Первый (очный) этап Всесибирской олимпиады по физике
18 ноября 2018 г.
Возможные решения и критерии оценки
9 класс

1. По параллельным рельсовым путям навстречу друг другу движутся два поезда: пассажирский и скорый. Пассажир, стоящий у окна пассажирского поезда, замечает, что скорый «пролетает» мимо него за время t_1 = 10 с, а пассажир скорого поезда обнаруживает, что пассажирский поезд «пролетает» за время t_2 = 15 с. Сколько времени длилась встреча поездов?

Возможное решение

1) Встреча длится от момента, когда поезда находятся в позиции А, т.е. когда встречаются «головы» поездов, до момента, когда они находятся в позиции В, когда расходятся их «хвосты». <3 балла>

2) Переход от позиции А к позиции В можно разбить на два этапа: сначала в течение времени t_1 поезд, идущий вправо, проходит мимо «головы» второго поезда. <3 балла>

3) После этого поезд, идущий влево, в течение времени t_2 проходит мимо «хвоста» поезда, идущего вправо. <3 балла>

Ответ: $t = t_1 + t_2$ <1 балл>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение критерия встречи		3
2	Первый этап сценария: первый поезд проходит мимо второго		3
3	Второй этап сценария: второй поезд проходит мимо первого		3
4	Получение ответа	$t = t_1 + t_2$	1

2. В две цилиндрических кастрюли, первая из которых имеет радиус R=10 см, а вторая – r = 8 см, налили по одному литру воды при температуре $T_0 = 20^{\circ}C$ и поставили на одинаковые электрические конфорки. Какой объем воды останется во второй кастрюле после того, как в первой она полностью выкипит? Радиус конфорки больше R, передачей тепла через воздух можно пренебречь. Удельная теплоемкость воды c = 4,2 кДж/кг°С, удельная теплота парообразования λ=2260 кДж/кг.

Возможное решение

1) Количество тепла, передаваемое первой кастрюле от конфорки $Q_1=NSt=N\pi R^2 t$ <1 балл>.

2) Количество тепла, передаваемое второй кастрюле – $Q_2=N\pi r^2 t$ <2 балла>.

3) В момент времени, когда вся вода из широкой кастрюли выкипит, она получит количество тепла $Q_{01} = c(T_k - T_0)m_0 + \lambda m_0$, T_k - температура кипения, m_0 – масса V_0 = 1 л воды <2 балла>.

4) Вторая кастрюля получит $Q_{02} = Q_{01}\dfrac{r^2}{R^2} = c(T_k - T_0)m_0 + \lambda m_1$ <2 балла>.

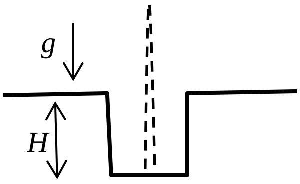
5) В ней выкипит $m_1 = m_0\left(\dfrac{r^2}{R^2} - 1\right)\dfrac{c\left(T_к - T_0\right)}{\lambda} + m_0\dfrac{r^2}{R^2}$, и останется масса воды $m_{ост} = m_0 - m_1$ <1 балла>.

6) Объем воды пропорционален ее массе $V/V_0 = m/m_0$ <1 балла>.

Ответ: $V = V_0\left(1 - r^2/R^2\right)\left(\dfrac{c\left(T_к - T_0\right)}{\lambda} + 1\right)$≈0,41 л <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Количество тепла, передаваемое первой кастрюле	$Q_1=NSt=N\pi R^2 t$	1
2	Количество тепла, передаваемое второй кастрюле	$Q_2=N\pi r^2 t$	1
3	Определение количества тепла, полученное первой кастрюлей	$Q_{01} = c(T_k - T_0)m_0 + \lambda m_0$	2
4	Определение количества тепла, полученное второй кастрюлей	$Q_{02} = Q_{01}\dfrac{r^2}{R^2} = c(T_k - T_0)m_0 + \lambda m_1$	2
5	Определение массы воды, оставшейся во второй кастрюле	$m_{ост} = m_0\left(\dfrac{r^2}{R^2} - 1\right)\left(\dfrac{c\left(T_к - T_0\right)}{\lambda} + 1\right)$	1
6	Пропорция объема и массы	$V/V_0 = m/m_0$	1
7	Получение ответа	$V = V_0\left(1 - r^2/R^2\right)\left(\dfrac{c\left(T_к - T_0\right)}{\lambda} + 1\right)$=0,41 л	2



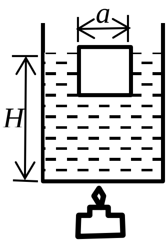
3. Со дна ямы глубиной H вертикально вверх бросили камень, который возвратился через время T. Сколько времени камень находился выше уровня земли? Влиянием воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения равно g.

