Передовые производственные технологии

2022/23 учебный год

Заключительный этап

Предметный тур

Информатика. 8–11 класс

Задача VI.1.1.1. Робот-доставщик простое (10 баллов)

Робот-доставщик получает на вход расстояние, которое ему нужно пройти до конечной цели. Нужно рассчитать, сколько раз ему потребуется остановиться и зарядиться в пути. Известно, что одной зарядки хватает на 5 единиц расстояния. Робот полностью заряжен в начале пути. В зависимости от ответа следует вывести сообщения:

1. «Экспресс» остановок для зарядки не требуется;
2. «Экономный», если требуется от 1 до 3 зарядок (верхнюю границу не включаем);
3. «Оптимальный», если требуется от 3 до 5 зарядок;
4. «Долгий», если требуется от 5 до 10;
5. «Очень долгий», если требуется от 10 до 15;
6. «Не рентабельный», когда зарядок требуется 15 и более.

На вход программы подаются единицы расстояния.

Ограничения входных данных: расстояние может быть только натуральным числом или нулем.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
53

Стандартный вывод
Очень долгий

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
way = int(input('Введите расстояние, которое нужно пройти роботу: '))
if way <= 5:
    print("Экспресс")
if 5 < way <= 15:
    print("Экономный")
```

```
if 15 < way <= 25:
    print("Оптимальный")
if 25 < way <= 50:
    print("Долгий")
if 50 < way <= 75:
    print("Очень долгий")
if way > 75:
    print("Не рентабельный")
```

Задача VI.1.1.2. Ячейки памяти простое (20 баллов)

Робот может хранить данные в ячейках памяти 1, 2, 4, 8, 16, 32 и 64 байта. Вводится натуральное число n — размер данных. Как наименьшим количеством таких ячеек и минимальным объемом памяти можно записать данные размера n? Следует вывести на экран список ячеек для хранения данных размера n (в одну строчку через пробел, начиная с наибольшей и заканчивая наименьшей). Предполагается, что имеется достаточно большое количество ячеек всех достоинств.

Ограничения входных данных: размер данных может быть только натуральным числом.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
435

Стандартный вывод
64 64 64 64 64 64 32 16 2 1

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```
n = int(input('Введите натуральное число n: '))
k = 128
lst = []
while 0 < (k := k // 2):
    x, n = divmod(n, k)
    if n+1 > 0:
        if x != 0:
            lst.append((str(k) + ' ') * x)
print(''.join(lst))
```

Задача VI.1.1.3. Робот-доставщик. Заполнение емкости (30 баллов)

Робот- доставщик может переносить только определенный объем товаров. Этот объем равен n литров. Объем предметов измеряется также в литрах, и мы должны их складывать в робота. На вход программы подается вместимость робота. Словарь возможных предметов известен заранее. Предметы доступны только в единственном экземпляре. Необходимо заполнить робота товарами максимального объема, которые в него поместятся.

Словарь возможных предметов:

```
things={"посуда":7, "игрушка1":4, "игрушка2":5, "кружка1":3, "кружка2":2,
"куб":6, "ручка":1, "бутылка":8, "подушка":10}
```

Формат входных данных

Число n — вместимость робота.

Ограничения входных данных: n может быть только натуральным числом не более 100.

Формат выходных данных

Названия размещённых предметов.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
11

Стандартный вывод
подушка ручка

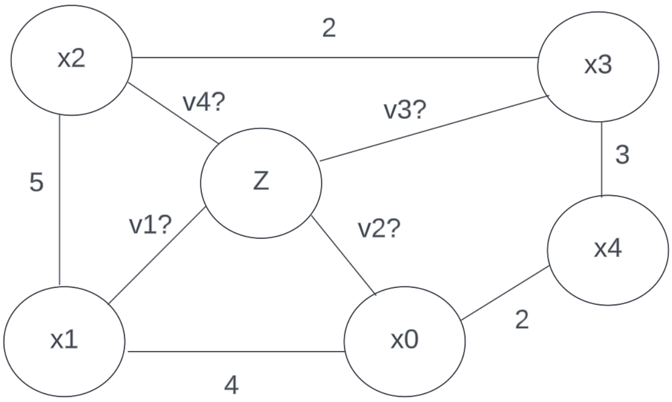
Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```python
things={"посуда":7, "игрушка1":4, "игрушка2":5, "кружка1":3, "кружка2":2, "куб":6,
    "ручка":1, "бутылка":8, "подушка":10}
things={k: v for k, v in sorted(things.items(), key=lambda item:
    item[1],reverse=True)}

