

**Первый (заочный) онлайн-этап научно-образовательного соревнования  
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации  
«Техника и технологии» и «Профессор Жуковский»  
(общеобразовательный предмет физика), осень 2018 г.**

**9 класс**

**Вариант 1**

1. В результате прямого упругого удара о ракетку теннисный шарик потерял всю свою скорость. Скорость ракетки 3,5 м/с. С какой скоростью двигался шарик до удара? Считать массу шарика пренебрежимо малой. Ответ выразить в м/с.
2. Когда Петя проезжал на велосипеде мимо Рекса, со скоростью 6 м/с, пес бросился его догонять, двигаясь с ускорением 3,5 м/с<sup>2</sup>. На каком расстоянии от точки старта Рекс догонит Петра? Ответ выразить в метрах и округлить до целых.
3. На улице идет дождь, и нет ветра. Скорость капель дождя относительно земли 18 м/с. Под каким углом к вертикали должно быть наклонено заднее стекло автомобиля, чтобы капли перестали попадать на него при достижении автомобилем скорости 100 км/ч? Ответ выразить в градусах округлить до целых.
4. В пробирку с водой, переохлажденной до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , влили такое же количество воды при температуре  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вода в пробирке взболталась, и система перешла в устойчивое состояние термодинамического равновесия. Какая часть воды (по сравнению с первоначально находившейся в пробирке) при этом замерзла? Удельная теплоемкость воды  $4200\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$ . Удельная теплота плавления льда при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$   $330\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ . Ответ выразить в процентах и округлить до десятых.
5. Электродвигатель питается от источника постоянного напряжения 12 В. Сопротивление обмотки электродвигателя 4 Ом. Какую максимальную полезную мощность способен развить такой электродвигатель? Ответ выразить в ваттах.
6. Студент Вася смастерил самодельный электрокипятильник, представляющий собой кусок проволочной спирали. Спираль включалась в бытовую электросеть напряжением 220 В. Для предотвращения перегорания спирали Вася последовательно

подсоединил к ней реостат, сопротивление введенной части которого 15 Ом, и стал экспериментировать с длиной спирали, добиваясь максимально быстрого закипания одного и того же объема воды. Чему была равна тепловая мощность спирали, когда вода закипала максимально быстро? Ответ выразить в ваттах и округлить до целых.

7. Бытовой водонагреватель, питающийся от сети напряжением 220 В, имеет 8 нагревательных элементов, включаемых в сеть параллельно. При включении всех элементов температура полного бака воды поддерживается равной 100°C, вода при этом не кипит и не расходуется. Сколько нагревательных элементов нужно отключить, чтобы температура полного бака поддерживалась равной 70°C при отсутствии расхода воды. Температура окружающего воздуха 20°C. Температурной зависимостью сопротивления нагревательного элемента пренебречь.

8. В загородном жилом доме, отапливаемом электрокамином, поддерживается постоянная температура 20°C. В поздний осенний период температура воздуха на улице составляет 0°C. На сколько процентов должно уменьшиться сопротивление нагревателя электрокамина, чтобы такая же температура поддерживалась в доме и в суровый зимний период, когда температура воздуха на улице будет  $-10^\circ\text{C}$ ? Ответ округлить до десятков. Электрокамин питается от сети напряжением 220 В.

9. В сосуд налили воду до середины высоты, затем в него опустили поплавковый датчик температур цилиндрической формы, высота которого равна высоте сосуда. В установившемся положении равновесия нижний край датчика оказался на расстоянии от дна сосуда, равном четверти высоты стакана. Площадь сечения сосуда в 1,5 раза больше площади сечения датчика температур. При расчетах проводами, подведенными к датчику пренебречь. Чему равна плотность материала, из которого изготовлен поплавковый датчик температур, если трение отсутствует?

Запишите ответ в кг/м<sup>3</sup>.

## Решение варианта 1

### 1. Решение

Закон сложения скоростей до удара:

$$\vec{v}_{\text{ш}} = \vec{v}_p + \vec{v}_{\text{шр}}.$$

После удара:

$$0 = \vec{v}_p - \vec{v}_{\text{шр}}.$$

Отсюда

$$v_{\text{ш}} = 2v_p = 7 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

**Ответ: 7 м/с.**

### 2. Решение

Путь Петра и Рекса до второй встречи:

$$S = v_{\text{п}} t = \frac{v_p t}{2}$$

где  $v_p$  — конечная скорость Рекса. Отсюда

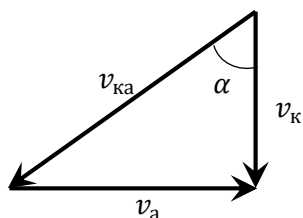
$$v_p = 2v_{\text{п}}.$$

С другой стороны

$$S = \frac{v_p^2}{2a} = \frac{2v_{\text{п}}^2}{a} \cong 21 \text{ м.}$$

**Ответ: 21 м.**

### 3. Решение



Из закона сложения скоростей (см. рис.)

$$\alpha = \arctg \frac{v_a}{v_k} = 57^\circ.$$

**Ответ: 57°.**

### 4. Решение

Поскольку замерзла лишь часть воды, в конечном состоянии в пробирке находится вода со льдом. Поскольку состояние устойчиво, конечная температура смеси  $0^\circ\text{C}$ . Замерзание воды, очевидно, происходит одновременно с нагревом переохлажденной воды и образующегося льда. Но нам

