

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада
2022-2023
ФИЗИКА
8 класс

1 Вариант. II этап.

Задача 1

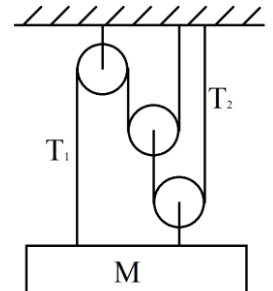
Мимо стоящего на перроне наблюдателя товарный состав и пассажирский поезд проехали за одинаковое время $t_1=16$ секунд. При этом машинист товарного состава зафиксировал, что пассажирский поезд проехал мимо него за $t_2=12$ секунд. Определите отношение длин поездов. Какой поезд двигался с большей скоростью?

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Пусть v_1 и L_1 – скорость и длина товарного состава, а v_2 и L_2 – скорость и длина пассажирского поезда. Тогда по условию: 1) $t_1 = \frac{L_1}{v_1}$ и $t_1 = \frac{L_2}{v_2}$	2+2
2) Исходя из того, что $t_2 < t_1$, поезда движутся во встречном направлении (Идея). Баллы также ставятся, если участник рассмотрел все остальные варианты и получил в них противоречие.	4
Тогда по условию: 3) $t_2 = \frac{L_2}{v_1+v_2}$	1
С помощью преобразований 1) и 3): $v_1 + v_2 = \frac{L_2}{t_2}, \frac{L_1}{t_1} + \frac{L_2}{t_1} = \frac{L_2}{t_2}, \frac{L_1}{L_2} \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_1} = \frac{1}{t_2}, \frac{L_1}{L_2} + 1 = \frac{t_1}{t_2}$ Получим: 4) $\frac{L_1}{L_2} = \frac{t_1}{t_2} - 1 = \frac{16}{12} - 1 = 0,33$	3
Из 1) следует: 5) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{L_1}{L_2} = 0.33$, значит пассажирский поезд двигался быстрее	3
Итого	15

Задача 2

Балка массы M уравновешена в горизонтальном положении системой невесомых блоков и нитей, указанной на рисунке справа. Найдите силы натяжения нитей. Ускорение свободного падения g .



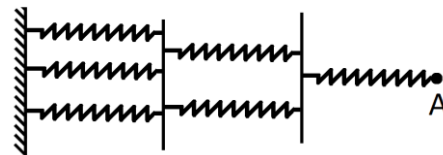
Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Условие равновесия для груза массы M : 1) $Mg = T_1 + 2T_2$	5
Условие равновесия для среднего блока: 2) $2T_1 = T_2$	4
Решая совместно 1) и 2): 3) $T_1 = \frac{Mg}{5}$ и $T_2 = \frac{2Mg}{5}$	3+3
Итого	15

Оценка заданий №№ 1 – 2 по 15 баллов

Задача 3

Шесть пружин и два легких жестких стержня соединены в систему, указанную на рисунке. Какую силу F необходимо прикладывать к точке А, чтобы система растянулась на $\Delta x = 11$ см, если жесткость каждой пружины $k = 100$ Н/м? При движении стержни остаются параллельными стене.



Дополнительное примечание: В начале пружины не растянуты.

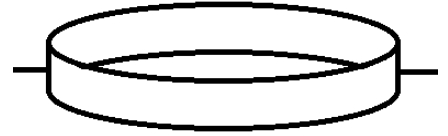
Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) При параллельном соединении пружин жесткость складывается. Тогда общая жесткость трёх пружин $k + k + k = 3k$, двух пружин $k + k = 2k$, Пояснение: при параллельном соединении пружин растяжение каждой пружины одинаково, и равно общему, а общая сила натяжения является суммой сил натяжения каждой пружины.	5
2) При последовательном соединении пружин общая жесткость определяется: $\frac{1}{k_{об}} = \frac{1}{k} + \frac{1}{2k} + \frac{1}{3k} = \frac{11}{6k}$ Пояснение: при последовательном соединении пружин сила натяжения каждой пружины одинакова, и равна общей, а общее растяжение является суммой растяжений каждой пружины.	5
Решая совместно 1) и 2): 3) $F = \frac{6}{11} k \Delta x$ (ответ в общем виде) * балл выставляется также в случае, если у участника нет общей формулы, но численный ответ получен верно.	5
Численно: 4) $F = \frac{6}{11} k \Delta x = \frac{6}{11} 100 0.11 = 6$ Н	5
Итого	20