Возможное решение

Рассмотрим движение камня с момента достижения им вершины траектории.
1) Время движения от вершины составляет ½ полного времени движения <1 балл>.
2) Путь от вершины до дна ямы $x = g(T/2)^2/2$ <2 балла>.
3) Путь от вершины до поверхности земли $h = x - H$ <2 балла>.
4) Соотношение пути до поверхности и времени $h = g(t/2)^2/2$ <2 балла>.
Ответ: $t = \sqrt{T^2 - 8H/g}$ <3 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Время движения от вершины составляет ½ полного времени движения		1
2	Путь от вершины до дна ямы	$x = g(T/2)^2/2$	2
3	Путь от вершины до поверхности земли	$h = x - H$	2
4	Соотношение пути до поверхности и времени	$h = g(t/2)^2/2$	2
5	Получение ответа	$\sqrt{T^2 - 8H/g}$	3



4. Вначале в цилиндрическом стакане с жидкостью плавал пластиковый кубик с ребром *a*=5 см, погрузившись в жидкость на 0.95 своей высоты. Уровень жидкости был *H*=10 см. Стакан стали нагревать, в результате чего размеры кубика начали увеличиваться, а уровень жидкости в стакане подниматься. Когда ребро кубика достигло величины a_1 = 5,07 см, он утонул в жидкости. Каким к этому моменту стал уровень жидкости в стакане? Размеры стакана при нагревании меняются незначительно.

Возможное решение

Предположим, что плотность жидкости вначале была ρ.

1) Из закона Архимеда получаем начальную плотность кубика $\rho_k = 0,95\rho$ <1 балл>.

2) К моменту утопления его плотность стала $\rho_{k1} = \rho_k \dfrac{a^3}{a_1^3}$ <2 балла>.

3) Она сравнялась с плотностью воды $\rho_1 = \rho_{k1}$ <1 балл>.

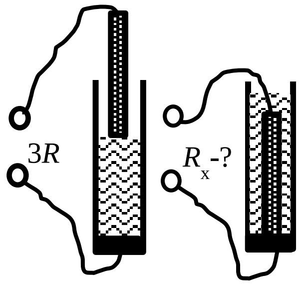
4) Определим начальный объем жидкости в стакане и вытесненной жидкости $V = SH = \dfrac{M+m}{\rho}$, где *M* – масса жидкости, *m* – масса кубика, S – площадь сечения стакана <2 балла>.

5) Аналогичный объем к моменту утопления: $V_1 = SH_1 = \dfrac{M+m}{\rho_1}$ <2 балла>.

Ответ: $H_1 = H\dfrac{a_1^3}{0,95a^3} \approx 11\,\text{см}$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Отношение начальной плотности кубика и жидкости	$\rho_k = 0,95\rho$	1
2	Связь плотности кубика и его размера	$\rho_{k1} = \rho_k \dfrac{a^3}{a_1^3}$	2
3	Равенство конечных плотностей кубика и воды	$\rho_1 = \rho_{k1}$	1
4	Определение начального объема жидкости и вытесненной жидкости	$V = SH = \dfrac{M+m}{\rho}$	2
5	Определение конечного объема жидкости и вытесненной жидкости	$V_1 = SH_1 = \dfrac{M+m}{\rho_1}$	2
6	Получение ответа	$H_1 = H\dfrac{a_1^3}{0,95a^3} \approx 11\,\text{см}$	2



5. Имеется цилиндрический проводящий стержень диаметра d, длины H и сопротивления R, а, также, цилиндрический стакан диаметра D, $D = 2d$, ($H >> D$), выполненный из изолятора. В дно стакана вмонтирован электрод. Стакан заполнен проводящей жидкостью. Высота столба жидкости H. Когда нижний конец стержня соприкасается с жидкостью, сопротивление между его верхним концом и дном стакана $R_2 = 3R$. Каким будет R_x этой системы, если стержень погрузить в жидкость до дна?

Возможное решение

1) В первом опыте сопротивления стержня и столба жидкости $R_{ж}$ включены последовательно: $R_2 = R_{ж} + R$, откуда $R_{ж} = 2R$ <2 балла>.

2) Это сопротивление можно связать с удельным сопротивлением ρ и размерами столба: $R_{ж} = \frac{\rho H}{S} = \frac{4\rho H}{\pi D^2}$ <2 балла>.

3) Во втором опыте сопротивления стержня и столба жидкости включены параллельно: $\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_{ж1}}$ <2 балла>.

4) Сопротивление столба жидкости $R_{ж1}$ при погруженном стержне больше первоначального вследствие уменьшившейся площади сечения: $R_{ж1} = \frac{4\rho H}{\pi(D^2 - d^2)}$, или

$R_{ж1} = R_{ж}\frac{D^2}{D^2 - d^2} = \frac{8}{3}R$ <2 балла>.

Ответ: $R_x = \frac{8}{11}R$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Последовательное соединение сопротивлений в первом опыте	$R_2 = R_{ж} + R \quad R_{ж} = 2R$	2
2	Вывод сопротивления столба жидкости	$R_{ж} = \frac{\rho H}{S} = \frac{4\rho H}{\pi D^2}$	2
3	Параллельное соединение сопротивлений во втором опыте	$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_{ж1}}$	2
4	Вывод сопротивления столба жидкости при погруженном стержне	$R_{ж1} = R_{ж}\frac{D^2}{D^2 - d^2} = \frac{8}{3}R$	2
5	Получение ответа	$R_x = \frac{8}{11}R$	2