

Олимпиада школьников Санкт-Петербургского государственного  
университета по комплексу предметов «Инженерные системы»  
(математика, физика, химия, информатика) 2019/2020 учебного года

Отборочный этап.

8-9 класс

Задача 1

1. Два легких гидроцикла прошли по реке, скорость течения которой 3 км/ч, из пункта А до пункта В и обратно до пункта А без остановок и дозаправок. При этом от А до В гидроциклы прошли с разницей в 264 минуты, а от В к А — с разницей в 168 минут. Известно, что если средние скорости гидроциклов выразить в км/ч, то значения этих скоростей будут целыми числами. Найдите все возможные пары таких значений средних скоростей гидроциклов, которые могли бы быть в действительности.

Ответ: подходят следующие пары скоростей, измеренные в км/ч: (129,15), (63,17), (52,18), (45,19).

2. Два легких гидроцикла прошли по реке, скорость течения которой 2 км/ч, из пункта А до пункта В и обратно до пункта А без остановок и дозаправок. При этом от А до В гидроциклы прошли с разницей в 228 минут, а от В к А — с разницей в 144 минуты. Известно, что если средние скорости гидроциклов выразить в км/ч, то значения этих скоростей будут целыми числами. Найдите все возможные пары таких значений средних скоростей гидроциклов, которые могли бы быть в действительности.

Ответ: подходит единственная пара скоростей, измеренная в км/ч: (74,10).

3. Два легких гидроцикла прошли по реке, скорость течения которой 6 км/ч, из пункта А до пункта В и обратно до пункта А без остановок и дозаправок. При этом от А до В гидроциклы прошли с разницей в 300 минут, а от В к А — с разницей в 156 минут. Известно, что если средние скорости гидроциклов выразить в км/ч, то значения этих скоростей будут целыми числами. Найдите все возможные пары таких значений средних скоростей гидроциклов, которые могли бы быть в действительности.

Ответ: подходит единственная пара скоростей, измеренная в км/ч: (84,24).

Задача 2

1. Пусть максимальная мощность двигателя автомобиля массой 1 т составляет 100 л.с. (лошадиных сил). Известно, что при движении автомобиля по горизонтальному участку дороги со скоростью 36 км/ч его двигатель развивает мощность 20 л.с. Сможет ли этот автомобиль при движении с той же скоростью заехать на гору, угол уклона которой к горизонту  $30^\circ$ ? Определите максимально возможный угол уклона горы, на которую автомобиль сможет заехать. Принять, что 1 л.с. = 735 Вт,  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: На гору с уклоном  $30^\circ$  автомобиль заедет. Максимальный угол уклона горы, на которую автомобиль сможет заехать, равен  $36^\circ$ .

2. Пусть максимальная мощность двигателя автомобиля массой 1,2 т составляет 95 л.с. (лошадиных сил). Известно, что при движении автомобиля по горизонтальному участку дороги со скоростью 45 км/ч его двигатель развивает мощность 25 л.с. Сможет ли этот автомобиль при движении с той же скоростью заехать на гору, угол уклона которой к горизонту  $40^\circ$ ? Определите максимально возможный угол уклона горы, на которую автомобиль сможет заехать. Принять, что 1 л.с. = 735 Вт,  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: На гору с уклоном  $40^\circ$  автомобиль не заедет. Максимальный угол уклона горы, на которую автомобиль сможет заехать, равен  $20^\circ$ .

3. Известно, что при движении автомобиля массой 1,5 т по горизонтальному участку дороги со скоростью 36 км/ч его двигатель развивает мощность 20 л.с. (лошадиных сил). Какую мощность должен развить двигатель для того, чтобы при движении с той же скоростью автомобиль смог заехать на гору, угол уклона которой к горизонту  $36^\circ$ ? Принять, что 1 л.с. = 735 Вт,  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Ответ:  $\geq 140$  л.с.

### Задача 3

1. В одном секретном учреждении имеется длинный коридор, в котором одна за другой находятся 4 двери. За каждой дверью находится охранник. При каждом открывании двери охраннику за дверью передают 1 лист бумаги с символом " \* ". При получении второго листа с символом " \* " охранник открывает следующую дверь и передает туда один лист из этой пары, а второй лист уничтожает. Сколько потребуется листов с символом " \* " в начале коридора для того чтобы последний охранник получил лист с этим символом?

