

Задания заключительного этапа

Олимпиады школьников СПбГУ «Инженерные системы»

8-9 класс

Задача №1

1.1 Блогер-математик во время стрима рассказывает подписчикам утверждение: «В треугольнике ABC проведена биссектриса BD . В треугольнике EFG проведена биссектриса FN . Если пропорциональны периметры треугольников и отрезки, на которые биссектрисы BD и FN делят стороны AC и EG , то треугольники ABC и EFG подобны.» Подписчику, первому приславшему в комментарии доказательство утверждения, блогер обещает подарить смартфон последней модели.

Кого обхитрил блогер – подписчиков (пообещав подарок, который невозможно получить) или себя самого (придется раскошелиться на призовой смартфон)?

Ответ: блогеру придется раскошелиться на призовой смартфон.

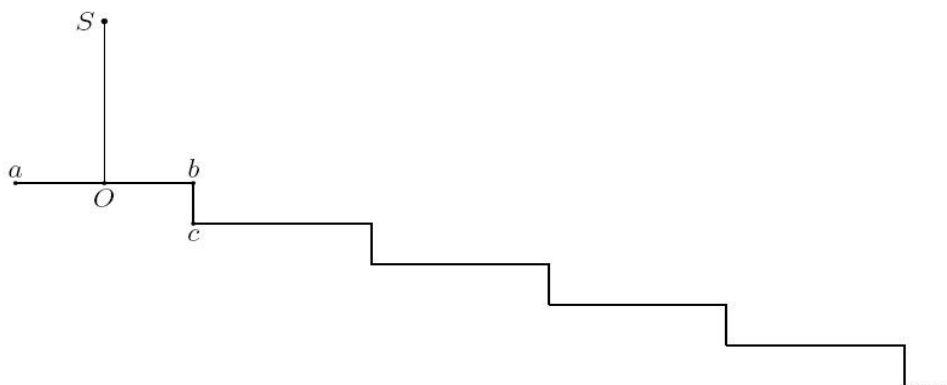
1.2 Блогер-математик во время стрима рассказывает подписчикам утверждение: «В треугольнике ABC проведена высота BD . В треугольнике EFG проведена высота FN . Если пропорциональны отрезки, на которые высоты BD и FN делят стороны AC и EG , и равны углы B и F , то треугольники ABC и EFG подобны.» Подписчику, первому приславшему в комментарии доказательство утверждения, блогер обещает подарить смартфон последней модели.

Кого обхитрил блогер – подписчиков (пообещав подарок, который невозможно получить) или себя самого (придется раскошелиться на призовой смартфон)?

Ответ: блогеру придется раскошелиться на призовой смартфон.

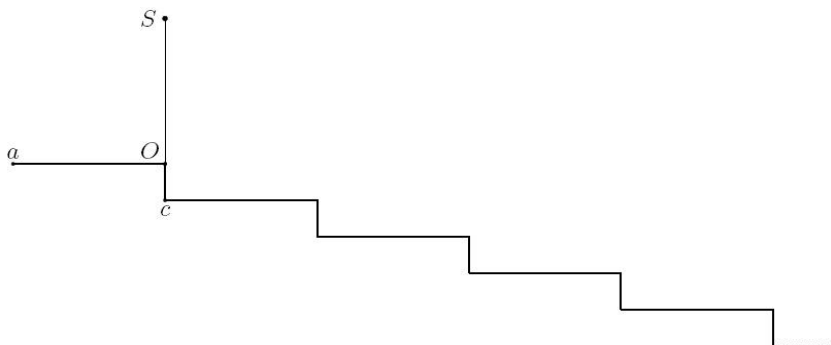
Задача №2

2.1. На середине верхней ступеньки бесконечной лестницы на тонкой подставке стоит фонарь S , который можно считать точечным источником света (см. рисунок). Высота подставки OS равна 1,3 м, длина ступеньки $ab = 40$ см (при этом $aO = Ob$), высота ступеньки $bc = 30$ см, размерами ступеньки в направлении, перпендикулярном плоскости рисунка, можно пренебречь; все ступеньки лестницы одинаковы. Какой номер имеет ближайшая к фонарю ступенька, которую он освещает менее чем наполовину? Как изменится результат, если длину ступеньки уменьшить в два раза? (Можно считать, что фонарь стоит на ступеньке с номером 1).



