

Беспилотные авиационные системы

Заключительный этап

Предметный тур

Информатика. 8–11 класс

Задача VI.1.1.1. Встречное движение (10 баллов)

Условие

Два БЛА вылетают из пунктов, расположенных на расстоянии S друг от друга, и движутся равномерно и прямолинейно навстречу друг другу со скоростями V_1 и V_2 . Вдоль линии их движения дует ветер. Для одного из аппаратов ветер является попутным и увеличивает его скорость относительно земли на V_0 , для другого ветер является встречным и уменьшает его скорость относительно земли на V_0 . Определите, на сколько сместится точка встречи аппаратов в безветренную погоду.

Формат входных данных

В одной строке через пробел вводятся целочисленные параметры $S > 0, V_1 \geq 0, V_2 \geq 0, V_0 \in \mathbb{Z}$.

Формат выходных данных

Одно число — расстояние, на которое сместится точка встречи БЛА. Округлите его до ближайшего целого значения. Учтите, что расстояние не может быть отрицательным. Выведите -1 , если встречи не произойдет.

Примечание: считайте, что все расстояния и скорости даны в м и в м/с соответственно.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
100 15 10 5
Стандартный вывод
20

Решение

Для решения задачи достаточно определить скорость сближения двух БЛА. Это позволит вычислить время, которое прошло до момента встречи. Это время доста-

точно умножить на скорость ветра, и взять модуль от полученного значения. Если скорости обоих БЛА равны 0, встречи не произойдет вовсе, выведем -1 . Итоговая формула для получения верного ответа для случаев, когда скорости не равны 0 одновременно, выглядит так:

$$\left| \frac{S \cdot V_0}{V_1 + V_2} \right|.$$

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 S, V1, V2, V0 = map(int, input().split())
2
3 if V1 == 0 and V2 == 0:
4     print(-1)
5 else:
6     print(round(abs((V0 * S) / (V1 + V2))))
```

Задача VI.1.1.2. Аэрофотосъемка (15 баллов)

Условие

БЛА движется по окружности с радиусом R . При этом он ведет аэрофотосъемку местности. Размер одного кадра: H (высота) \times W (ширина). Камера не поворачивается вместе с БЛА, направление ее обзора всегда остается неизменным: стороны изображения всегда параллельны координатным осям. Определите суммарную площадь зафиксированной БЛА области.

Формат входных данных

В одной строке через пробел вводятся три целых числа $R \geq 0$, $H > 0$, $W > 0$. Все параметры не превосходят 10^5 .

Формат выходных данных

Одно число — суммарная площадь зафиксированной области. Округлите ответ до ближайшего целого снизу (отбросьте дробную часть).

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
30 5 10
Стандартный вывод
2524

Решение

В данной задаче можно выделить два случая: когда радиус окружности больше максимума из двух сторон кадра и нет. В первом случае картинка получится следующая.

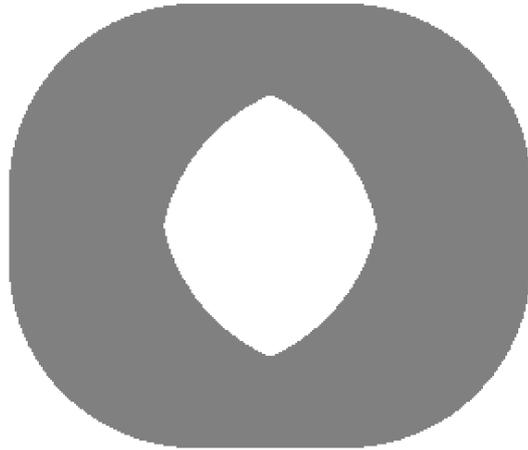


Рис. VI.1.1. След камеры при $R > \max(H, W)$

Рисунок для второго случая получится таким.



Рис. VI.1.2. След камеры при $R \leq \max(H, W)$

На следующем рисунке приведены геометрические построения, необходимые для получения ответа.

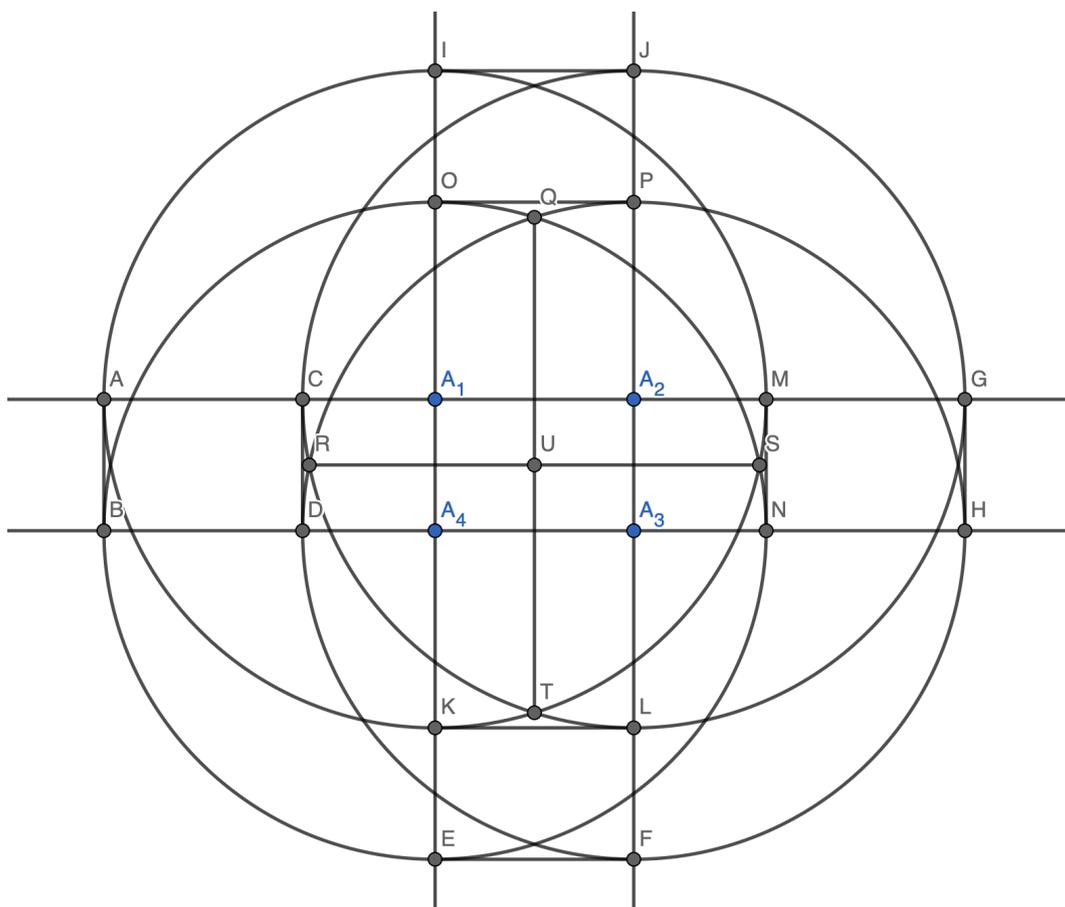


Рис. VI.1.3. Геометрические построения для случая 1

Как видно из рисунков, один из вариантов решения — вычислить общую площадь фигуры и вычесть из нее площадь внутреннего отверстия. Во втором случае внутреннего отверстия не будет, решением будет площадь самой фигуры.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```

1  from math import asin, pi, floor
2
3  R, H, W = map(int, input().split())
4  res = 0
5
6  s = pi * R ** 2 + 2 * R * (H + W) + H * W
7
8  if max(H, W) < R:
9      t1 = (R ** 2 - H ** 2) ** 0.5 * H / 2 - H * W / 2
10     t2 = (R ** 2 - W ** 2) ** 0.5 * W / 2 - H * W / 2
11     sectors = (asin(W / R) + asin(H / R)) / 2 * R * R
12     gsec = pi * R * R / 4 - t1 - t2 - sectors
13     s = s - 4 * gsec
14
15  print(floor(s))