Ответ: 16.

2. В одном секретном учреждении имеется длинный коридор, в котором одна за другой находятся 5 дверей. За каждой дверью находится охранник. При каждом открывании двери охраннику за дверью передают 1 лист бумаги с символом " \* ". При получении второго листа с символом " \* " охранник открывает следующую дверь и передает туда один лист из этой пары, а второй лист уничтожает. Сколько потребуется листов с символом " \* " в начале коридора для того чтобы последний охранник получил лист с этим символом?

Ответ: 32.

3. В одном секретном учреждении имеется длинный коридор, в котором одна за другой находятся 6 дверей. За каждой дверью находится охранник. При каждом открывании двери охраннику за дверью передают 1 лист бумаги с символом " \* ". При получении второго листа с символом " \* " охранник открывает следующую дверь и передает туда один лист из этой пары, а второй лист уничтожает. Сколько потребуется листов с символом " \* " в начале коридора для того чтобы последний охранник получил лист с этим символом?

Ответ: 64

#### Задача 4

У автоботов на планете Кибертрон закончился энергон. Для получения энергии у них есть возможность сжечь один из трех слитков металлов: лития, магния или алюминия. Массы всех трех слитков одинаковы.

А) какой слиток нужно сжечь первым в избытке кислорода для получения максимальной теплоты? Приведите уравнения всех трех реакций.

Б) Если теплоты сгорания лития, магния и алюминия равны 598, 600 и 1676 кДж в расчете на 1 моль продукта, то определите, какое количество теплоты выделится при сгорании выбранного Вами металла?

В) Какой металл нужно взять для того чтобы минимизировать количество расходуемого кислорода, но при этом получить максимальное тепло при сгорании?

Ответ: максимальное количество теплоты получится в реакции с литием; с точки зрения кислорода выгоднее реакция с магнием.

## Отборочный этап.

### 10-11 класс

#### Задача 1

1. Жители деревни Виллариба для нахождения приближенного значения длины окружности описывают вокруг этой окружности правильный 20192020-угольник. Жители деревни Виллабаджо для такой же цели вписывают в окружность правильный 20202019-угольник. Определите, жители какой из деревень имеют более точное приближение длины окружности? На сколько процентов отличается лучшее из приближений от худшего?

Ответ: Виллабаджо

2. Жители деревни Виллариба для нахождения приближенного значения длины окружности описывают вокруг этой окружности правильный 20202020-угольник. Жители деревни Виллабаджо для такой же цели вписывают в окружность правильный 20192019-угольник. Определите, жители какой из деревень имеют более точное приближение длины окружности? На сколько процентов отличается лучшее из приближений от худшего?

Ответ: Виллариба

#### Задача 2

1. Когда Петя и Вася поднимаются бегом с первого этажа 40-этажного дома на последний, то Вася отстает от Пети на 27 секунд. Сбегая вниз с последнего этажа на первый, каждый из ребят увеличивает свою скорость на 4 км/ч по сравнению со скоростью бега наверх; при этом Вася отстает от Пети на 15 секунд. Известно, что если средние скорости Пети и Васи выразить в км/ч, то значения этих скоростей будут целыми числами. Найдите все возможные пары таких значений средних скоростей ребят при беге наверх, которые могли бы быть в действительности.

Ответ: подходит единственная пара скоростей, измеренная в км/ч: (14,10).

2. Когда Миша и Костя поднимаются бегом с первого этажа 50-этажного дома на последний, то Миша отстает от Кости на 30 секунд. Сбегая вниз с последнего этажа на первый, каждый из ребят увеличивает свою скорость на 3 км/ч по сравнению со скоростью бега наверх; при этом Миша отстает от Кости на 18 секунд. Известно, что если средние скорости Миши и Кости выразить в км/ч, то значения этих скоростей будут целыми числами. Найдите все возможные пары таких значений средних скоростей ребят при беге наверх, которые могли бы быть в действительности.

Ответ: подходит единственная пара скоростей, измеренная в км/ч: (12,9)

3. Когда Саша и Сережа поднимаются бегом с первого этажа 45-этажного дома на последний, то Саша отстает от Сережи на 12 секунд. Сбегая вниз с последнего этажа на первый, каждый из ребят увеличивает свою скорость на 2 км/ч по сравнению со скоростью бега наверх; при этом Саша отстает от Сережи на 9 секунд. Известно, что если средние скорости Саши и Сережи выразить в км/ч, то значения этих скоростей будут целыми числами. Найдите все возможные пары

таких значений средних скоростей ребят при беге наверх, которые могли бы быть в действительности.

