

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЭТАП МОСКОВСКОГО КОНКУРСА
МЕЖПРЕДМЕТНЫХ НАВЫКОВ И ЗНАНИЙ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС. ПОТЕНЦИАЛ»
В НОМИНАЦИИ «ИНЖЕНЕРНЫЙ КЛАСС»
ПО ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ НАПРАВЛЕНИЮ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ,
РАЗРАБОТАННЫХ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ
РХТУ ИМ. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

I. СПЕЦИФИКАЦИЯ ЗАДАНИЙ

№ задания	Проверяемые темы	Тип задания	Уровень задания
1	<i>10 класс. Математика</i> «Алгебра и начала математического анализа» Статистика и теория вероятностей: Использование свойств и характеристик числовых наборов: средних значений, наибольшего и наименьшего значения, размаха, дисперсии и стандартного отклонения	ВО	Б
2	<i>10 класс. Математика</i> «Алгебра и начала математического анализа» Функции. Применение при решении задач свойств арифметической и геометрической прогрессии, суммирования бесконечной сходящейся геометрической прогрессии.	КО	У
3	<i>10 класс. Математика</i> «Алгебра и начала математического анализа» Уравнения и неравенства: Решение задач на движение и совместную работу, смеси и сплавы с помощью линейных,	КО	У

	квадратных и дробно-рациональных уравнений и их систем.		
4	<p>11 класс. Математика</p> <p>«Алгебра и начала математического анализа».</p> <p>Элементы теории множеств и математической логики. Истинные и ложные высказывания, операции над высказываниями. Алгебра высказываний. Связь высказываний с множествами. Законы логики. Основные логические правила. Решение логических задач с использованием кругов Эйлера, основных логических правил</p>	КО	У
5	<p>10 класс. Математика</p> <p>«Геометрия»</p> <p>Геометрические фигуры: Виды многогранников. Развёртки многогранника. Кратчайшие пути на поверхности многогранник.</p>	ВО	У
6	<p>10 класс. Физика</p> <p>«Механика»</p> <p>Кинематика: Перемещение, скорость и ускорение материальной точки, их проекции на оси системы координат. Сложение перемещений и сложение скоростей</p> <p>Динамика: Сила тяжести. Зависимость ускорения свободного падения от высоты над поверхностью планеты и от географической широты. Движение небесных тел и их спутников. Законы Кеплера. Первая космическая скорость.</p>	ВО	У

	<p>Вес тела. Вес тела, движущегося с ускорением относительно ИСО. Законы сохранения в механике. Кинетическая энергия материальной точки. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки в ИСО. Технические устройства. Движение ракет, водомёт, копер, пружинный пистолет, гироскоп, фигурное катание на коньках</p>		
7	<p>10 класс. Физика</p> <p>«Молекулярная физика и термодинамика»</p> <p>Основы МКТ. Масса и размеры молекул. Количество вещества. Постоянная Авогадро. Газовые законы. Уравнение Клапейрона – Менделеева. Закон Дальтона. Изопроцессы в идеальном газе с постоянным количеством вещества: изотерма, изохора, изобара. Графическое представление изопроцессов. Основы термодинамики. Количество теплоты. Теплоёмкость тела. Удельная теплоёмкость вещества. Удельная теплота сгорания топлива. Расчёт количества теплоты при теплопередаче</p>	ВО	У
8	<p>10 класс. Физика</p> <p>«Электродинамика»</p> <p>Постоянный электрический ток</p>	ВО	У
9	<p>10 класс. Органическая химия.</p> <p>Способы переработки нефти: ректификация (перегонка) и крекинг.</p> <p>11 класс. Неорганическая химия.</p> <p>Общие представления о промышленных способах получения важнейших веществ. Понятие о металлургии: общие способы получения металлов.</p> <p>Промышленное получение серной</p>	ВО	Б

	кислоты и аммиака. Промышленное применение неорганических веществ.		
10	<p>10 класс. Органическая химия.</p> <p>11 класс. Неорганическая химия.</p> <p>Расчёты по химическим формулам и уравнениям реакций.</p> <p>Расчёты массы, объёма или массовой доли компонентов в смеси</p> <p>Расчёты массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ</p> <p>Расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси)</p> <p>Расчёты выхода продукта реакции от теоретически возможного (массы, объёма, количества вещества)</p> <p>Расчёты массы, объёма вещества по уравнению реакции, если одно из реагирующих веществ взято в виде раствора определённой концентрации (молярной или процентной).</p>	КО	Б
11	<p>11 класс. Неорганическая химия.</p> <p>Скорость химической реакции и её зависимость от различных факторов: природы реагирующих веществ, температуры (правило Вант-Гоффа), концентрации, площади поверхности соприкосновения реагирующих веществ, давления. Понятие о катализаторе химической реакции.</p>	КО	Б
12	<p>11 класс. Неорганическая химия.</p> <p>Обратимые и необратимые реакции. Химическое равновесие и его смещение под воздействием различных факторов. Принцип Ле-Шателье. Константа химического равновесия.</p>	КО	У
13	<p>11 класс. Неорганическая химия.</p> <p>Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации. Водородный показатель рН.</p>	КО	У
14	11 класс. Неорганическая химия.	КО	У

