

**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 2

1. Теннисный шарик, движущийся со скоростью 9 м/с, ударяется о ракетку. С какой скоростью должна двигаться ракетка, чтобы в результате удара шарик остановился? Считать массу шарика пренебрежимо малой, а удар — прямым и абсолютно упругим. Ответ выразить в м/с.

2. Вася ехал на велосипеде со скоростью 5 м/с. В тот момент, когда он проезжал мимо Шарика, пес бросился его догнать, двигаясь равноускоренно. С каким ускорением должен бежать Шарик, чтобы догнать Васю на расстоянии 20 м от точки старта? Ответ выразить в м/с².

3. На улице идет дождь, и нет ветра. Скорость капель дождя относительно земли 20 м/с. При какой скорости автомобиля капли перестанут попадать на его заднее стекло, наклоненное под углом 30° к горизонту. Ответ выразить в км/ч и округлить до целых.

4. В пробирку с водой, переохлажденной до $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, бросили ледяную сосульку при температуре $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, масса которой вдвое меньше массы воды. Вода в пробирке взболталась, и система перешла в устойчивое состояние термодинамического равновесия. Какая часть воды (по сравнению с первоначально находившейся в пробирке) при этом не замерзла? Удельная теплоемкость воды $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$. Удельная теплоемкость льда $2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$. Удельная теплота плавления льда при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. Ответ выразить в процентах и округлить до целых.

5. Электродвигатель питается от источника постоянного напряжения 20 В. Сопротивление обмотки электродвигателя 5 Ом. Какую полезную мощность развивает электродвигатель при силе тока, составляющей 30% от максимальной? Ответ выразить в ваттах.

6. Электродвигатель питается от источника постоянного напряжения. Чему равен КПД электродвигатель при силе тока, равной трети от максимальной? Ответ выразить в процентах 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. Какой станет поддерживаемая температура того же объема воды (без расхода) если отключить половину нагревательных элементов? Ответ выразить в $^{\circ}\text{C}$. Температура окружающего воздуха 20°C Температурной зависимостью сопротивления нагревательного элемента пренебречь.

8. В загородном жилом доме, отапливаемом электрокамином, поддерживается постоянная температура 21°C . В зимний период температура воздуха на улице составляет -10°C . После резкого потепления, для поддержания той же температуры, сопротивление нагревательного элемента камина увеличили на 25%. Какая температура воздуха установилась на улице после потепления? Ответ выразить в $^{\circ}\text{C}$ и округлить до целых. Электрокамин питается от сети напряжением 220 В.

9. В сосуд с некоторой жидкостью, налитой до середины высоты, опускают поплавковый датчик температур цилиндрической формы, высота которого равна высоте сосуда, а плотность материала, из которого он изготовлен, равна 500 кг/м^3 . В установившемся положении равновесия нижний край датчика оказался на расстоянии от дна сосуда, равном трети высоты стакана. Площади сечения сосуда и датчика относятся как $4/3$. При расчетах проводами, подведенными к датчику пренебречь. Найдите плотность жидкости в сосуде, если трение отсутствует.

Запишите ответ в кг/м^3 .

Решение варианта 2

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

$$v_p = \frac{v_{\text{ш}}}{2} = 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 4,5 м/с.

2. Решение

Путь Васи и Шарика до второй встречи:

$$S = v_B t = \frac{v_{\text{ш}} t}{2}$$

где v_p — конечная скорость Шарика. Отсюда

$$v_{\text{ш}} = 2v_B.$$

С другой стороны

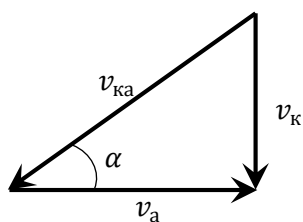
$$S = \frac{v_{\text{ш}}^2}{2a} = \frac{2v_B^2}{a}.$$

Отсюда

$$a = \frac{2v_B^2}{S} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Ответ: 2,5 м/с².

