



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

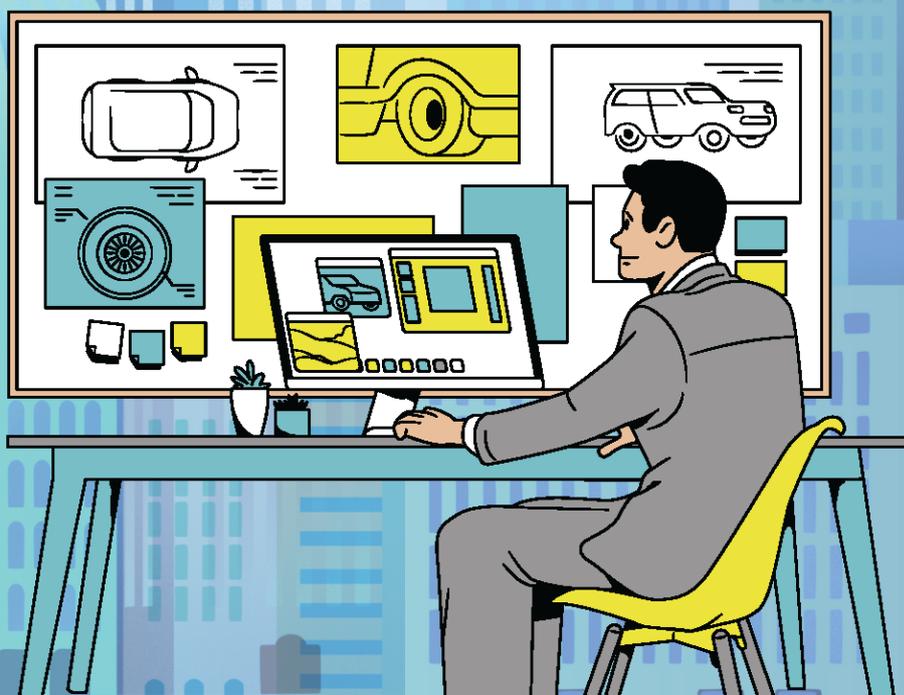


Инженерный класс

В МОСКОВСКОЙ ШКОЛЕ

ИНЖЕНЕРНО-ХИМИЧЕСКОЕ
НАПРАВЛЕНИЕ И
КУРЧАТОВСКИЕ КЛАССЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЭТАП



МОСКВА
2025



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗРАБОТАНЫ:

Багнавец Наталья Леонидовна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО "Российский университет медицины" Минздрава России

Григорьева Марина Викторовна, канд. пед. наук, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева"

Морозов Антон Викторович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики ФГБОУ ВО "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева"

Прудкий Александр Сергеевич, канд. пед. наук, доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева"

Симан Алексей Сергеевич, канд. пед. наук, доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева"

Жиляева Виктория Викторовна, ассистент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева"

МОСКВА
2025

1. Назначение конкурсных материалов

Материалы теоретического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для оценки уровня теоретической подготовки участников Конкурса.

2. Условия проведения

Теоретический этап Конкурса проводится в очной дистанционной форме. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса.

Этап проводится в очном дистанционном формате с использованием технологии прокторинга. Участникам необходимо иметь компьютер (ПК или ноутбук; прохождение диагностики на мобильных устройствах - невозможно) с выходом в Интернет, веб-камерой и микрофоном, а также смартфон (или планшет) со стабильным интернетом и приложением для считывания QR-кодов. Требуется предварительная настройка оборудования: https://im.mcko.ru/docs/Инструкция_для_участника_конкурса_Интеллектуальный_мегаполис_Потенциал.pdf. Браузер разрешается использовать только для выполнения заданий этапа и процедуры прокторинга.

Дополнительное ПО, разрешенное для прохождения: встроенный калькулятор, периодическая таблица химических элементов Д.И. Менделеева и таблица растворимости.

Чем пользоваться категорически нельзя: веб-поиском.

