

**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело»
специализации «Профессор Жуковский» (общеобразовательный предмет физика),
весна 2019 г.**

9 класс

Вариант 1

1. (10 баллов). Для определения плотности неизвестной жидкости взяли деревянный брусок длиной $l = 10$ см и погрузили сначала в воду, а потом в жидкость. При переносе бруска из воды в жидкость глубина его погружения уменьшилась на $h = 0,5$ см. Какую плотность имеет неизвестная жидкость? Плотность дерева $\rho_d = 900$ кг/м³, воды $\rho_v = 1000$ кг/м³. Брусок плавает вертикально, его длина измерена вдоль вертикали.

2. (25 баллов). В нагревателе находится жидкость при некоторой неизвестной температуре. Для определения температуры нагревателя в него поместили стальной шарик массой $m_{ш} = 40$ г. После этого шарик опустили в алюминиевый калориметр массой $M = 80$ г, содержащий $m = 400$ г воды при температуре $t_1 = 15$ °С. В результате этого температура воды в калориметре повысилась до $t_2 = 28$ °С. Определите температуру нагревателя, если при переносе шарика из нагревателя в калориметр были тепловые потери 500 Дж.

3. (15 баллов). Проволочное кольцо с перемычкой по диаметру из такой же проволоки подключили к источнику постоянного напряжения. На сколько процентов изменится тепловая мощность тока, если перемычку перерезать?

4. (25 баллов). Тележка массой 10 кг двигалась из состояния покоя. Сила, приложенная к тележке, менялась равномерно от 20 Н до 50 Н за время 2 минуты. Какова скорость тележки к концу 2-й минуты, если коэффициент трения тележки о дорогу 0,3?

5. (10 баллов). Железный шарик объемом 0,25 мл опускается в вязкой жидкости с постоянной скоростью 5,5 м/с. Сила вязкого трения прямо пропорциональна скорости шарика. Коэффициент пропорциональности равен 0,003 Н·с/м. Во сколько раз плотность жидкости меньше плотности железа?

6. (15 баллов). Удав ползет по джунглям со скоростью $V = 4$ м/мин, а рядом с ним ходит Мартышка и меряет его длину в попугаях. За 3 минуты Мартышка успевае́т дойти от головы Удава до его хвоста и обратно, и объявить, что длина Удава – 45 попугаев. Найдите, с какой скоростью ходила Мартышка относительно земли, если единица "одном попугай" соответствует 0,2 м.

Решение варианта 1

1. (10 баллов). Для определения плотности неизвестной жидкости взяли деревянный брусок длиной $l = 10$ см и погрузили сначала в воду, а потом в жидкость. При переносе бруска из воды в жидкость глубина его погружения уменьшилась на $h = 0,5$ см. Какую плотность имеет неизвестная жидкость? Плотность дерева $\rho_d = 900$ кг/м³, воды $\rho_v = 1000$ кг/м³. Брусок плавает вертикально, его длина измерена вдоль вертикали.

Возможное решение: В обоих случаях выполняется условие равновесия $\rho_d g S l = \rho_v g S x = \rho_{ж} g S (x - h)$ Здесь x – длина погруженной в жидкость части бруска. Решая эти уравнения, получим

$$\rho_{ж} = \frac{\rho_d l}{\frac{\rho_d}{\rho_v} l - h} \approx 1059 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Ответ: $\rho_{ж} = \frac{\rho_d l}{\frac{\rho_d}{\rho_v} l - h} \approx 1059 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записаны два уравнения равновесия	4
Получен результат в общем виде	4
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	10

2. (25 баллов). В нагревателе находится жидкость при некоторой неизвестной температуре. Для определения температуры нагревателя в него поместили стальной шарик массой $m_{ш} = 40$ г. После этого шарик опустили в алюминиевый калориметр массой $M = 80$ г, содержащий $m = 400$ г воды при температуре $t_1 = 15$ °С. В результате этого температура воды в калориметре повысилась до $t_2 = 28$ °С. Определите температуру нагревателя, если при переносе шарика из нагревателя в калориметр были тепловые потери 500 Дж.

Возможное решение: Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$(c_B m + c_{Al} M)(t_2 - t_1) + Q = c_{ст} m_{ш} (t - t_2).$$

Температура нагревателя:

$$t = \frac{(c_B m + c_{Al} M)(t_2 - t_1) + Q + c_{ст} m_{ш} t_2}{c_{ст} m_{ш}} \approx 1300 \text{ °С}$$

Ответ: $t = \frac{(c_B m + c_{Al} M)(t_2 - t_1) + Q + c_{ст} m_{ш} t_2}{c_{ст} m_{ш}} \approx 1300 \text{ °С}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Определено количество теплоты, отданное шариком	5
Определено количество теплоты, полученное водой	5
Определено количество теплоты, полученное калориметром	5
Составлено уравнение теплового баланса	5
Получен результат в общем виде	3
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	25

3. (15 баллов). Проволочное кольцо с перемычкой по диаметру из такой же проволоки подключили к источнику постоянного напряжения. На сколько процентов изменится тепловая мощность тока, если перемычку перерезать?

Возможное решение: Мощность в цепи обратно пропорциональна сопротивлению цепи. Сопротивление участка цепи прямо пропорционально длине участка. Относительное изменение тепловой мощности может быть рассчитано как

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\frac{U^2}{R} - \frac{U^2}{R'}}{\frac{U^2}{R}} = \frac{R' - R}{R'} = 1 - \frac{R}{R'}$$

где R – значение сопротивления цепи до перерезания перемычки, R' – значение сопротивления цепи после перерезания перемычки.