```

Задача VI.1.1.3. Летные испытания (20 баллов)

Условие

Для сертификации БЛА лаборанту Василию требовалось провести следующее испытание: в течение T с БЛА непрерывно отдавалась команда на взлет. Требовалось определить максимальную высоту, до которой сможет подняться БЛА. Во время проведения испытания Василий заметил, что система управления БЛА дала сбой, и двигатель аппарата периодически отключался. Периоды отключения Василий зафиксировал парами чисел, но из-за этого совершенно забыл следить за максимальной высотой подъема. Выясните, до какой максимальной высоты поднимался БЛА в процессе испытания.

Формат входных данных

В первой строке вводятся два целых числа через пробел: N — количество интервалов отключения двигателя ($0 \leq N \leq 1000$) и T — общая продолжительность испытания в с ($0 \leq T < 10^9$). Далее идут N строк, содержащие пары целых чисел, записанных через пробел, задающих интервалы отключения двигателя.

Формат выходных данных

Одно число — максимальная высота, до которой поднимался БЛА в процессе испытания. Ответ округлите до ближайшего целого значения.

Примечание: важно, что в процессе испытания БЛА мог не раз приземляться (скорее даже падать) на землю. Считайте, что подобные посадки не наносят ему урона, с какой бы высоты ни произошло падение. Удары не являются упругими: вся энергия гасится посадочной площадкой, аппарат не «подпрыгивает», а замирает на площадке, затем немедленно начинает движение вверх, если это произошло, когда двигатель аппарата работал. Работающий двигатель обеспечивают БЛА ускорение 15 м/с^2 , направленное вверх. Если же двигатель отключен, аппарат движется под действием силы тяжести с ускорением 10 м/с^2 , направленным вниз. Учтите, что испытание не всегда завершается после T с: аппарат после этого может продолжать движение вверх по инерции. Изначально аппарат покоится на посадочной площадке.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
1 10
4 5
Стандартный вывод
1394

Решение

Для решения задачи промоделируем движение на участках, когда двигатель БЛА работает и когда не работает. Если двигатель работает, движение будет описываться

формулами:

$$y = y_0 + V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}, \quad V = V_0 + a \cdot t.$$

Если двигатели отключены, аппарат находится в свободном падении. Такое движение описывается формулами:

$$y = y_0 + V_0 \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}, \quad V = V_0 - g \cdot t.$$

Важно при моделировании обработать случай, когда движение аппарата прерывается из-за падения на площадку.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1  v = 0
2  y = 0
3  t = 0
4  h_max = 0
5  a = 15
6  g = 10
7
8  N, T = map(int, input().split())
9
10 for _ in range(N):
11     t1, t2 = map(float, input().split())
12     # Обработка падения при включенном двигателе
13     if v < 0:
14         if v * v > 2 * a * y:
15             t_fall = ((-v) - (v * v - 2 * a * y) ** 0.5) / a
16             if t + t_fall < t1:
17                 t = t + t_fall
18                 y = 0
19                 v = 0
20     # Обработка подъема или падения до отключения двигателя
21     dt = t1 - t
22     y = y + v * dt + a * dt * dt / 2
23     v = v + a * dt
24     # Обработка подъема во время отключения двигателя
25     dt = t2 - t1
26     if v > 0:
27         if dt >= v / g:
28             h_max = max(h_max, y + v * v / 2 / g)
29     y = y + v * dt - g * dt * dt / 2
30     if y < 0:
31         v = 0
32         y = 0
33     else:
34         v = v - g * dt
35     t = t2
36
37 # Движение после последнего интервала движения с отключенным двигателем
38 if t < T:
39     if v < 0:
40         if v * v > 2 * a * y:
41             t_fall = ((-v) - (v * v - 2 * a * y) ** 0.5) / a
```

```

42         if t + t_fall < T:
43             t = t + t_fall
44             y = 0
45             v = 0
46     dt = T - t
47     y = y + v * dt + a * dt * dt / 2
48     v = v + a * dt
49
50     # Обработка движения после последнего отключения двигателя
51     if v > 0:
52         h_max = max(h_max, y + v * v / 2 / g)
53
54     print(round(h_max))

```

Задача VI.1.1.4. Безопасные соревнования (25 баллов)

Условие

На соревнованиях по управлению БЛА было подготовлено N площадок по количеству зарегистрированных участников, каждая площадка характеризуется координатой X_i . Но приехать смогли не все участники, а только M , $M < N$. Чтобы обезопасить пилотов и минимизировать вероятность столкновения аппаратов, было принято решение расположить участников как можно дальше друг от друга. Укажите максимально возможное расстояние между двумя ближайшими участниками.

Формат входных данных

В первой строке вводятся N и M . ($2 < N \leq 10000$), ($1 < M < N$). Во второй строке вводятся N натуральных чисел в порядке возрастания — координаты площадок (не превосходят 10^9).

Формат выходных данных

Одно число — максимально возможное расстояние.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
6 3
2 5 7 11 15 20
Стандартный вывод
9

Решение

Координаты площадок неслучайно даны нам в порядке возрастания. Это позволяет решить задачу, применив бинарный поиск. Для очередного предположения о максимальном расстоянии будем пытаться расставить пилотов по площадкам. Если

это сделать не удастся, расстояние слишком большое, если же удастся, необходимо проверить, нельзя ли сделать расстояние еще больше.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 n, k = map(int, input().split())
2 a = list(map(int, input().split()))
3
4 def check(x):
5     pilots = 1
6     lastpilot = a[0]
7     for i in a:
8         if i - lastpilot >= x:
9             pilots += 1
10            lastpilot = i
11    return pilots >= k
12
13 def bin_search():
14     left = 0
15     right = a[-1] - a[0] + 1
16     while (right - left) > 1:
17         m = (left + right) // 2
18         if check(m):
19             left = m
20         else:
21             right = m
22    return left
23
24 print(bin_search())
```

Задача VI.1.1.5. Обновление ПО (30 баллов)

Условие

На плоскости расположено N БЛА. Инженеру Василию требуется дистанционно обновить их ПО. Сделать это он может, используя передатчик с радиусом действия R . Заряда ноутбука ему хватит только на один сеанс обновления (за один сеанс можно обновить все БЛА, находящиеся в радиусе действия передатчика). Велика вероятность того, что все БЛА обновить не удастся. Вычислите, какое максимальное количество аппаратов сможет обновить инженер Василий.

Формат входных данных

В первой строке через пробел вводятся целые N и R . ($0 < N \leq 10^2$), ($0 < R \leq 10^9$). Далее идут N строк, содержащие пары действительных чисел, записанных через пробел — координаты аппаратов на плоскости. Каждая из них по модулю не превосходит 10^9 .

