

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

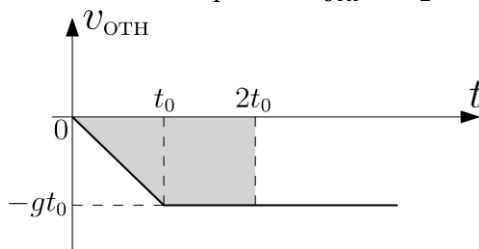
**Решения задач, рекомендации по проверке**

**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  $A_{\text{з}}$ :

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

Критерий оценивания	Значение	Балл
Работа по подъёму автомобиля $A = mgh$	4900-5000 Дж	1
Закон сохранения энергии в виде $F_{\min} NH = mgh$		2
Минимальная сила $F_{\min} = \frac{mgh}{NH}$	49-50 Н	2
КПД: $\eta = \frac{F_{\min}}{F_{\min} + \Delta F}$	62-63%	2

### 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:

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

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	20Ом	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