



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

	Элементы решения	Баллы
1	Получена формула для тангенциального ускорения в момент падения на землю	2
2	Записана формула для среднего тангенциального ускорения	1
3	При наличии всех необходимых верных формул проделаны преобразования, с целью получения ответа к задаче. <hr/> 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	3
4	Получена верная конечная формула ответа	1
5	Получен правильный числовой ответ.	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

	Элементы решения	Баллы
1	Указано верное начальное состояние содержимого сосуда	1
2	Указана температура содержимого сосуда	1
3	Имеется доказательство, что в нач. состоянии пар – насыщ.	1
4	Указано верное конечное состояние содержимого сосуда	1
5	Записано уравнение Менделеева-Клапейрона для пара	1
6	При наличии всех необходимых верных формул проделаны преобразования, с целью получения ответа к задаче. <hr/> 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	2
7	Получен правильный числовой ответ	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

	Элементы решения	Баллы
1	Записана формула для первой космической скорости	1
2	Записана (или получена) формула для нахождения гравитационной силы взаимодействия мат. точки с шаром при $r < R$	2
3	Проделан расчет работы по подъему ракеты с глубины на поверхность астероида <hr/> 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	2
4	Используется формула для потенциальной энергии гравитационного взаимодействия мат. точки с шаром при $r > R$	1
5	Записаны все необходимые энергетические уравнения	3
6	При наличии всех необходимых верных формул проделаны преобразования, с целью получения ответа к задаче. <hr/> 1 балл, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	3
7	Получена верная конечная формула ответа	1
8	Получен правильный числовой ответ.	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: $h_{\min} = l\sqrt{23}$.

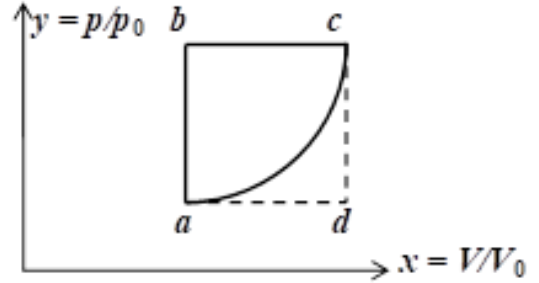
Критерии оценивания

	Элементы решения	Баллы
1	Указано, как будет вести себя заготовка, по мере заполнения сосуда	2
2	Есть понимание, что для решения задачи, заготовка должна быть наклонена под некоторым углом	2
3	На рисунке показаны все необходимые силы с их точками приложения	2
4	Записаны все формулы, необходимые для решения задачи: уравнение моментов сил, формулы для масс каждой части заготовки, правильно найдены плечи сил, формула для силы Архимеда)	5
5	Проделаны необходимые преобразования, с полученными формулами с целью получения ответа к задаче.	1
6	Есть понимание, что длина погруженной части заготовки не зависит от угла ее наклона	1
7	Получена верная конечная формула ответа	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) $\eta_{acda} = \frac{(4-\pi)\eta}{\pi(1-\eta)}$, $\eta_{abcda} = \frac{4}{\pi}\eta$. **2)** $\eta_{\max} = \frac{\pi}{10} = 0,314$ (31,4%).



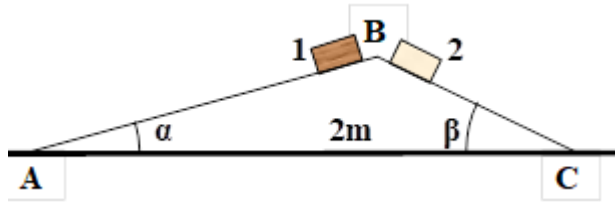
Критерии оценивания

	Элементы решения	Баллы
1	Записаны общие формулы для КПД цикла, $Q_{\text{пол}}$ и работы за цикл, применительно к циклу $a-b-c-a$	3 (по 1 баллу за каждое уравнение)
2	Записана формула для КПД цикла $a-b-c-d-a$.	1
3	Получена формула для работы в цикле $a-b-c-d-a$.	1
4	Проделаны необходимые преобразования с целью получения КПД цикла $a-b-c-d-a$.	1
5	Записаны необходимые соотношения (η_{acda} , A_{acda} , $Q_{\text{пол}}$) и проделаны необходимые преобразования с целью получения КПД цикла $acda$.	3
6	Записаны необходимые формулы (формула для $Q_{\text{пол}}$, формула для КПД, уравнения Менделеева-Клапейрона) и проделаны преобразования с целью получения общего выражения (с двумя переменными параметрами) для КПД цикла $a-b-c-a$	5
7	Получено общее выражение для КПД цикла $a-b-c-a$ (с двумя переменными параметрами) с целью получения макс. КПД	1
8	Получены правильные ответы на вопрос 1)	2 (по 1 баллу за каждый верный ответ)
9	Получен правильный ответ на вопрос 2 (макс. КПД)	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

	Элементы решения	Баллы
1	Записаны все необходимые уравнения динамики в случае неподвижной горки <hr/> 1 балл, если верных уравнений недостаточно	2 балла
2	При наличии всех верных уравнений динамики, проделаны необходимые преобразования с целью найти массу бруска 2 <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
3	Получен верный ответ для массы бруска 2	1 балл
4	Записана связь ускорения любого из брусков с ускорением горки	1 балл
5	Записаны уравнения динамики брусков и получены N_α и N_β	2 балла
6	Записаны уравнения динамики горки	2 балл
7	При наличии всех необходимых верных формул проделаны преобразования, с целью получения ускорения горки <hr/> 2 балла, если в преобразованиях пропущены важные логические шаги или преобразования недостаточные, но получен верный ответ 0 баллов, если преобразования отсутствуют или в них допущены ошибки	4 балла
8	Получена формула для ускорения горки	2 балла
9	Получен верный ответ для величины и направления движения горки	2 балла
	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