Отборочный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

Профиль: «Инженерное дело»

Специализация: «Физика»

Класс участия: 8

Вариант задания: 2

Задача 1.

Два автомобиля выехали из города Альфа и за t = 1 час, двигаясь со скоростью V = 39 км/час, проехали половину пути до города Омега. Затем один из автомобилей резко увеличил скорость, доехал до города Омега, развернулся и с той же постоянной большой скоростью поехал обратно. Через τ = 2 часа после выезда их города Альфа он туда вернулся. На каком расстоянии от города Омега автомобили снова встретились? Результат выразите в километрах и округлите до десятых долей.

Решение:

Из условия задачи ясно, что ускорившийся автомобиль ехал с большой скоростью в течение 1 часа: $\tau_1 = 1/3$ часа до города Омега и $\tau_2 = 2/3$ часа он затратил на обратную дорогу.

Расстояние между городами равно

$$L = 2Vt = 78 \text{ км}.$$

Скорость быстрого автомобиля равнялась

$$V' = \frac{1{,}5L}{t} = 117 \frac{\text{км}}{\text{час}}.$$

Пока быстрый автомобиль добирался до города Омега, медленный автомобиль проехал

$$S = V\tau_1 = 13 \text{ км}$$

и находился на расстоянии от города Омега, равном

$$S_1 = L - Vt - S = 26 \text{ км}.$$

Автомобили встретились через

$$\tau' = \frac{S_1}{V + V'} = 10 \text{ минут}.$$

Место их встречи находится от города Омега на расстоянии

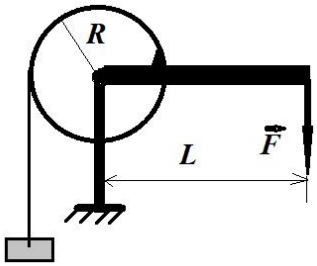
$$L' = V'\tau' = 19{,}5 \text{ км}.$$

Ответ: 19,5

Критерии оценивания

Критерий	*Балл*
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	7

Задача 2.



Механизм для подъема груза представляет собой цилиндр радиусом R = 12 см, на который наматывается легкий трос с грузом массой m = 10 кг. К цилиндру жестко прикреплен рычаг длиной L = 60 см. На правый по рисунку конец рычага действуют с силой, всегда направленной перпендикулярно рычагу. Чему равен модуль силы, если коэффициент полезного действия механизма равен η = 80 %? Считайте, что значение g = 10 Н/кг. При подъеме груз движется равномерно. Результат выразите в ньютонах в виде целого числа.

Решение:

Полезная работа на одном обороте цилиндра вокруг своей оси равна

$$A_{\text{полезная}} = 2\pi mgR\,.$$

Работа силы F за один оборот равна

$$A_{\text{полн}} = 2\pi FL = \frac{A_{\text{полезная}}}{\eta} = \frac{2\pi mgR}{\eta}\,.$$

Тогда

$$F = \frac{mgR}{\eta L} = 25\ \text{Н}\,.$$

Ответ: 25

Критерии оценивания

Критерий	*Балл*
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	7

Задача 3.

Сплошной однородный шар лежит на дне сосуда. В сосуд налита вода так, что шар погружен наполовину. Шар давит на дно сосуда с силой N, равной одной трети действующей на шар силы тяжести mg. Определите плотность ρ материала шара. Плотность воды равна $\rho_в = 1000$ кг/м^3. Результат выразите в кг/м^3 в виде целого числа.

Решение:

Кроме указанных в условии сил, на шар объемом V действует сила Архимеда F_A. Условие равновесия шара имеет вид

$$mg - N - F_A = 0\,.$$

Учитывая, что

$$N = \frac{\rho V g}{3},$$

$$F_A = \frac{\rho_в V g}{2},$$

получим

$$\rho = \frac{3\rho_в}{4} = 750\,\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\,.$$

Ответ: 750.

Критерии оценивания

Критерий	*Балл*
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	7

Задача 4.

До какой температуры можно нагреть воду с начальной температурой $t_0 = 0$ °С, затратив такое же количество теплоты, которое нужно для плавления льда массой, равной половине массы воды? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг, удельная теплоемкость воды $c_в = 4{,}2$ кДж/(кг·°С). Результат выразите в градусах по шкале Цельсия и округлите до целого числа.

Решение:

Уравнение теплового баланса:

$$2mc_в\Delta t = m\lambda\,.$$

$$\Delta t = \frac{\lambda}{2c_в} \approx 39\ ℃\,.$$

Ответ: 39.

Критерии оценивания

Критерий	*Балл*
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	11

Задача 5.

Если растягивать пружину силой F_1 = 16 Н, то длина пружины равна L_1 = 28 см; если сжимать ее силой F_2 = 16 Н, то длина пружины L_2 = 20 см. Какова будет длина пружины, если сжимать ее силой F_3 = 8 Н? Результат выразите в сантиметрах в виде целого числа.