* Полный балл ставится даже в том случае, если формулы 1) и 2) использованы без пояснения, поскольку являются общеизвестными (содержатся в школьных учебниках по физике)

Задача 4

В большом сосуде с водой плавает пластиковое кольцо с внутренним радиусом $R = 10$ см и высотой $h = 6$ см. Определите массу керосина, которую можно налить во внутреннее пространство пластикового кольца так, чтобы керосин не перелился в воду вне кольца? Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, пластика $\rho_{\text{пл}} = 400$ кг/м³, керосина $\rho_{\text{к}} = 700$ кг/м³.



Площадь круга $S = \pi R^2$, где $\pi = 3.14$

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Идея. Керосин может попасть в воду вне кольца двумя способами: перелиться через край и подтечь под кольцом.	5
Глубину, на которую будет погружено кольцо, можно определить из условия плавания пластикового кольца (равенство давлений или равновесие сил тяжести и силы Архимеда: $\rho_{\text{пл}}gh = \rho_{\text{в}}gH_{\text{пог}}$ или $mg = \rho_{\text{в}}gV_{\text{пог}}$ 2) $H_{\text{пог}} = \frac{\rho_{\text{пл}}}{\rho_{\text{в}}}h = \frac{400}{1000}6 = 2.4$ см	5
Вливание керосина во внутреннее пространство кольца приведёт к тому, что вода из кольца будет вытесняться во внешнее пространство. Глубина погружения кольца при этом не изменится, а давление воды на уровне нижней кромки кольца не изменится. Определим высоту столба керосина, который создаст такое же давление, как и столб воды высотой $H_{\text{пог}}$: 3) $h_1 = \frac{\rho_{\text{в}}H_{\text{пог}}}{\rho_{\text{к}}} = \frac{\rho_{\text{пл}}h}{\rho_{\text{к}}} = \frac{400 \cdot 6}{700} = 3.43$ см	3
4) Если налить керосина высотой больше h_1 , то керосин начнёт подтекать под кольцо.	3
5) Итоговая масса керосина: $M = \rho_{\text{к}}h_1S = \rho_{\text{к}} \frac{\rho_{\text{пл}}h}{\rho_{\text{к}}} \pi R^2 = \rho_{\text{пл}}h\pi R^2 = 754$ гр	4
Итого	20

Оценка заданий №№ 3 – 4 по 20 баллов

Задача 5

В двух одинаковых кубиках льда, имеющих температуру $t = 0^\circ\text{C}$ просверлили полости одинакового объёма. В первом кубике полость заполнили водой при температуре $t = 0^\circ\text{C}$ и запаяли. У второго кубика полость оставили пустой. Кубик льда с водой поместили в теплоизолированный сосуд с водой при температуре $t_0 = 40^\circ\text{C}$. После установления теплового равновесия, оказалось, что весь лёд растаял, а температура в сосуде опустилась до $t_1 = 4^\circ\text{C}$. Когда второй кубик поместили в такой же теплоизолированный сосуд, после установления теплового равновесия температура в сосуде оказалась равной $t_2 = 5^\circ\text{C}$. Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, льда $\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $C_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$, теплоемкостью воздуха пренебречь. Определите среднюю плотность кубика льда с полостью.

