Отборочный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

Профиль: «Инженерное дело»

Специализация: «Физика»

Класс участия: 8

Вариант задания: 1

Задача 1.

От перекрестка одновременно отправились два автомобиля, первый из них поехал на юг, второй на восток. Скорость первого автомобиля 96 км/час, второго 72 км/час. На каком расстоянии друг от друга будут находиться автомобили через 10 минут после начала движения? Считайте, что обе дороги являются прямыми линиями. Результат выразите в километрах в виде целого числа.

Решение:

Первый автомобиль за 10 минут проехал 16 км, второй – 12 км. Расстояние между ними равно 20 км.

Ответ: 20

Критерии оценивания

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

Задача 2.

В кубическом сосуде с ребром d = 50 см до уровня h = 10 см налита вода при t = 0 ^{0}C. В аквариум положили куб изо льда с ребром a = 20 см, также имеющий температуру t = 0 ^{0}C, и начали доливать воду, имеющую температуру t = 0 ^{0}C. Какую массу воды нужно добавить, чтобы лед начал всплывать? Аквариум находится в помещении, в котором температура равна t = 0 ^{0}C. Эффектом прилипания пренебречь. Плотность воды равна $\rho_в$ = 1000 кг/м^3, плотность льда равна $\rho_л$ = 900 кг/м^3. Ответ выразите в килограммах и округлите до десятых долей.

Решение:

Обратим внимание на условие "Эффектом прилипания пренебречь". Это означает, что вода проникает в малый промежуток между дном сосуда и нижней поверхностью ледяного куба. Заметим также, что теплообмен между элементами системы отсутствует, так как их температуры одинаковы.

Определим, до какого уровня h_1 поднимется вода после опускания ледяного куба в аквариум. Первоначальный объем воды не изменился. Значит,

$$d^2h = (d^2 - a^2)h_1$$

$$h_1 = \frac{d^2h}{d^2 - a^2}$$

Условие всплывания ледяного куба

$$\rho_л a^3 g = \rho_в a^2 H g,$$

где H – уровень воды, установившийся после доливания.

Масса доливаемой воды может быть рассчитана как

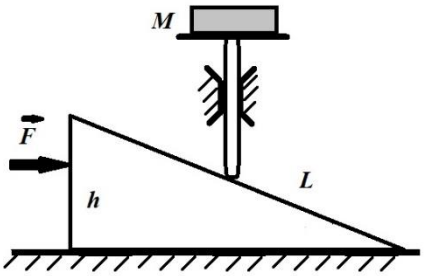
$$m = \rho_{\text{в}}(d^2 - a^2)(H - h_1) = \rho_{\text{в}}(d^2 - a^2)\left(\frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}}a - \frac{d^2 h}{d^2 - a^2}\right) \approx 12{,}8 \text{ кг}$$

Ответ: 12,8

Критерии оценивания

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

Задача 3.



Механизм подъема груза состоит из клина, перемещающегося по гладкому столу, и стержня с подставкой для груза. Стержень вставлен в неподвижные направляющие и может перемещаться только в вертикальном направлении. На клин действуют с силой F, направленной горизонтально. Каково минимальное значение модуля силы, необходимое для подъема груза массой M = 10 кг? L = 15 см, h = 9 см. Массами клина и стержня с подставкой пренебречь, трение отсутствует. Считайте, что значение g = 10 Н/кг. Результат выразите в ньютонах в виде целого числа.

Решение:

Поскольку трение отсутствует, а массами клина и стержня с подставкой пренебрегаем, то работа силы $\boldsymbol{F}$ по медленному перемещению клина равна работе по подъему груза:

$$F\sqrt{L^2 - h^2} = Mgh\,.$$

$$F = \frac{Mgh}{\sqrt{L^2 - h^2}} = 75\ \text{Н}\,.$$

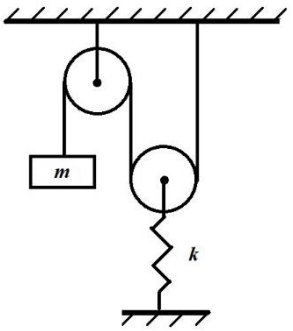
Ответ: 75 Н.

Критерии оценивания

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

Задача 4.

Система, состоящая из груза массой m = 100 г, пружины жесткостью k = 50 Н/м и блоков, находится в равновесии. Определите, чему равна абсолютная деформация пружины. Считайте, что значение g = 10 Н/кг. Результат выразите в сантиметрах в виде целого числа.



Решение:

Сила упругости пружины равна удвоенной силе тяжести:

$$\Delta l = \frac{2mg}{k} = 4 \text{ см}.$$

Ответ: 4.

Критерии оценивания

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

Задача 5.

В одном из колен U-образной трубки находится плотно пригнанный перемещающийся без трения невесомый поршень. Трубка заполнена водой. На поршень кладут грузик массой m = 10 г. Какой высоты должен быть столб масла во втором колене, если уровень воды в нем на Δh = 1 см выше, чем в первом. Площади поперечных сечений колен трубки одинаковы и равны S = 1 см^2, плотность воды $\rho_в$ = 1000 кг/м^3, плотность масла $\rho_м$ = 900 кг/м^3. Результат выразите в сантиметрах в виде целого числа.

Решение:

Выберем за нулевой уровень положение поршня с грузом. Тогда условие равенства давлений в коленах трубки имеет следующий вид:

$$\frac{mg}{S} = g(\rho_в \Delta h + \rho_м h_м)\,.$$

Здесь $h_м$ – искомая высота столба масла. Она равна

$$h_м = \frac{m - \rho_в \Delta h S}{\rho_м S} = 10 \text{ см}\,.$$

Ответ: 10.