3. Продолжительность выполнения

На выполнение заданий теоретического этапа Конкурса отводится **90 минут**. Во время проведения мероприятия участник может выйти из зоны проведения мероприятия не более чем на 5 минут, предупредив проктора на камеру. Мероприятие не продлевается на время отсутствия участника.

4. Содержание и структура

Индивидуальный вариант участника включает **10 заданий**, базирующихся на содержании предметов: «Математика» (3 задачи), «Химия» (4 задачи), «Физика» (3 задачи).

5. Система оценивания

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Максимальный балл за выполнение всех заданий – 60 баллов.

6. Приложения

1. План конкурсных материалов для проведения теоретического этапа Конкурса.
2. Демонстрационный вариант конкурсных заданий теоретического этапа Конкурса.

План конкурсных материалов для проведения теоретического этапа Конкурса

№ задания	Уровень сложности	Уникальные кодификаторы Конкурса	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1.	<i>базовый</i>	<p>Математика</p> <p>1.4.4 Опыты с равновозможными элементарными событиями</p> <p>1.4.6 Независимые события, условная вероятность, формулы сложения и умножения вероятностей, формула полной вероятности</p>	<p>Умение оперировать понятиями: случайное событие, вероятность случайного события; умение вычислять вероятность с использованием графических методов; применять формулы сложения и умножения вероятностей, формулу полной вероятности, комбинаторные факты и формулы</p>	4
2.	<i>базовый</i>	<p>Математика</p> <p>1.3.4 Понятие о непрерывности функции. Точки экстремума. Исследование элементарных функций на точки экстремума, наибольшее и наименьшее значения с помощью производной. Применение производной при решении задач</p>	<p>Умение оперировать понятиями: экстремум функции, наибольшее и наименьшее значения функции на промежутке; умение находить производные элементарных функций; умение использовать производную для исследования функций, находить наибольшие и наименьшие значения функций</p>	4
3.	<i>повышенный</i>	<p>Математика</p> <p>1.1.1 Решение задач с применением изученных фактов о делимости целых чисел, свойств модуля числа, корней и степеней с рациональным показателем, преобразований числовых и алгебраических выражений; операций с долями, частями и процентами</p> <p>1.2.1 Решение задач на движение и совместную работу, смеси и сплавы с помощью линейных, квадратных и дробно-рациональных уравнений и их систем</p>	<p>Умение моделировать реальные ситуации на языке математики; составлять выражения, уравнения, неравенства и их системы по условию задачи, исследовать построенные модели с использованием аппарата алгебры, интерпретировать полученный результат; умение решать текстовые задачи разных типов, в том числе задачи из области управления личными и семейными финансами</p>	7

4.	<i>базовый</i>	<p align="center">Химия</p> <p>1.1. Основные химические понятия: углеродный скелет, кратная связь, σ- и π-связи, структурная формула.</p>	<p>Определять виды химической связи (одинарные, кратные) в органических соединениях</p>	5
5.	<i>базовый</i>	<p align="center">Химия</p> <p>2.1. Классификация неорганических веществ. Номенклатура неорганических веществ (тривиальная и международная)</p>	<p>Сформированность умений устанавливать принадлежность неорганических веществ по их составу к определённому классу/группе соединений (простые вещества – металлы и неметаллы, оксиды, основания, кислоты, амфотерные гидроксиды, соли); сформированность умений использовать химическую символику для составления формул веществ и уравнений химических реакций, систематическую номенклатуру (IUPAC) и тривиальные названия отдельных неорганических веществ (угарный газ, углекислый газ, аммиак, гашёная известь, негашёная известь, питьевая сода, пирит и другие)</p>	5
6.	<i>повышенный</i>	<p align="center">Химия</p> <p>1.2.1. Теория химического строения органических соединений. Гомологи и изомеры. Взаимное влияние атомов в молекулах 1.3.4. Алкадиены: состав, строение, физические свойства, характерные химические свойства, получение, применение 1.3.6. Арены (бензол и гомологи бензола, стирол): состав, строение, физические свойства, характерные химические свойства, получение, применение 3.1.6. Качественные реакции органических соединений 3.4.2. Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры.</p>	<p>Характеризовать состав, строение, применение, физические и химические свойства, важнейшие способы получения углеводородов, принадлежащих к различным классам. Раскрывать смысл изучаемых понятий (выделять их характерные признаки) и применять эти понятия при описании состава и строения веществ, для объяснения отдельных фактов и явлений.</p>	10