def task_2(n):
    name_l=[]
    sum=0
    for key,value in things.items():
        if sum+value<=n:
            sum+=value
            name_l.append(key)

    print(*name_l)

n=int(input())
task_2(n)
```

Задача VI.1.1.4. Поиск путей в графе (40 баллов)

Для наиболее быстрого достижения цели роботу требуется определять наиболее короткий маршрут из всех возможных. На рисунке представлены все возможные пути со значением расстояния. Часть расстояний неизвестны заранее и должны вводится в консоли в строке по порядку через пробел, т. е. входными данными является строка с расстояниями v_1, v_2, v_3, v_4. Учитывая вводимые значения расстояний, найдите наиболее короткий маршрут от x_0 до z. Результатом работы будет являться путь с учетом всех проходимых вершин в виде строки с перечислением вершин по порядку прохождения через пробел.



Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
`3 15 2 5`

Стандартный вывод
`x0 x1 z`

Пример программы-решения

Ниже представлено решение на языке Python 3.

```python
v1, v2, v3, v4 = map(int, input('Введите значения для путей v1, v2, v3, v4 через пробел: ').split())

G = {'x0': {'x1': 4,'z': v2, 'x4': 2},
    'x1': {'x2': 5,'z': v1, 'x0': 4},
    'x2': {'x1': 5,'z': v4,'x3': 2 },
    'x3':{'x2': 2,  'z': v3,'x4':3 },
    'x4': {'x0': 2, 'x3': 3},
    'z': { 'x0': v2, 'x1': v1, 'x2': v4, 'x3': v3}
}

D = {k : 100 for k in G.keys()}
start_k = 'x0'
D[start_k] = 0
```

```
U = {k : False for k in G.keys()}
P = {k : None for k in G.keys()}

for _ in range(len(D)):

    min_k = min([k for k in U.keys() if not U[k]], key = lambda x: D[x])

    for v in G[min_k].keys():
        if D[v] > D[min_k] + G[min_k][v]:
            D[v] = D[min_k] + G[min_k][v]
            P[v] = min_k
    U[min_k] = True

pointer = "z"
path = []

while pointer is not None:
    path.append(pointer)
    pointer = P[pointer]