Ответ: подходит единственная пара скоростей, измеренная в км/ч: (14,12)

### Задача 3

1. Ценный прибор массой 20 кг требуется поднять на высоту 20 м при помощи блока и веревки, которая при этом не должна оборваться. Прочность веревки неизвестна, поэтому инженер решил определить ее опытным путем. Для этого он взял кусок веревки длиной 1 м, прикрепил к одному концу груз массой 1 кг, а за другой конец раскрутил. Веревка порвалась при частоте вращения груза 3 оборота в секунду. Инженер решил поднимать прибор аккуратно — запас прочности должен быть хотя бы 1,5, но при этом максимально быстро. Определите характер движения прибора и минимально возможное время его подъема.

Ответ: Движение прибора равноускоренное с ускорением не более  $2,0 \text{ м/с}^2$ .  
Минимальное время подъема: 4,5 с.

2. Ценный прибор массой 15 кг требуется поднять на высоту 15 м при помощи блока и веревки, которая при этом не должна оборваться. Прочность веревки неизвестна, поэтому инженер решил определить ее опытным путем. Для этого он взял кусок веревки длиной 1 м, прикрепил к одному концу груз массой 1 кг, а за другой конец раскрутил. Веревка порвалась при частоте вращения груза 2,5 оборота в секунду. Инженер решил поднимать прибор аккуратно — запас прочности должен быть хотя бы 1,5, но при этом максимально быстро. Определите характер движения прибора и минимально возможное время его подъема.

Ответ: Движение прибора равноускоренное с ускорением не более  $1,2 \text{ м/с}^2$ .  
Минимальное время подъема: 5,0 с

3. Ценный прибор массой 30 кг требуется поднять на высоту 25 м при помощи блока и веревки, которая при этом не должна оборваться. Прочность веревки неизвестна, поэтому инженер решил определить ее опытным путем. Для этого он взял кусок веревки длиной 1 м, прикрепил к одному концу груз массой 1 кг, а за другой конец раскрутил. Веревка порвалась при частоте вращения груза 4 оборота в секунду. Инженер решил поднимать прибор аккуратно — запас прочности должен быть хотя бы 2, но при этом максимально быстро. Определите характер движения прибора и минимально возможное время его подъема.

Ответ: Движение прибора равноускоренное с ускорением не более  $0,7 \text{ м/с}^2$ .  
Минимальное время подъема: 8,5 с

### Задача 4

1. Некоторое органическое вещество имеет в своем составе углерод, водород и один атом трехвалентного азота и при этом не содержит кратных связей между атомами.
  - а) Предложите общую формулу для такого вещества, однозначно определяющую соотношение между атомами в его составе.
  - б) Напишите брутто-формулу соединения, отвечающую общей формуле из пункта «а», если массовая доля азота в этом соединении равна 7,57 %.

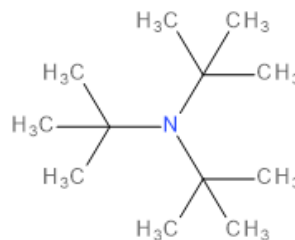
в) Изобразите структурную формулу изомера соединения, полученного в пункте «б», в котором число первичных атомов углерода максимально.

Ответ:

а)  $C_nH_{2n+3}N$ .

б)  $C_{12}H_{27}N$ .

в) трис(*трет*-бутил)амин, см. рис.:



2. Некоторое органическое вещество имеет в своем составе углерод, водород и один атом трехвалентного азота и при этом не содержит кратных связей между атомами.

а) Предложите общую формулу для такого вещества, однозначно определяющую соотношение между атомами в его составе.

б) Напишите брутто-формулу соединения, отвечающую общей формуле из пункта «а», если массовая доля азота в этом соединении равна 9,79 %.

в) Изобразите структурную формулу изомера соединения, полученного в пункте «б», в котором число первичных атомов углерода в два раза больше, чем третичных.

Ответ:

а)  $C_nH_{2n+3}N$ .

б)  $C_9H_{21}N$ .

в) См. рис.:

