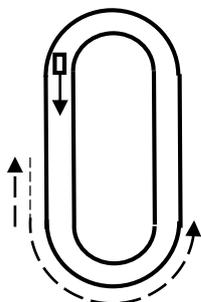


**Заключительный этап Всесибирской Открытой Олимпиады
Школьников по физике 12 марта 2023 г.
9 класс**

Решения и критерии оценки



1. Когда на кольцевой транспортер выгрузили чемодан прибывшего с самолета пассажира, пассажир направился вдоль транспортера против его движения. Пройдя таким образом некоторый путь за время t_1 , он поравнялся со своим чемоданом, но не успел его ухватить, и с прежней скоростью направился в противоположную сторону, пытаясь догнать чемодан. Через время t_2 чемодан второй раз оказался напротив пассажира, и он его взял. Какой путь проделал пассажир и его чемодан? Длина транспортера L , время его полного обращения T . Пассажир двигался вперед и назад с одинаковой постоянной скоростью. Отличием траектории пассажира и чемодана пренебречь.

Возможное решение

Скорость транспортера $v = L/T$. <1 балл>

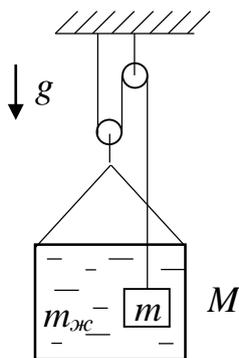
Двигаясь вдогонку чемодану, пассажир проделал путь на L меньше, чем его чемодан $vt_2 - ut_2 = L$, откуда можно найти скорость пассажира $u = v - \frac{L}{t_2} = \frac{L(t_2 - T)}{t_2 T}$. <4 балла>

Путь пассажира $S_n = u(t_1 + t_2)$, путь чемодана $S_u = v(t_1 + t_2)$. <2 балла>

Ответ: $S_n = \frac{L(t_2 - T)(t_1 + t_2)}{t_2 T}$, $S_u = \frac{L(t_1 + t_2)}{T}$. <3 балла>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение скорости транспортера	$v = L/T$	1
2	Формулировка условия повторного контакта с чемоданом	$u = v - \frac{L}{t_2} = \frac{L(t_2 - T)}{t_2 T}$	4
3	Определение путей	$S_n = u(t_1 + t_2)$, $S_u = v(t_1 + t_2)$	2
4	Получение ответа	$S_n = \frac{L(t_2 - T)(t_1 + t_2)}{t_2 T}$, $S_u = \frac{L(t_1 + t_2)}{T}$	3



2. В ведре массой M находится тело массой m и жидкость массой $m_{ж}$. Вся эта система подвешена на нити (см. рис.) и находится в равновесии. Считая блоки и нить невесомыми, найти силу Архимеда, действующую на тело. Трения нет. Ускорение свободного падения g . Влиянием воздуха пренебречь.

Возможное решение

Условие равновесия для тела массой m : $F_A = mg - T$, где F_A – сила Архимеда, действующая на это тело, T – сила натяжения нити. <2 балла>

Силу натяжения нити можно найти, рассматривая равновесие системы "ведро, жидкость, тело и подвижный блок": $3T = g(M + m + m_{ж})$. <4 балла за это или аналогичные ему уравнения>.

Подставляя силу натяжения из второго уравнения в первое, получаем ответ. <3 балла за решение получившейся системы уравнений>:

$F_A = g(2m - M - m_{ж}) / 3$. <1 балл за явно сформулированный и корректно полученный ответ>.

Ответ: $F_A = g(2m - m_{ж} - M) / 3$

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Условие равновесия для тела массы m	$F_A = mg - T$	2
2	Уравнение или система уравнений, позволяющие выразить T через известные величины и, возможно, F_A	$3T = g(M + m + m_{ж})$	4
3	Решение системы уравнений	$F_A = g(2m - m_{ж} - M) / 3$	3
4	Получение ответа	$F_A = g(2m - m_{ж} - M) / 3$	1

3. Чтобы нагреть хранившийся в холодильнике кефир массой m и температурой T_1 , школьник налил из-под крана полную кастрюлю тёплой воды массой M и температурой T_2 . Затем он аккуратно опустил в кастрюлю тетрапак с кефиром и оставил его плавать. При этом тетрапак не касался ни дна, ни стенок. После установления теплового равновесия температура кефира оказалась равна T . Определите удельную теплоёмкость кефира, если теплоёмкость воды известна и равна c . Теплообменом с окружающей средой, теплоёмкостью кастрюли и массой тетрапака пренебречь.