path.reverse()
print(*path)
```

Тестовые наборы для задач представленны по ссылке — https://disk.yandex.ru/d/HjM1R1BJic20Zg.

Физика. 8–9 классы

Задача VI.1.2.1. (20 баллов)

В ходе проведения мероприятий по поиску исследовательского беспилотника, потерянного в горной местности, было выявлено, что летательный аппарат совершил автоматическую аварийную посадку. Программа работы БПЛА предполагала выполнение фотограмметрического сканирования местности путем серии пролетов вдоль меридиана на расстояние в 50 км, от одной заданной широты до другой.

Проведенный анализ показал, что после выхода на заданный прямолинейный курс БПЛА потерял связь с базовой станцией, а затем продолжил полет до момента достижения широтой заданного значения. Вследствие ошибки в программном коде автопилот не контролировал данные о долготе, что и стало причиной происшествия.

Проведенные измерения показали, что фактически БПЛА действительно достиг нужной широты за 30 минут полета, но при этом сместился в перпендикулярном курсу направлении на 10 км. Основной причиной смещения, по данным проверки, стал устойчивый ветер, направленный перпендикулярно меридиану.

Окажите содействие исследовательской группе и определите:

- с какой скоростью ветер уносил летательный аппарат в сторону от его курса;
- скорость летательного аппарата в подвижной системе отсчета, связанной с воздухом (ветром).

Решение

Расстояние, пройденное вдоль меридиана (оси y) — 50 км.

Расстояние, пройденное вдоль перпернդикулярного направления (оси x) — 10 км.

X-овая компонента скорости (равняется скорости ветра):

$$v_x = \frac{x}{t} = 5,56 \text{ м/с}.$$

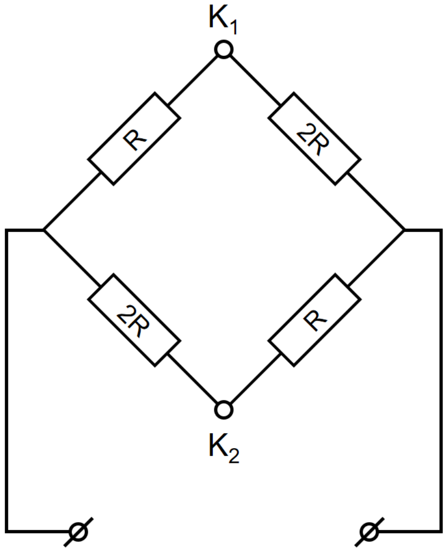
Y-овая компонента скорости (равняется скорости БПЛА относительно ветра):

$$v_y = \frac{y}{t} = 27,78 \text{ м/с}.$$

Ответ: скорость ветра — 5,56 м/с; скорость БПЛА в подвижной системе — 27,78 м/с.

Задача VI.1.2.2. (20 баллов)

Международная команда из шести инженеров осуществляет разработку экспериментального колесного робота. Конструкция робота предполагает наличие четырех электрических двигателей постоянного тока, соединенных по схеме, приведенной на рисунке.



По причине задержек в поставке комплектующих, четырем инженерам пришлось задействовать под проект личные ресурсы, и каждый принес свой двигатель, для того чтобы задействовать его в проекте. Как оказалось, все двигатели были разными и, в частности, имели разное внутреннее сопротивление. Пятый инженер, в свою очередь, принес для проекта свой личный источник постоянного напряжения, на котором отсутствовала какая-либо маркировка. Но все это не остановило участников, и они продолжили работать над задачей.

Конструкцией робота на его плате предусмотрено наличие двух клемм, отмеченных на схеме как K_1 и K_2. Шестой инженер при выполнении настройки получившегося робота выяснил, что разность потенциалов между этими двумя клеммами составляет 12 В при использовании идеального вольтметра, а измеренный идеальным амперметром ток между этими же клеммами составляет 500 мА.

Помогите шестому инженеру разобраться в том, что получилось у команды и определите:

- каково номинальное напряжение источника постоянного напряжения, принесенного в проект пятым инженером;
- сколько джоулей тепла будет рассеиваться в цепи в секунду при подключенном вольтметре.

Решение

При использовании амперметра клеммы замыкаются

Общее сопротивление — $R_1 = 4R/3$.

Сила тока в источнике — $I_{\text{ист}} = U_{\text{ист}}/R1 = 3U_{\text{ист}}/4R$.

Сила тока между клеммами — $I_{\text{K}_1\text{K}_2} = I_{\text{ист}}/3 = U_{\text{ист}}/4R$.

Следовательно, $R = U_{\text{ист}}/4I_{\text{K}_1\text{K}_2}$.

При использовании вольтметра клеммы разомкнуты

Напряжение в источнике $U_{\text{ист}} = 3U_{\text{K}_1\text{K}_2} = 36$ В.

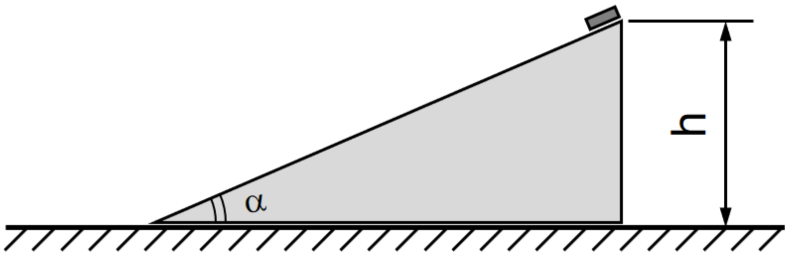
Общее сопротивление — $R_2 = 3R/2$.

Рассеиваемая мощность — $P = U_{\text{ист}}2/R_2 = 2U_{\text{ист}}2/3R = 8U_{\text{ист}}I_{\text{К}_1\text{К}_2}/3 = 48$ Вт.

Ответ: номинальное напряжение — 36 В; количество джоулей тепла в секунду — 48 Дж.

Задача VI.1.2.3. (30 баллов)

Секретная научная лаборатория проводит эксперименты, входящие в проект по созданию линейки полимерных материалов для лазерной 3D-печати, обладающих нулевым коэффициентом трения.



В ходе одного их экспериментов на напечатанную из разработанного полимера треугольную призму массой M на высоте h помещается эталонный брусок с нано-покрытием с нулевым коэффициентом трения массой m.

Поучаствуйте в анализе серии экспериментов и рассчитайте:

- за какое время брусок с нано-покрытием спустится до уровня стола, если брусок отпустить, а треугольную призму зафиксировать;
- с каким ускорением будет двигаться призма по столу с нано-покрытием с нулевым коэффициентом трения, если ее не удерживать после отпускания бруска.

При решении задачи можно считать брусок с нано-покрытием точечным объектом, не имеющим существенных геометрических размеров.

Решение

Для зафиксированной призмы:

Компонента силы тяжести, действующая на брусок вдоль поверхности призмы — $mg\sin\alpha$.

Ускорение вдоль поверхности призмы — $g\sin\alpha$.

Вертикальная компонента ускорения — $g\sin^2\alpha$.

Время спуска — $\sqrt{2h/g\sin^2\alpha}$.

Для свободной призмы:

Призма испытывает ускорение вследствие наличия силы реакции — $a_{\text{пр}} = N\sin\alpha/M$.

Брусок испытывает комбинацию переносного и относительного ускорений.

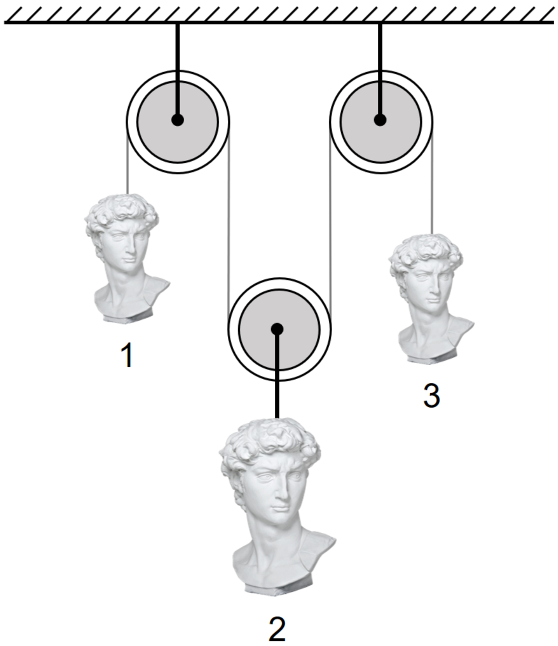
Компоненты ускорений бруска вдоль нормали к поверхности — $0 - ma_{\text{пр}}\sin\alpha = N - mg\cos\alpha$.

Таким образом, ускорение призмы — $a_{\text{пр}} = mg\cos\alpha\sin\alpha/(M + m\sin^2\alpha)$.

Ответ: время спуска бруска для первого случая — $\sqrt{2h/g\sin^2\alpha}$; ускорение призмы — $mg\cos\alpha\sin\alpha/(M + m\sin^2\alpha)$.

Задача VI.1.2.4. (30 баллов)

Разработанная популярным современным художником инсталляция представляет собой, с инженерной точки зрения, набор из трех массивных фигур, связанных практически недеформируемыми тросами. Массы первого, второго и третьего тела составляют, соответственно, m, $3m$ и m.



