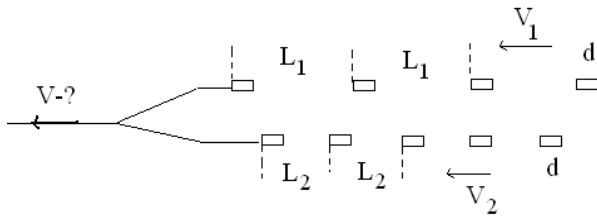


Заключительный этап Всесибирской олимпиады по физике 17 февраля 2013

Решения и разбалловка 9 класс



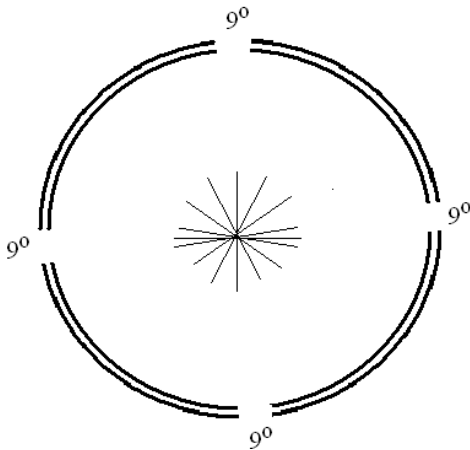
1. Автомобили длины $d = 5$ м движутся со скоростью $v_1 = 90$ км/час с интервалом $L_1 = 30$ м в первом ряду и со скоростью $v_2 = 60$ км/час и с интервалом $L_2 = 10$ м во втором (см. рис.). На некотором участке они перестраиваются в общий ряд. С какой наименьшей одинаковой для всех скоростью они могут двигаться в общем ряду?

Решение

За время t из первого ряда в общий перейдет $V_1 t / L_1$, а из второго – $V_2 t / L_2$ машин. Минимальная скорость в общем ряду при движении машин вплотную друг к другу. Тогда полная длина получившегося за время t общего ряда $L = \left(\frac{V_1 t}{L_1} + \frac{V_2 t}{L_2} \right) d$, сформировался он за время t и минимальная скорость общего ряда $V_{\min} = \frac{L}{t} = \left(\frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} \right) d = \left(\frac{90}{30} + \frac{60}{10} \right) 5 = 45$ км/час.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Нахождение количества машин, перешедших из каждого ряда за время t	$N_1 = V_1 t / L_1, N_2 = V_2 t / L_2$	1+1
Указание условия минимальности скорости	«интервал» равен d	2
Нахождение длины сформировавшейся колонны за время t	$L = \left(\frac{V_1 t}{L_1} + \frac{V_2 t}{L_2} \right) d$	2
Получение формулы минимальной скорости	$V_{\min} = \frac{L}{t} = \left(\frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} \right) d$	2
Получение численного выражения для V_{\min}	$V_{\min} = 45$ км/час	2



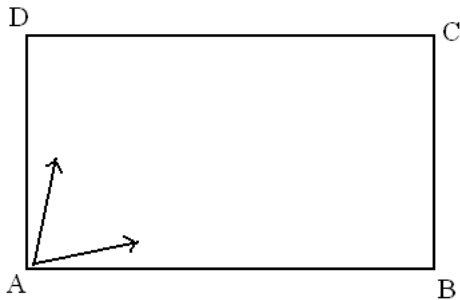
2. Чтобы создать мигающий световой сигнал, источник, испускающий свет во все стороны, помещают на общей оси двух непрозрачных цилиндров с четырьмя прорезями. Они расположены равномерно по окружности, а угол, под которым видны прорези от оси, $\varphi = 9^\circ$. Внешний цилиндр вращают с постоянной скоростью. Определите области снаружи, из которых можно увидеть свет от источника. Какую долю времени свет от источника вообще не будет виден снаружи?

Решение

Внутренний цилиндр пропускает свет через прорези внутри углов в 9° . Вместе будет четыре угла по 9° . Свет проходит наружу промежуток времени от начала открытия щели до закрытия. Внешний цилиндр повернется при этом на 18° . Значит $t_{\text{тьма}} / t_{\text{общ}} = (90 - 18) / 90 = 8 / 10$.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Указание, что свет может быть только в областях, куда пропускает внутренний цилиндр		1
Нахождение суммарной области в 4 угла по 9°		2
Определение, что свет будет проходить, пока внешний цилиндр повернется на 18°		3
Получение формулы $t_{\text{тьма}} / t_{\text{общ}}$	$t_{\text{тьма}} / t_{\text{общ}} = (90 - 18) / 90$	2
Получение численного выражения для $t_{\text{тьма}} / t_{\text{общ}}$	$t_{\text{тьма}} / t_{\text{общ}} = 8 / 10$	2



3. Из угла А прямоугольного бильярда без луз запускают шары с одинаковой скоростью по всевозможным направлениям, но так, что они не скользят вдоль его бортов. Наименьшее время движения до угла С $t_C = 30,0$ мс, а до угла В $t_B = 40,0$ мс. Каково наименьшее время движения до угла D? Удары шаров о борта считать упругими.