	Расчёты по термохимическим уравнениям. Тепловой эффект химической реакции. Теплоты образования и сгорания веществ. Следствия из закона Гесса.		
15	10 класс. Органическая химия. Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки. Понятие об экологической грамотности. Химическое загрязнение окружающей среды. Экологические последствия, обусловленные неграмотным использованием некоторых веществ и их смесей.	ВО	Б

II. Участники конкурса должны

Химия:

Знать

Важнейшие химические понятия: вещество, химический элемент, атом, молекула, относительная атомная и молекулярная массы, ион, аллотропия, изотопы, химическая связь, электроотрицательность, валентность, степень окисления, моль, молярная масса, молярный объем, вещества молекулярного и немолекулярного строения, растворы, электролит и неэлектролит, электролитическая диссоциация, окислитель и восстановитель, окисление и восстановление, тепловой эффект реакции, скорость химической реакции, катализ, химическое равновесие, углеродный скелет, функциональная группа, изомерия гомология;

основные законы химии: сохранения массы веществ, постоянства состава, периодический закон;

основные теории химии: химической связи, электролитической диссоциации, строения органических соединений;

важнейшие вещества и материалы: основные металлы и сплавы; серная, соляная, азотная и уксусная кислоты; щелочи, аммиак, минеральные удобрения, метан, этилен, ацетилен, бензол, этанол, жиры, мыла, глюкоза, сахароза, крахмал, клетчатка, белки, искусственные и синтетические волокна, каучуки, пластмассы.

Уметь

Проводить расчёты по химическим формулам и уравнениям химических реакций.

Рассчитывать массу, объём или массовую доли компонентов в смеси. Проводить расчёты массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ.

Проводить расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси).

Проводить расчёты выхода продукта реакции от теоретически возможного (массы, объёма, количества вещества).

Проводить расчёты массы, объёма вещества по уравнению реакции, если одно из реагирующих веществ взято в виде раствора определённой концентрации (молярной или процентной).

Рассчитывать константу равновесия гомогенной химической реакции.

Проводить расчёты по термохимическим уравнениям. Рассчитывать тепловой эффект химической реакции по теплотам образования или сгорания веществ.

Математика

Знать

Основные характеристики выборки

Определения и свойства арифметической и геометрической прогрессии.

Что такое процент числа, что такое пропорция.

Основные законы логики.

Что такое многогранник, развёртка многогранника.

Уметь

Находить выборочное среднее и размах.

Распознавать соответствующую прогрессию и использовать свойства прогрессий.

Находить концентрацию вещества в растворе, процент вещества в смеси, количество вещества в смеси или растворе по известному проценту.

Использовать логические правила, выполнять операции над высказываниями, проводить логические рассуждения.

Находить кратчайшее расстояние на поверхности многогранника.

Физика

Знать

Основы динамики материальной точки.

Суть физических явлений.

Основы электричества, смысл физических величин, указываемых на маркировке на корпусах электробытовых приборах.

Уметь

Пользоваться методами решения комбинированных задач (объединяющих в себе законы из разных разделов физики).

Решать задачи с использованием уравнения состояния идеального газа, в том числе в сочетании с применением закона Архимеда.

Решать задачи на законы Ома, Джоуля-Ленца, пользоваться методами решения комбинированных задач (объединяющих в себе законы из разных разделов физики).

II. ЗАДАНИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ВАРИАНТА С РЕШЕНИЯМИ

Задача 1

Если взять выборку чисел объёмом 2022, а затем к каждому элементу этой выборки добавить число 4, то выборочное среднее

1. увеличится в 4 раза;
2. увеличится на 4;
3. увеличится на $4/2022$;
4. не изменится

Решение:

Выборочное среднее или среднее значение выборки рассчитывается как среднее арифметическое всех значений: $\bar{x}_B = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$. То есть для исходной выборки $\bar{x}_B = \frac{x_1 + \dots + x_{2022}}{2022}$,

а для новой выборки $\bar{x}_B = \frac{(x_1+4)+\dots+(x_{2022}+4)}{2022} = \frac{x_1+\dots+x_{2022}+4 \cdot 2022}{2022} = \bar{x}_B + 4$.

Значит, выборочное среднее увеличится на 4.

Ответ: выборочное среднее увеличится на 4.

Задача 2.

Найти значение t , при котором три упорядоченных значения динамического

коэффициента вязкости жидкости $\mu_1 = \log_7 2$, $\mu_2 = \log_7(3^t - 3)$,

$\mu_3 = \log_7(3^t + 9)$ образуют арифметическую прогрессию.

Решение:

Три упорядоченных значения динамического коэффициента вязкости жидкости μ_1, μ_2, μ_3 образуют арифметическую прогрессию, если будет выполнено свойство членов арифметической прогрессии: $\mu_2 = \frac{\mu_1 + \mu_3}{2}$.

