

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Свердловская область
2017-2018 учебный год
9 класс

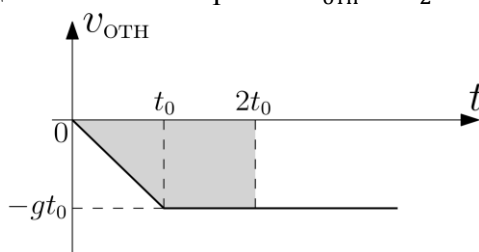
Решения задач, рекомендации по проверке

Задача 1. Две капли

От сосульки поочередно с интервалом t_0 оторвались две капли воды. Начертите график скорости второй капли в системе отсчёта, связанной с первой каплей. Координатную ось направьте вертикально вниз. На каком расстоянии друг от друга будут капли через $2t_0$? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение

Скорость первой капли до старта второй капли определяется выражением: $v_1 = gt$. После отрыва второй капли, если мы перейдем в систему отсчета, связанную с первой каплей, относительная скорость будет постоянна и равна: $v_{\text{отн}} = v_2 - v_1 = -gt_0$.



Расстояние между ними это сумма участков равноускоренного относительного движения (до отрыва) и равномерного – после отрыва второй капли (площадь треугольника и квадрата, закрашенных на рисунке):

$$s = g \frac{t_0^2}{2} + v_0 (2t_0 - t_0) = g \frac{t_0^2}{2} + gt_0^2 = \frac{3}{2} gt_0^2.$$

Критерий оценивания	Балл
Скорость капли в произвольный момент времени определяется выражением: $v = gt$	2
Относительная скорость до отрыва второй капли $v_{\text{отн}} = -gt$	2
После отрыва разница скоростей между каплями постоянна и равна $v_{\text{отн}} = -gt_0$.	2
Построен график, на котором отражены все этапы движения капель	2
Искомое расстояние между каплями $s = \frac{3}{2} gt_0^2$	2

Задача 2. Домкрат

Конец ручки гидравлического домкрата опускается за один ход на 20 см. С какой минимальной силой надо давить на конец ручки, чтобы поднять автомобиль массой 2 т на

25 см за 500 «ходов»? Какую работу при этом надо совершить? Рассчитайте КПД домкрата, если реальная сила на конце ручки больше требуемой на 30 Н.

Решение

Проще всего изначально найти работу по подъёму автомобиля через работу силы тяжести: $A = -A_T = mgh$, где m – масса автомобиля, h – требуемая высота подъёма.

$$A = 2000 \cdot 9.8 \cdot 0.25 = 4900 \text{ Дж.}$$

Эту работу как раз и совершит сила, приложенная к концу ручки домкрата. При этом она совершит перемещение $S = NH$, где N – число качаний, H – высота одного хода (качания):

$$F_{min}NH = A = mgh.$$

Тогда минимальная сила (приложенная к максимальному плечу – концу ручки):

$$F_{min} = \frac{mgh}{NH} = \frac{4900}{500 \cdot 0.2} = 49 \text{ Н.}$$

КПД по определению – это отношение полезной работы $A_{\text{п}}$ к затраченной A_3 :

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_3} = \frac{mgh}{F_p S} = \frac{F_{min}NH}{F_p NH} = \frac{F_{min}}{F_p} = \frac{F_{min}}{F_{min} + \Delta F} = \frac{49}{49 + 30} \cong 0.62 = 62\%.$$

Критерий оценивания	Значение	Балл
Работа по подъёму автомобиля $A = mgh$	4900-5000 Дж	2
Закон сохранения энергии в виде $F_{min}NH = mgh$		3
Минимальная сила $F_{min} = \frac{mgh}{NH}$	49-50 Н	2
КПД: $\eta = \frac{F_{min}}{F_{min} + \Delta F}$	62-63%	3

Задача 3. Катер

Два теплохода идут по реке на дистанции L с круизной скоростью V относительно берега. На замыкающем пароходе внезапно начинает рожать молодая девушка, к которой на легком катере с первого парохода срочно отбывает врач. Какова скорость течения и как движутся теплоходы относительно него, если известно, что на дорогу к роженице у катера ушло в k раз меньше времени, чем на дорогу обратно? Через какое время после отшвартовки от головного теплохода катер пришвартуется обратно? Максимальная скорость катера в спокойной воде $3V$. Временем высадки врача на теплоход можно пренебречь.

Решение

Направим ось координат по ходу движения теплоходов, так что $V > 0$. Пусть теплоходы идут против течения, тогда проекция скорости течения $u < 0$.

Время от головного к замыкающему:

$$t_1 = \frac{L}{V_K + u + V} = \frac{L}{4V + u},$$

а от замыкающего к головному:

$$t_2 = \frac{L}{V_K - u - V} = \frac{L}{2V - u} = k \cdot t_1 = k \cdot \frac{L}{4V + u}.$$

Отсюда:

$$u = 2V \frac{k-2}{k+1}.$$

Если $k > 2$, то теплоходы идут против течения, при этом должно выполняться условие $u < V$ (иначе теплоходы будет сносить течением обратно). Если $0 < k < 2$ – теплоходы идут по течению.