Формат выходных данных

Одно целое число — количество БЛА, которое удастся обновить Василию.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
10 5
3 0
2 1
0 2
1 3
6 3
3 7
10 10
9 11
10 12
1 14

Стандартный вывод
6

Решение

Возможны два случая: БЛА единственный, тогда ответом будет 1 для любого радиуса передатчика. Если их 2 и более, алгоритм действий будет следующим: переберем все возможные пары точек и попробуем провести через них окружности. Таких окружностей может не быть, если точки лежат на расстоянии $d > 2 \cdot R$, или же их будет две (представлены на рисунке).

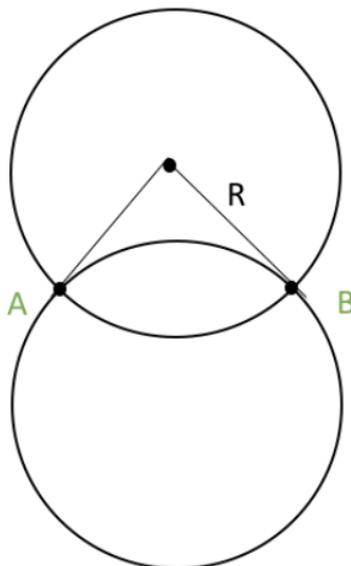


Рис. VI.1.4. Окружности, построенные по двум точкам и R

Затем проверим, сколько точек попадает в данные окружности и таким образом определим их максимально возможное количество. Сложность такого алгоритма порядка $O(n^3)$. Существуют и более эффективные решения, но достаточно будет представленного.