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Пусть $M_{\text{л}}$ – масса льда, образующая кубик с полостью, $M_{\text{в}}$ – масса воды, которая помещается в полость. Тогда объём полости: $V_{\text{п}} = \frac{M_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}$	1
2) А объём льда: $V_{\text{л}} = \frac{M_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}}$	1
3) Искомая средняя плотность кубика с полостью: $\rho = \frac{M_{\text{л}}}{V_{\text{л}} + V_{\text{п}}}$	5
4) Подставляя 1) и 2) в 3): $\rho = \frac{M_{\text{л}}}{\frac{M_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}} + \frac{M_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}} = \frac{1}{\frac{1}{\rho_{\text{л}}} + \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}\rho_{\text{в}}}}$	3
5) Пусть C – общая теплоёмкость теплоизолированного сосуда, с помещённой в него водой. Тогда уравнение теплового баланса для первого опыта: $C(t_0 - t_1) = M_{\text{л}}\lambda + (M_{\text{л}} + M_{\text{в}}) C_{\text{в}}(t_1 - t)$	5
6) Уравнение теплового баланса для второго опыта: $C(t_0 - t_2) = M_{\text{л}}\lambda + M_{\text{л}} C_{\text{в}}(t_2 - t)$	5
7) Поделив 5) на 6), получим: $\frac{C(t_0 - t_1)}{C(t_0 - t_2)} = \frac{M_{\text{л}}\lambda + (M_{\text{л}} + M_{\text{в}}) C_{\text{в}}(t_1 - t)}{M_{\text{л}}\lambda + M_{\text{л}} C_{\text{в}}(t_2 - t)}$ $\frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} = \frac{\lambda + (1 + \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}}) C_{\text{в}}(t_1 - t)}{\lambda + C_{\text{в}}(t_2 - t)}$ Откуда отношение $\frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}}$: $\frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}} = \frac{1}{(t_1 - t)} \left[\frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} \left(\frac{\lambda}{C_{\text{в}}} + (t_2 - t) \right) - \frac{\lambda}{C_{\text{в}}} \right] - 1$ $= \frac{1}{4} \left[\frac{36}{35} \left(\frac{330}{4.2} + 5 \right) - \frac{330}{4.2} \right] - 1 = 0.847$	5
8) Подставляя 7) в 4), найдём окончательно:	5

$\rho = \frac{1}{\frac{1}{\rho_{\text{л}}} + \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}} \frac{1}{\rho_{\text{в}}}} = \frac{1}{\frac{1}{900} + 0.847 \frac{1}{1000}} = 511 \text{ кг/м}^3$	
Итого	30

Оценка задания № 5 – 30 баллов

Внимание!

Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения. Решение оценивается поэтапно.

Желаем успеха!

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада
2022-2023
ФИЗИКА

8 класс

2 Вариант. II этап.

Задача 1

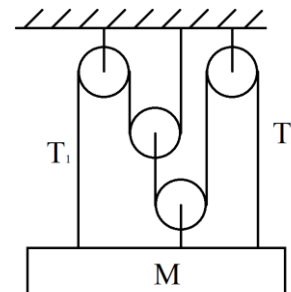
Товарный состав проехал мимо перрона с постоянной скоростью. Двое пассажиров, ожидающих своего поезда, прогуливались по перрону вдоль железнодорожных путей с одинаковыми скоростями, меньшими, чем скорость поезда. Мимо первого пассажира поезд проехал за $t_1=14$ секунд, а мимо второго – за $t_2=21$ секунду. За какое время товарный состав проехал мимо покоящихся на перроне часов?

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Пусть v_1 и L – скорость и длина поезда, а v_2 – скорости пассажиров. Тогда по условию: 1) $t_1 = \frac{L}{v_1+v_2}$ и $t_2 = \frac{L}{v_1-v_2}$	3+3
2) Искомое время: $t = \frac{L}{v_1}$	2
С помощью преобразований 1) и 2): $\frac{L}{t_1} = v_1 + v_2; \frac{L}{t_2} = v_1 - v_2; \frac{L}{t_1} + \frac{L}{t_2} = 2v_1$ 4) Получим: $v_1 = \frac{L}{2} \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right)$	3
5) Подставляя 4) в 2): $t = \frac{L}{v_1} = \frac{1}{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right)} = \frac{2t_1 t_2}{t_1 + t_2} = \frac{2 \cdot 14 \cdot 21}{14 + 21} = 16.8 \text{ с}$	2+2 (общ+ числ)
Итого	15

Задача 2

Балка массы M уравновешена в горизонтальном положении системой невесомых блоков и нитей, указанной на рисунке справа. Найдите силы натяжения нитей. Ускорение свободного падения g .