Общее время в пути:

$$t = t_1 + t_2 = (k + 1)t_1 = \frac{L}{4V+u} \cdot \frac{k+1}{1} = \frac{L}{2V} \cdot \frac{(k+1)^2}{3k}.$$

Критерий оценивания	Балл
Определена скорость течения $u = 2V \frac{k-2}{k+1}$	3
Найдено соответствие значений k и направления течения	4
Найдено общее время $t = \frac{L}{2V} \cdot \frac{(k+1)^2}{3k}$	3

Задача 4. Универсальный микроамперметр

В поисках мультиметра в школьной лаборатории Вася нашёл старый амперметр. Подключая последовательно с ним резисторы, Вася установил, что с резистором 6 кОм он может измерять напряжения до 4 В, а с резистором 10 кОм – до 6 В. Для Васиной установки ему нужен вольтметр с пределом измерений 20 В и амперметр на ток до 500 мА. Какие резисторы должен найти Вася для сборки сначала одного, потом другого прибора из найденного микроамперметра? Как их подключить к данному прибору?

Решение

Поскольку сам микроамперметр обладает определенным сопротивлением, для определения максимального тока, который он способен регистрировать, мы используем следующие формулы:

$$I_m = \frac{U_1}{r+R_1} = \frac{U_2}{r+R_2},$$

отсюда

$$U_1(r + R_2) = U_2(r + R_1),$$

Отсюда мы легко находим внутреннее сопротивление прибора:

$$r = \frac{U_1 R_2 - U_2 R_1}{U_2 - U_1} = 2 \text{ кОм},$$

и предельный ток:

$$I_m = \frac{U_2 - U_1}{R_2 - R_1} = 500 \text{ мкА}.$$

Чтобы сделать вольтметр на $U_3 = 20 \text{ В}$, нам нужно подобрать значение резистора, подключаемого к микроамперметру последовательно, при котором в цепи будет течь максимальный ток:

$$I_m = \frac{U_3}{r+R},$$

следовательно,

$$R = \frac{U_3}{I_m} - r = 38 \text{ кОм}.$$

Для повышения предела измерения амперметра до $I=500\text{мА}$ к нему нужно подобрать шунт, то есть добавить параллельно с ним резистор. Через амперметр должен течь максимальный ток. В этом случае, используя формулу шунта, получаем:

$$R_{\text{ш}} = \frac{r \cdot I_m}{I - I_m} \approx 20\text{м}.$$

Критерий оценивания	Значение	Балл
Сделан вывод о наличии у амперметра собственного сопротивления		1
Найдено его значение	2кОм	2
Определен предельный ток амперметра	500мкА	2
Подключение добавочного сопротивления последовательно с микроамперметром для создания вольтметра на 20 В		1
Найден резистор для предела измерения вольтметра 20В	38кОм	1
Сделан вывод о необходимости шунтирования амперметра		1
Подсчитано значение шунтирующего резистора	20м	2

Задача 5Э. Максимальный объем стакана

Благодаря явлению поверхностного натяжения жидкости, в пластиковый стакан можно налить жидкости больше, чем геометрический объем стакана. При условии, что жидкость не смачивает стенки стакана, его можно наполнить с “горкой”. Какой будет максимальный объем получившейся “горки”? Объемом “горки” считать объем той воды, которая лежит выше плоскости края стакана, но всё ещё не выливается.

Оборудование: 2 пластиковых стаканчика, одинаковые канцелярские скрепки (нужное количество берётся по желанию), лист миллиметровой бумаги А4, вода.

Решение

Объем скрепки можно определить, развернув её и представив в виде цилиндра. Тогда объем цилиндра:

$$V = h\pi r^2,$$

где h – длина скрепки, а r – её радиус, который можно определить, например, прокатывая скрепку по миллиметровой бумаге по краю стола:

$$r = \frac{L}{2N\pi},$$

где L – длина пути прокатывания, N – число полных оборотов (стремиться к тому, чтобы число оборотов было как можно ближе к целому). Для точности в 0.1 мм достаточно $N=10$. Радиус скрепки также можно найти, измерив толщину прутков 10 скрепок, сложенных вместе.

Сначала стакан следует наполнить равно до края. Проверка этого возможна по отсутствию мениска – в этом случае, к примеру, не будет искажения отражения окружающих предметов. Затем туда нужно по одной опускать скрепки, вытесненная ими вода будет создавать “горку”. Зная объем скрепки V и количество скрепок M , “поместившихся” в

стакане до момента, когда вода начнет выливаться из него, можно оценить избыточный объем:

$$V_{\text{изб}} = MV.$$

Критерий оценивания		Балл
Определение диаметра скрепки прямым измерением линейкой		0
Определение диаметра(радиуса) скрепки прокатыванием/методом рядов	1 раз	1
	2-3	3
	>3	5
Нахождение объёма скрепки		3
Определение избыточного объема стакана	1 раз	1
	2-3	3
	>3	5
Оценка погрешностей измерений		2