		Пластмассы, волокна, каучуки		
7.	<i>повышенный</i>	<p align="center">Химия</p> <p>2.6.2. Расчёты массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ</p> <p>3.3.5 Расчёты массы, объёма вещества по уравнению реакции, если одно из реагирующих веществ взято в виде раствора определённой концентрации (молярной или процентной)</p>	<p>Проводить и описывать химический эксперимент: определение среды водных растворов веществ; проведение реакций ионного обмена. Следовать правилам пользования химической посудой и лабораторным оборудованием.</p> <p>Представлять результаты химического эксперимента в форме записи уравнений соответствующих реакций и делать выводы на их основе.</p> <p>Самостоятельно планировать и осуществлять свою познавательную деятельность.</p>	10
8.	<i>базовый</i>	<p align="center">Физика</p> <p>1.1 Методы научного исследования физических явлений. Наблюдение и эксперимент в физике. Способы измерения физических величин, 2.1.1 Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчёта. Траектория, 2.1.3 Равномерное и равноускоренное прямолинейное движение. Зависимость координат, скорости, ускорения и пути материальной точки от времени, 2.1.4 Свободное падение. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Зависимость координат, скорости и ускорения материальной точки от времени</p>	<p>Распознавать физические явления (процессы) и объяснять их на основе законов механики: равномерное и равноускоренное прямолинейное движение, свободное падение тел; описывать механическое движение, используя физические величины: координата, путь, перемещение, скорость, ускорение, масса тела; при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы, находить формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинами; решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью, используя физические законы и принципы, на основе анализа условия задачи выбирать физическую модель, выделять физические величины и формулы, необходимые для её решения, проводить расчёты и оценивать реальность полученного значения физической величины.</p>	4

9.	<i>базовый</i>	<p align="center">Физика</p> <p>1.2 Моделирование физических явлений и процессов (материальная точка, абсолютно твёрдое тело, идеальная жидкость, точечный источник). Гипотеза. Физический закон, границы его применимости, 3.1.3 Масса молекул. Количество вещества. Постоянная Авогадро, 3.1.4 Тепловое равновесие. Температура и её измерение. Шкала температур Цельсия, 3.1.5 Модель идеального газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа, 3.1.6 Абсолютная температура как мера средней кинетической энергии теплового движения частиц газа, 3.1.7 Газовые законы. Уравнение Клапейрона – Менделеева. Закон Дальтона, 3.1.8 Изопроцессы в идеальном газе с постоянным количеством вещества</p>	<p>Распознавать физические явления (процессы) и объяснять их на основе законов молекулярно-кинетической теории строения вещества: повышение давления газа при его нагревании в закрытом сосуде, связь между параметрами состояния газа в изопроцессах; описывать изученные тепловые свойства тел и тепловые явления, используя физические величины: давление газа, температура; при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы, находить формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинам; решать расчётные задачи с явно заданной физической моделью, используя физические законы и принципы, на основе анализа условия задачи выбирать физическую модель, выделять физические величины и формулы, необходимые для её решения, проводить расчёты и оценивать реальность полученного значения физической величины;</p>	4
10.	<i>повышенный</i>	<p align="center">Физика</p> <p>1.1 Научный метод познания и методы исследования физических явлений. Эксперимент и теория в процессе познания природы. Наблюдение и эксперимент в физике, 3.2.7 Количество теплоты. Теплоёмкость тела. Удельная теплоёмкость вещества. Удельная теплота сгорания топлива. Расчёт количества теплоты при теплопередаче, 3.3.1 Парообразование и конденсация. Испарение и</p>	<p>Описывать физические процессы и явления, используя величины: количество теплоты, абсолютная температура тела, сила тока, напряжение, мощность тока, сопротивление участка цепи с последовательным и параллельным соединением резисторов; объяснять особенности протекания физических явлений: испарение, кипение и конденсация, плавление и кристаллизация; решать расчётные задачи: на</p>	7

