найдите КПД циклов $a-c-d-a$ и $a-b-c-d-a$. Графики процессов $a-b$ и $c-d$ – прямые, параллельные оси y , а процессов $b-c$ и $d-a$ – прямые, параллельные оси x .

2) Чему равно максимальное значение КПД цикла $a-b-c-a$? Рисунок условный. Цикл $a-b-c-a$ может находиться в любом месте плоскости xu .

Ответ: 1) $\eta_{acda} = \frac{(4-\pi)\eta}{\pi(1-\eta)}$, $\eta_{abcd} = \frac{4}{\pi}\eta$. **2)** $\eta_{\max} = \frac{\pi}{10} = 0,314$ (31,4%).



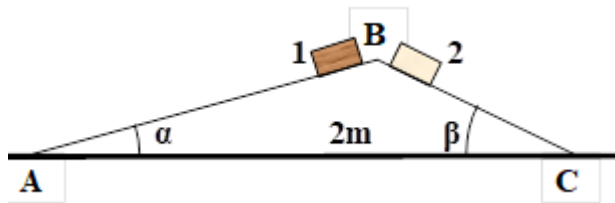
Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 5	
Элемент решения	Баллы
Записаны уравнения (1) – (3) в начальном состоянии	3
При наличии верных уравнений (1) – (3) проделаны необходимые алгебраические преобразования.	1
Получена формула (5) для расстояния L	1
Получен правильный числовой ответ для L	1
Записаны уравнения (6) – (8) в конечном состоянии	3
При наличии правильных формул (1) – (8) проделаны необходимые преобразования и получено уравнение для нахождения x <hr/> 3 балла, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	5
Выбран правильный корень квадратного уравнения	1
При наличии всех верных формул проделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для искомого давления p'_1 <hr/> 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	2
Получен правильный числовой ответ для давления p'_1	1
ИТОГО	18



Задача 6 (18 баллов).

Ледяная горка, боковые грани которой составляют углы $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 45^\circ$ с горизонтом, находится на гладкой горизонтальной поверхности (см. рисунок). На грани АВ и ВС горки аккуратно кладут два бруска, при этом горка остается неподвижной, а бруски движутся. Трение между брусками и гранями горки отсутствует. 1) Чему равна масса бруска 2, если масса бруска 1 известна и равна m ? 2) Бруски меняют местами. С каким ускорением и в каком направлении в этом случае начнет двигаться горка, если ее масса $2m$?



Ответ: $m_2 = m_1 \frac{\sin 2\beta}{\sin 2\alpha} = \frac{m\sqrt{3}}{2}$, клин движется влево с ускорением $a = \frac{g}{20 + \sqrt{3}} = 0,46 \text{ м/с}^2$



Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 6	
Элемент решения	Баллы
Записаны все необходимые уравнения динамики	2
1 балл, если верных уравнений недостаточно	
При наличии всех верных уравнений динамики, проделаны необходимые преобразования с целью найти массу пружины	2
1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные	
0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	
Получен верный ответ для массы пружины	1
При выводе формулы для деформации пружины используется разбиение пружины на малые элементы (витки)	1
Правильно записана формула для жесткости одного элемента пружины k_s	2
Записаны необходимые уравнения динамики для получения выражения для силы упругости T_i	2
При наличии всех верных уравнений проделаны необходимые преобразования (суммирование или интегрирование) с целью получения формулы для x : (*),(* a), (* b) или аналогичных формул	4
2 балла, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные, но получен верный ответ для x	
1 балл, если приведена верная формула для деформации пружины, но без вывода	
0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки и не приведено верной формулы для растяжения пружины	
Проведены необходимые расчеты сил, например сил F_n, F_n , с целью получения окончательной формулы для деформации x	2
Получен верный ответ для растяжения пружины x	2
ИТОГО	18



Задача 7 (20 баллов).

Термический насос может перекачивать воду с минимальными затратами энергии, используя суточные колебания температуры окружающей среды. Он представляет собой герметичный сосуд, снабженный двумя односторонними клапанами, способными пропускать воду только в одном направлении (входным и выпускным), установленными на уровне дна. Сосуд заполнен воздухом. Источник воды располагается на уровне входного клапана, а выходное отверстие трубы, подсоединённой к выпускному клапану, далее поднимается на высоту 0,5 м.

Определите достаточную для выполнения полного цикла работы насоса дневную температуру, если ночная температура составила 5°C . Атмосферное давление считайте постоянным, равным 10^5 Па. Температура сосуда равна температуре окружающей среды. Считайте, что воды в сосуде не остаётся после завершения каждого цикла работы устройства.

Ответ: $T_{\text{дн}} = 291,1 \text{ K} \approx 19^{\circ}\text{C}$

Критерии оценивания

Критерии оценивания задания 7	
Элемент решения	Баллы
Сформулирована расчётная схема (в том числе, графически), выделены и правильно формализованы все необходимые физические законы	5
Составлена система уравнений и математическая модель	5
Верно учтены технические параметры, характеристики и ограничения	5
Проведены расчеты, получен верный ответ, разумный с точки зрения физического смысла	5
ИТОГО	20