Решение

По прямой до В расстояние меньше чем до С, но при таком движении шар трётся о борт АВ. Попасть в угол В шар может лишь после одного или нескольких отскоков от бортов. Наименьшим будет время при одном отскоке от середины борта DC. По той же причине наименьшее время достижения D будет при одном отскоке от середины борта BC. Если стороны бильярда равны L и H, то применяя теорему Пифагора для нахождения путей, получим: $(vt_C)^2 = L^2 + H^2$; $(vt_B)^2 = L^2 + 4H^2$; $(vt_D)^2 = 4L^2 + H^2$. Откуда $t_D^2 = 5t_C^2 - t_B^2 = 2900$ мс². Окончательно $t_D = 53,8$ мс.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Указание, что шар может попасть в угол после отскоков от бортов		1
Указание, что наименьшее время будет при одном отскоке		1
Выражение для времени t_C	$(vt_C)^2 = L^2 + H^2$	2
Выражение для времени t_B	$(vt_B)^2 = L^2 + 4H^2$	2
Выражение для времени t_D	$(vt_D)^2 = 4L^2 + H^2$	2
Выражение времени t_D через t_C и t_B и численного выражение для t_D	$t_D^2 = 5t_C^2 - t_B^2$; $t_D = 53,8$ мс	2

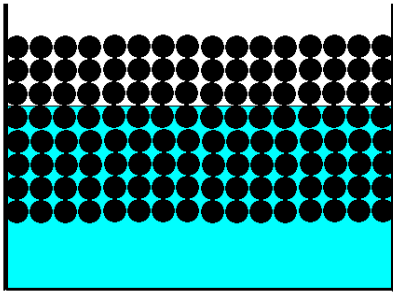
4. От остановки до остановки автобус движется время T, а стоит на остановках время τ . Он разгоняется с постоянным ускорением до скорости v и сразу с тем же ускорением тормозится до следующей остановки. При какой постоянной скорости u велосипедиста он сможет рано или поздно догнать автобус, где бы тот исходно не находился?

Решение

Достаточно, чтобы скорость велосипедиста превосходила среднюю скорость автобуса за большое время, а она равна средней скорости за период T + τ , за один цикл разгона, торможения и стоянки. На участке разгона-торможения $v_{cp} = v/2$, тогда расстояние, пройденное от остановки до остановки, $L = vT/2$. А средняя скорость за цикл $v_{cp} = vT/2(T + \tau)$, то есть скорость велосипедиста $u > vT/2(T + \tau)$.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Указание, что средняя скорость велосипедиста должна быть больше средней скорости автобуса	$u > v_{cp}$	2
Указание на повторение циклов с периодом T + τ		1
Нахождение средней скорости движения без учета стоянок на остановках	$v_{cp} = v/2$	2
Нахождение расстояния, пройденного при разгоне и торможении (между остановками)	$L = vT/2$	2
Нахождение средней скорости движения за цикл	$v_{cp} = vT/2(T + \tau)$	3



5. На воде в сосуде сечения S плавает восьмирядный слой шариков диаметра d . Пять нижних рядов полностью в воде, а три верхних в воздухе. Найдите плотность материала шариков ρ и суммарную массу воды в слое, если плотность воды ρ_0 , а суммарная масса всех шариков m .

Решение

Рассмотрим равновесие вертикального столбика шариков. Если объём одного шарика V , то согласно закону Архимеда масса вытесненной столбиком воды $5\rho_0V$ равна массе столбика $8\rho V$ и тогда $\rho = 5\rho_0/8$. Избыточное давление на границе слоя $\rho_0gh = 5\rho_0gd$ уравнивает вес шариков и воды в порах, тогда: $m + m_{\text{в}} = 5\rho_0dS$, откуда $m_{\text{в}} = 5\rho_0dS - m$. Возможны другие решения с нахождением суммарного объёма пор и т. д. Если допустить, что в горизонтальной плоскости центры шариков образуют квадратную решётку, когда шар вписан в куб, то можно найти массу воды через массу шариков без d и S . Но в условии не указано, как расположены шары в плоскости. Поэтому максимум за такое решение 9 баллов.

Разбалловка

Этапы решения	Формулы и соотношения	Балл
Применение закона Архимеда для нахождения ρ	$5\rho_0V = 8\rho V$; $\rho = 5\rho_0/8$	3+1
Расчёт суммарной массы воды $m_{\text{в}}$ в слое (идея)		4
Выражение для $m_{\text{в}}$	$m_{\text{в}} = 5\rho_0dS - m$	2

Задача не считается решённой, если приводится только ответ!