Первый (очный) этап
Всесибирской Открытой Олимпиады Школьников по физике
8 ноября 2020 г.
Задачи 10 класса
Возможные решения (максимум 10 баллов за задачу)

1. Пункты A и B связаны двумя дорогами. Первую дорогу автомобиль проезжает со средней скоростью v. Первую половину второй дороги автомобиль проезжает со средней скоростью 1,5 v. Средняя скорость автомобиля на второй половине второй дороги составляет 0,5 v. Во сколько раз первая дорога длиннее второй, если время поездки из пункта A в пункт B по обеим дорогам одинаковое?

Возможное решение

Допустим, что протяженность первой дороги S_1, а второй - S_2, а полное время поездки t.

1) Время поездки по первой дороге $t = \frac{S_1}{v}$. <2 балла>

2) Время поездки по второй: $t = \frac{S_2}{2\cdot 1,5v} + \frac{S_2}{2\cdot 0,5v}$. <4 балла>

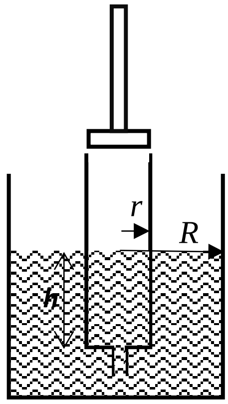
откуда $\frac{S_1}{S_2} = \frac{4}{3}$.

Ответ: 4/3. <4 балла>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение времени поездки по первой дороге	$t = \frac{S_1}{v}$	2
2	Определение времени поездки по второй дороге	$t = \frac{S_2}{2\cdot 1,5v} + \frac{S_2}{2\cdot 0,5v}$	4
3	Получение ответа	$\frac{S_1}{S_2} = \frac{4}{3}$	4

2. В цилиндрическую чашку радиусом R, заполненную жидкостью, погрузили на глубину h шприц без поршня (см. рис.), затем в шприц вставили поршень. Какую минимальную силу нужно приложить к поршню шприца, чтобы, не сдвигая шприца, медленно вытеснить из него воду. Внутренний радиус шприца r, плотность жидкости ρ, ускорение свободного падения g. Трения нет. Массой поршня пренебречь.



Возможное решение

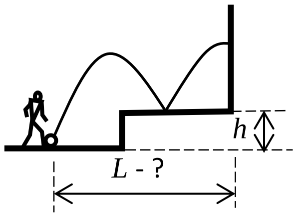
1) После вытеснения жидкости из шприца, ее уровень в чашке повысится на Δh,
$\Delta h\pi(R^2 - r^2) = h\pi r^2$. <3 балла>

2) На дно поршня будет действовать сила давления, которая удерживает столб жидкости с площадью сечения πr^2 и высотой $h + \Delta h$: $F = \pi r^2(h + \Delta h)\rho g$. <4 балла>

Ответ: $F = \dfrac{\rho g \pi R^2 r^2 h}{R^2 - r^2}$. <3 балла>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение подъема жидкости	$\Delta h\pi(R^2 - r^2) = h\pi r^2$	3
2	Определение силы давления	$F = \pi r^2(h + \Delta h)\rho g$	4
3	Получение ответа	$F = \dfrac{\rho g \pi R^2 r^2 h}{R^2 - r^2}$	3



3. Мальчик, находясь на дороге, пнул мяч со скоростью v под углом α к горизонту. Ударившись о тротуар, мяч отскочил от стены дома и по своей траектории вернулся под ноги мальчика. Определите расстояние от мальчика до стены дома, если тротуар поднят относительно дорожного полотна на высоту h. Дорога и тротуар горизонтальные, удары упругие, ускорение свободного падения g. Влиянием воздуха пренебречь.

Возможное решение

1) Для того, чтобы мяч вернулся по своей траектории, он должен удариться о стену под прямым углом. Из этого следует, что он столкнулся со стеной в вершине своей траектории. <1 балл>

2) Из того, что мяч отскакивает от тротуара со скоростью и углом, которые совпадают со скоростью и углом падения, следует, что вершина траектории до его падения на тротуар и после него находятся на одной высоте. <1 балл>

3) После того, как мяч пнули, он поднимается на высоту $H = \dfrac{v^2 \sin^2\alpha}{2g}$ за время $t_1 = \dfrac{v\sin\alpha}{g}$.

<2 балла>

4) Время падения на тротуар и время подъема до столкновения со стеной совпадают. Высота вершины траектории относительно тротуара $H_1 = H - h$ и время падения с этой высоты $t_2 = \sqrt{\dfrac{2(H-h)}{g}} = \dfrac{\sqrt{v^2\sin^2\alpha - 2gh}}{g}$. <2 балла>

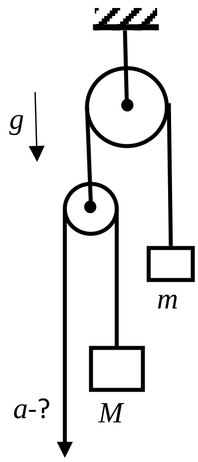
5) Полное время полета мяча до столкновения со стеной $t = t_1 + 2t_2$, а его перемещение по горизонтали $L = v\cdot\cos\alpha\cdot(t_1 + 2t_2)$. <2 балла>