Обозначим через D диаметр кольца, через ρ – удельное сопротивление проволоки, через S – площадь поперечного сечения проволоки кольца. Тогда

$$\frac{\Delta P}{P} = 1 - \frac{4S\rho D\rho}{S\rho D\rho(4 + \pi)} = 1 - \frac{4}{4 + \pi} = \frac{\pi}{4 + \pi} \approx 44 \%$$

Ответ: $\frac{\Delta P}{P} = \frac{\pi}{4 + \pi} \approx 44 \%$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Изображена схема цепи	3
Записано выражение для мощности в первом случае	3
Записано выражение для мощности во втором случае	3
Записано выражение для относительного изменения мощности	3
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	3
Всего баллов	15

4. (25 баллов). Тележка массой 10 кг двигалась из состояния покоя. Сила, приложенная к тележке, менялась равномерно от 20 Н до 50 Н за время 2 минуты. Какова скорость тележки к концу 2-й минуты, если коэффициент трения тележки о дорогу 0,3?

Возможное решение: Запишем закон изменения внешней силы с течением времени

$$F = F_0 + \frac{F_1 - F_0}{\tau} t$$

Тележка начала движения в тот момент времени t' , когда приложенная сила стала равна силе трения скольжения:

$$F_0 + \frac{F_1 - F_0}{\tau} t' = \mu mg$$

$$t' = \frac{\tau(\mu mg - F_0)}{F_1 - F_0}$$

К концу второй минуты ускорение тележки стало равным

$$a = \frac{F_1 - \mu mg}{m}.$$

Учитывая линейность нарастания ускорения во времени, получим для скорости к концу второй минуты

$$V = \frac{a(\tau - t')}{2} = \frac{F_1 - \mu mg}{2m} \left[\tau - \frac{\tau(\mu mg - F_0)}{F_1 - F_0} \right] = \frac{(F_1 - \mu mg)^2 \tau}{2m(F_1 - F_0)} \approx 80 \text{ м/с}$$

Ответ: $V = \frac{(F_1 - \mu mg)^2 \tau}{2m(F_1 - F_0)} \approx 80 \text{ м/с}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записан закон изменения силы во времени	5
Записано выражение для равенства внешней силы и силы трения скольжения в момент начала движения	5
Записано выражение для момента времени начала движения	5
Записано выражение для скорости в конце второй минуты	5
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	5
Всего баллов	25

5. (10 баллов). Железный шарик объемом 0,25 мл опускается в вязкой жидкости с постоянной скоростью 5,5 м/с. Сила вязкого трения прямо пропорциональна скорости шарика. Коэффициент пропорциональности равен 0,003 Н·с/м. Во сколько раз плотность жидкости меньше плотности железа?

Возможное решение: Запишем уравнение динамики движения шарика в жидкости:

$$v\rho_{\text{шар}}g = v\rho_{\text{ж}}g + kV$$

Разделим обе части уравнения на плотность шарика:

$$vg = vg \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{шар}}} + \frac{kV}{\rho_{\text{шар}}}$$

Решим уравнение относительно $\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{шар}}}$

$$\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{шар}}} = 1 - \frac{kV}{vg\rho_{\text{шар}}} = 1 - \frac{0,003 \cdot 5,5}{0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 7800} \approx 0,154$$

Рассчитаем обратное отношение, равное 6,5.

Ответ: $\frac{\rho_{\text{шар}}}{\rho_{\text{ж}}} \approx 6,5$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записано уравнение динамики движения шарика в жидкости	2 ÷ 4
Получено выражение для обратного отношения плотностей в общем виде	2 ÷ 4
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа	2
Всего баллов	10

6. (15 баллов). Удав ползет по джунглям со скоростью $V = 4$ м/мин, а рядом с ним ходит Мартышка и меряет его длину в попугаях. За 3 минуты Мартышка успевает дойти от головы Удава до его хвоста и обратно, и объявить, что длина Удава – 45 попугаев. Найдите, с какой скоростью ходила Мартышка относительно земли, если единица "одном попугай" соответствует 0,2 м.

Возможное решение: Скорость Удава относительно земли в системе единиц "Джунгли" равна 20 попугаев в минуту. Свяжем подвижную систему отсчета с Удавом, поместив начало отсчета в голову Удава при положительном направлении в сторону движения Удава. Тогда для движения Мартышки в системе отсчета, связанной с землей, имеем:

$$-V_M \tau_1 = -L_y + V \tau_1$$

$$V_M \tau_2 = L_y + V \tau_2$$

$$\tau_1 + \tau_2 = \tau$$

Решая полученную систему уравнений, получим

$$V_M = \frac{2L_y + V\tau + \sqrt{(2L_y + V\tau)^2 + 8(V\tau)^2}}{2\tau} \approx 35 \frac{\text{попугаев}}{\text{минута}} = 7 \frac{\text{м}}{\text{минута}} \approx 12 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Ответ: $V_M = \frac{2L_y + V\tau + \sqrt{(2L_y + V\tau)^2 + 8(V\tau)^2}}{2\tau} \approx 7 \frac{\text{м}}{\text{минута}} \approx 12 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

Критерии оценивания решения:

Выполнение	Балл
Участник не приступал к заданию или выполнил его с самого начала неверно	0
Записан закон сложения перемещений для движения Мартышки к хвосту Удава	1 ÷ 4
Записан закон сложения перемещений для движения Мартышки к голове Удава и составлена система уравнений	1 ÷ 4
Получено выражение для скорости Мартышки в общем виде	1 ÷ 4
Получено значение скорости, выраженное во внесистемных единицах	2
Задание выполнено полностью, получен результат в виде числа в единицах СИ	1
Всего баллов	15