

# 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*

<b>Стандартный ввод</b>
100 15 10 5
<b>Стандартный вывод</b>
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*

<b>Стандартный ввод</b>
30 5 10
<b>Стандартный вывод</b>
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.

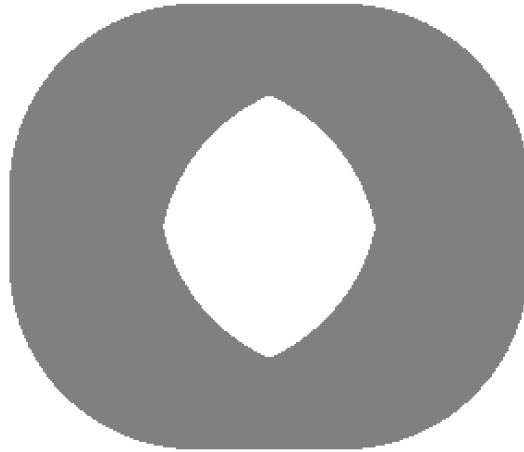


Рис. VI.1.1. След камеры при  $R > \max(H, W)$

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.

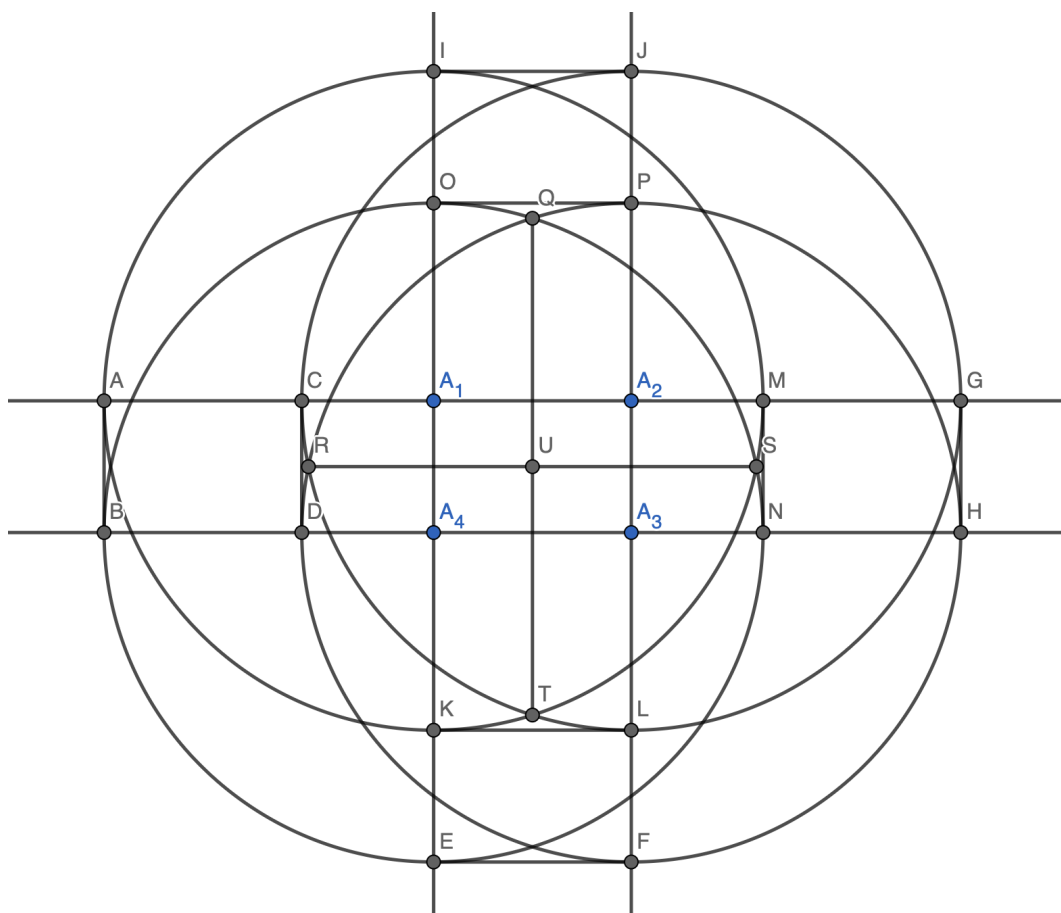


Рис. VI.1.3. Геометрические построения для случая 1

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  $15 \text{ м/с}^2$ , направленное вверх. Если же двигатель отключен, аппарат движется под действием силы тяжести с ускорением  $10 \text{ м/с}^2$ , 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

<b>Стандартный ввод</b>
1 10
4 5
<b>Стандартный вывод</b>
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

<b>Стандартный ввод</b>
6 3
2 5 7 11 15 20
<b>Стандартный вывод</b>
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).

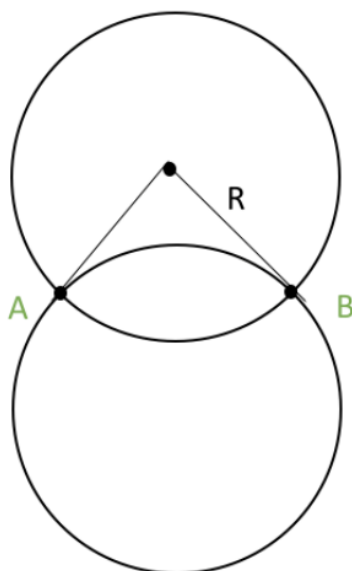


Рис. VI.1.4. Окружности, построенные по двум точкам и  $R$

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](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  $1500 \text{ кг/м}^3$ , а воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

#### 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.

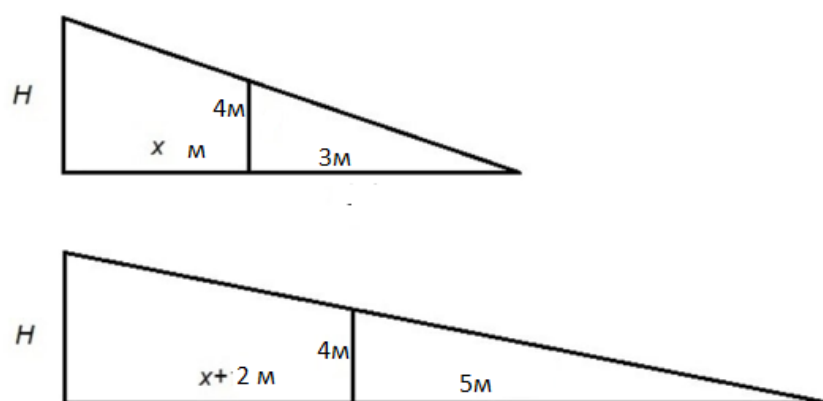
### Задача VI.1.2.5. Фонари на аэродроме (15 баллов)

#### 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  $1500 \text{ кг/м}^3$ , а воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

#### 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

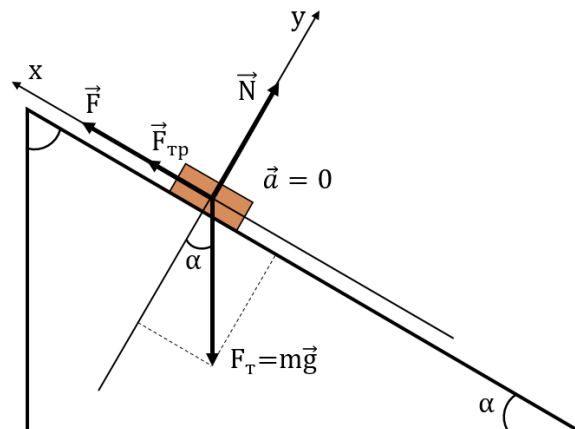
В аэропорту одна из авиакомпаний использует транспортную ленту для перемещения груза пассажиров. В условиях перевозки пассажиров указано, что максимальная масса багажа не может превышать 32 кг. Какое максимальное количество единиц багажа может находиться на транспортной ленте одновременно, если её ширина 1 м, длина 5 м, а масса составляет 50 кг на один погонный метр. Транспортная лента может размещаться под углом не более  $30^\circ$  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**

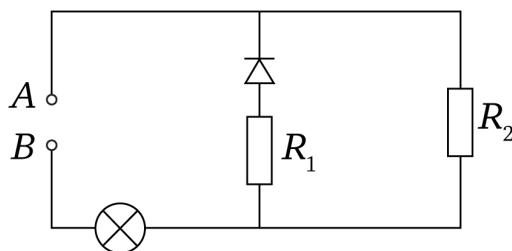
Задачи должны быть оформлены согласно ФГОС, а их решение демонстрировать знание законов и способы их применения в конкретной ситуации. В решении задачи должны быть записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи; использованы и описаны вновь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



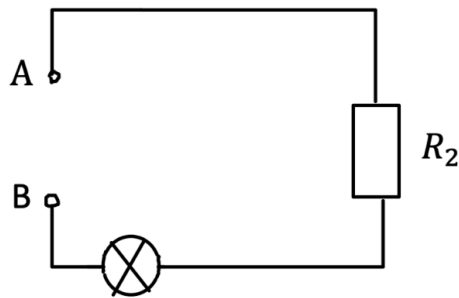
## Решение

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  $B$ ).

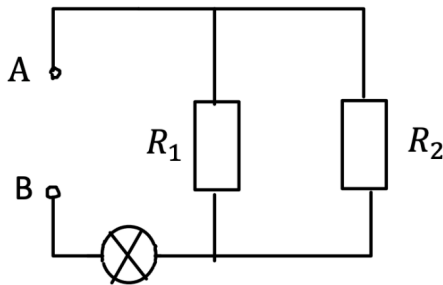
1 случай. Эквивалентная схема для первого случая выглядит.



Мощность, выделяемая на лампе:

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

Во втором случае.



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

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.

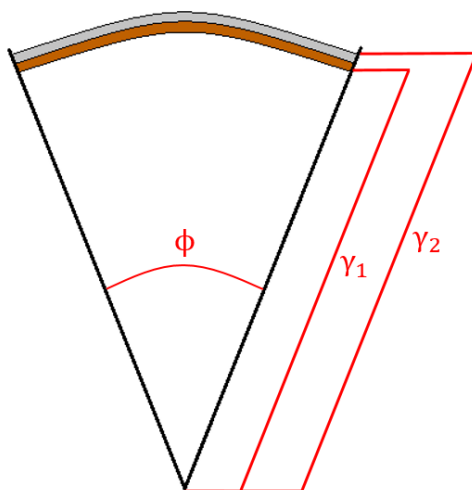
### Задача VI.1.3.5. Как работает термометр (25 баллов)

#### 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.