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
1 N, R = map(int, input().split())
2 dots = []
3 max_k = 1
4
5 for _ in range(N):
6     dots.append(list(map(float, input().split())))
7
8 for i in range(len(dots)):
9     for j in range(len(dots)):
10        if i == j:
11            continue
12        x1, y1 = dots[i][0], dots[i][1]
13        x2, y2 = dots[j][0], dots[j][1]
14        if ((x1 - x2) ** 2 + (y1 - y2) ** 2) ** 0.5 > 2 * R:
15            continue
16        d = ((x1 - x2) ** 2 + (y1 - y2) ** 2) ** 0.5
17        h = (R * R - (d / 2) ** 2) ** 0.5
18        x01 = x1 + (x2 - x1) / 2 + h * (y2 - y1) / d
19        y01 = y1 + (y2 - y1) / 2 - h * (x2 - x1) / d
20        x02 = x1 + (x2 - x1) / 2 - h * (y2 - y1) / d
21        y02 = y1 + (y2 - y1) / 2 + h * (x2 - x1) / d
22
23        for xc, yc in (x01, y01), (x02, y02):
24            k = 2
25            for q in range(len(dots)):
26                if q == i or q == j:
27                    continue
28                x, y = dots[q][0], dots[q][1]
29                if ((x - xc) ** 2 + (y - yc) ** 2) <= R ** 2:
30                    k += 1
31            max_k = max(max_k, k)
32 print(max_k)
```

Тестовые наборы для задач представлены по ссылке — https://disk.yandex.ru/d/h5rMplmvFb_q0A.

Беспилотные авиационные системы

Заключительный этап

Физика. 8–9 классы

Задача VI.1.2.1. Движение квадрокоптера (15 баллов)

Условие

Согласно техническому заданию, квадрокоптер должен осуществлять полёт по замкнутому маршруту, последовательно проходя точки A , B , C . $A = (90; 110)$ м, $B = (120; 150)$ м; $C = (70; 30)$ м. Чему равны путь и перемещение квадрокоптера? Ответ округлите до десятых.

Решение

$$L = |\vec{r}_{AB}| + |\vec{r}_{BC}| + |\vec{r}_{CA}|$$
$$|\vec{r}_{AB}| = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ м.}$$
$$|\vec{r}_{BC}| = \sqrt{(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2} = \sqrt{50^2 + 120^2} = 130 \text{ м.}$$
$$|\vec{r}_{CA}| = \sqrt{(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2} = \sqrt{20^2 + 80^2} \approx 82,5 \text{ м.}$$

Значит, путь равен $L = 50 + 130 + 82,5 = 262,5$ м.

Перемещение равно 0.

Примечание: возможно решение по графику.

Ответ: 262,5 м; 0.

Критерии оценивания

Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение — демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно записано выражение для расчёта пути — 5 баллов.
2. Правильно записано определены аналитически или графически длины участков пути — 5 баллов.
3. Правильно записано значение перемещения и вычислен путь — 5 баллов.
4. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 5 баллов.

Задача VI.1.2.2. Мотоциклист и поезд (25 баллов)

Условие

Мотоциклист движется со скоростью 90 км/ч вдоль состава поезда от его хвоста до головы и обратно, быстро развернувшись около головы состава. Определите

скорость поезда, если мотоциклист осуществил свой манёвр за 70 с. Длина состава 850 м. Ответ округлите до десятых.

Решение

Когда мотоциклист обгоняет состав (движется от последнего вагона к первому), скорость обгона равна $v_2 - v_1$. Тогда время движения равно:

$$t_1 = \frac{l}{v_2 - v_1}.$$

При движении мотоцикла обратно: $v_2 + v_1$. А время движения:

$$t_2 = \frac{l}{v_2 + v_1}.$$

В сумме эти два времени дадут 70 с:

$$\frac{l}{v_1 + v_2} + \frac{l}{v_2 - v_1} = t$$

домножением на $(v_2^2 - v_1^2)$ приходим к квадратному относительно v_1 :

$$2lv_2 = tv_2^2 - tv_1^2$$

или

$$\frac{850}{25 + v_1} + \frac{850}{25 - v_1} = 70.$$