		<p>кипение. Удельная теплота парообразования, 4.2.3 Электрическое сопротивление. Зависимость сопротивления однородного проводника от его длины и площади поперечного сечения. Удельное сопротивление вещества, 4.2.5 Работа электрического тока. Закон Джоуля – Ленца, 4.2.6 Мощность электрического тока. Тепловая мощность, выделяемая на резисторе</p>	<p>основании анализа условия обосновывать выбор физической модели, отвечающей требованиям задачи, применять формулы, законы, закономерности и постулаты физических теорий при использовании математических методов решения задач, проводить расчёты на основании имеющихся данных, анализировать результаты и корректировать методы решения с учётом полученных результатов</p>	
Сумма баллов:				60

Демонстрационный вариант конкурсных заданий *теоретического* этапа Конкурса

Пример состава задания теоретического этапа Конкурса.

Математика

1. В лаборатории на столе стояли 4 одинаковых сосуда. Неопытный лаборант по сосудам разлил серную, соляную, азотную и борную кислоту, но забыл подписать. Также на столе стояли одинаковые коробки без идентификационных подписей с железными и алюминиевыми опилками. Лаборанту срочно поручили приготовить сульфат железа. Какова вероятность того, что в результате случайно взятых сосуда и коробки поставленная задача будет выполнена? Ответ запишите десятичной дробью (разделитель – запятая).

Решение:

Для получения сульфата железа необходимо выполнение двух событий.

A – взяли сосуд с серной кислотой, B – взяли коробку с железными опилками.

События A и B – независимы. Так как должно свершиться и событие A , и событие B , необходимо использовать вероятность произведения событий. $P(A \cdot B) = P(A) \cdot P(B)$.

Так как сосудов всего 4, а серная кислота лишь в одном, то $P(A) = \frac{1}{4}$, коробок с опилками две, и только в одной из них железные опилками, то $P(B) = \frac{1}{2}$ $P(AB) = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$

Также, можно было решить данную задачу без использования теоремы произведения, достаточно посчитать количество возможных препаратов, приготовленных из данных компонентов. Всего препаратов можно было приготовить 8, из которых только 1 нам необходим. Событие A – получен сульфат железа. $P(A) = \frac{m}{n}$, где $m=1$, $n=8$, то есть $P(A) = \frac{1}{8} = 0,125$.

Ответ: 0,125

2. Из прямоугольного листа металла размерами 25 на 40 см, при помощи четырех одинаковых (как показано на схеме) прорезей необходимо соорудить контейнер для опилок. Определить длину прорези, при которой объем контейнера будет наибольшим. В ответ записать только число.



Решение:

Для того, чтобы получилась коробка, длина прорези должна совпадать с расстоянием от угла листа до прорези, иначе, или получится коробка, похожая на ящик для фруктов с высокими углами и низкими бортами, или наоборот, коробка с низкими углами и выпирающими бортами. Пусть x - расстояние от угла листа до прорези и одновременно длина прорези. Длина полученной коробки $a=40-2x$, ширина $b=25-2x$, высота $c=x$. Заметим, что x не может быть больше 12,5 см, иначе ширина получится отрицательной. Тогда объём полученной коробки $V = (40-2x)(25-2x)x = 1000x - 130x^2 + 4x^3$, где x не может быть больше или равным 12,5.

Из уравнения видно, что объём зависит от переменной x , следовательно можно представить его как функцию от x : $V(x) = 1000x - 130x^2 + 4x^3$

Для нахождения наибольшего значения функции на промежутке следует придерживаться следующего алгоритма:

- 1) Найти производную от функции.
- 2) Найти экстремумы функции, принадлежащие обозначенному промежутку, если таковые имеются.
- 3) Определить вид экстремума и удовлетворяет ли он нашему заданию, например, в данной задаче нам нужно, чтобы объём был наибольшим, это означает, что нам надо найти максимум.
- 4) Если экстремумов нет или они не удовлетворяют вопросу задачи, то нам необходимо найти значение функции на концах отрезка и из этих значений выбрать то, что подходит под условие.