3. Решение:



Из закона сложения скоростей (см. рис.)

$$v_a = v_k \text{ctg } \alpha = 125 \text{ км/ч.}$$

Ответ: 125 км/ч.

4. Решение

Поскольку замерзла лишь часть воды, в конечном состоянии в пробирке находится вода со льдом. Поскольку состояние устойчиво, конечная температура смеси 0°C . Замерзание воды, очевидно, происходит одновременно с нагревом переохлажденной воды и образующегося льда. Но нам известна удельная теплота плавления льда лишь при 0°C . Поэтому для корректного расчета заменим реальный процесс искусственным с тем же конечным состоянием. Сперва прогреем всю смесь до 0°C . Для этого потребуется подвести тепло

$$Q_1 = c_B m \Delta t_1$$

Теперь добавим лед и отведем от системы Q_1 , не переохлаждая ее:

$$c_B m \Delta t_1 + c_L \frac{m}{2} \Delta t_2 = \lambda m'$$

Отсюда

$$k = 1 - \frac{m'}{m} = 1 - \frac{c_B \Delta t_1 + \frac{c_L \Delta t_2}{2}}{\lambda} = 91\%.$$

Ответ: 91%.

5. Решение

Полезная мощность двигателя:

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

Зависимость мощности от тока, как видим, квадратична, максимум тока достигается при полном затормаживании обмотки:

$$I_{\text{макс}} = \frac{U}{R}.$$

Тогда искомая мощность

$$P = \frac{U^2}{R} k(1 - k) = 16,8 \text{ Вт}.$$

Здесь $k = 30\%$.

Ответ: 16,8 Вт.

6. Решение

Полезная мощность двигателя:

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

Зависимость мощности от тока, как видим, квадратична, максимум тока достигается при полном затормаживании обмотки:

$$I_{\text{макс}} = \frac{U}{R}.$$

Тогда КПД

$$\eta = \frac{P}{UI} = 1 - k \cong 67\%.$$

Ответ: 67%.

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°C уравнение теплового баланса имеет вид

$$UI_0N = k(t_k - t_0),$$

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

Аналогично, при отключении половины элементов:

$$UI_0 \frac{N}{2} = k(t - t_0).$$

Поделив уравнения друг на друга, получим:

$$\frac{1}{2} = \frac{t - t_0}{t_k - t_0}.$$

Отсюда

$$t = \frac{t_k + t_0}{2} = 60^\circ\text{C}.$$

Ответ: 60.

8. Решение

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

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

Аналогично после потепления

$$\frac{U^2}{(1+n)R} = k(t_{\text{ком}} - t).$$

Здесь $n = 25\%$. Отсюда

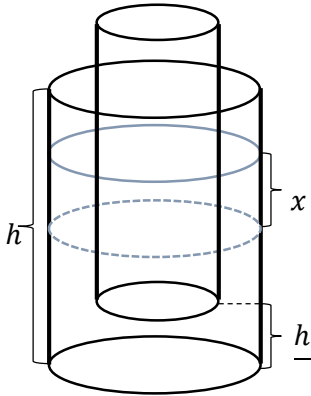
$$1 + n = \frac{t_{\text{КОМ}} - t_{\text{ЗИМ}}}{t_{\text{КОМ}} - t}$$

Следовательно, на улице установилась температура

$$t = \frac{nt_{\text{КОМ}} + t_{\text{ЗИМ}}}{1 + n} = -4^{\circ}\text{C}.$$

Ответ: -4°C .

9. Решение



Отсюда

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

$$3\rho gSh = 3\rho_{\text{ж}}gS\left(\frac{h}{2} - \frac{h}{3} + x\right).$$

Здесь $3S$ — площадь сечения датчика. Подъем уровня воды происходит за счет ее вытеснения:

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

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

Подставляя в условие равновесия, находим

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{3}{2}\rho = 750 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: 750 кг/м^3 .