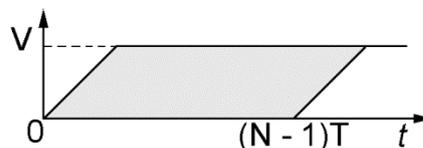


Первый (очный) этап Всесибирской олимпиады по физике
18 ноября 2018 г
Возможные решения и критерии оценки
10 класс

1. Перед светофором выстроилась плотная колонна из N автомобилей. После включения зеленого света сначала трогается передняя машина, затем с задержкой T – вторая, и так далее. Каждая машина сначала движется с постоянным, одинаковым для всех ускорением, пока не наберет разрешенную на данном участке дороги скорость V . Найти длину колонны L после того, как разгонятся все автомобили. Считать, что каждая машина занимает участок дороги длиной l .

Возможное решение

1) К моменту завершения ускорения последнего автомобиля первый будет в движении время $T_1 = (N-1)T + \tau$, где τ – время ускорения <2 балла>.



2) В течение интервала τ автомобиль будет двигаться с постоянным ускорением и еще время $(N-1)T$ двигаться с постоянной скоростью V <1 балл>.

3) Он пройдет путь $S_1 = \frac{a\tau^2}{2} + V(N-1)T$, где a – ускорение <2 балла>.

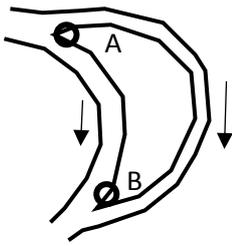
4) Последний автомобиль пройдет $S_2 = \frac{a\tau^2}{2}$ <2 балла>.

5) Длина колонны после окончания разгона не будет меняться и составит $L = S_1 - S_2 + Nl$ <1 балл>.

Ответ: $L = Nl + V(N-1)T$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение промежутка времени между первым и последним автомобилем	$T_1 = (N-1)T + \tau$	2
2	Время ускоренного и равномерного движения первого автомобиля	$(N-1)T, \tau$	1
3	Путь, пройденный первым автомобилем	$S_1 = \frac{a\tau^2}{2} + V(N-1)T$	2
4	Путь, пройденный последним автомобилем	$S_2 = \frac{a\tau^2}{2}$	2
5	Длина колонны	$L = S_1 - S_2 + Nl$	1
6	Получение ответа	$L = Nl + V(N-1)T$	2



2. Река разделяется островом на две протоки. Скорость течения в каждой из них такова, что время, затрачиваемое предметом, переносимым течением, на путь от края А острова до его края В, оказывается для двух проток одинаковым и равным t . Катер, который идет по первой протоке из А в В, а по второй из В в А затрачивает на круговой маршрут время t_1 , а на движение по этому маршруту в обратном направлении – время t_2 . Определите отношение скоростей течения в первой и второй протоках. Считать, что скорость течения реки в протоках и скорость катера относительно воды постоянные.

Возможное решение

Предположим, что скорость течения в первой протоке u_1 , а во второй - u_2 , а их длина соответственно L_1 и L_2

1) Связь длины протоки и скорости течения $L_1 = u_1 t; L_2 = u_2 t$ <2 балла>.

2) Время прямого маршрута: $t_1 = \frac{L_1}{v + u_1} + \frac{L_2}{v - u_2} = \frac{t(u_1 + u_2)v}{(v + u_1)(v - u_2)}$, где v – скорость катера относительно воды <2 балла>.

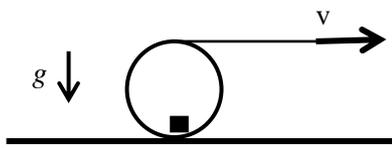
3) Время обратного маршрута: $t_2 = \frac{L_2}{v + u_2} + \frac{L_1}{v - u_1} = \frac{t(u_1 + u_2)v}{(v - u_1)(v + u_2)}$ <2 балла>.

В результате $\frac{t}{t_1} - \frac{t}{t_2} = 2 \frac{u_1 - u_2}{u_1 + u_2}$.

Ответ: $\frac{u_1}{u_2} = \frac{2t_1 t_2 + t(t_2 - t_1)}{2t_1 t_2 - t(t_2 - t_1)}$ <4 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Связь скорости течения и длины протоки	$L_1 = u_1 t; L_2 = u_2 t$	2
2	Время прямого маршрута	$t_1 = \frac{L_1}{v + u_1} + \frac{L_2}{v - u_2} = \frac{t(u_1 + u_2)v}{(v + u_1)(v - u_2)}$	2
3	Время обратного маршрута	$t_2 = \frac{L_2}{v + u_2} + \frac{L_1}{v - u_1} = \frac{t(u_1 + u_2)v}{(v - u_1)(v + u_2)}$	2
4	Получение ответа	$\frac{u_1}{u_2} = \frac{2t_1 t_2 + t(t_2 - t_1)}{2t_1 t_2 - t(t_2 - t_1)}$	4



3. Лежащую на горизонтальной поверхности тонкостенную трубу такелажники стали тянуть, сообщив прикрепленному к ней канату скорость v (см. рисунок), в результате чего труба без проскальзывания покатилась. Внутри трубы в ее нижней точке лежали небольшие камни. В момент времени, когда труба переместилась на расстояние L , из трубы донесся шум скользящих камней. Определите коэффициент трения между камнем и трубой. Радиус трубы R . Ускорение свободного падения g .