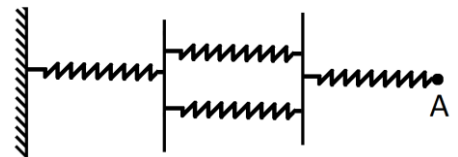
Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
Условие равновесия для груза массы M : 1) $Mg = T_1 + 3T_2$	5
Условие равновесия для среднего блока: 2) $2T_1 = T_2$	4
Решая совместно 1) и 2): 3) $T_1 = \frac{Mg}{7}$ и $T_2 = \frac{2Mg}{7}$	3+3
Итого	15

Оценка заданий №№ 1 – 2 по 15 баллов

Задача 3

Четыре пружины и два легких жестких стержня соединены в систему, указанную на рисунке. Какую силу F необходимо прикладывать к точке А, чтобы система растянулась на $\Delta x = 11$ см, если жесткость каждой пружины $k = 100$ Н/м? При движении стержни остаются параллельными стене.



Дополнительное примечание: В начале пружины не растянуты.

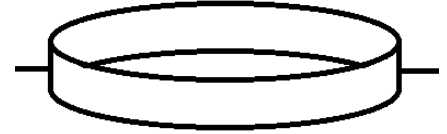
Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) При параллельном соединении пружин жесткость складывается. Тогда общая жесткость двух пружин $k + k = 2k$, Пояснение: при параллельном соединении пружин растяжение каждой пружины одинаково, и равно общему, а общая сила натяжения является суммой сил натяжения каждой пружины.	5
2) При последовательном соединении пружин общая жесткость определяется: $\frac{1}{k_{об}} = \frac{1}{k} + \frac{1}{2k} + \frac{1}{k} = \frac{5}{2k}$ Пояснение: при последовательном соединении пружин сила натяжения каждой пружины одинакова, и равна общей, а общее растяжение является суммой растяжений каждой пружины.	5
Решая совместно 1) и 2): 3) $F = \frac{2}{5}k\Delta x$ (ответ в общем виде) * балл выставляется также в случае, если у участника нет общей формулы, но численный ответ получен верно.	5
Численно: 4) $F = \frac{2}{5}k\Delta x = \frac{2}{5}100 \cdot 0.11 = 4.4$ Н	5
Итого	20

* Полный балл ставится даже в том случае, если формулы 1) и 2) использованы без пояснения, поскольку являются общеизвестными (содержатся в школьных учебниках по физике)

Задача 4

В большом сосуде с водой плавает пластиковое кольцо с внутренним радиусом $R = 12$ см и высотой $h = 5$ см. Определите массу керосина, которую можно налить во внутреннее пространство пластикового кольца так, чтобы керосин не перелился в воду вне кольца? Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, пластика $\rho_{\text{пл}} = 350$ кг/м³, керосина $\rho_{\text{к}} = 700$ кг/м³.



Площадь круга $S = \pi R^2$, где $\pi = 3.14$

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Идея. Керосин может попасть в воду вне кольца двумя способами: перелиться через край и подтечь под кольцом.	5
Глубину, на которую будет погружено кольцо, можно определить из условия плавания пластикового кольца (равенство давлений или равновесие сил тяжести и силы Архимеда: $\rho_{\text{пл}}gh = \rho_{\text{в}}gH_{\text{пог}}$ или $mg = \rho_{\text{в}}gV_{\text{пог}}$	5
2) $H_{\text{пог}} = \frac{\rho_{\text{пл}}}{\rho_{\text{в}}}h = \frac{350}{1000}5 = 1.75$ см	
Вливание керосина во внутреннее пространство кольца приведёт к тому, что вода из кольца будет вытесняться во внешнее пространство. Глубина погружения кольца при этом не изменится, а давление воды на уровне нижней кромки кольца не изменится. Определим высоту столба керосина, который создаст такое же давление, как и столб воды высотой $H_{\text{пог}}$:	3
3) $h_1 = \frac{\rho_{\text{в}}H_{\text{пог}}}{\rho_{\text{к}}} = \frac{\rho_{\text{пл}}h}{\rho_{\text{к}}} = \frac{350 \cdot 5}{700} = 2.5$ см	
4) Если налить керосина высотой больше h_1 , то керосин начнёт подтекать под кольцо.	3
5) Итоговая масса керосина: $M = \rho_{\text{к}}h_1S = \rho_{\text{к}} \frac{\rho_{\text{пл}}h}{\rho_{\text{к}}} \pi R^2 = \rho_{\text{пл}}h\pi R^2 = 792 \text{ гр}$	4
Итого	20