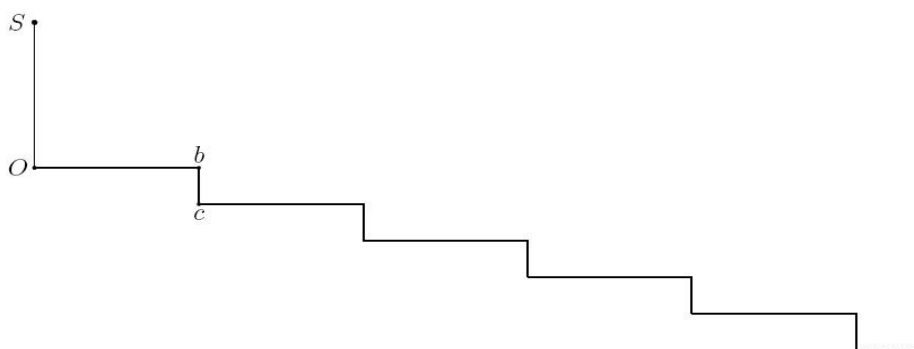
Ответ: $N = 6$; от длины ступеньки результат не зависит.

2.2. На правом краю ступеньки бесконечной лестницы на тонкой подставке стоит фонарь S , который можно считать точечным источником света (см. рисунок). Высота подставки OS равна 1,7 м, длина ступеньки $aO = 30$ см, высота ступеньки $Oc = 30$ см, размерами ступеньки в направлении, перпендикулярном плоскости рисунка, можно пренебречь; все ступеньки лестницы одинаковы. Какой номер имеет ближайшая к фонарю ступенька, которую он освещает не более чем наполовину? Как изменится результат, если длину ступеньки увеличить в два раза? (Можно считать, что фонарь стоит на ступеньке с номером 1).



Ответ: $N = 7$; от длины ступеньки результат не зависит.

2.3. На левом краю ступеньки бесконечной лестницы на тонкой подставке стоит фонарь S , который можно считать точечным источником света (см. рисунок). Высота подставки OS равна 1,1 м, длина ступеньки $Ob = 40$ см, высота ступеньки $bc = 12$ см, размерами ступеньки в направлении, перпендикулярном плоскости рисунка, можно пренебречь; все ступеньки лестницы одинаковы. Какой номер имеет ближайшая к фонарю ступенька, которую он освещает не более чем наполовину? Как изменится результат, если длину ступеньки увеличить в два раза? (Можно считать, что фонарь стоит на ступеньке с номером 1).



Ответ: $N = 9$; от длины ступеньки результат не зависит.

Задача №3

3.1 Петя задумал три последовательных целых числа и записал на листок их всевозможные отношения. Вася просуммировал записанные шесть чисел и обнаружил, что получилось целое число. Этот факт Вася сообщил Тане, не назвав при этом, что за число он получил. Таня объявила Васе и Пете, что она с легкостью выяснит, какие числа задумал Петя. Получится ли у Тани удивить своих друзей?

А) Решите задачу аналитически – найдите все подходящие тройки чисел или докажите, что невозможно узнать, что за числа были загаданы.

Б) Напишите программу, которая находит все подходящие тройки чисел из диапазона [-2025; 2025].

Ответ: А) (-3,-2,-1), (1,2,3).

Б) программа содержит цикл с последовательным перебором (необходимо учесть что в некоторых случаях в знаменателе может быть нулевое значение т.е. необходима дополнительная проверка этой ситуации).