Значит, для

$$\mu_1 = \log_7 2; \quad \mu_2 = \log_7(3^t - 3); \quad \mu_3 = \log_7(3^t + 9).$$

должно быть верно равенство

$$\log_7(3^t - 3) = \frac{1}{2}(\log_7 2 + \log_7(3^t + 9)).$$

ОДЗ: $t > 1$.

Домножим обе части равенства на 2. Справа в скобках в соответствии со свойствами логарифмов с одинаковым основанием преобразуем сумму логарифмов в логарифм произведения. Получим

$$2 \cdot \log_7(3^t - 3) = \log_7(2 \cdot (3^t + 9)).$$

Используем слева свойство логарифма

$$\log_7(3^t - 3)^2 = \log_7(2 \cdot (3^t + 9)).$$

Следовательно, $(3^t - 3)^2 = 2 \cdot (3^t + 9)$. Введём новую переменную $y = 3^t > 0$. Тогда получим уравнение

$$(y - 3)^2 = 2(y + 9); \quad y^2 - 8y - 9 = 0; \quad \text{корни уравнения } y_1 = 9 \text{ и } y_2 = -1.$$

Но $y_2 = -1 < 0$, не подходит. Значит, $3^t = 9$; $t = 2$.

Ответ: $t = 2$.

Задача 3.

Из 10 баночек (по 200 г каждая) йогурта 3% жирности получается 800 г творога. Принять, что в процессе приготовления творога отжимается только вода. Какое наименьшее количество таких же по весу баночек йогурта 0,5% жирности надо добавить к этим 10 баночкам, чтобы жирность творога, полученного по той же технологии из всего йогурта, не превышала 5%?

Решение:

В 2000 г йогурта содержится $2000 \cdot \frac{3}{100} = 60$ г жира. В одной баночке 0,5 %-ого йогурта содержится $200 \cdot \frac{0,5}{100} = 1$ г жира.

Обозначим неизвестное число баночек йогурта 0,5% жирности буквой n , $n \in \mathbb{N}$.

Найдём коэффициент «выхода». Из 2000 г йогурта по условию задачи получается 800 г творога. Значит, этот коэффициент равен $\frac{800}{2000} = 0,4$.

Составим пропорцию:

Всего творога $(2000+200 \cdot n) \cdot 0,4$ г – 100 %.

Всего жира $(60+1 \cdot n)$ г – x %. Здесь x – жирность полученного творога.

Тогда находим x :

$$x = \frac{(60+n) \cdot 100}{(2000+200 \cdot n) \cdot 0,4}.$$

По условию должно выполняться неравенство: $\frac{(60+n) \cdot 100}{(2000+200 \cdot n) \cdot 0,4} \leq 5$.

Решаем это неравенство:

$$(2000 + 200 \cdot n) \cdot 0,4 > 0, \quad \text{значит,}$$

$$6000 + 100n \leq (2000 + 200 \cdot n) \cdot 0,4 \cdot 5.$$

Получим $2000 \leq 300 \cdot n$; тогда $n \geq \frac{20}{3}$, но $n \in \mathbb{N}$. Следовательно, наименьшее значение $n=7$.

Ответ: наименьшее число баночек 0,5 %-ого йогурта равно 7.

Задача 4.

На перемене в очереди в буфет стоят Антон, Борис, Виктор, Георгий и Дмитрий. Виктор стоит впереди Георгия, но после Антона. Борис не стоит

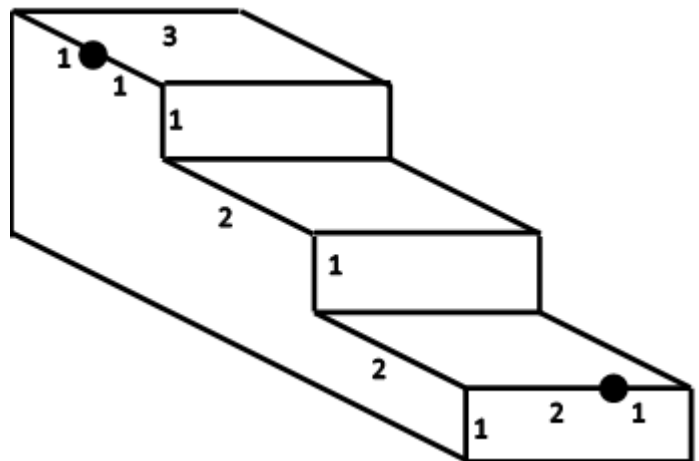
рядом с Антоном. Дмитрий не стоит рядом ни с Антоном, ни с Борисом, ни с Виктором. Напишите первые буквы их имён в том порядке, в котором они стоят. (Например, если они стоят в том порядке, как они перечислены в первом предложении, то напишите АБВГД.)

Ответ: АБВГД

Решение. Поскольку Виктор стоит впереди Георгия, но после Антона, то поставим мальчиков в указанном порядке: АВГ. Так как Дмитрий не стоит рядом ни с Антоном, ни с Борисом, ни с Виктором, то независимо от того, где поставить Бориса, Дмитрия можно поставить только после Георгия: АВГД. Учитывая, что Борис не стоит рядом ни с Антоном, ни с Дмитрием, его можно поставить только между Виктором и Георгием. Таким образом получаем, что ответ: АБВГД.

