

9745



84 балла

1	2	3	4	5
1	5	4	4	0

$\Sigma = 14$

заполняется жюри!

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ
2017–2018**

заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

10-11 класс

Город, в котором проводится Олимпиада САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Дата 18.03.2018

Вариант Ω

ЗАДАЧА № 1

Хитрый предприниматель придумал способ легкого заработка: он решил покупать золото в Сингапуре (около 1° сев.ш.), а продавать в Хельсинки (около 60° сев. ш.), взвешивая золото на одних и тех же пружинных весах. Сколько процентов прибыли можно получить таким способом, если золото покупать и продавать по одной и той же цене?

ЗАДАЧА № 2

В поезде, составленном из одинаковых вагонов, есть полностью заполненные вагоны, а также есть вагоны с одним, с двумя и с тремя свободными местами. При этом доля вагонов, в которых нет свободных мест, равна $k_1=0.2$, с одним свободным местом — k_2 , с двумя свободными местами — k_3 , с тремя свободными местами — k_4 . Среднее число пассажиров в вагонах поезда оказалось равным 43.7. Найдите k_2 , если известно, что k_4 равно наибольшему возможному значению для этого числа.

ЗАДАЧА № 3

Определите, за какое время в пещере вырастет конусообразный сталагмит из карбоната кальция высотой 1м и диаметром основания 50 см (плотность карбоната кальция 2.71 г/см^3), если с потолка пещеры каждые 2 секунды капает капля насыщенного раствора CaCO_3 объемом 0.5 мл. Примите, что весь карбонат из капли переходит на растущий сталагмит. Произведение концентраций ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} в насыщенном растворе CaCO_3 составляет $3.8 \cdot 10^{-9}$.

ЗАДАЧА № 4

Колориметрия (от лат. color — «цвет» и греч. μέτρον — «измеряю») — физический метод химического анализа, основанный на определении концентрации вещества по поглощению света растворами.

4-(4-Диметиламинофенилазо) бензолсульфонат натрия — известный кислотнo-основнoй индикатор, синтетический органический краситель из группы азокрасителей. Его получают диазотируя сульфаниловую кислоту (*n*-аминобензолсульфоkислота), а затем сочетая полученное вещество с диметиланилином. В реакцию были взяты *n*-аминобензолсульфоkислота (1.2 г) и диметиланилин (1.9 г). После проведения реакции был получен осадок темно-желтого цвета, содержащий продукт в виде натриевой соли с неизвестным количеством примесей массой 3.24 г. После растворения навески вещества массой 100мг, в 1 литре воды и доведении рН, до значения 2 с помощью концентрированной серной кислоты был проведен колориметрический анализ. Поглощение света на длине волны 505 нм составило 7.46×10^{-5} .

Напишите уравнение вышеуказанной реакции. Используя данные градуировочной зависимости поглощения от концентрации индикатора в водном растворе при рН=2, рассчитайте выход реакции. Какой цвет имеет раствор красителя при рН=2? Будет ли он отличаться от раствора с рН=3.9, рН=8, если да, то почему?

Концентрация индикатора (моль/литр)	Поглощение ($\lambda_{\text{max}}=505$ нм)
0.2	0.0740
0.00005	0.0000185

ЗАДАЧА № 5

В комплекс космической безопасности входит автоматизированная система телескопов для наблюдения за небесными объектами в поясе астероидов. В зоне действия одного из телескопов, отслеживающего ситуацию в своем секторе размером 100x100 условных единиц измерения, ожидается пролет кометы. Телескоп засекает координаты x и y , а также их приращения для всех движущихся объектов в своем секторе. Эти данные были переданы в информационно-аналитический центр, где суперкомпьютер рассчитывает возможные траектории астероидов, которые потенциально могут полететь в направлении Земли.

Составьте программу, выделяющую астероиды, траектории которых должен рассчитать суперкомпьютер.