известна удельная теплота плавления льда лишь при  $0^{\circ}\text{C}$ . Поэтому для корректного расчета заменим реальный процесс искусственным с тем же конечным состоянием. Сперва прогреем всю смесь до  $0^{\circ}\text{C}$ . Для этого потребуется подвести тепло

$$Q_1 = cm\Delta t_1$$

Теперь добавим не переохлажденную воду и отведем от системы  $Q_1$ , не переохлаждая ее:

$$cm\Delta t_1 = cm|\Delta t_2| + \lambda m'.$$

Отсюда

$$k = \frac{m'}{m} = c(\Delta t_1 - |\Delta t_2|) = 3,8\%.$$

**Ответ: 3,8%.**

## 5. Решение

Полезная мощность двигателя:

$$P = UI - I^2 R.$$

Зависимость мощности от тока, как видим, квадратична, максимум достигается в вершине параболы:

$$I_{\text{в}} = \frac{U}{2R}.$$

Тогда

$$P_{\text{макс}} = \frac{U^2}{4R} = 9 \text{ Вт}.$$

**Ответ: 9 Вт.**

## 6. Решение

Полезная мощность кипятильника:

$$P = UI - I^2 R,$$

где  $R$  — сопротивление введенной части реостата. Зависимость мощности от тока, как видим, квадратична, максимум достигается в вершине параболы:

$$I_{\text{в}} = \frac{U}{2R}.$$

Тогда искомая тепловая мощность спирали

$$P_{\text{макс}} = \frac{U^2}{4R} = 807 \text{ Вт}.$$

**Ответ: 807 Вт.**

## 7. Решение

Поскольку все нагревательные элементы включаются в сеть параллельно, тепловая мощность, выделяемая каждым элементом, задается соотношением:

$$P_0 = UI_0,$$

где  $U = 220$  В,  $I_0$  — ток через элемент. Поскольку температурной зависимостью сопротивления нагревательного элемента можно пренебречь, ток через элемент не зависит от температуры воды. Согласно закону теплопроводности, скорость оттока тепла из бака растет пропорционально разности температур. Таким образом, при температуре воды  $100^\circ\text{C}$  уравнение теплового баланса имеет вид

$$UI_0N_1 = k(t_k - t_0),$$

где  $N_1 = 8$  — количество включенных элементов,  $t_k = 100^\circ\text{C}$ ,  $t_0$  — температура окружающего воздуха.

Аналогично, при температуре воды  $t = 70^\circ\text{C}$ , имеем:

$$UI_0N = k(t - t_0).$$

Поделив уравнения друг на друга, получим:

$$\frac{N}{N_1} = \frac{t - t_0}{t_k - t_0}.$$

Отсюда

$$N = N_1 \frac{t - t_0}{t_k - t_0} = 5.$$

Следовательно, необходимо отключить 3 нагревательных элемента. Можно получить ответ и в общем виде:

$$\Delta N = N_1 - N = N_1 \frac{t_k - t}{t_k - t_0} = 3.$$

**Ответ: 3.**

## 8. Решение

Мощность нагревателя должна компенсировать теплопотери, пропорциональные разности температур внутри и вне дома. Тогда для осеннего периода

$$\frac{U^2}{R} = k(t_{\text{ком}} - t_{\text{ос}}).$$

Аналогично для зимнего

$$\frac{U^2}{nR} = k(t_{\text{ком}} - t_{\text{зим}}).$$

Отсюда

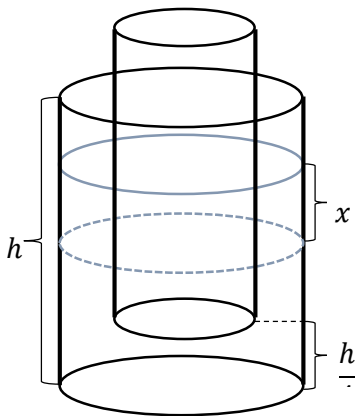
$$n = \frac{t_{\text{КОМ}} - t_{\text{ОС}}}{t_{\text{КОМ}} - t_{\text{ЗИМ}}}.$$

Искомое изменение сопротивления

$$\eta = 1 - n = \frac{t_{\text{ОС}} - t_{\text{ЗИМ}}}{t_{\text{КОМ}} - t_{\text{ЗИМ}}} = \frac{1}{3} \cong 30\%.$$

**Ответ: 30.**

## 9. Решение



Для равновесия датчика, сила Архимеда, должна компенсировать силу тяжести датчика:

$$\rho g S h = \rho_{\text{в}} g S \left( \frac{h}{4} + x \right).$$

Подъем уровня воды происходит за счет ее вытеснения:

$$x \left( \frac{3}{2} S - S \right) = \frac{h}{4} S.$$

Отсюда

$$x = \frac{h}{2}.$$

Подставляя в условие равновесия, находим

$$\rho = \frac{3}{4} \rho_{\text{в}} = 750 \text{ кг/м}^3.$$

**Ответ: 750 кг/м<sup>3</sup>.**