Вероятно, создатель арт-объекта был слабо знаком с физикой, поэтому при разработке конструкции не учел некоторых особенностей, вследствие чего на открытии объекта, когда из-под фигур были удалены опоры, вместо демонстрации полного равновесия инсталляция пришла в движение под действием стандартной земной гравитации величиной g.

Помогите художнику и его коллегам найти ответы на следующие актуальные вопросы:

- с каким усилием будет натянут трос, на котором подвешена вторая фигура;
- с какой скоростью будет нестись вверх первая фигура в момент, когда вторая ударится об пол, падая исходной с высоты в 1 метр.

Решение

Перемещения грузов будут одинаковыми по модулю вследствие конструкции. Следовательно, одинаковыми по модулю также будут скорости и ускорения

Для первого груза и второго блока:

$$a_1 = -a_2.$$

Раскрываем ускорения через 2-ой закон Ньютона:

$$\frac{R_1}{m} = -\frac{R_2}{3m}.$$

$$\frac{mg - T}{m} = -\frac{3mg - 2T}{3m}.$$

Отсюда

$$T = \frac{6mg}{5}.$$

Сила натяжения троса, удерживающего второй груз

$$F = 2T = \frac{12mg}{5}.$$

В предположении, что T найдено:

Ускорение первого груза

$$a_1 = \frac{mg - T}{m} = \frac{g}{5}.$$

Время движения

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a}}.$$

Скорость движения

$$v = at = \sqrt{2ha} = \sqrt{\frac{2hg}{5}}.$$

Ответ: сила натяжения — $12mg/5$; скорость движения первой фигуры — $\sqrt{2hg/5}$.

Физика. 10–11 классы

Задача VI.1.3.1. (30 баллов)

В ходе специфических испытаний на птицестойкость элементы конструкции летательных аппаратов из специализированной пневматической установки обстреливаются стандартными муляжами птицы. Испытания проводятся в горной местности с уклоном в 30 градусов относительно горизонтали.

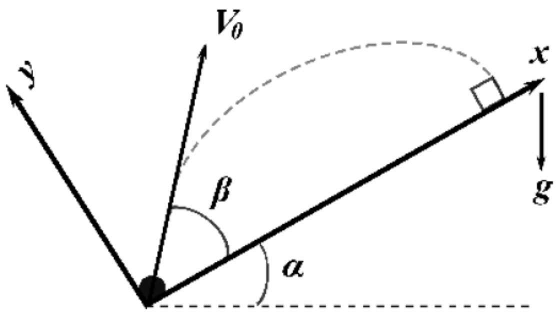
При проектировании экспериментальной площадки специалисты рассчитали, что при выстреле образцом вверх по склону выпущенный объект приземлился бы на грунт на расстоянии 1000 метров от нее и вошел бы в склон четко перпендикулярно. Эти сведения были использованы для расположения границы зоны безопасности выше уровня площадки.

Окажите команде разработчиков содействие и определите:

- на каком расстоянии ниже от экспериментальной площадки следует располагать границу зоны безопасности на случай выстрела образцом птицы вниз по склону под тем же углом.

При выполнении расчетов гравитацию принять равной 10 м/с^2. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. При выстреле ствол пневматической установки наклонен, выстрелы производятся навесом.

Решение



В соответствии представленной схемой при выстреле вверх по склону:

Компоненты скорости и перемещений в системе координат, связанной со склоном

$$v_x = v_0 \cos\beta - g \times \sin\alpha \times t$$

$$v_y = v_0 \sin\beta - g \times \cos\alpha \times t$$

$$u_x = v_0 \cos\beta t - g \times \sin\alpha \times \frac{t^2}{2}$$

$$u_y = v_0 \sin\beta t - g \times \cos\alpha \times \frac{t^2}{2}$$

В момент приземления $v_x = 0$, следовательно

$$t = \frac{v_0 \cos\beta}{g \times \sin\alpha}.$$

В момент приземления $u_y = 0$. Используя полученное выражение для t получим

$$0 = \left(\frac{v_0^2 \times \cos\beta}{g \times \sin\alpha}\right) \times \left(\sin\beta - \frac{\cos\alpha \times \cos\beta}{2 \times \sin\alpha}\right).$$