Задача 5.

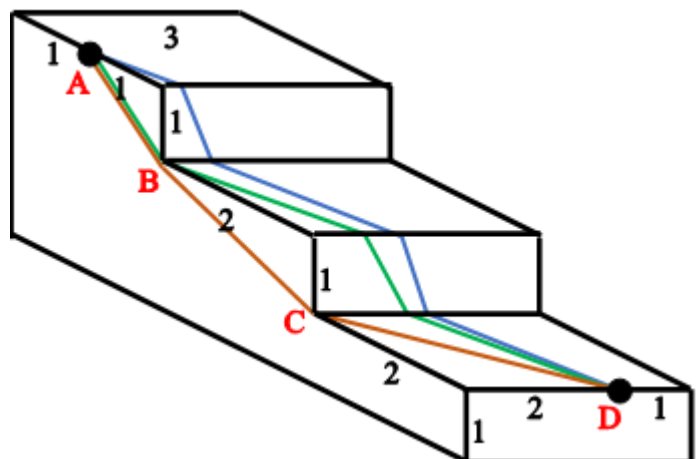
На лестнице точками отмечены положения паука и мухи. Если муха будет оставаться на своём месте, а паук поползёт к ней, то кратчайшее расстояние S , которое проползёт паук, удовлетворяет неравенству



- a) $S \leq 6$;
- b) $6 < S \leq 6,5$;
- c) $6,5 < S \leq 7$;
- d) $7 < S \leq 7,5$;
- e) $S > 7,5$.

Ответ: b

Решение. Паук может либо полностью ползти по ступенькам, держа курс на муху (синяя линия), либо ползти часть пути сбоку. Если рассмотреть синюю линию, то она будет гипотенузой прямоугольного треугольника с катетами 7 и 2 (чтобы проще это понять, можно



сделать развертку). То есть длина синей линии $\sqrt{53}$. Если паук часть пути проползет сбоку, то поскольку ему необходимо будет вернуться наверх, нет смысла опускаться ниже прямой АВ. Таким образом, получим еще два варианта: ABD (зеленая линия) и ABCD (коричневая линия). Длина отрезка АВ равна $\sqrt{2}$, длина отрезка ВС равна $\sqrt{5}$, длина отрезка CD равна $\sqrt{8}$, длина зеленой линии от В до D равна $\sqrt{29}$ (тоже хорошо будет видно, если сделать развертку). Итого мы имеем три величины для сравнения: $\sqrt{53}$, $\sqrt{2}+\sqrt{29}$ и $\sqrt{2}+\sqrt{5}+\sqrt{8}$. Покажем, что $\sqrt{29} > \sqrt{5}+\sqrt{8}$. Возведем в квадрат: $29 > 5+4\sqrt{10}+8$, то есть $16 > 4\sqrt{10}$, или $4 > \sqrt{10}$, что очевидно. Теперь покажем, что $\sqrt{53} > \sqrt{2}+\sqrt{29}$. Возведем в квадрат: $53 > 2+2\sqrt{58}+29$, то есть $22 > 2\sqrt{58}$, или $11 > \sqrt{58}$, что очевидно. Таким образом, кратчайшее расстояние $S = \sqrt{2}+\sqrt{5}+\sqrt{8}$. Покажем, что $\sqrt{2}+\sqrt{5}+\sqrt{8} > 6$, то есть $\sqrt{5}+\sqrt{8} > 6-\sqrt{2}$. Возведем в квадрат (очевидна неотрицательность правой части): $5+4\sqrt{10}+8 > 36-12\sqrt{2}+2$, то есть $4\sqrt{10} > 25-12\sqrt{2}$. Возведем в квадрат (очевидна неотрицательность правой части): $160 > 625-600\sqrt{2}+288$, то есть $600\sqrt{2} > 753$, что очевидно, поскольку $600\sqrt{2} > 600 \cdot 1,4 = 840 > 753$. Теперь покажем, что $\sqrt{2}+\sqrt{5}+\sqrt{8} < 6,5$, то есть $\sqrt{5}+\sqrt{8} < 6,5-\sqrt{2}$. Возведем в квадрат: $5+4\sqrt{10}+8 < 42,25-13\sqrt{2}+2$, то есть $4\sqrt{10} < 31,25-13\sqrt{2}$, или $16\sqrt{10} < 125-52\sqrt{2}$. Возведем в квадрат: $2560 < 15625-13000\sqrt{2}+5408$, то есть $13000\sqrt{2} < 18473$. Возведем в квадрат: $338000000 < 341251729$. Таким образом, $6 < S \leq 6,5$, то есть правильный ответ б.

Задача 6

Победители школьных олимпиад выиграли приз - бесплатный тур на северный полюс на атомном ледоколе. Пользуясь случаем, они решили проверить, как влияет суточное вращение Земли и разница географических широт на величину ускорения свободного падения. Для этого они взяли с собой в экспедицию электронные аналитические весы, откалиброванные в г. Москве, и калибровочную гирию массой 49,9999 г. Когда на северном полюсе школьники взвесили эту гирию, весы показали 50,0483 г. Какую величину ускорения свободного падения на северном полюсе получили школьники по этим данным, если в Москве оно составляло $9,8155 \text{ м/с}^2$? Перед взвешиванием производилось тарирование («обнуление» показаний) весов. Атмосферное давление в Москве и на северном полюсе было одинаковым.