Решение:

Для растянутой пружины выполняется:

$$F_1 = k(L_1 - L_0)\,.$$

Для сжатой пружины

$$F_2 = k(L_0 - L_2)\,.$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_1 - L_0}{L_0 - L_2},$$

$$L_0 = \frac{F_2 L_1 + F_1 L_2}{F_1 + F_2} = 24 \text{ см}\,.$$

Для третьего случая можно записать

$$\frac{F_1}{F_3} = \frac{L_1 - L_0}{L_0 - L},$$

$$F_1 L_0 - F_1 L = F_3 L_1 - F_3 L_0$$

$$L = L_0 - \frac{F_3}{F_1}(L_1 - L_0) = 22 \text{ см}\,.$$

Ответ: 22.

Критерии оценивания

Критерий	*Балл*
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	11

Задача 6.

На рисунке изображена система сосудов и трубок. Сосуд *A* и трубка *D* сообщаются с атмосферой. Сосуды *B* и *C* непосредственно с атмосферой не сообщаются. В сосуды налита жидкость. Размеры указаны в сантиметрах. Определите высоту *L* столба жидкости. Плотность воздуха во много раз меньше плотности воды. Результат выразите в сантиметрах в виде целого числа.

Решение:

Давления воздуха в сосудах *B* и *C* равны между собой и равны давлениям столбов жидкости в сосуде *A* и трубке, соединяющей *A* и *B*, и трубке *D*. Поэтому высота *L* столба жидкости равна 80 см.

Ответ: 80.

Критерии оценивания

Критерий	*Балл*
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	11

Задача 7.

В калориметре с некоторым количеством воды находится электронагреватель постоянной мощности. Если включить нагреватель в сеть, а в калориметр добавлять воду с температурой 0 °С со скоростью μ_1 =1 г/с, то установившаяся температура воды в калориметре будет равна 50 °С. Какая температура установится в калориметре, если в него вместо воды добавлять лед с температурой 0 °С со скоростью μ_2 = 0,5 г/с? Теплообменом калориметра с окружающей средой пренебречь. Ответ дайте в градусах по шкале Цельсия и округлите до целого числа. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3{,}3 \cdot 10^5$ Дж/кг. Удельная теплоемкость воды c = 4200 Дж/(кг·К).

Решение:

Запишем уравнение, связывающее количество теплоты, переданное в единицу времени для нагревания воды в первом случае с количеством теплоты, переданным в единицу времени для плавления льда и нагревания воды во втором случае:

$$\mu_1 c\Delta T = \mu_2(c\Delta\theta + \lambda)\,.$$

Выражая изменение температуры во втором случае, получим

$$\Delta\theta = \frac{\mu_1}{\mu_2}\Delta T - \frac{\lambda}{c} = \frac{1}{0{,}5}\cdot 50 - \frac{3{,}3\cdot 10^5}{4{,}2\cdot 10^3} \approx 22\ ℃$$

Ответ: 22

Критерии оценивания

Критерий	*Балл*
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	15

Задача 8.

В вакуумной камере установлен сосуд с жидкостью. Кубик с ребром a = 18 см частично погружен в жидкость так, что его нижняя грань параллельна поверхности жидкости. Сила давления жидкости на нижнюю грань в 4 раза больше, чем на средняя сила давления на погруженную часть одной из боковых граней. На какую глубину был погружен кубик? Результат выразите в сантиметрах в виде целого числа.

Решение:

Обозначим глубину погружения кубика через h. Тогда сила давления на нижнюю грань равно

$$F_{\text{н}} = \rho g a^2 .$$

Давление на середину погруженной части

$$F_{\text{б}} = \rho g \frac{ah}{2}.$$

Тогда

$$h = \frac{a}{2} = 9 \text{ см} .$$

Ответ: 9

Критерии оценивания

Критерий	*Балл*
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	15

Задача 9.

Электропоезд отправляется из Серпухова в 8 часов 4 минуты и прибывает в Волоколамск в 12 часов 55 минут. После стоянки в Волоколамске поезд отправляется обратно в 13 часов 43 минуты и прибывает в Серпухов в 18 часов 24 минуты. Расстояние между городами 223 км. Чему равно отношение средней скорости электропоезда на пути из Серпухова в Волоколамск к средней скорости на пути туда и обратно? Результат округлите до десятых долей.

Решение:

На пути "туда" поезд проходит 223 км за 4 часа 51 минуту (4,85 часа). "Туда и обратно" поезд проходит 446 км за $10\frac{2}{3}$ часа. Отношение средних скоростей:

$$k = \frac{223 \cdot 10\frac{2}{3}}{4{,}85 \cdot 446} \approx 1{,}1\ .$$

Ответ: 1,1.

Критерии оценивания

Критерий	*Балл*
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	16