Следовательно: $v_1 = 4,23$ м/с.

Ответ: 4,2 м/с.

Критерии оценивания

Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно записано выражение для определения времени в одном направлении — 5 баллов.
2. Правильно записано выражение для определения времени, потраченного на движение в обратном направлении — 10 баллов.
3. Правильно составлено уравнение — 5 баллов.
4. Правильно решено уравнение — 5 баллов.
5. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 5 баллов.

Задача VI.1.2.3. Спасательное средство (25 баллов)

Условие

Для создания спасательного средства для отстреливаемого информационного ящика летательного аппарата задумано устройство, работающее по принципу плавающего баллона. На экспериментальном стенде решили выяснить, в течение какого времени данное устройство может находиться у поверхности воды, если оно получило повреждение, и вода поступает в него со скоростью 0,05 л/с. Пластиковый баллон имеет объём 1 л. Известно, что до повреждения он погружен в воду на $1/25$ своего объёма. Плотность пластика принять равной 1500 кг/м^3 , а воды 1000 кг/м^3 .

Решение

$V_{\text{п}}$, $V_{\text{в}}$ — объёмы пластика и долитой воды, V — вместимость баллона, $\rho_{\text{п}}$ и $\rho_{\text{в}}$ — плотности пластика и воды.

Условие плавания баллона до повреждения:

$$mg = F_{1A};$$
$$\rho_{\text{п}}V_{\text{п}}g = \frac{1}{25}\rho_{\text{в}}g(V_{\text{п}} + V).$$

Из этих уравнений находим:

$$V_{\text{п}} = \frac{\frac{1}{25}V\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{п}} - \frac{1}{25}\rho_{\text{в}}} \approx 27,4 \text{ см}^3.$$

Условие плавания после залива:

$$(m_{\text{п}} + m_{\text{в}})g = F_{2A}.$$
$$(\rho_{\text{п}}V_{\text{п}} + \rho_{\text{в}}V_{\text{в}})g = \rho_{\text{в}}(V_{\text{п}} + V)g.$$

Отсюда находим $V_{\text{в}} = 0,9863 \text{ л}$.

Следовательно, $t = 0,9863/0,05 \approx 19,726 \text{ с}$.

Но округляем до 19 с согласно условию задачи, т. к. исследователей интересует время, которое тело продержится на поверхности.

Ответ: 19 с.

Критерии оценивания

Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно записано выражение для закона Архимеда — 5 баллов.
2. Правильно записано выражение для условия плавания тел — 5 баллов.
3. Правильно записано выражение для условия плавания тел — 5 баллов
4. Правильно проведены расчёты — 5 баллов.
5. Правильно записано выражение для расчёта времени и проведены вычисления — 5 баллов.
6. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 5 баллов.

Задача VI.1.2.4. Охлаждение чая (20 баллов)

Условие

В металлическом чайнике с водой заварен 1 л зелёного чая при температуре 80 °С. Чтобы охладить чай, добавили 0,5 кг тающего льда. При этом температура чая стала равной 35 °С. Определите, какова масса чайника, если удельная теплоёмкость металла равна 770 Дж/(кг·°С), воды — 4200 Дж/(кг·°С), льда — 2100 Дж/(кг·°С). Удельная теплота плавления льда $3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг. Ответ округлите до десятых.

Решение

Нужно использовать зависимости: $Q = m\lambda$, $Q = cm\Delta t$, $m = \rho V$.

Из уравнения теплового баланса следует формула теплового баланса:

$$Q_{\text{отд}} + Q_{\text{пол}} = 0.$$

$$M_{\text{чайника}}c_{\text{чайника}}(t_2 - t) - \lambda m_{\text{льда}} + m_{\text{воды}}c_{\text{воды}}(t_2 - t) - m_{\text{льда}}c_{\text{воды}}(t - t_0) = 0.$$

$$M_{\text{чайника}} = 1,5 \text{ кг.}$$

Ответ: 1,5 кг.

Критерии оценивания

Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно записано выражение для расчёта процессов нагревания и охлаждения — 5 баллов.
2. Правильно записано выражение для плавания тел — 5 баллов.
3. Правильно записано выражение уравнения теплового баланса — 5 баллов.
4. Правильно записано выражение для расчёта плотности и проведены верные вычисления — 5 баллов.
5. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 5 баллов.

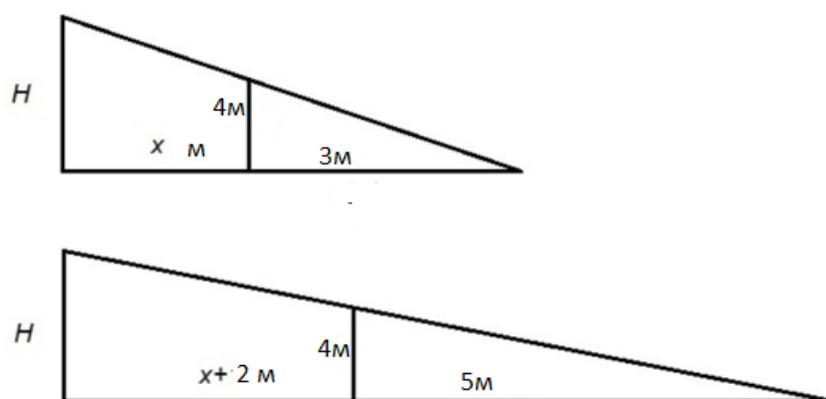
Задача VI.1.2.5. Фонари на аэродроме (15 баллов)

Условие

На аэродроме необходимо установить фонарь на такой высоте, чтобы предмет высотой 4 м, находясь вблизи уличного фонаря, отбрасывал тень длиной 3 м, а при его смещении на 2 м в той же плоскости дальше от фонаря, длина отброшенной тени этого предмета не должна превышать длины 5 м.

На какой высоте необходимо разместить фонарь?

Решение



Используя подобие треугольников, запишем равенство для первого случая:

$$\frac{H}{h} = \frac{x+3}{3}.$$

Аналогично получим для второго положения предмета:

$$\frac{H}{h} = \frac{x+2+5}{5}.$$

Находим $x = 3\text{ м}$.

Вернёмся к первоначальному уравнению и подставим x , тогда высота, на которой подвешен фонарь:

$$H = \frac{3+3}{3}4 = 8\text{ м}.$$

Ответ: 8 м.

Критерии оценивания

Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и

расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно сделан рисунок — 5 баллов.
2. Правильно составлена система уравнений — 5 баллов.
3. Правильно проведены вычисления — 5 баллов.
4. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 5 баллов.

Беспилотные авиационные системы

Заключительный этап

Физика. 10–11 классы

Задача VI.1.3.1. Характеристики движения квадрокоптера (10 баллов)

Условие

Согласно техническому заданию, закон движения квадрокоптера имеет вид:

$$y(t) = (t + 2)^2 - 1,4(t - 1)^2 \text{ (м)}.$$

Определите начальную координату, его скорость через 3 с, максимальную высоту подъёма.

Решение

$$y(t) = 2,6 + 6,8t - 0,4t^2.$$

$$v(t) = 6,8 - 0,8t.$$

$$v(3) = 4,4 \text{ м/с}.$$

$$v = 0 \text{ при } t = 8,5 \text{ с}.$$

Следовательно: $y(8,5) = 31,5 \text{ м}$.

Ответ: 2,6 м, 4,4 м/с; 31,5 м.

Критерии оценивания

Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно найдено уравнение скорости — 3 баллов.
2. Правильно определена начальная координата — 3 балла.
3. Правильно найдена высота подъёма тела — 4 баллов.
4. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 3 балла.

Задача VI.1.3.2. Спасательное средство (15 баллов)

Условие

Для создания спасательного средства для отстреливаемого информационного ящика летательного аппарата задумано устройство, работающее по принципу плавающего баллона. На экспериментальном стенде решили выяснить, каков запас времени находиться на поверхности воды у данного устройства, если оно получило повреждение, и вода поступает в него со скоростью 0,05 л/с. Пластиковый баллон имеет объёмом 1 л. Известно, что до повреждения он погружен в воду на $1/25$ своего объёма. Плотность пластика принять равной 1500 кг/м^3 , а воды 1000 кг/м^3 .

Решение

$V_{\text{п}}$, $V_{\text{в}}$ — объёмы пластика и долитой воды, V — вместимость баллона, $\rho_{\text{п}}$ и $\rho_{\text{в}}$ — плотности пластика и воды.

Условие плавания баллона до повреждения:

$$mg = F_{1A};$$
$$\rho_{\text{п}}V_{\text{п}}g = \frac{1}{25}\rho_{\text{в}}g(V_{\text{п}} + V).$$

Из этих уравнений находим

$$V_{\text{п}} = \frac{\frac{1}{25}V\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{п}} - \frac{1}{25}\rho_{\text{в}}} \approx 27,4 \text{ см}^3.$$