Выберите правильный ответ:

- А) $9,8325 \text{ м/с}^2$;
- Б) $9,8250 \text{ м/с}^2$;
- В) $9,8060 \text{ м/с}^2$.

Решение:

В Москве весы покажут вес:

$$P' = 49,9999 * g_M,$$

где g_M – ускорение свободного падения в Москве.

На полюсе весы покажут:

$$P = 50,0483 * g_M.$$

Так как

$$m = P/g_{\text{п}},$$

где $g_{\text{п}}$ – ускорение свободного падения на полюсе,

и

$$m = P'/g_M$$

то

$$P/g_{\text{п}} = P'/g_M$$

$$50,0483 * g_M / g_{\text{п}} = 49,9999 * g_M / g_M$$

Получаем

$$g_{\text{п}} = 50,0483 * g_M / 49,9999 = 50,0483 * 9,8155 / 49,9999 = 9,8250 \text{ м/с}^2$$

Ответ: Б) $9,8250 \text{ м/с}^2$;

Задача 7.

20 ноября 1998 года на орбиту вращения вокруг Земли был выведен первый модуль Международной космической станции (МКС) «Заря». В настоящее время внутренний обитаемый объем станции со всеми пристыкованными модулями составляет $V = 916 \text{ м}^3$; он заполнен воздухом при давлении $p_{\text{атм}} = 101 \text{ кПа}$ и поддерживается системой обогрева при температуре $T = 27 \text{ }^\circ\text{C}$. Частица «космического мусора» (напр., шлака от твердотопливных ракетных двигателей), вращающегося на той же орбите с космической скоростью по встречному курсу, легко может пробить обшивку станции. Оценить, сколько времени (в часах, с точностью до целых) после разгерметизации есть у экипажа космонавтов на нахождение и устранение места утечки воздуха, если через крошечное отверстие площадью 1 мм^2 в космическое пространство в среднем вытекает 60 моль газа в час. При этом известно, что альпинисты, поднимающиеся без кислородных масок на вершину горы Эверест, где давление воздуха в 3 раза ниже нормального, нередко теряют сознание.

Решение:

Для нахождения количества газа, находящегося внутри МКС, воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона: $p_{\text{атм}}V = \nu_0RT$, откуда $\nu_0 = \frac{p_{\text{атм}}V}{RT}$. С наступлением опасного момента кислородного голодания это уравнение будет выглядеть как $\frac{p_{\text{атм}}V}{3} = \nu RT$, а количество оставшегося воздуха $\nu = \frac{p_{\text{атм}}V}{3RT}$. Количество вытекшего за борт воздуха $\Delta\nu = \nu_0 - \nu = \frac{2p_{\text{атм}}V}{3RT} = 12385$ моль. На потерю такого количества воздуха со скоростью 60 моль в час уйдет время $t = \Delta\nu/60 = 206.4$ часа = 8.6 суток. За это время космонавты должны "залатать" корабль.

Ответ: 206,4 ч

Примечание 1: В этой задаче не учтено, что в реальности утечка воздуха будет происходить неравномерно (по экспоненциальной зависимости): чем ниже будет давление воздуха внутри станции, тем меньшей станет скорость истекания газа через отверстие. Поэтому на самом деле у космонавтов шансов выжить может оказаться больше.

Примечание 2: С одним реальным таким случаем утечки воздуха на МКС космонавты столкнулись 30 августа 2018 г. Впоследствии было обнаружено кем-то намеренно просверленное отверстие в обшивке станции.

Задача 8.

На аккумуляторе типичного смартфона нанесены следующие параметры:

4000 мА·ч, 3.85 В.

На корпусе зарядного устройства к этому смартфону написано:

ВХОД: 100–240 В, 50–60 Гц, 0.35 А.

ВЫХОД: 5 В, 2 А.

Выберите необходимые данные и оцените, какое минимальное время (в ч.) потребуется для зарядки полностью "севшего" аккумулятора смартфона. Ток зарядки считать постоянным, потерями на тепловыделение пренебречь. Ответ приведите в часах, округлив до целых.



Решение:

Из характеристик аккумулятора нас будет интересовать только его емкость (Q). Ёмкость аккумулятора (*не путать с электроемкостью конденсатора!!!*) представляет собой электрический заряд, который способен накопить аккумулятор. В этом можно убедиться, обратив внимание на размерность одной из приведенных величин 4000 мА·ч и вспомнив определение силы электрического тока (это заряд, протекающий через сечение проводника за единицу времени), откуда:

$$Q=I \cdot t \quad (*)$$

Зарядка аккумулятора производится выходным током зарядного устройства $I = 2 \text{ А}$. Подставляя в (*) выбранные величины, находим

$$t = Q / I = 4 \text{ А} \cdot \text{ч} / 2 \text{ А} = 2 \text{ ч}$$

Ответ: 2 часа

Примечание: Следует иметь в виду, что полученное значение – это только ОЦЕНОЧНОЕ МИНИМАЛЬНОЕ время зарядки, т.е. без учета потерь тепла на внутренних сопротивлениях зарядного устройства и аккумулятора (КПД=100%). Кроме того, для продления срока службы аккумуляторов в современных мобильных телефонах зарядка аккумулятора представляет собой сложный и многостадийный процесс. Этим процессом управляет специальный микроконтроллер, ориентируясь на текущее состояние аккумулятора по сигналу, поступающему от дополнительного третьего электрода аккумулятора. Поэтому, в реальности процесс зарядки будет происходить дольше.