Возможное решение

При опускании в полную кастрюлю воды тетрапака с кефиром часть воды выльется. <1 балл>

Объём вытесненной воды ΔV , он же объём погруженной части тетрапака, может быть найден из II закона Ньютона для тетрапака: $\rho g \Delta V = mg$, где ρ – плотность воды. <2 балла>

Масса вытесненной воды равна массе кефира: $\Delta M = m$. <1 балл>

После установления теплового равновесия температура воды равна температуре кефира <1 балл за это утверждение, сформулированное явным образом, или неявно следующее из дальнейших уравнений>. Количество теплоты, полученной кефиром, равно количеству теплоты, отданной водой <1 балл за это утверждение, сформулированное явным образом, или неявно следующее из дальнейших уравнений>. Уравнение теплового баланса для оставшейся воды и кефира: $c(M - m)(T_2 - T) = c_k m(T - T_1)$, где c_k – искомая теплоёмкость кефира. <2 балла> Из него находим ответ.

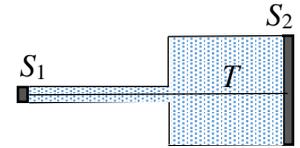
Ответ: $c_k = c \frac{(M - m)(T_2 - T)}{m(T - T_1)}$. <2 балла>

Если уравнение теплового баланса получено без учета изменения массы воды: $cM(T_2 - T) = c_k m(T - T_1)$, – то это уравнение оценивается в 3 балла. Корректное получение ответа из этого уравнения: $c_k = c M(T_2 - T) / (m(T - T_1))$, – оценивается в 1 балл, таким образом, если не учтено изменение массы воды, максимально возможная оценка –4 балла

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Утверждение: часть воды выльется		1
2	Нахождение объёма вытесненной воды	$\rho g \Delta V = mg$	2
3	Нахождение массы вытесненной воды	$\Delta M = m$	1
4	Уравнение теплового баланса	$c(M - m)(T_2 - T) = c_k m(T - T_1)$	4
5	Получение ответа	$c_k = c \frac{(M - m)(T_2 - T)}{m(T - T_1)}$	2
4а	Уравнение теплового баланса без учета изменения массы воды	$cM(T_2 - T) = c_k m(T - T_1)$	3
5а	Получение ответа без учета изменения массы воды	$c_k = c M(T_2 - T) / (m(T - T_1))$	1

4. Горизонтальный сосуд с несжимаемой жидкостью с двух сторон закрыт подвижными поршнями: слева – площадью S_1 , справа – S_2 , причем $S_1 < S_2$. Поршни соединены нитью, выдерживающей максимальное натяжение T . Какую силу и в каком направлении надо приложить к правому поршню, чтобы нить порвалась? Влиянием сил трения и тяжести пренебречь.



Возможное решение

Если правый поршень сдвинется вправо на расстояние d , то из-за несжимаемости жидкости левый поршень должен будет сдвинуться вправо на расстояние dS_2/S_1 , которое больше d , и натяжение нити уменьшится, т.е. добиться обрыва нити, сдвигая поршень вправо, нельзя. Если же правый поршень сдвинуть влево на расстояние d , то левый поршень должен будет сдвинуться тоже влево на расстояние dS_2/S_1 (которое больше d), но это невозможно из-за нерастяжимости нити, связывающей поршни, поэтому приложение силы вызовет увеличение давления в жидкости, что компенсирует приложенную силу и увеличит натяжение нити.

<2 балла за обоснование того, в каком направлении надо прикладывать силу>.

Натяжение нити можно найти, рассматривая условия равновесия поршней (T_x – натяжение нити при приложении силы F к правому поршню, P – давление жидкости при этом):

$$F + T_x - PS_2 = 0. \text{ <2 балла>}$$

$$T_x - PS_1 = 0. \text{ <2 балла>}$$

Решая эту систему, находим: $T_x = FS_1 / (S_2 - S_1)$. <3 балла>.

