

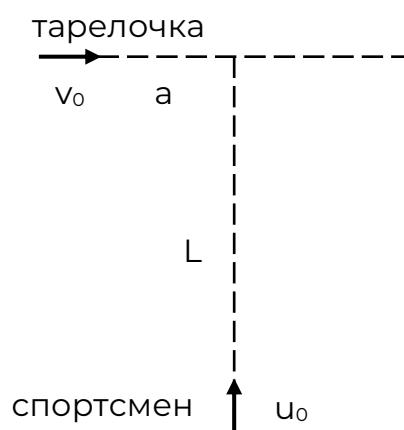
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по физике 2023-2024 гг.

10 класс

Задания

Задание 1. Стендовая стрельба

Стендовая стрельба — это разновидность стрелкового спорта, стрельба по тарелочкам из ружья, заряженного дробью. Будем считать, что стенд, где находится спортсмен, расположен на расстоянии $L = 50$ м от вертикальной плоскости, в которой летит тарелочка (см. рисунок). Скорость дроби в момент выстрела равна $u_0 = 50$ м/с. Тарелочки запускаются с уровня земли со скоростью $v_0 = 20$ м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ из точки, расположенной на расстоянии $a = 20$ м от перпендикуляра, проведенного из точки расположения спортсмена к плоскости полета тарелочки (см. рисунок, вид сверху). Ускорение свободного падения равно $g = 10$ м/с². Ростом спортсмена пренебречь, т.е. считайте, что выстрел из ружья производится с уровня земли.



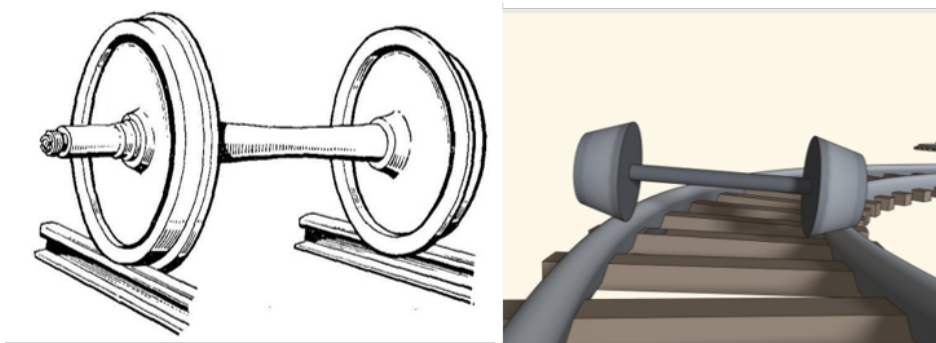
- 1) Через какое время Δt после запуска тарелочки необходимо произвести выстрел, чтобы поразить тарелочку в верхней точке ее траектории?
- 2) Под каким углом β к горизонту необходимо произвести выстрел из ружья, чтобы поразить тарелочку в верхней точке ее траектории?

Максимальный балл за задание: 10 баллов.

Задание 2. Поворот на дороге

При повороте на железной дороге радиус внешнего рельса больше, чем внутреннего, а значит, и длина дуги окружности, которую должно проходить внешнее колесо, будет больше, чем путь внутреннего колеса. В автомобилях это компенсируется специальным устройством — дифференциалом, за счет которого скорости вращения правого и левого колес становятся различными. Однако в поездах колеса жестко прикреплены к оси, образуют колесную пару и всегда вращаются с одинаковыми скоростями. Поэтому,

чтобы поезд мог повернуть, колеса делают конусовидной формы (на самом деле, форма намного более сложная, но в задаче мы будем использовать именно такое приближение). При повороте колесная пара смещается перпендикулярно рельсам, так что радиус окружности контакта одного колеса становится больше, а второго — меньше, и поезд поворачивает.

