

Задача 1

Геодезическая ракета стартует по вертикали и движется с ускорением $a = 50 \text{ м/с}^2$. Через некоторое время происходит отсечка (прекращение работы) двигателя. Звук на земле в точке старта перестал быть слышен спустя время $\tau = 1 \text{ мин } 55,5 \text{ с}$ после старта. Какую скорость V приобрел установленный на ракете исследовательский зонд к моменту отключения двигателя? На какую максимальную высоту H он поднимется? Скорость звука принять равной $c = 330 \text{ м/с}$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивлением воздуха и изменением величины g с высотой пренебречь.

Ответ: к моменту отключения двигателя зонд приобрел скорость $V = c \left(\sqrt{1 + \frac{2a\tau}{c}} - 1 \right) = 1650 \text{ м/с}$, после этого зонд поднимется на максимальную высоту $H = 163,35 \text{ км}$.

Критерии оценок

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 15. Всякое полностью правильное решение оценивается в 15 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения. Ниже приведены критерии оценок частично правильных решений.

Записана зависимость скорости ракеты от времени на разгонном участке - 2 балла
Записана зависимость высоты ракеты от времени на разгонном участке - 2 балла
Время τ представлено через время работы двигателя - 3 балла
Максимальная высота подъема выражена через время работы двигателя - 2 балла
Получен правильный ответ для скорости V - 3 балла
Получен правильный ответ для высоты H - 3 балла

Задача 2

Успешный бизнесмен Иван Михайлович решил порадовать свое подрастающее чадо поездкой на Новый год в теплые страны, куда полет на самолете занимал долгие 8 часов. Пока самолет набирал высоту, папа рассказывал сыну,

что расход топлива их самолета при взлете равен 14040 кг/ч , и эта величина больше, чем при полете на неизменной высоте с постоянной скоростью;

что КПД двигателей на взлете составляет примерно 12%;

что самолет оснащен четырьмя двигателями с силой тяги по $127,4 \text{ кН}$ каждый;

что масса полностью загруженного и заправленного самолета равна 208 тоннам;

и, наконец, что удельная теплота сгорания авиационного топлива равна 43 МДж/кг .

Повествование прервалось сообщением пилота о том, что самолет движется на высоте 8230 м со скоростью 936 км/ч . Уставший Иван Михайлович заключил: «А теперь, сынок, чтобы не расслабляться от учебы раньше времени и не скучать, выбери необходимые данные из тех, которые я тебе сообщил, и посчитай, сколько секунд продолжался набор высоты самолета». Помогите сыну Ивана Михайловича справиться с заданием папы.

Уменьшением массы самолета за время взлета можно пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ: набор высоты самолета продолжался $t = \frac{m(2gH + v^2)}{2q\eta} \cdot 100\% = 1200 \text{ с}$.

Критерии оценок

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 15. Всякое полностью правильное решение оценивается в 15 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения. Ниже приведены критерии оценок частично правильных решений.

Хотя бы один раз верно использована формула, что количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива, равно произведению удельной теплоты сгорания на массу топлива - 1 балл
Хотя бы раз использовано, что масса сжигаемого топлива равна произведению расхода горючего на время - 1 балл
Использована формула для кинетической энергии самолета - 1 балл
Использована формула для потенциальной энергии самолета в поле тяжести - 1 балл
Хотя бы раз правильно использовано определение КПД - 1 балл
Получен правильный ответ в виде формулы (если школьник пропустил получение общей формулы - баллы по этому пункту засчитываются, если числовой ответ верен) - 6 баллов
Получен правильный числовой ответ - 4 балла

Задача 3

У джентльмена дома стоит большой медный кувшин массой $M_0 = 500$ кг и внутренним объемом $V = 1$ м³. Джентльмен снял с края крыши сосульки, уже начавшие таять, положил их в кувшин, подождал, пока кувшин охладится до 0 °С, и наполнил его до краев кипятком температурой 100 °С. Через некоторое время уровень воды в кувшине опустился, и джентльмен влил в него ещё 40 л кипятка, снова наполнив кувшин до краёв. После этого уровень воды в кувшине уже не менялся. Определите установившуюся в кувшине температуру. Температура в комнате 20 °С. Теплообменом кувшина с окружающей средой можно пренебречь. Плотность воды $\rho_v = 1000$ кг/м³, плотность льда $\rho_l = 900$ кг/м³; удельные теплоемкости воды и меди составляют $c_v = 4200$ Дж/(кг·°С) и $c_m = 385$ Дж/(кг·°С) соответственно, удельная теплота плавления льда $\lambda = 335$ кДж/кг.

Ответ: в кувшине установится температура $\approx 32,6$ °С.

Критерии оценок

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 15. Всякое полностью правильное решение оценивается в 15 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения. Ниже приведены критерии оценок частично правильных решений.

Хотя бы один раз верно использована формула, что количество теплоты, требуемое для нагревания тела, равно произведению удельной теплоемкости на массу и на изменение температуры - 1 балл

Хотя бы раз верно использована формула, что количество теплоты, требуемое для плавления льда, равно произведению удельной теплоты плавления на массу - 1 балл

Хотя бы раз правильно записано уравнение теплового баланса - 1 балл

Правильно найдена масса льда, растаявшего на первом этапе - 4 балла

Правильно найдена масса льда, оставшегося после первого этапа - 4 балла

Получен правильный ответ для конечной температуры - 4 балла

Задача 4

Два одинаковых вольтметра соединили параллельно, третий вольтметр подключили к этой комбинации последовательно, и к концам получившейся цепи присоединили идеальную батарейку. При этом вольтметры показывают 4 В, 4 В и 5 В. Какое напряжение у батарейки? Могут ли быть одинаковыми все три вольтметра? Что покажут эти же приборы, если их все соединить последовательно и подключить к той же батарейке? Показания приборов считайте точными.

Ответ: Напряжение у батарейки равно 9 В, все три вольтметра не могут быть одинаковыми, при их последовательном соединении и подключении к той же батарейке они покажут $\approx 3,43$ В, $\approx 3,43$ В и $\approx 2,14$ В.

Критерии оценок

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 15. Всякое полностью правильное решение оценивается в 15 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения. Ниже приведены критерии оценок частично правильных решений.

Нарисована схема и указано, какие вольтметры показывают 4 В, а какой 5 В - 3 балла

Напряжение батарейки равно 9 В - 3 балла

Правильно найдено отношение сопротивлений вольтметров - 2 балла

Сделан обоснованный вывод, что вольтметры не могут быть одинаковыми - 3 балла

Обоснованно получены правильные ответы для второй схемы с последовательным соединением вольтметров - 4 балла