Условие плавания после залива:

$$(m_{\text{п}} + m_{\text{в}})g = F_{2A}.$$
$$(\rho_{\text{п}}V_{\text{п}} + \rho_{\text{в}}V_{\text{в}})g = \rho_{\text{в}}(V_{\text{п}} + V)g.$$

Отсюда находим $V_{\text{в}} = 0,9863 \text{ л}$.

Следовательно, $t = 0,9863/0,05 \approx 19,726 \text{ с}$.

Но округляем до 19 с согласно условию задачи, т. к. исследователей интересует время, которое тело продержится на поверхности.

Ответ: 19 с.

Критерии оценивания

Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно записано выражение для закона Архимеда — 5 баллов.
2. Правильно записано выражение для условий плавания те — 5 баллов.
3. Правильно проведены расчёты — 5 баллов.
4. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 5 баллов.

Задача VI.1.3.3. Транспортная лента (25 баллов)

Условие

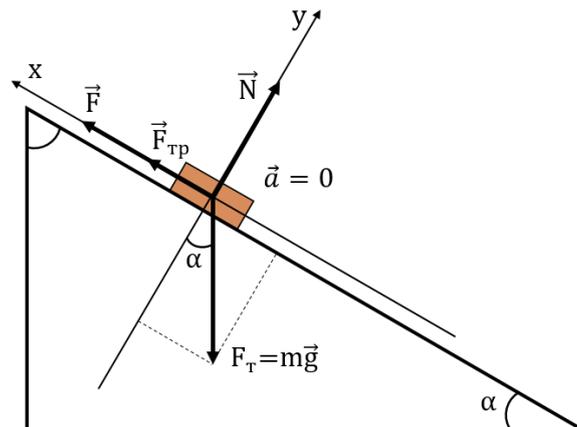
В аэропорту одна из авиакомпаний использует транспортную ленту для перемещения груза пассажиров. В условиях перевозки пассажиров указано, что максимальная масса багажа не может превышать 32 кг. Какое максимальное количество единиц багажа может находиться на транспортной ленте одновременно, если её ширина 1 м, длина 5 м, а масса составляет 50 кг на один погонный метр. Транспортная лента может размещаться под углом не более 30° к горизонту. Максимальный ток двигателя не должен превышать 10 А при напряжении 220 В. Рабочая скорость транспортера 0,5 м/с. Коэффициент трения груза составляет до 0,2. Коэффициент полезного действия двигателя 60%. Считать, что двигатель работает только при протягивании ленты по наклонному участку.

Решение

Самый трудоёмкий режим транспортера — движение вверх.

Полезная мощность электрического двигателя: $P = \theta UI$, при этом механическая мощность $P = Fv$, следовательно,

$$F = \frac{P}{v} = \frac{\theta UI}{v} = 2640 \text{ Н.}$$



Из второго закона Ньютона:

$$0 = M \cdot \vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}.$$

$$M = nm + m_{\text{тр}}, \quad m_{\text{тр}} = 50Lbm_{\text{тр}} = 250 \text{ кг.}$$

$$OX : F + F_{\text{тр}} - M \cdot g \cdot \sin \alpha = 0.$$

$$OY : N - mn \cdot g \cdot \cos \alpha = 0.$$

$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$, следовательно, $F_{\text{тр}} = \mu \cdot nm \cdot g \cdot \cos \alpha$, следовательно,

$$F + \mu \cdot nm \cdot g \cdot \cos \alpha - (nm + m_{\text{тр}}) \cdot g \cdot \sin \alpha = 0.$$

$$n = \frac{F - m_{\text{тр}}g \sin \alpha}{mg \sin \alpha - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha} = \frac{1390}{160 - 55,68} = 13,32.$$

Ответ: не более 13.

Критерии оценивания

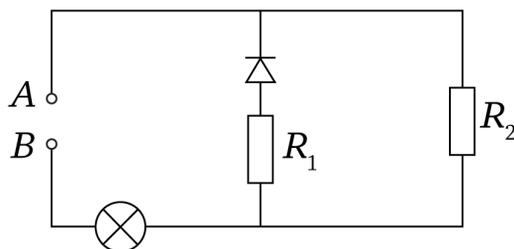
Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно записано выражение для расчёта мощности — 5 баллов.
2. Правильно записан второй закон Ньютона — 5 баллов.
3. Правильно определено выражение для расчёта силы — 5 баллов
4. Правильно проведены расчёты — 5 баллов.
5. Правильно определено количество багажа — 5 баллов.
6. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 5 баллов.

Задача VI.1.3.4. Пульт управления (25 баллов)

Условие

Из пульта управления летательным аппаратом выпал источник питания. Было принято решение использовать источник 12 В. Электрическая схема пульта представлена на рисунке, в неё включена лампа, которая может перегореть при превышении тепловой мощности 0,5 Вт. Параметры схемы: $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 300$ Ом, $R_{\text{л}} = 200$ Ом. Проанализируйте, какой полюс батарейки должен быть подключён к контакту A , а какой к контакту B , чтобы лампочка работала эффективнее.



