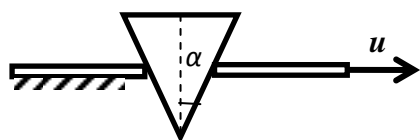


Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике

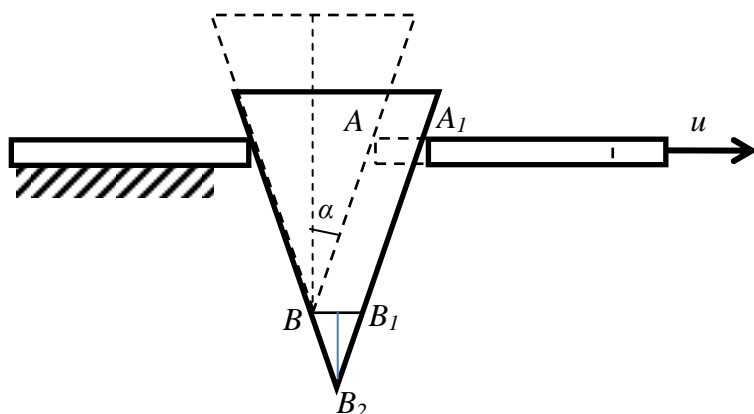
3 марта 2019 г.

9 класс

Возможные решения и критерии оценки



1. Клин с сечением в форме равнобедренного треугольника опирается своими одинаковыми гранями на две одинаковые плиты (см. рисунок). Верхние поверхности плит находятся в одной горизонтальной плоскости. Левая плита неподвижна, а правая движется горизонтально со скоростью u . Определите величину скорости, с которой движется клин? Угол между боковыми гранями клина 2α . Верхняя грань во время движения остается горизонтальной.



Возможное решение

1) Изобразим положения клина и плит в некоторый момент и через небольшой промежуток времени Δt после этого момента <2 балла>.

2) Угол плиты за это время перемещается из точки A в точку A_1 и отрезок $AA_1 = u\Delta t$. Острие клина B за это время переместится в точку B_2 и $BB_2 = v\Delta t$, где v – искомая

скорость <2 балла>.

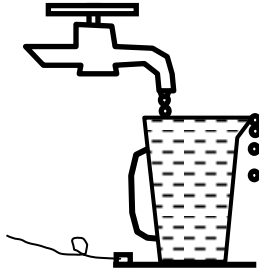
3) Построим отрезок BB_1 , параллельный отрезку AA_1 : $BB_1 = AA_1$, поскольку AB и A_1B_1 также параллельны <2 балла>.

4) Проведя в треугольнике BB_1B_2 высоту, получим соотношение $BB_1 = 2BB_2 \sin \alpha$, откуда нетрудно найти ответ <2 балла>.

Ответ: $v = u / 2 \sin \alpha$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Реалистичное отображение положения клина и плит в разные моменты времени		2
2	Связь скоростей и перемещений клина и плиты	$AA_1 = u\Delta t$, $BB_2 = v\Delta t$	2
3	Построение геометрической фигуры, связывающей между собой перемещения клина и плиты		2
4	Вывод количественного соотношения величин перемещений клина и плиты	$BB_1 = 2BB_2 \sin \alpha$	2
	Получение ответа	$v = u / 2 \sin \alpha$	2



пренебрежимо малы.

2. Из водопроводного крана с небольшим постоянным расходом течет вода с температурой T_0 . Электрический чайник наполняется этой водой за время t_1 . Если наполненный доверху чайник включить, он нагревает воду до температуры T_1 за время t_2 . Какая температура установится в полном чайнике, если его включить и поставить под кран, позволяя лишней воде перетекать через край? Вода в чайнике перемешивается. Мощность чайника постоянная и потери его энергии во внешнюю среду

Возможное решение

1) Если расход воды из крана q , объем чайника V , то $V = qt_1$ <1 балл>.

2) Если мощность чайника N , плотность воды ρ , а удельная теплоемкость c , то $\rho c V (T_1 - T_0) = N t_2$ <3 балла>.

3) Баланс тепла при нагревании проточной воды: $N t = q \rho c t (T_x - T_0)$, где T_x – искомая температура. <3 балла>.

Ответ: $T_x = \left(1 - \frac{t_1}{t_2}\right) T_0 + \frac{t_1}{t_2} T_1$ <3 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Связь объема и расхода воды	$V = qt_1$	1
2	Связь времени нагревания непроточной воды с мощностью чайника	$\rho c V (T_1 - T_0) = N t_2$	3
3	Баланс тепла при нагревании проточной воды	$N t + q \rho c t T_0 = q \rho c t T_x$	3
	Получение ответа	$T_x = \left(1 - \frac{t_1}{t_2}\right) T_0 + \frac{t_1}{t_2} T_1$	3

3. Когда незадачливый рыбак устроился на плавающей льдине и пробурил в ней лунку, он обнаружил, что уровень воды в лунке на h_1 ниже верхней кромки льда. Через некоторое время на льдину забрался тюлень. Когда он расположился рядом с рыбаком, глубина незаполненной водой части лунки уменьшилась до h_2 . Какой станет эта глубина, когда рыбака снимут с льдины, а тюлень с нее уплывет? Масса рыбака m_1 , масса тюленя m_2 . Льдина плоская, рыбак и тюлень находились в ее центре. Льдина не тает.