Входные данные по астероидам (в момент времени $t=0$) считываются из файла, и имеют следующую структуру: первые два числа через запятую — координаты астероида, следующие два числа со знаком «+» или «-» — приращения координат.

Например:

25, 10, +3, -1,

где 25, 10 — это координаты, а значения +3, -1 — это приращения координат x и y соответственно. Для данного примера, в следующий момент времени (т.е. $t=1$) астероид окажется в точке с координатами (28, 9) т.е. $25+3$ и $10-1$.

Столкновение астероидов и кометы происходит в случае, если у них совпадают координаты или если при переходе от момента времени $t=T$ к моменту времени $t=T+1$ их траектории пересекутся. Столкновения считать упругими. Координаты объектов после столкновения округляются до целого. Масса кометы равна $10M$, а каждого из астероидов — $1M$.

В момент времени $t=0$ комета имеет координаты 0, 50 и приращения координат +10, +0. Необходимо выделить те астероиды, которые к моменту времени $t=20$ будут иметь координату y меньше 0.

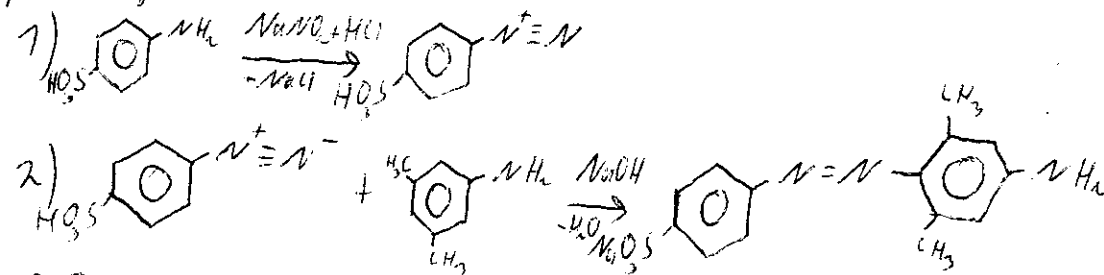
Примечание: количество астероидов (строк во входном файле) – 10 штук.

Чистовик
№3

Санкт-Петербургский
государственный
университет

- Для начала найдём объём и массу сталомита:
 $V_c = \frac{1}{3} \cdot 10,25^2 \cdot 3,14 \text{ м}^3 = 25^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3,14 \text{ мл} = 65410 \text{ мл}$
 $m_c = 65410 \cdot 2,71 = 177267,1 \text{ г}$
- Их-концентрация Ca^{2+} ; тогда по условию $x^2 = 3,8 \cdot 10^{-9}$
 Концентрация CaCO_3 равна $1-x$:
 $1-x = 1 - \sqrt{3,8 \cdot 10^{-9}} \approx 1 - 6,16 \cdot 10^{-5} = (10^5 - 6,16) \cdot 10^{-5} = 99993,84 \cdot 10^{-5} \approx 1 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$
- П.к. концентрации Ca^{2+} и CO_3^{2-} крайне малы, ими можно пренебречь в пос-
 ледующих расчётах
- Кол-во вещества, содержащегося в сталомите, равно:
 $v_c = \frac{m_c}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{177267,1}{100} = 1772,671 \text{ моль}$
- В одной капле насыщенного раствора CaCO_3 содержится кол-во вещества:
 $v_0 = 1 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$
- Кол-во капель для облучивания сталомита равно:
 $\frac{v_c}{v_0} = \frac{1772,671}{5 \cdot 10^{-4}} = \frac{17726710}{5} = 3545222 \text{ капель}$
- П.к. капля падает раз в две секунды, то времени затрачивается
 $3545222 \cdot 2 = 7090444 \text{ секунды}$
 Ответ: за 7090444 секунды

Реакции:



концентрации

2) Определим, как изменяется положение при изменении кол-ва ве-
 вещества:

- При концентрации индикатора $0,2 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$ положение равно $7,4 \cdot 10^{-2}$
- При концентрации индикатора $5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$ положение равно $1,85 \cdot 10^{-5}$
 $\frac{7,4 \cdot 10^{-2}}{0,2} = \frac{1,85 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-5}} = 37 \cdot 10^{-2}$

значит, концентрация индикатора равна $\frac{1,85 \cdot 10^{-5}}{37 \cdot 10^{-2}}$

- Молярная масса индикатора равна: $23 + 48 + 32 + 14 \cdot 2 + 3 \cdot 14 + 14 = 327$
 Кол-во индикатора в навеске с кристаллом равно:
 $\frac{7,46 \cdot 10^{-5}}{37 \cdot 10^{-2}} = \frac{7,46}{0,37} \cdot 10^{-5} \approx 2,016 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$
 Масса индикатора в навеске равно
 $2,016 \cdot 10^{-4} \cdot 327 = 65,9232 \cdot 10^{-2} \approx 65,9 \text{ мг}$

Значит, выход реакции равен:

$$\frac{65,9}{100} \cdot 100 = 65,9\%$$

4) При pH=2 цвет раствора будет красным (т.к. $\lambda = 500$ нм соответствует красному цвету)

При pH=3,9 и pH=8 цвет раствора будет отличаться от цвета раствора при pH=2, т.к. в случае pH=3,9 меньше кол-во молекул индикатора будет протонировано, т.е. большее кол-во молекул будет иметь электроную структуру, и, как следствие, поглощать свет с длиной волны. С случае pH=8 молекулы индикатора вообще протонироваться не будут.

N 2

Исходя из условия, составим систему:

$$\begin{cases} 0,2x + k_2(x-1) + k_3(x-2) + k_4(x-3) = 43,7 \\ k_2 + k_3 + k_4 = 0,8 \end{cases}$$

где x - максимальное число параметров.

$$0,2x + k_2x - k_2 + k_3x - 2k_3 + k_4x - 3k_4 = 43,7$$

$$x - k_2 - 2k_3 - 3k_4 = 43,7$$

$$x - 0,8 - k_3 - 2k_4 = 43,7; \quad x - k_3 - 2k_4 = 44,5$$

Очевидно, $0,8k_3 + 2k_4 < 7,5 \Rightarrow x$ равно либо 46, либо 45.

П.к. k_4 должно быть максимальным, то $x = 46$

Получаем, что $k_3 + 2k_4 = 7,5$. Тогда

$$\begin{cases} k_4 - k_2 = 0,7 \\ k_4 + k_3 = 0,8 \end{cases}$$

при условии, что $k_2 = 0$ (ведь тогда k_4 было максимальное, k_2 и k_3 должны быть минимальными. Как видно из системы, $k_2 \neq 0$. А вот k_3 может быть равен нулю).

Отсюда $k_4 = 0,75$ (максимально возможный), а $k_2 = 0,05$

Ответ: $k_2 = 0,05$

N 1

Полупризма из стекла пропорциональна отношению $\frac{F_x}{F_c}$, где F_x и F_c сила тяжести золота в Кельвини и Силванге соответственно.

$$F_x = G \cdot \frac{m_z \cdot M_{земли}}{r_x^2}, \quad F_c = G \cdot \frac{m_z \cdot M_{земли}}{r_c^2}, \quad \text{откуда } \frac{F_x}{F_c} = \frac{r_c^2}{r_x^2}, \quad \text{где } r_x \text{ и } r_c$$

расстояние от Кельвинки до центра Земли и расстояние от Силванги до центра Земли соответственно. Известный факт, что Земля по своей форме не является идеальным шаром, она приплюснута с полюсов $\Rightarrow r_x < r_c$.

Как следует из условия, угол между r_c и r_x равен 59° .

П.к. против большего угла лежит большая сторона, углы в первом приближении взять два других угла в интервале равными 60° и 61° . Этот тригонометрический переменуется Силванга на одну золотую в Кельвинки. Все так обстоит с расчетами. По