Отсюда

$$\sin\beta = \frac{\cos\alpha \times \cos\beta}{2 \times \sin\alpha}.$$

В момент приземления $u_x = L$. Используя полученное выражение для t получим

$$L = \frac{v_0^2 \times \cos^2\beta}{2g \times \sin\alpha}.$$

Выстрелу вниз по склону соответствует:

Компоненты скорости и перемещений в системе координат, связанной со склоном $\beta \to \pi - \beta$

$$v_x = -v_0 \cos\beta - g \times \sin\alpha \times t$$

$$v_y = v_0 \sin\beta - g \times \cos\alpha \times t$$

$$u_x = -v_0 \cos\beta t - g \times \sin\alpha \times \frac{t^2}{2}$$

$$u_y = v_0 \sin\beta t - g \times \cos\alpha \times \frac{t^2}{2}$$

В момент приземления $u_y = 0$, следовательно

$$t = \frac{2v_0 \sin\beta}{g \times \cos\alpha}.$$

Используя полученное выражение для t получим

$$u_x = -\left(\frac{2v_0^2 \times \sin\beta}{g \times \cos\alpha}\right) \times \left(\cos\beta + \frac{\sin\alpha \times \sin\beta}{\cos\alpha}\right).$$

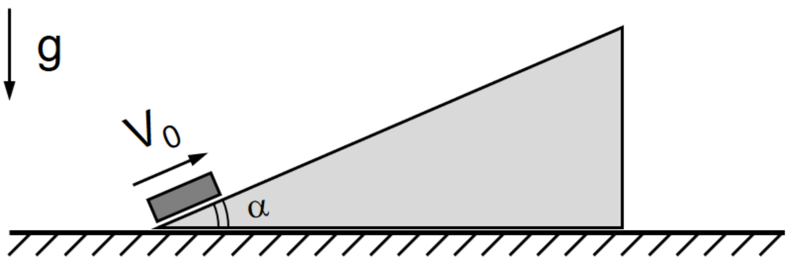
Используя полученное соотношения для связи углов получим

$$u_x = -\frac{3v_0^2 \times \cos^2\beta}{2g \times \sin\alpha} = -3L.$$

Ответ: расстояние до границы зоны безопасности при выстреле вниз по склону — 3000 метров; расстояние до границы зоны безопасности на горизонтальном поле — 1732 метра.

Задача VI.1.3.2. (30 баллов)

Научная лаборатория проводит эксперименты, входящие в проект по созданию линейки полимерных материалов для лазерной 3D-печати, обладающих нулевым коэффициентом трения.



В ходе одного их экспериментов на напечатанную из разработанного полимера треугольную призму массой M помещается эталонный брусок с нано-покрытием с нулевым коэффициентом трения массой m. Известно, что, если бруску сообщить начальную скорость V_0 вдоль поверхности призмы, то к моменту достижения верхней точки траектории скорость бруска относительно стола снижается в пять раз.

Считая, что брусок скользит по призме без отрыва, а призма без отрыва скользит по столу также с нулевым трением, помогите исследователям ответить на вопросы:

- каково отношение масс m/M применяемых ими объектов;
- на какую максимальную высоту в сравнении высотой точки начала движения поднимается брусок при движении по призме;
- за какое время брусок поднимается на максимальную высоту.

При решении задачи угол α принять таким, что его косинус равняется 0,6.

Решение

В проекции на горизонтальную ось закон сохранения импульса для системы запишется как:
$$mv_0\cos\alpha = (M+m)\frac{v_0}{5}.$$

Отсюда
$$\frac{m}{M} = \frac{1}{2}.$$

Закон сохранения энергии для системы в двух рассматриваемых положениях:
$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{(m+M)(v_0/5)^2}{2} + mgH.$$

Отсюда (с учетом соотношения масс)
$$H = \frac{11v_0^2}{25g}.$$

В проекции на касательную к плоскости призмы ось
$$a_{\text{бр}} = -g\sin\alpha.$$
$$v_{\text{бр}} = v_0\cos\alpha - g\sin\alpha\times t.$$

В момент достижения максимальной высоты
$$v_{\text{бр}} = \frac{v_0\cos\alpha}{5}.$$

Таким образом,
$$t = \frac{4v_0\cos\alpha}{5g\sin\alpha}.$$