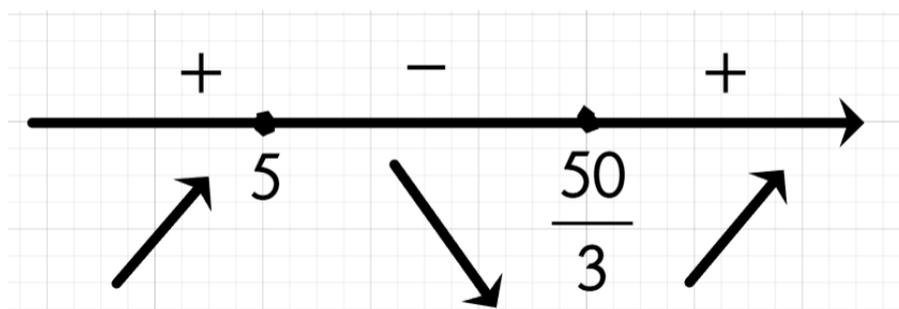
Найдём экстремумы функции $V(x)$. Первую производную функции приравняем к нулю – необходимое условие экстремума.

$$V' = 12x^2 - 260x + 1000$$

$$3x^2 - 65x + 250 = 0$$

$$x_1 = \frac{50}{3} > 25, x_2 = 5.$$

Используем метод интервалов $3x^2 - 65x + 250 = 3(x - \frac{50}{3})(x - 5)$.



В соответствии с достаточными условиями существования точки экстремума $x_2=5$ – точка максимума, так как в ней производная меняет свой знак с положительного на отрицательный.

$x=5$ – экстремум и принадлежит отрезку $[0;12,5]$, значит при длине прорези 5 см объём коробки будет наибольшим.

Ответ: 5

3. В магазине №1 35%-ый (по объёму) раствор соляной кислоты объемом 10 литров стоит 1450 р, стоимость доставки 290 р. А в магазине №2 бытовой раствор 14%-ой соляной кислоты стоит 188 р. за литровую бутылку с бесплатной доставкой. Во сколько раз дешевле получится созданный самостоятельно 14%-ый бытовой раствор из купленных десяти литров 35%-го раствора, чем такое же количество приобретённого бытового раствора в магазине №2 в бутылках по 1л? Считаем добавленную в домашних условиях воду бесплатной. Ответ округлить до десятых и написать только числовое значение (разделитель разрядов – запятая).

Решение:

Стоимость 10 л. 35 %-го раствора с учетом доставки равна 1740 р.

В 10 л. раствора содержится $10 \cdot 35 : 100 = 3,5$ л кислоты. Из этого количества кислоты можно сделать $3,5 : 14 \cdot 100 = 25$ л. 14%-го раствора. То есть 25 бутылок. Цена 25-ти бутылок в магазине 188 р., следовательно, стоимость будет равна $188 \cdot 25 = 4700$ р.

Чтобы найти во сколько раз одно число больше, чем другое, необходимо большее число поделить на меньшее, то есть $4700 : 1740 = 2,7011\dots$ Округляя до десятых смотрим на разряд сотых, который в данном примере 0, а значит 7 остается без изменений и ответ будет 2,7.

Ответ: 2,7

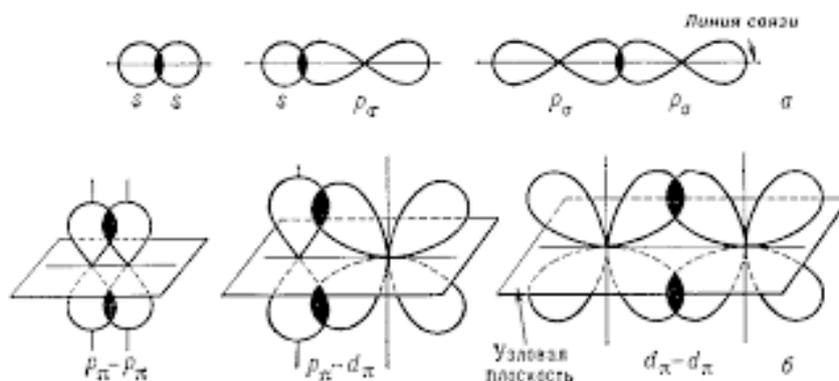
Химия

4. Запишите в ответ номера веществ, в молекулах которых есть не менее двух π -связей:

- А) Этилен Б) Глюкоза В) Бутадиен-1,3 Г) Бензол Д) Метиламин Е) Ацетилен

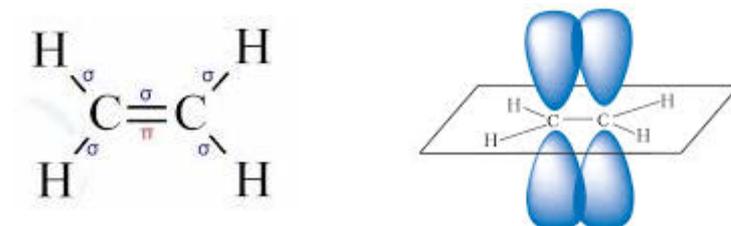
Решение:

Пи-связь (π -связь) — вид химической связи, образующейся после образования сигма-связи в качестве второй и третьей связи между двумя атомами. В отличие от сигма-связи, образующейся при перекрывании s- и p- орбиталей вдоль линии, соединяющей центры атомов, пи-связи возникают при перекрывании электронных орбиталей по обе стороны от линии соединения атомов в плоскости, перпендикулярной плоскости сигма-связи.



Кратные связи имеют одну сигма-связь и одну либо две пи-связи. Двойная связь состоит из одной сигма- и одной пи-связи, тройная — из одной сигма- и двух пи-связей.

1) Этилен



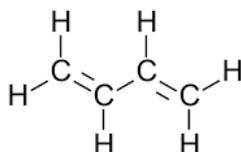
В молекуле этилена есть одна двойная связь, в составе которой находится одна пи-связь. По условиям задания нужно указать вещества с двумя и более пи-связями. Соответственно, этилен не указываем в ответе.

2) Глюкоза



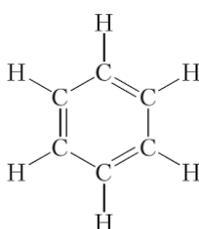
Глюкоза может существовать в открытой или циклической формах. Циклические формы кратных связей не имеют. Открытая форма имеет одну двойную связь в составе альдегидной группы, и, соответственно, одну пи-связь. В ответ не вносим.

3) Бутадиен-1,3



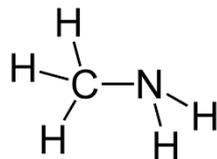
В молекуле бутадиена присутствуют две двойные связи и, соответственно, две пи-связи. Номер этого вещества вносим в ответ.

4) Бензол



В молекуле бензола атомы углерода находятся в состоянии sp^2 -гибридизации и образуют единую π -электронную систему, соответствующую сопряженным трём двойным и трём одинарным связям. Следовательно, это вещество является решением задания. Его номер включаем в ответ.

5) **Метиламин**



В молекуле метиламина присутствуют только одинарные связи. Это вещество решением задания не является.

6) **Ацетилен**



В молекуле ацетилена одна тройная связь, соответственно две π -связи. Вещество является решением задания, его номер вносим в ответ.

Ответ: ВГЕ

5. Запишите в ответ номера веществ, которые относятся к основаниям:

А) Негашеная известь Б) Гашеная известь В) Угарный газ Г) Нашатырный спирт
Д) Баритовая вода Е) Гидрохлорид меди (II)

Решение:

В рамках школьной программы основаниями называют электролиты, при диссоциации которых в качестве анионов образуются только анионы гидроксила OH^- . К основаниям относятся гидроксиды металлов IА- и IIА-групп, кроме бериллия, гидроксиды d-металлов в низших степенях окисления (+1, +2), а также водный раствор аммиака.

1) Негашеная известь – это тривиальное название оксида кальция CaO . Это вещество основанием не является.