Задача №4

4.1 Ниже приведены округлённые энергии полного сгорания в кислороде первых членов ряда алканов:

$$Q_{\text{метан}} = 800 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$Q_{\text{этан}} = 1450 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

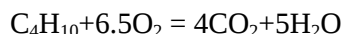
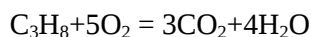
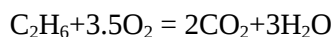
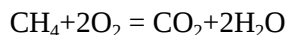
$$Q_{\text{пропан}} = 2050 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$Q_{\text{бутан}} = 2600 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

1. Напишите уравнение полного сгорания каждого из них.
2. Переведите приведённые данные по энергиям сгорания в расчёте не на 1 моль сгораемого углеводорода, а на 1 грамм. Округлите с точностью до десятых долей $\frac{\text{кДж}}{\text{г}}$.
3. Найдите закономерность изменения удельной энергии сгорания алканов на 1 моль вещества. Предположите удельную энергию сгорания 1 моль пентана, исходя из этой закономерности.

Ответ.

1. Выпишем уравнения полного сгорания в кислороде первых четырёх членов ряда алканов и уравнием их:



2. Чтобы представить энергии сгорания углеводородов удельно по массе, необходимо разделить энергию сгорания алкана на его молярную массу:

$$Q_{\text{метан}}^m = \frac{800 \text{ кДж}}{16 \text{ г}} = 50 \frac{\text{кДж}}{\text{г}}$$

$$Q_{\text{этан}}^m = \frac{1450 \text{ кДж}}{30 \text{ г}} = 48.3 \frac{\text{кДж}}{\text{г}}$$

$$Q_{\text{пропан}}^m = \frac{2050 \text{ кДж}}{44 \text{ г}} = 46.6 \frac{\text{кДж}}{\text{г}}$$

$$Q_{\text{бутан}}^m = \frac{2600 \text{ кДж}}{58 \text{ г}} = 44.8 \frac{\text{кДж}}{\text{г}}$$

3. Энергия сгорания 1 моль пентана в этом ряду будет $Q_{\text{пентан}} = 3100 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

4.2 Ниже приведены округленные энергии полного сгорания в кислороде первых членов ряда алканов:

$$Q_{\text{метан}} = 800 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$Q_{\text{этан}} = 1450 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

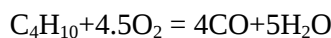
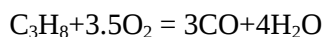
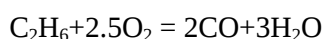
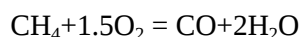
$$Q_{\text{пропан}} = 2050 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$Q_{\text{бутан}} = 2600 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

1. Напишите уравнение неполного сгорания каждого из них до угарного газа и воды.
2. При сгорании 13.2 г неизвестного алкана X выделилось 615 кДж энергии. Используя приведённые данные, определите, что это был за углеводород.
3. Найдите закономерность изменения удельной энергии сгорания алканов. Предположите удельную энергию сгорания 1 моль гипотетического углеводорода, не содержащего ни одного атома углерода.

Ответ.

1. Выпишем уравнения полного сгорания в кислороде первых четырех членов ряда алканов и уравняем их:



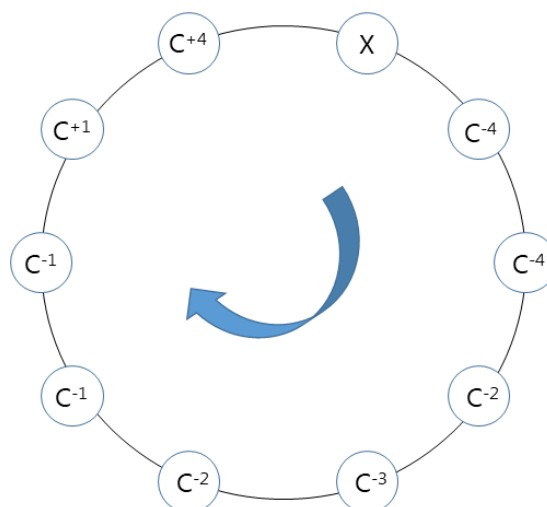
2. Молярные массы первых членов ряда алканов равны соответственно 16, 30, 44, $58 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ для метана, этана, пропана, бутана, соответственно. Совпадение с молярной массой получается для пропана. Таким образом, X – пропан.