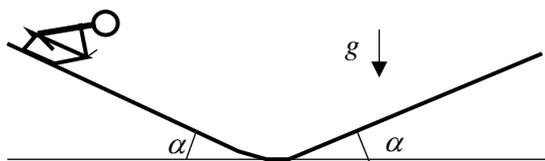
Возможное решение

- 1) Поскольку скорость нижней точки трубы при ее качении равна нулю, камни при толчке не приобретут скорости <1 балл>.
- 2) Перейдем в систему отсчета центра трубы – он движется со скоростью $v/2$, и в нем камни вместе с трубой будут вращаться вокруг центра со скоростью $v/2$ <2 балла>.
- 3) Камень до начала скольжения испытывает центростремительное ускорение $a = v^2 / R$ <1 балл>.
- 4) Второй закон Ньютона в радиальном направлении: $ma = N - mg \cos \alpha$, где m – масса камня, N – реакция опоры, α – угол поворота трубы <2 балла>.
- 5) Второй закон Ньютона в азимутальном направлении: $0 = F_{mp} - mg \sin \alpha = \mu N - mg \sin \alpha$, где F_{mp} – сила трения, μ – искомый коэффициент трения <2 балла>.
- 6) Угол $\alpha = L / R$ <1 балл>.

Ответ: $\mu = \frac{4Rg \sin(L/R)}{v^2 + 4Rg \cos(L/R)}$ <1 балл>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Камни при толчке не приобретут скорости		1
2	Переход в систему отсчета центра трубы, скорость центра	$v/2$	2
3	Определение ускорения камня	$a = v^2 / R$	1
4	II закон Ньютона для камня в радиальном направлении	$ma = N - mg \cos \alpha$	2
5	II закон Ньютона для камня в азимутальном направлении	$0 = F_{mp} - mg \sin \alpha = \mu N - mg \sin \alpha$	1
6	Угол поворота трубы	$\alpha = L / R$	2
7	Получение ответа	$\mu = \frac{4Rg \sin(L/R)}{v^2 + 4Rg \cos(L/R)}$	1



4. Две ледяные горки с углом наклона α ориентированы навстречу друг другу и плавно сопряжены очень скользким участком. Дети спускаются на санках с левой горки и по инерции поднимаются на правую. Выяснилось, что время спуска в γ раз больше времени подъема. Определите

коэффициент трения санок о лед.

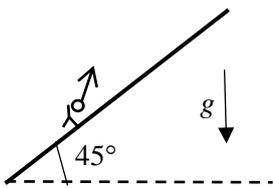
Возможное решение

- 1) Второй закон Ньютона по нормали к поверхности для саночника $0 = N - mg \cos \alpha$, где N – сила реакции опоры <1 балл>.
- 2) Второй закон Ньютона вдоль поверхности для движения вниз $ma_1 = mg \sin \alpha - \mu N$, где μ – искомый коэффициент трения <2 балла>.
- 3) Второй закон Ньютона вдоль поверхности для движения вверх $ma_2 = -mg \sin \alpha - \mu N$ <1 балл>.
- 4) Конечная скорость при движении вниз: $v = a_1 t_1$, где t_1 – время спуска <1 балл>.
- 5) Начальная скорость при движении вверх: $v + a_2 t_2 = 0$, где t_2 – время подъема <1 балл>.
- 6) Отношение ускорений: $\frac{a_2}{a_1} = \frac{t_1}{t_2} = \gamma$ <2 балла>.

Ответ: $\mu = tg\alpha \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1}$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	II закон Ньютона по нормали к поверхности	$0 = N - mg \cos \alpha$	1
2	II закон Ньютона вдоль поверхности для движения вниз	$ma_1 = mg \sin \alpha - \mu N$	2
3	II закон Ньютона вдоль поверхности для движения вверх	$ma_2 = -mg \sin \alpha - \mu N$	1
4	Конечная скорость при движении вниз	$v = a_1 t_1$	1
5	Начальная скорость при движении вверх	$v + a_2 t_2 = 0$	1
6	Отношение ускорений	$\frac{a_2}{a_1} = \frac{t_1}{t_2} = \gamma$	2
7	Получение ответа	$\mu = tg\alpha \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1}$	2



5. Мячик, брошенный со склона, дважды упруго о него ударился и вернулся в точку броска через время t после того, как его сделали. Склон имеет угол 45° с горизонтом. С какой начальной скоростью был брошен мяч? Ускорение свободного падения g .

Возможное решение

- 1) После первого удара скорость мячика вертикальна, следовательно, перед ним она горизонтальна <2 балла>.
- 2) До первого удара меняется только вертикальная компонента скорости: $V_y - gt_1 = 0$, где t_1 – время движения мяча до первого удара <1 балл>.
- 3) В результате первого удара горизонтальная скорость становится вертикальной и далее уменьшается до нуля: $V_x - gt_2 = 0$, где t_2 – время движения мяча от первого удара до максимальной точки подъема <1 балл>.
- 4) Полное время движения $t = 2(t_1 + t_2)$ <1 балл>.
- 5) Условие удара о склон – равные перемещения по горизонтали и вертикали: $\Delta x = \Delta y$, или $V_x t_1 = V_y t_1 / 2$; <2 балла>.
- 6) Определение полной начальной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = V_x \sqrt{5}$ <1 балл>.

Ответ: $V = gt\sqrt{5} / 6$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Вертикальность и горизонтальность скорости мяча после и до первого удара		2
2	Вертикальная компонента скорости мяча до столкновения	$V_y - gt_1 = 0$	1
3	Вертикальная компонента скорости мяча после столкновения	$V_x - gt_2 = 0$	1
4	Определение полного времени движения	$t = 2(t_1 + t_2)$,	1
5	Условие удара о склон	$\Delta x = \Delta y$, $V_x t_1 = V_y t_1 / 2$;	2
6	Определение полной начальной скорости	$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = V_x \sqrt{5}$	1
	Получение ответа	$V = gt\sqrt{5} / 6$	2