Возможное решение

1) Предположим, что масса льдины M , плотность льда ρ , плотность воды ρ_0 , толщина льдины H . Условие плавания льдины без «пассажиров»: $Mg = S\rho_0g(H - h_0)$, где S – площадь льдины <2 балла>.

2) При наличии рыбака на льдине условие ее плавания: $(M + m_1)g = S\rho_0g(H - h_1)$

<2 балла>.

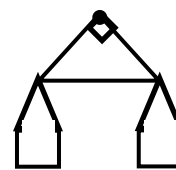
3) При наличии рыбака и тюленя на льдине условие ее плавания: $(M + m_1 + m_2)g = S\rho_0g(H - h_2)$ <2 балла>.

Ответ: $h_0 = h_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right) - h_2 \frac{m_1}{m_2}$ <4 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Условие плавания свободной льдины	$Mg = S\rho_0g(H - h_0)$	2
2	Условие плавания льдины с рыбаком	$(M + m_1)g = S\rho_0g(H - h_1)$	2
3	Условие плавания льдины с рыбаком и тюленем	$(M + m_1 + m_2)g = S\rho_0g(H - h_2)$	2
	Получение ответа	$h_0 = h_1 \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right) - h_2 \frac{m_1}{m_2}$	4

4. Из пластикового листа вырезали равнобедренный прямоугольный треугольник, вблизи его вершин просверлили отверстия. За отверстие у прямого угла подвесили треугольник, а к двум другим прикрепили две одинаковые массивные чашки. Когда в одну из чашек положили гирию массой 100 г, треугольник повернулся на 15° относительно симметричного положения. Когда в свободную чашку налили воды, треугольник принял положение с таким же наклоном, но в противоположную сторону. Определите массу воды. Массой треугольника пренебречь.



Возможное решение

1) В повернутом положении плечи сил натяжения нитей подвеса нагруженной и пустой чаши соответственно: $d_1 = L \sin 30^\circ, d_2 = L \sin 60^\circ$, где L – длина катета треугольника, m и m_0 – масса чаши и гири <2 балла>.

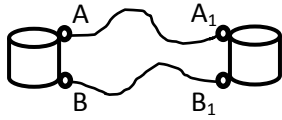
2) Из условия баланса моментов сил: $(m + m_0)L \sin 30^\circ = mL \sin 60^\circ$, откуда получаем массу чаши: $m = \frac{m_0}{\sqrt{3} - 1}$ <2 балла>.

3) После того, как в свободную чашу была добавлена масса M воды, условие равновесия стало: $(m + m_0)L \sin 60^\circ = (m + M)L \sin 30^\circ$ <3 балла>.

Ответ: $M = \frac{2m_0}{\sqrt{3} - 1} = 273 \text{ г}$ <3 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение плеч	$d_1 = L \sin 30^\circ, d_2 = L \sin 60^\circ$	2
2	Условие баланса весов до наливания воды	$(m + m_0)L \sin 30^\circ = mL \sin 60^\circ$	2
3	Условие баланса весов после наливания воды	$(m + m_0)L \sin 60^\circ = (m + M)L \sin 30^\circ$	3
	Получение ответа	$M = \frac{2m_0}{\sqrt{3} - 1} = 273 \text{ г}$	3



5. Две одинаковых катушки соединены двумя отрезками провода длиной $L = 1$ м каждый (см. рисунок). Известно, что катушки намотаны тем же проводом, который использован для соединения их выводов. Определите длину этого провода в каждой из катушек, если омметр, подключенный к клеммам A и B , показывает сопротивление $R_1 = 0,5455$ Ом, а при его подключении к точкам A и B_1 он показывает $R_2 = 0,55$ Ом. Целостность схемы не нарушается.

Возможное решение

Обозначим сопротивление катушек r , а сопротивление каждого из соединительных проводов r_1 .

1) Для первого подключения омметра получаем $R_1 = \frac{r(r+2r_1)}{2(r+r_1)}$ <2 балла>.

2) Для второго подключения омметра $R_2 = \frac{r+r_1}{2}$ <2 балла>.

3) Выразив r_1 через r из второго уравнения и поставив значение в первое, получим

$r^2 - 4R_2r + 4R_1R_2 = 0$. Решаем $r = 2R_2 \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{R_1}{R_2}} \right)$, $r_1 = 2R_2 - r$ <2 балла>.

4) Решение со знаком «+» отвечает отрицательному значению r_1 , поэтому исключается <1 балл>.

5) Сопротивление провода пропорционально его длине: $L_1 = Lr / r_1$ <1 балл>.

Ответ: $L_1 = \frac{L \left(1 - \sqrt{1 - \frac{R_1}{R_2}} \right)}{\sqrt{1 - \frac{R_1}{R_2}}} \approx 10$ м <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Интерпретация первого измерения	$R_1 = \frac{r(r+2r_1)}{2(r+r_1)}$	2
2	Интерпретация второго измерения	$R_2 = \frac{r+r_1}{2}$	2
3	Определение сопротивления катушек и сопротивления соединительных проводов	$r = 2R_2 \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{R_1}{R_2}} \right)$, $r_1 = 2R_2 - r$	2
4	Выбор корня уравнения		1
5	Пропорциональность длины провода его сопротивлению	$L_1 = Lr / r_1$	1
	Получение ответа	$L_1 = \frac{L \left(1 - \sqrt{1 - \frac{R_1}{R_2}} \right)}{\sqrt{1 - \frac{R_1}{R_2}}} \approx 10$ м	2