3. Заметим, что энергия сгорания увеличивается на изменяющуюся величину: от метана к этану добавляется $650 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$, от этана к пропану 600, далее 550. Так, энергия сгорания 1 моль такого гипотетического алкана в этом ряду будет $Q_{\text{гипотетический алкан}} = 100 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

Задача №5

5.1 Передвигаясь по цепочке по часовой стрелке от вещества X запишите уравнения реакций, а также их условия протекания, соответствующих переходам между соединениями, в которых

углерод находится в указанной степени окисления. Учитывайте, что каждому переходу соответствует одна реакция.



1. Для каждого органического вещества-участника реакций напишите название по ИЮПАК.
2. Если у соединения есть изомер – нарисуйте его структурную формулу и назовите по ИЮПАК.
3. Рассчитайте, какую массу вещества **X** необходимо взять, чтобы при условии осуществления всех превращений со 100%-м выходом, в конце цепочки получить 10^{24} молекул последнего перед **X** соединения.

Ответ.

1)

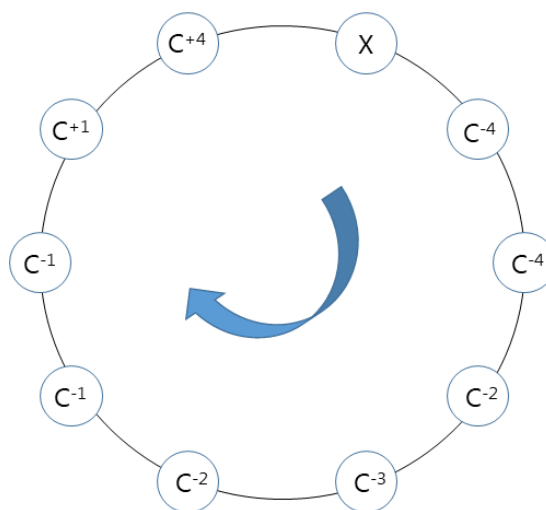
1) $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} = 3\text{CH}_4 + 4\text{Al}(\text{OH})_3$
2) $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$
3) $2\text{CH}_3\text{Cl} + 2\text{Na} = \text{CH}_3\text{-CH}_3 + 2\text{NaCl}$
4) $\text{CH}_3\text{-CH}_3 = \text{CH}_2\text{=CH}_2 + \text{H}_2$
5) $\text{CH}_2\text{=CH}_2 + \text{Br}_2 = \text{CH}_2\text{Br-CH}_2\text{Br}$
6) $\text{CH}_2\text{Br-CH}_2\text{Br} + 2\text{KOH} = \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{O}$
7) $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{Br}_2 = \text{CHBr}_2\text{-CHBr}_2$
8) $\text{CHBr}_2\text{-CHBr}_2 + 2\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{HBr} + \text{Br}_2$
9) $\text{CO}_2 + 2\text{Mg} = \text{C} + 2\text{MgO}$
10) $3\text{C} + 4\text{Al} = \text{Al}_4\text{C}_3$

2) Изомеры среди представленных соединений есть у 1,2-дибромэтана и у 1,1,2,2-тетрабромэтана:

1,2-дибромэтан	1,1,2,2-тетрабромэтан
1,1-дибромэтан	1,1,1,2-тетрабромэтан

3) С учетом коэффициентов во всех уравнениях реакций, углерода нужно взять 1,66 моль, что составляет 19,93 грамма

5.2 Передвигаясь по цепочке по часовой стрелке от вещества **X** запишите уравнения реакций, а также их условия протекания, соответствующих переходам между соединениями, в которых углерод находится в указанной степени окисления. Учитывайте, что каждому переходу соответствует одна реакция.



1. Для каждого органического вещества-участника реакций напишите название по ИЮПАК.
2. Если у соединения есть изомер – нарисуйте его структурную формулу и назовите по ИЮПАК.
3. Рассчитайте, какую массу вещества **X** необходимо взять, чтобы при условии осуществления всех превращений со 100%-м выходом, в конце цепочки получить 10^{24} молекул последнего перед **X** соединения.

Ответ. (Аналогично предыдущей задаче.)