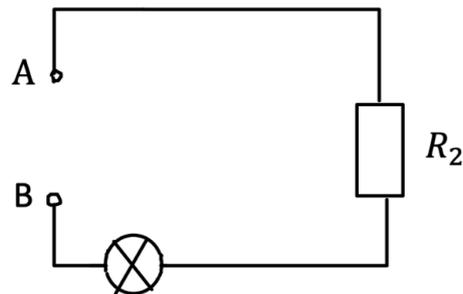
Решение

Яркость излучения лампочки напрямую зависит от мощности. При этом лампа имеет предельную мощность 0,5 Вт, следовательно, если значение будет больше, то лампа перегорит.

1 случай: ток течет от A к B (контакт «+» помещается в A , «-» в B).

2 случай: ток идет от B к A (контакт «-» помещается в A , «+» в B).

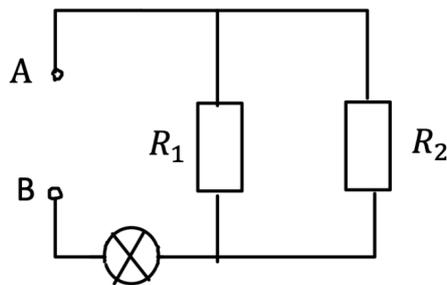
1 случай. Эквивалентная схема для первого случая выглядит.



Мощность, выделяемая на лампе:

$$I = \frac{U}{R_{\text{л}} + R_2} = 0,024 \text{ А}, P_1 = I^2 R_{\text{л}} = 0,1152 \text{ Вт}.$$

Во втором случае.



$$I = \frac{U}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_{\text{л}}} = \frac{12}{209,7} = 0,057 \text{ А}, P_1 = I^2 R_{\text{л}} = 0,65 \text{ Вт}.$$

Как мы видим, мощность в случае от B к A выше, но по условию при мощности более 0,6 Вт лампа перегорает, значит, она будет хотя бы светить только в случае 1.

Ответ: контакт «+» помещается в A , «-» в B .

Критерии оценивания

Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи

должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно определена мощность в одном из случаев — 10 баллов.
2. Правильно определена мощность в другом случае — 10 баллов.
3. Правильно сделан вывод — 5 баллов.
4. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 5 баллов.

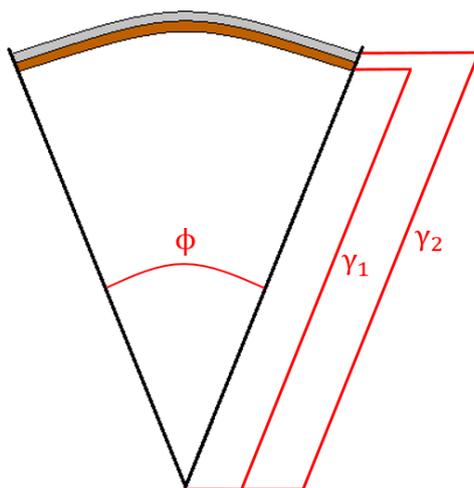
Задача VI.1.3.5. Как работает термометр (25 баллов)

Условие

При создании технических термометров используются биметаллические пластинки, которые при нагревании отклоняют стрелку указателя температуры. Предположим, что биметаллическая пластинка состоит из двух тонких пластинок: железной и медной, которые были сплавлены вместе. При комнатной температуре ($20\text{ }^\circ\text{C}$) получившаяся конструкция имеет форму параллелепипеда, а толщина каждой из пластинок 1 мм. Если опустить эту конструкцию в кипящую воду, то она примет форму части окружности. Определите радиус этой окружности, если коэффициент линейного расширения железа $1,2 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$, а у меди он равен $1,7 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$.

Решение

Процесс линейного расширения металла описывается формулой $l = l_0(1 + \alpha_1 \Delta t)$.



Длины пластин можно связать с длинами дуг окружностей по формулам:

$$\phi r_1 = l_0(1 + \alpha_1' \Delta T) \text{ и } \phi r_2 = l_0(1 + \alpha_1'' \Delta T).$$

Разность радиусов как раз равна толщине пластины, а радиус кривизны можно

вычислить по формуле $R = 1/2(r_1 + r_2)$, следовательно

$$R = \frac{r_2 - r_1}{2(\alpha_1'' - \alpha_1')\Delta T}(2 + (\alpha_1'' + \alpha_1')\Delta T) \approx \frac{r_2 - r_1}{(\alpha_1'' - \alpha_1')\Delta T}.$$

Ответ: 2,5 м.

Критерии оценивания

Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь введенные величины; представлены необходимые математические преобразования и расчеты (подстановка числовых данных в конечную формулу); приведен правильный ответ с указанием единиц измерения.

1. Правильно записано выражение для зависимости длины от коэффициента теплового расширения — 10 баллов.
2. Правильно записано выражение для расчёта радиуса — 10 баллов.
3. Верно проведены расчёты — 5 баллов.
4. Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения — 5 баллов.