Задание 9

Установите соответствие между промышленным способом получения серной кислоты и химической реакцией, лежащей в его основе: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию из второго столбца, обозначенную цифрой.

Процесс	Реакция
А) Контактный способ	1) $S + O_2 = SO_3$
Б) Башенный способ	2) $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$

В) Камерный способ	3) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
	4) $\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3$
	5) $2\text{KNO}_3 + 2\text{S} + 2\text{O}_2 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NO}$
	6) $\text{SO}_2 + \text{NO}_2 = \text{SO}_3 + \text{NO}$

В ответе запишите последовательность выбранных цифр, первая из которых соответствует позиции А, вторая – Б, а третья – В.

Решение:

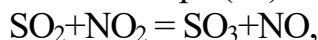
Контактному способу получения серной кислоты соответствует реакция каталитического окисления оксида серы(IV) кислородом воздуха в присутствии оксида ванадия(V):



Контактный способ на сегодняшний день является основным промышленным способом получения серной кислоты.

Следовательно, букве А соответствует реакция под номером (2).

Практически не используемому сегодня в промышленности башенному способу соответствует реакция окисления оксида серы(IV) оксидом азота(IV)



представленная под номером (6).

В Средние века серную кислоту получали в свинцовых камерах, смешивая калийную селитру с серой и окисляя полученную смесь кислородом воздуха. Этому процессу соответствует реакция, приведенная под номером (5). В настоящее время камерный способ получения серной кислоты не используется.

Ответ: 265_____

Задание 10

Для получения тиосульфата натрия использовали 100 мл 0,2М раствора сульфита натрия и 3 г технической серы, содержащей 5% примесей. Выход реакции составил 63%. Рассчитайте, какую максимальную массу тиосульфата натрия можно извлечь из полученного раствора. Ответ приведите в граммах, округлив до десятых.

Решение:

Рассчитаем исходное количество реагирующих веществ.

Количество вещества сульфита натрия:

$$v(\text{Na}_2\text{SO}_3) = c(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,2 \text{ моль/л} \cdot 0,1 \text{ л} = 0,02 \text{ (моль)}$$

В приведенную формулу объем раствора подставляем в л!

Рассчитаем количество вещества серы.

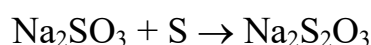
Масса чистого вещества в техническом образце составляет:

$$m(\text{S}) = (m_{\text{техн. образца}} \cdot \omega(\text{S}))/100 = \frac{3 \text{ г} \cdot (100-5)}{100} = 2,85 \text{ (г)}$$

Количество вещества серы в образце:

$$v(\text{S}) = \frac{m(\text{S})}{M(\text{S})} = \frac{2,85 \text{ г}}{32 \text{ г/моль}} = 0,891 \text{ (моль)}$$

По уравнению химической реакции получения тиосульфата натрия:



устанавливаем, что тиосульфат натрия взят в недостатке по сравнению с серой.

Если бы реакция протекала с выходом 100%, то максимально могло бы образоваться 0,02 моль тиосульфата натрия.

Масса безводного тиосульфата натрия с учетом выхода продукта реакции равна:

$$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot \eta = 0,02 \text{ моль} \cdot 158 \text{ г/моль} \cdot 0,63 = 1,99 \text{ (г)}$$

С учетом требования округлить полученный результат до десятых, записываем ответ:

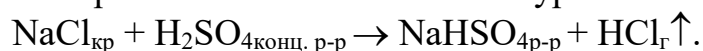
Ответ: 2,0

Задание 11

Реакция получения хлороводорода из 10 г поваренной соли и 20 мл концентрированной серной кислоты ($\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 94\%$, $\rho(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,83 \text{ г/см}^3$) при 25°C заканчивается за 15 минут, при нагревании до 45°C – за 2 минуты. Рассчитайте, за какое время закончится реакция при 75°C. Ответ приведите в секундах округлив до целых.

Решение:

Реакция взаимодействия кристаллического хлорида натрия и концентрированной серной кислоты описывается уравнением:



Рассчитаем исходные количества реагирующих веществ:

$$n(\text{NaCl}) = 10 \text{ г} / 58,5 \text{ г/моль} = 0,171 \text{ моль.}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = (20 \cdot 1.83 \cdot 0.94) / 98 = 0.351 \text{ моль,}$$

т.е. серная кислота находится в избытке. В процессе реакции будет происходить снижение концентрации серной кислоты, а хлорид натрия провзаимодействует полностью.

