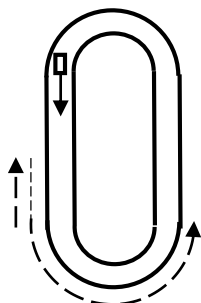


**Заключительный этап Всесибирской Открытой Олимпиады  
Школьников по физике 12 марта 2023 г.  
9 класс**

**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>

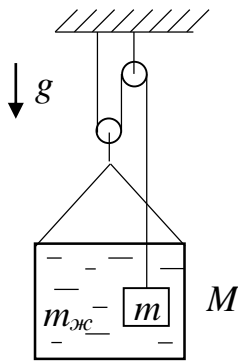
Двигаясь вдогонку чемодану, пассажир проделал путь на  $L$  меньше, чем его чемодан  $vt_2 - ut_2 = L$ , откуда можно найти скорость пассажира  $u = v - \frac{L}{t_2} = \frac{L(t_2 - T)}{t_2 T}$ . <4 балла>

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  $\Delta V$ , он же объём погруженной части тетрапака, может быть найден из II закона Ньютона для тетрапака:  $\rho g \Delta V = mg$ , где  $\rho$  – 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.

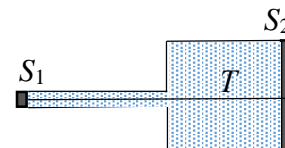
Ответ:  $c_k = c \frac{(M - m)(T_2 - T)}{m(T - T_1)}$ . <2 балла>

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>.

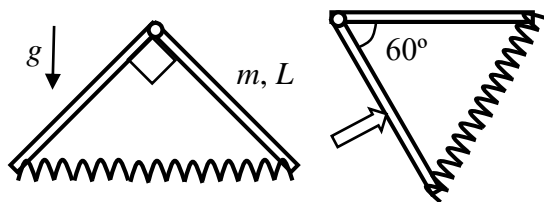
Нить оборвется тогда, когда это натяжение превысит максимальное натяжение нити –  $T$ , то есть минимальная сила, необходимая для разрыва нити:

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

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

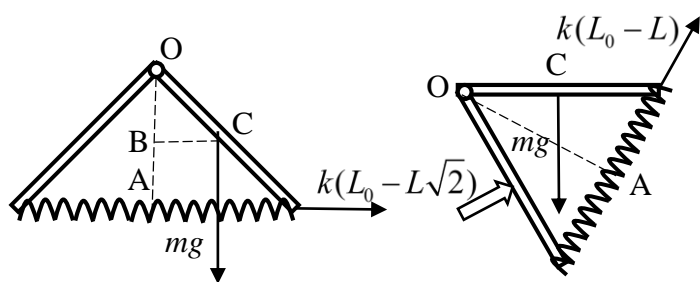
### Разбалловка по этапам

	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  $60^\circ$ . 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