Критерии оценивания

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

Задача 6.

В калориметре находится m_{Sn} = 1 кг олова в твердом состоянии, взятого при температуре плавления. В калориметр залили m_{Pb} = 1 кг жидкого свинца при температуре плавления. Какая масса жидкости окажется в калориметре спустя длительное время? Теплоемкостью калориметра пренебречь. Ответ выразите в граммах в виде целого числа.

Температура плавления свинца t_{Pb} = 327 °С, олова t_{Sn} = 232 °С. Удельная теплоемкость кристаллического свинца c_{Pb} = 128 Дж/(кг·°С), жидкого олова c_{Sn} = 225 Дж/(кг·°С). Удельная теплота плавления свинца λ_{Pb} = 25 кДж/кг, олова λ_{Sn} = 60,7 кДж/кг.

Решение:

При кристаллизации всей массы свинца выделится количество теплоты, равное

$$Q_1 = \lambda_{Pb} m_{Pb} = 2{,}5 \cdot 10^4 \cdot 1 = 25 \text{ кДж}.$$

Для расплавления всей массы олова требуется количество теплоты, равное

$$Q_2 = \lambda_{Sn} m_{Sn} = 6{,}07 \cdot 10^4 \cdot 1 = 60{,}7 \text{ кДж}.$$

При остывании кристаллизовавшегося свинца до температуры плавления олова может выделиться

$$Q_1' = c_{Pb} m_{Pb} (t_{Pb} - t_{Sn}) = 128 \cdot 1 \cdot 95 = 12{,}16 \text{ кДж}.$$

Видно, что

$$Q_1 + Q_1' < Q_2.$$

Это значит, что расплавится

$$m_{Sn}' = \frac{Q_1 + Q_1'}{\lambda_{Sn}} = \frac{25 + 12{,}16}{60{,}7} \approx 612 \text{ г}$$

олова.

Ответ: 612.

Критерии оценивания

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

Задача 7.

В кубический сосуд емкостью $V = 3$ л залили $m = 1$ кг воды и положили $m = 1$ кг льда. Начальная температура смеси $t_1 = 0$ °С. Под сосудом сожгли $m_1 = 50$ г бензина, причем 80 % выделившегося при этом тепла пошла на нагревание содержимого сосуда. Считая сосуд тонкостенным и пренебрегая теплоемкостью сосуда и тепловым расширением, найдите уровень воды в сосуде после нагрева. Дно сосуда горизонтально. Результат выразите в сантиметрах, округлив до десятых долей. Удельная теплота сгорания бензина $4{,}4 \cdot 10^7$ Дж/кг. Удельная теплота плавления льда $3{,}3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Решение:

Для нахождения уровня воды необходимо определить, весь ли лед растаял. При сгорании бензина выделилось количество теплоты, равное

$$Q = \eta q m_1 = 8 \cdot 10^{-1} \cdot 4{,}4 \cdot 10^7 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 1{,}76 \text{ МДж}.$$

Здесь η – доля энергии, использованная для нагревания сосуда; q – удельная теплота сгорания бензина. Этого количества теплоты хватит на плавление льда массой

$$m' = \frac{Q}{\lambda} = 1{,}76 \cdot \frac{10^6}{3{,}3 \cdot 10^5} \approx 5{,}3 \text{ кг},$$

$$m' > m,$$

Рассчитаем площадь дна. Сосуд кубический, поэтому ребро его имеет длину

$$d = \sqrt[3]{V}.$$

Площадь дна сосуда

$$S = \sqrt[3]{V^2}.$$

Уровень воды в сосуде равен

$$h = \frac{V'}{S} = \frac{V'}{\sqrt[3]{V^2}} = 0{,}84 \text{ дм} = 8{,}4\text{см}.$$

Ответ: 8,4

Критерии оценивания

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

Задача 8.

В недалеком будущем на Луне построена лаборатория, внутри которой поддерживается давление воздуха, равное атмосферному на Земле (10^5 Па). Определите высоту столбика ртути в барометре Торричелли, установленного в лаборатории, если на поверхности Луны сила тяжести, действующая на тело массой 1 кг, равна 1,625 Н. Результат выразите в метрах и округлите до десятых долей.

Решение:

Из приведенных в условии данных следует, что ускорение свободного падения на поверхности Луны равно 1,625 Н/кг. Высота столбика ртути в барометре Торричелли в этом случае равна

$$h = \frac{p_0}{\rho g} \approx 4{,}5 \text{ м}.$$

Ответ: 4,5

Критерии оценивания

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

Задача 9.

Спускаясь с горы, велосипедист первую треть пути проехал со скоростью V_1 = 20 км/ч. Половину оставшегося времени движения он поднимался в гору со скоростью V_2 = 10 км/ч. Проколов камеру, остаток пути он прошел пешком со скоростью V_3 = 5 км/ч. Определите среднюю скорость велосипедиста на всем пути. Результат выразите в километрах в час, округлив до десятых долей.

Решение:

Обозначим весь путь через S. Тогда время движения на первом участке равно

$$t_1 = \frac{S}{3V_1},$$

время движения на оставшемся участке пути

$$t = \frac{4S}{3(V_2 + V_3)}.$$

Для полного времени движения имеем

$$\frac{S}{V_{\text{ср}}} = \frac{S}{3V_1} + \frac{4S}{3(V_2 + V_3)}.$$

Произведя вычисления, получим, что $V_{\text{ср}}$ = 9,5 км/час.

Ответ: средняя скорость равна 9,5 км/час.

Критерии оценивания

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