Реакция взаимодействия кристаллического хлорида натрия и концентрированной серной кислоты гетерогенная и происходит на границе раздела фаз кристаллический NaCl–раствор серной кислоты. Примем, что площадь поверхности хлорида натрия при всех упомянутых в задаче температурах одинакова. Скорость химической реакции представляет собой изменение концентрации серной кислоты ($\Delta c_{\text{H}_2\text{SO}_4}$) за промежуток времени ($\Delta \tau$):

$$v = \left| \frac{\Delta c_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\Delta \tau} \right|.$$

Скорость реакции может быть рассчитана по закону действующих масс:

$$v = k \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

Поскольку концентрация серной кислоты при каждой из температур одинакова, отношение скоростей реакции при разных температурах можно заменить отношением констант скорости:

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \frac{k_{t_2}}{k_{t_1}}.$$

Согласно температурному правилу Вант-Гоффа, скорость любой химической реакции увеличивается примерно в 2-4 раза при повышении температуры на 10К. Это правило можно выразить с помощью формулы:

$$\frac{k_2}{k_1} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}},$$

где k_2 и k_1 – константы скорости данной химической реакции при температурах T_2 и T_1 соответственно, γ – эмпирический коэффициент.

Тогда отношение скоростей данной химической реакции при температурах T_2 и T_1 можно представить как:

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \frac{\Delta c_2 \cdot \tau_1}{\tau_2 \cdot \Delta c_1}, \text{ где}$$

τ_1 и τ_2 – время протекания химической реакции до момента ее окончания при температурах T_1 и T_2 соответственно.

При одинаковом количестве реагирующих веществ за время, прошедшее от начала реакции до момента ее окончания, при любой температуре образуется одинаковое количество продукта реакции, следовательно можно записать:

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \frac{\tau_1}{\tau_2}$$

Следовательно,

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

Из данных, представленных в условии задачи, определяем температурный коэффициент Вант-Гоффа:

$$\frac{15}{2} = \gamma^{\frac{45-25}{10}}$$

Перевод шкалы Цельсия в шкалу Кельвина в данном случае не требуется, поскольку в формуле стоит разность абсолютных температур. Значение температурного коэффициента Вант-Гоффа составляет:

$$\gamma = 2,74$$

Далее определяем время окончания реакции при 75°C (τ_3):

$$\frac{2}{\tau_3} = 2,74^{\frac{75-45}{10}}$$

В ходе решения получаем, что время окончания реакции при температуре 75°C составляет 0,097 мин. Переводим полученное значение времени в секунды и с учетом округления до целых получаем 6 с.

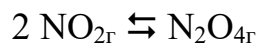
Ответ: _____6_____

Задание 12

В реакцию димеризации вступило 1,50 моль/л оксида азота(IV). После наступления равновесия димера оказалось 0,45 моль/л. Рассчитайте значение константы димеризации оксида азота(IV), если процесс проходил в замкнутом реакторе. Ответ приведите, округлив до сотых.

Решение:

Процесс димеризации оксида азота (IV) протекает в соответствии с уравнением:



Выразим для этого процесса константу равновесия (K_c):

$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2},$$

где $[\text{NO}_2]$ и $[\text{N}_2\text{O}_4]$ – концентрации оксида азота(IV) и его димера к моменту установления в системе равновесия (равновесные концентрации).

Если в равновесной смеси концентрация димера составляет 0,45 моль/л, то к моменту наступления равновесия в 1 л смеси прореагировало:

$$n(\text{NO}_2)_{\text{прор}} = 2 \cdot n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{обр}} = 2 \cdot 0,45 \text{ моль} = 0,9 \text{ (моль)}.$$

Тогда количество вещества оксида азота(IV), оставшегося в 1 л равновесной смеси:

$$n(\text{NO}_2)_{\text{ост}} = n(\text{NO}_2)_{\text{исх}} - n(\text{NO}_2)_{\text{прор}} = 1,5 - 0,9 = 0,6 \text{ (моль)}.$$

Поскольку в 1 л равновесной смеси осталось 0,6 моль NO_2 , равновесная концентрация оксида азота(IV) равна:

$$[\text{NO}_2] = 0,6 \text{ моль/л}.$$

Подставляем полученное значение в выражение для константы равновесия и получаем:

$$K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,45 \text{ моль/л}}{(0,6 \text{ моль/л})^2} = 1,25 \text{ (л/моль)}$$

В ответе приводим только число с точностью до сотых:

Ответ: 1,25

Задание 13

Значение рН 0,06М водного раствора аммиака равно 11. Рассчитайте степень диссоциации слабого электролита в данном растворе. Ответ приведите в долях с точностью до тысячных.

Решение:

В водном растворе аммиака устанавливается равновесие:



Степень диссоциации молекул слабого электролита (α) представляет собой отношение концентрации продиссоциировавших молекул этого электролита к его исходной концентрации:

$$\alpha = \frac{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})_{\text{дисс.}}}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})_{\text{общ.}}}$$

Поскольку концентрация продиссоциировавших молекул в водном растворе аммиака соответствует концентрации образовавшихся в растворе гидроксид-ионов, формулу для расчета степени диссоциации можно представить следующим образом:

$$\alpha = \frac{[\text{OH}^-]}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}, \text{ где}$$

$[\text{OH}^-]$ – концентрация гидроксид-ионов в водном растворе аммиака (моль/л),
 $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ – концентрация водного раствора аммиака (моль/л).

Поскольку молярная концентрация раствора известна, для решения задачи следует рассчитать концентрацию гидроксид-ионов в растворе.

Показатели кислотности (рН) и основности (рОН) среды связаны друг с другом следующим образом:

$$pH + pOH = 14$$

Поскольку рН раствора составляет 11, то значение

$$pOH = 14 - pH = 14 - 11 = 3$$

Для расчета концентрации гидроксид-ионов воспользуемся формулой:

$$pOH = -\lg[OH^-]$$
$$[OH^-] = 10^{-3} \text{ моль/л}$$

Рассчитываем степень диссоциации молекул аммиака в растворе:

$$\alpha = \frac{0,001}{0,06} = 0,01667$$

Записываем ответ с точностью до тысячных.

Ответ: 0,017

Задание 14

При брожении глюкозы до этилового спирта происходит незначительное разогревание реакционной смеси. Рассчитайте, сколько тепла выделится при брожении 1 кг массы, содержащей 21% глюкозы, если теплоты сгорания глюкозы и этилового спирта равны 2815,8 кДж/моль и 1366,9 кДж/моль соответственно. Ответ приведите в кДж, округлив до целых.

Решение:

Запишем термохимическое уравнение брожения глюкозы до этилового спирта:



Воспользовавшись вторым следствием из закона Гесса, по значениям теплот сгорания глюкозы и этилового спирта можно рассчитать тепловой эффект приведенной реакции (из суммы теплот сгорания исходных веществ с учетом коэффициентов надо вычесть сумму теплот сгорания продуктов тоже с учетом коэффициентов):

$$\Delta Q = Q_{сгор}(C_6H_{12}O_6) - 2 Q_{сгор}(C_2H_5OH) = 2815,8 - 2 \cdot 1366,9 = 81,8 \text{ (кДж)}.$$

С учетом теплового эффекта реакции термохимическое уравнение спиртового брожения глюкозы примет вид:



Рассчитываем количество вещества глюкозы, подвергшейся спиртовому брожению.

Масса глюкозы в массе, подвергшейся брожению, составляет:

$$m_{(глюкозы)} = (m_{(пищевой\ массы)} \cdot \omega(C_6H_{12}O_6))/100 = \frac{1000 \text{ г} \cdot 21}{100} = 210 \text{ (г)}$$

Количество вещества глюкозы в массе, подвергшейся спиртовому брожению:

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{глюкозы})}{M(\text{глюкозы})} = \frac{210 \text{ г}}{180 \text{ г/моль}} = 1,167 \text{ (моль)}$$

Количество теплоты, выделившейся в результате спиртового брожения 210г глюкозы, составляет:

$$Q = \Delta Q \cdot \nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 81,8 \text{ кДж/моль} \cdot 1,167 \text{ моль} = 95,5 \text{ кДж.}$$

С учетом округления до целых получаем 96 кДж.

Ответ: 96

Задание 15

Без поливинилхлорида (ПВХ) невозможно представить современную жизнь, он применяется в качестве электроизоляции проводов и кабелей, материала листов, труб, оконных рам, плёнок, натяжных потолков, искусственных кож, линолеума, мебельной кромки и т.д. Выберите верные утверждения об этом материале:

- 1) Поливинилхлорид относится к термопластам.
- 2) Главной экологической проблемой использования поливинилхлорида является то, что при его неполном сгорании образуются токсичные хлорорганические вещества.
- 3) Поливинилхлорид относится к термореактивным полимерам.
- 4) Поливинилхлорид легко утилизируется путем захоронения в почве.
- 5) Основным исходным веществом при получении поливинилхлорида является ацетилен.
- 6) Поливинилхлорид получают из нефти.

Решение:

Поливинилхлорид (ПВХ) является линейным термопластичным полимером. Мономером для получения ПВХ служит винилхлорид (хлорэтен), который получают в промышленности путем каталитического присоединения хлороводорода к ацетилену. Ацетилен в промышленности получают пиролизом метана, основного компонента природного газа.

Поскольку в составе ПВХ содержатся атомы хлора, при горении поливинилхлорида могут образовываться хлороводород и различные хлорсодержащие токсиканты.

Таким образом правильными являются утверждения под номерами 1,2,5.

Ответ: 125

IV. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УКАЗАНИЯ

Мегапредметный характер конкурса также подразумевает наличие у участников знаний и умений по дисциплинам «Физика», «Математика» и «Химия» на базовом уровне.

Нужно понимать, что в процессе решения заданий могут быть востребованы знания не только тех разделов, что указаны в спецификации задач, но и всего изученного материала по дисциплинам «Математика», «Химия» и «Физика», поскольку основная задача может быть сведена к типовой проблеме.