Ответ: $L = \dfrac{v\cdot cos\alpha\left(v\cdot\sin\alpha + 2\sqrt{v^2\sin^2\alpha - 2gh}\right)}{g}$. <2 балла>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Вывод о том, что мяч достигает стены в вершине траектории		1
2	Вывод о том, что до удара о тротуар и после него мяч поднимается на одну высоту		1
3	Определение высоты и времени первого подъема мяча	$H = \dfrac{v^2\sin^2\alpha}{2g}$, $t_1 = \dfrac{v\sin\alpha}{g}$	2
4	Определение времени второго подъема мяча	$t_2 = \dfrac{\sqrt{v^2\sin^2\alpha - 2gh}}{g}$	2
5	Определение горизонтального перемещения мяча	$t = t_1 + 2t_2$, $L = v\cdot\cos\alpha\cdot(t_1 + 2t_2)$	2
6	Получение ответа	$L = \dfrac{v\cdot cos\alpha\left(v\cdot\sin\alpha + 2\sqrt{v^2\sin^2\alpha - 2gh}\right)}{g}$	2

4. С каким ускорением нужно тянуть свободный конец нити в изображенной на рисунке конструкции, чтобы груз массой M оставался неподвижным? Блок и нити невесомые, трения нет. Ускорение свободного падения g.



Возможное решение

1) Сила натяжения нити, переброшенной через подвижный блок $T = Mg$. <2 балла>

2) Сила натяжения второй нити $T_1 = 2T$. <2 балла>

3) II закон Ньютона для правого груза: $ma_m = T_1 - mg$. <2 балла>

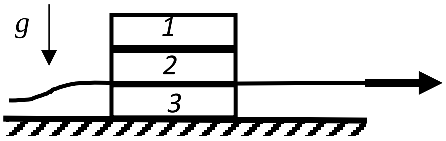
4) Кинематические связи: ускорение блока $a_{бл} = a_m$, $a = 2a_{бл}$. <2 балла>

Ответ: $a = 2\left(\dfrac{2M}{m} - 1\right)g$.   <2 балла>

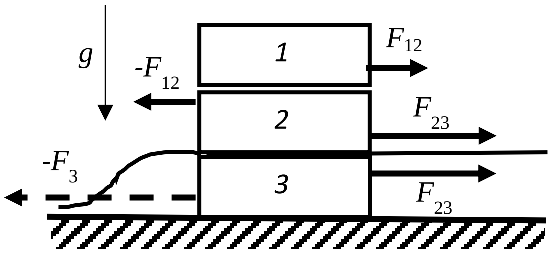
Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение силы натяжения нити, переброшенной через блок	$T = Mg$	2
2	Определение силы натяжения второй нити	$T_1 = 2T$	2
3	II закон Ньютона для правого груза	$ma_m = T_1 - mg$	2
4	Определение кинематической связи	$a_{бл} = a_m$, $a = 2a_{бл}$	2
5	Получение ответа	$a = 2\left(\dfrac{2M}{m} - 1\right)g$	2

5. Три одинаковых бруска, №1, №2, №3, массой m каждый, выложены в стопку на горизонтальной поверхности (см. рисунок). Между бруском №2 и бруском №3 вставлена легкая лента. Ленту выдергивают за короткое время t. Насколько сместятся бруски, когда движение прекратится? Коэффициент трения между всеми поверхностями равен μ. Ускорение свободного падения g.



Возможное решение



1) Сила реакции опоры со стороны второго бруска на первый $N_{12} = mg$, аналогично для брусков №3 и №2 $N_{23} = 2mg$, для №3 со стороны горизонтальной поверхности $N_3 = 3mg$. <1 балл>

2) Лента проскальзывает, поэтому с ее стороны на брусок №2 действует сила $F_2 = 2\mu mg$. Такая же сила действует на брусок №3. <2 балла>

3) Предположив проскальзывание бруска №1 по бруску №2, получим ускорение №1: $a_1 = F_{12}/m = \mu g$ и $a_2 = (F_{23} - F_{12})/m = \mu g$, откуда следует, что бруски №1 и №2 движутся как одно целое. <1 балл>

4) Предположив скольжение бруска №3, получим $a_2 = (F_{23} - F_3)/m < 0$, чего не может быть. Вывод: брусок №3 остается неподвижным. <1 балл>

5) Торможение брусков после выдергивания ленты происходит с тем же ускорением, что и их разгон. <1 балл>

6) Перемещение брусков №1 и №2: $S_1 = S_2 = \frac{\mu g t^2}{2} + \frac{\mu g t^2}{2} = \mu g t^2$. <2 балла>

Ответ: $S_1 = S_2 = \mu g t^2$, $S_3 = 0$. <2 балла>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение сил реакций опоры	$N_{12} = mg$, $N_{23} = 2mg$, $N_3 = 3mg$	1
2	Определение силы трения со стороны ленты	$F_2 = 2\mu mg$	2
3	Обоснованный вывод о том, бруски №1 и №2 движутся как одно целое.		1
4	Обоснованный вывод о том, что брусок №3 остается неподвижным		1
5	Вывод о том, что ускорение торможения равно ускорению разгона		1
6	Определение перемещения брусков №1 и №2:	$S_1 = S_2 = \frac{\mu g t^2}{2} + \frac{\mu g t^2}{2} = \mu g t^2$	2
7	Получение ответа	$S_1 = S_2 = \mu g t^2$, $S_3 = 0$	2