Ответ: соотношение масс — 0,5; максимальная высота подъема — $\dfrac{11v_0^2}{25g}$; время подъема на максимальную высоту — $\dfrac{4v_0\cos\alpha}{5g\sin\alpha}$.

Задача VI.1.3.3. (20 баллов)

Секретный исследовательский беспилотный летательный аппарат совершает полет дальностью 5000 км на высоте 16 км. Скорость БПЛА меняется системой управления таким образом, что отношение развиваемой подъемной силы к силе сопротивления воздуха остается постоянным на уровне 25,0.

КПД применяемых двигателей составляет 80%, удельная теплота сгорания авиационного керосина — 75 МДж/кг. Изменение массы летательного аппарата вследствие расхода топлива и влияние ветра можно считать пренебрежимо малыми.

Выполните расчеты и определите:

- отношение силы тяги двигателей к силе тяжести, действующей на БПЛА;
- отношение массы израсходованного топлива к массе БПЛА.

Решение

Задача решается в соответствии с тем фактом, что БПЛА движется прямолинейно и равномерно.

Проекция сил на горизонтальную ось

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{сопр}}.$$

Проекция сил на вертикальную ось

$$F_{\text{подъемн}} = mg.$$

Полученные выражение и соотношение сил из условия дают

$$\frac{F_{\text{тяги}}}{mg} = \frac{1}{25}.$$

Работа БПЛА на прохождение маршрута

$$A = S \times F = \frac{S \times mg}{25}.$$

Энергия двигателей БПЛА от сжигания топлива

$$Q = q \times m_{\text{топл}} \times \eta.$$

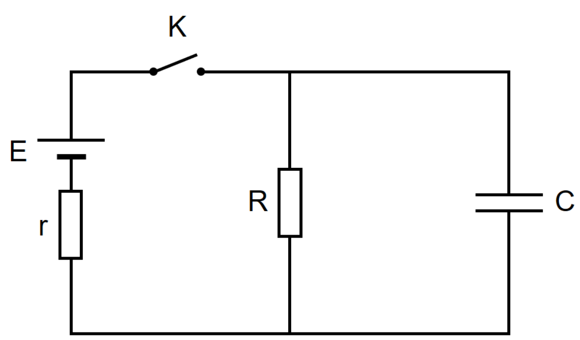
Таким образом

$$\frac{m_{\text{топл}}}{m} = \frac{S \times g}{25 \times q \times \eta} = 0,0327.$$

Ответ: отношение силы тяги к силе тяжести — 0,04; отношение массы топлива к массе БПЛА — 0,0327.

Задача VI.1.3.4. (20 баллов)

При выполнении анализа конструкции неизвестного устройства инженеры составили электрическую схему одной из его частей. Проведенные проверки и измерения позволили им определить числовые значения параметров E, R, C и r.



Для проведения испытания специалисты добились полного разряда конденсатора, после чего на короткое время замкнули ключ, а затем на основании данных приборов разомкнули его в момент, когда скорость роста энергии конденсатора была максимальной.

Поучаствуйте в эксперименте и определите:

- величину тока, протекающего через конденсатор сразу после замыкания ключа;
- величину тока, протекающего через конденсатор сразу после размыкания ключа.

Решение

В момент замыкания ключа

$$I_c = \frac{E}{r}.$$

Для нахождения максимума роста энергии необходимо найти зависимость мощности конденсатора от одной из меняющихся величин

$$E = U_r + I_{\text{общ}} r$$

$$U_r = I_R R$$

Отсюда

$$I_{\text{общ}} = \frac{E - I_R R}{r}.$$

Мощность конденсатора

$$P = U_C I_C = U_r (I_{\text{общ}} - I_R).$$

Подставляя выражение для $I_{\text{общ}}$ и U_R получим

$$P = \frac{I_R R E}{r} - \frac{I_R^2 R(R + r)}{r}.$$

Данное выражение имеет максимум в точке

$$I_R = \frac{E}{2(R + r)},$$

что и является током через конденсатор в момент размыкания ключа.

Ответ: величина тока после замыкания — $\dfrac{E}{r}$; величина тока после размыкания — $\dfrac{E}{2(R+r)}$; количество тепла — $\dfrac{CR^2E^2}{8(R+r)^2}$.