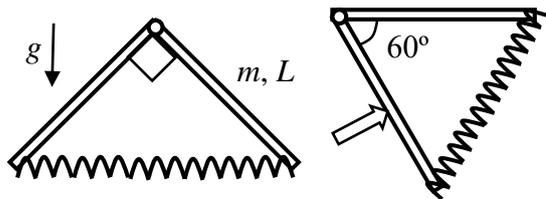
Нить оборвется тогда, когда это натяжение превысит максимальное натяжение нити – T , то есть минимальная сила, необходимая для разрыва нити:

$$F = T(S_2 - S_1) / S_1. \text{ <1 балл за явно сформулированный и корректно полученный ответ>}$$

Ответ: $F = T(S_2/S_1 - 1)$. Поршень надо толкать влево

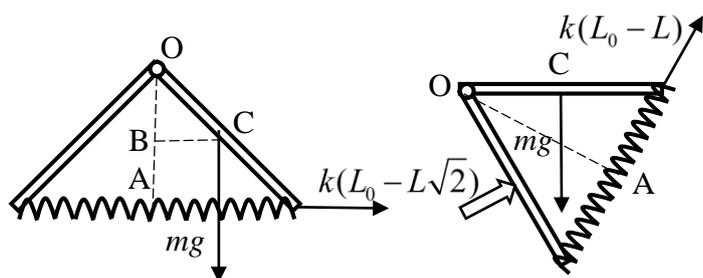
Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Объяснение, в каком направлении надо прикладывать силу		2
2	Условие равновесия правого поршня	$F + T_x - PS_2 = 0$	2
3	Условие равновесия левого поршня	$T_x - PS_1 = 0$	2
4	Решение системы уравнений, определение зависимости натяжения нити от приложенной силы	$T_x = FS_1 / (S_2 - S_1)$	3
5	Получение ответа	$F = T(S_2/S_1 - 1)$, влево	1



5. Два одинаковых однородных стержня длиной L и массой m одним концом закреплены на оси (см. рис.). Их свободные концы связаны невесомой пружиной. В состоянии равновесия стержни и пружина образуют равнобедренный прямоугольный треугольник. Когда, действуя на левый стержень, треугольник повернули вправо так, что правый стержень принял горизонтальное положение, равновесный угол между стержнями составил 60° . Определите жесткость пружины. При сжатии ось пружины не изгибается. Ускорение свободного падения g .

Возможное решение



В первом случае равновесие правого стержня обеспечивается балансом моментов силы тяжести и силы упругости пружины. Плечо первой из сил $BC = \frac{L}{2\sqrt{2}}$, второй - $OA = \frac{L}{\sqrt{2}}$. <2 балла>

Предположив, что длина недеформированной пружины L_0 ,

жесткость пружины k , получим $\frac{mgL}{2\sqrt{2}} = \frac{k(L_0 - L\sqrt{2})L}{\sqrt{2}}$. <2 балла>

Во втором случае плечо силы тяжести $OC = \frac{L}{2}$, плечо силы упругости пружины $OA = \frac{L\sqrt{3}}{2}$

<2 балла>, так что баланс моментов сил $\frac{mgL}{2} = \frac{k(L_0 - L)L\sqrt{3}}{2}$. <2 балла> Исключив из

последних уравнений L_0 , получим ответ.

Ответ: $k = \frac{mg(2 - \sqrt{3})}{L2\sqrt{3}(\sqrt{2} - 1)}$ <2 балла>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение плеч сил в первом случае	$BC = \frac{L}{2\sqrt{2}}, OA = \frac{L}{\sqrt{2}}$	2
2	Формулировка баланса моментов сил в первом случае	$\frac{mgL}{2\sqrt{2}} = \frac{k(L_0 - L\sqrt{2})L}{\sqrt{2}}$	2
3	Определение плеч сил во втором случае	$OC = \frac{L}{2}, OA = \frac{L\sqrt{3}}{2}$	2
4	Формулировка баланса моментов сил во втором случае	$\frac{mgL}{2} = \frac{k(L_0 - L)L\sqrt{3}}{2}$	2
5	Получение ответа	$k = \frac{mg(2 - \sqrt{3})}{L2\sqrt{3}(\sqrt{2} - 1)}$	2