Оценка заданий №№ 3 – 4 по 20 баллов

Задача 5

В двух одинаковых кубиках льда, имеющих температуру $t = 0^\circ\text{C}$ просверлили полости одинакового объёма. В первом кубике полость заполнили водой при температуре $t = 0^\circ\text{C}$ и запаяли. У второго кубика полость оставили пустой. Кубик льда с водой поместили в теплоизолированный сосуд с водой при температуре $t_0 = 50^\circ\text{C}$. После установления теплового равновесия, оказалось, что весь лёд растаял, а температура в сосуде опустилась до $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Когда второй кубик поместили в такой же теплоизолированный сосуд, после установления теплового равновесия температура в сосуде оказалась равной $t_2 = 12^\circ\text{C}$. Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, льда $\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $C_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$, теплоемкостью воздуха пренебречь. Определите среднюю плотность кубика льда с полостью.

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Пусть $M_{\text{л}}$ – масса льда, образующая кубик с полостью, $M_{\text{в}}$ – масса воды, которая помещается в полость. Тогда объём полости: $V_{\text{п}} = \frac{M_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}$	1
2) А объём льда: $V_{\text{л}} = \frac{M_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}}$	1
3) Искомая средняя плотность кубика с полостью: $\rho = \frac{M_{\text{л}}}{V_{\text{л}} + V_{\text{п}}}$	5
4) Подставляя 1) и 2) в 3): $\rho = \frac{M_{\text{л}}}{\frac{M_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}} + \frac{M_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}} = \frac{1}{\frac{1}{\rho_{\text{л}}} + \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}\rho_{\text{в}}}}$	3
5) Пусть C – общая теплоёмкость теплоизолированного сосуда, с помещённой в него водой. Тогда уравнение теплового баланса для первого опыта: $C(t_0 - t_1) = M_{\text{л}}\lambda + (M_{\text{л}} + M_{\text{в}}) C_{\text{в}}(t_1 - t)$	5
6) Уравнение теплового баланса для второго опыта: $C(t_0 - t_2) = M_{\text{л}}\lambda + M_{\text{л}} C_{\text{в}}(t_2 - t)$	5
7) Поделив 5) на 6), получим: $\frac{C(t_0 - t_1)}{C(t_0 - t_2)} = \frac{M_{\text{л}}\lambda + (M_{\text{л}} + M_{\text{в}}) C_{\text{в}}(t_1 - t)}{M_{\text{л}}\lambda + M_{\text{л}} C_{\text{в}}(t_2 - t)}$ $\frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} = \frac{\lambda + (1 + \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}}) C_{\text{в}}(t_1 - t)}{\lambda + C_{\text{в}}(t_2 - t)}$ Откуда отношение $\frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}}$: $\frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}} = \frac{1}{(t_1 - t)} \left[\frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} \left(\frac{\lambda}{C_{\text{в}}} + (t_2 - t) \right) - \frac{\lambda}{C_{\text{в}}} \right] - 1$ $= \frac{1}{10} \left[\frac{40}{38} \left(\frac{330}{4.2} + 12 \right) - \frac{330}{4.2} \right] - 1 = 0.677$	5
8) Подставляя 7) в 4), найдём окончательно:	5

$\rho = \frac{1}{\frac{1}{\rho_{\text{л}}} + \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{л}}} \frac{1}{\rho_{\text{в}}}} = \frac{900}{1 + 0.677 \frac{900}{1000}} = 560 \text{ кг/м}^3$	
Итого	30

Оценка задания № 5 – 30 баллов

Внимание!

Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения. Решение оценивается поэтапно.

Желаем успеха!