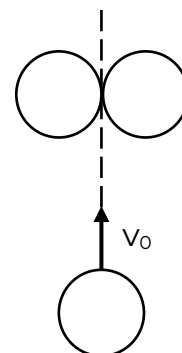


Предположим, что инженер Авоська сделал все колеса поезда цилиндрической формы с одинаковым радиусом. В результате этого на поворотах внутренние колеса начали пробуксовывать, колесные пары сместились в сторону от поворота, а гребни внешних колес уперлись в рельс, так что поезд продолжает двигаться по рельсам. Рассчитайте мощность W , которую придется затрачивать локомотиву из-за пробуксовки внутренних колес и трения гребней внешних колес о рельс, для поддержания постоянной скорости в 18 км/ч на повороте с радиусом кривизны $R = 500 \text{ м}$ (для внутреннего рельса). Считайте, что все вагоны проходят поворот одновременно, ширина колеи (расстояние между рельсами) равна $d = 1520 \text{ мм}$, а шириной самого рельса и высотой гребня колеса можно пренебречь. Высота центра масс поезда над железной дорогой равна $h = 2 \text{ м}$. Коэффициент трения колес о рельсы составляет $0,4$, а общая масса поезда $m = 1\,000 \text{ тонн}$. Силой сопротивления воздуха и трением качения пренебречь. При решении задачи можно считать, что R много больше, чем d и h . Ускорение свободного падения равно 10 м/с^2 .

Максимальный балл за задание: 10 баллов.

Задание 3. Тройное столкновение

Бильярдный шар, движущийся со скоростью v_0 по горизонтальному столу, попадает в два таких же покоящихся бильярдных шара, расположенных вплотную друг к другу, причем вектор скорости налетающего шара проходит через точку соприкосновения покоящихся шаров (см. рисунок). Сопротивлением



воздуха и трением о поверхность стола пренебречь. Соударения считать упругими.

- 1) С какой скоростью после соударения будут двигаться бильярдные шары?
- 2) Какой угол разлета (угол между векторами скоростей) будет у покоящихся шаров после соударения?

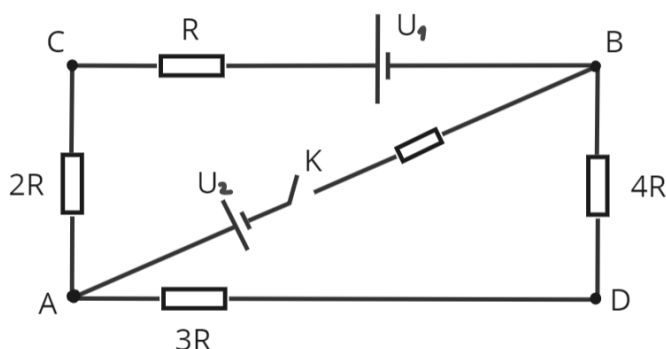
Максимальный балл за задание: 10 баллов.

Задание 4. Что покажет?

Экспериментатор Глюк собрал электрическую цепь, представленную на рисунке, состоящую из резисторов сопротивлением $R = 1 \text{ кОм}$, $2R$, $3R$, $4R$, двух идеальных источников с напряжением U_1 , $U_2 = 3 \text{ В}$ и ключа K . Затем он стал подключать к этой цепи различные идеальные приборы. Когда он подключил к точкам A и B вольтметр (при разомкнутом ключе), прибор показал $U_{AB} = 7 \text{ В}$.

Затем он переподключил вольтметр к точкам C и D и замкнул ключ. Что показал вольтметр в этом случае?

Затем он подключил амперметр между точками A и B . Что теперь показал вольтметр?



Максимальный балл за задание: 10 баллов.

Задание 5. Нагревание воды

Юный экспериментатор Саша проводил измерения температуры воды в кастрюле при нагревании ее на плите. Результаты измерений он записал в таблицу.

t, с	T, °C	t, с	T, °C	t, с	T, °C
0	20,0	95	52,2	185	79,1
30	30,6	120	60,0	210	86,0
35	32,3	125	61,5	215	87,4
60	40,8	150	69,0	240	94,0
65	42,5	155	70,5	245	95,3
90	50,6	180	77,7		

Мощность плиты составляет $P = 2$ кВт (при этом только $g = 80\%$ энергии уходит на нагрев воды и кастрюли), удельная теплоемкость воды $c_v = 4\,200$ Дж/(кг·°C), теплоемкость кастрюли $C_k = 230$ Дж/°C. Считайте, что температура воды в кастрюле и температура кастрюли в любой момент времени одинаковые, а температура воздуха остается постоянной и равной $T_0 = 20$ °C. Считайте, что мощность теплопередачи через поверхность воды и кастрюли определяется исключительно разностью температур с обеих сторон от поверхности, а коэффициент теплопередачи через поверхность воды и через поверхность кастрюли один и тот же.

По имеющимся данным, а также путем построения графика определите:

- 1) массу воды m_v в кастрюле,
- 2) коэффициент теплопередачи α через поверхность воды и кастрюли (измеряется в Вт/°C).

Максимальный балл за задание: 10 баллов.

Максимальный балл за олимпиаду: 50 баллов.