2) Гашеная известь – это тривиальное название гидроксида кальция Ca(OH)_2 . Это вещество относится к сильным основаниям. Номер этого вещества вносим в ответ.

3) Угарный газ – это тривиальное название оксида углерода (II). Это вещество основанием не является.

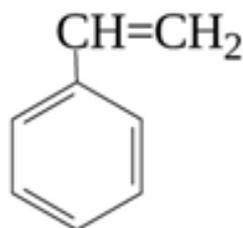
4) Нашатырный спирт – это тривиальное название водного раствора аммиака – $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$. Аммиак в водном растворе проявляет свойства слабого основания. Номер этого вещества включаем в ответ.

5) Баритовая вода – это водный раствор гидроксида бария. Барий является щелочно-земельным металлом, его гидроксид является сильным основанием. Номер этого вещества включаем в ответ.

6) Гидроксохлорид меди (II) $\text{Cu}(\text{OH})\text{Cl}$ – это вещество, где металл связан с гидроксильной группой и кислотным остатком. Такие вещества относят к основным солям.

Ответ: БГД

6. На рисунке представлена формула стирола (винилбензола). Основное направление применения стирола – получение полистирола и бутадиен-стирольного каучука.



Из каждого столбца таблицы выберите один правильный ответ по особенностям строения, химическим свойствам и способам получения стирола:

А	Б	В
Строение	Химические свойства	Способы получения
1) в молекуле все атомы углерода находятся в состоянии sp^2 -гибридизации; 2) в молекуле отсутствует система сопряженных связей; 3) в молекуле присутствуют атомы углерода в состоянии sp^3 и sp^2 -гибридизации	1) не обесцвечивает бромную воду; 2) при окислении перманганатом калия в кислой среде образуется бензойная кислота; 3) продуктом гидратации является метилфенилкетон	1) взаимодействие толуола с хлорметаном; 2) дегидрирование этилбензола; 3) взаимодействие бензола с этиленом

Решение:

А) Строение: молекула стирола (винилбензола) содержит в своем составе атомы углерода только в состоянии sp^2 -гибридизации. То есть каждый атом углерода образует с соседними атомами 3 сигма-связи и 1 пи-связь. В связи с этим молекула стирола имеет плоское строение. В молекуле стирола наблюдается чередование двойных и одинарных связей, поэтому все пи-связи находятся в сопряжении. Такой вид сопряжения двойных связей называют π - π -сопряжением. Таким образом, ответ 2 неверен. Атомы углерода в состоянии sp^3 -гибридизации в стиролe отсутствуют, поэтому ответ 3 также неверен. В столбце А правильный ответ – 1.

Б) Химические свойства: стирол сочетает в себе свойства алкенов (за счет непредельного радикала – винила) и свойства ароматических углеводородов. Он способен

обесцвечивать бромную воду и раствор перманганата калия. При окислении стирола перманганатом калия в кислой среде образуется бензойная кислота. Стирол присоединяет галогеноводороды и воду в соответствии с правилом Марковникова. При гидратации стирола, в частности, получается спирт 1-фенилэтанол. В связи с вышесказанным, правильным ответом в столбце Б следует считать ответ 2.

В) Способы получения: в промышленности стирол получают каталитическим дегидрированием этилбензола, как это указано в ответе 2. Реакции, описанные в пунктах 1 и 3, не смогут привести к получению стирола.

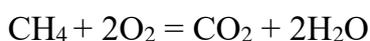
Ответ: А-1 Б-2 В-2

7. Газ, полученный при сгорании метана объемом 2240 мл (н.у.), полностью поглотили баритовой водой массой 855 г. с массовой долей гидроксида бария 1,60 %. Рассчитайте массовую долю (%) соли в образовавшемся растворе. Ответ представьте с точностью до тысячных.

Промежуточные вычисления физических величин следует проводить с точностью до сотых. Молярные массы веществ округляются до целых в соответствии с правилами округления чисел.

Решение:

Запишем уравнение реакции горения метана:



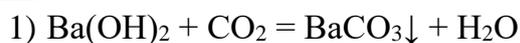
Найдём количество сгоревшего метана, переведя предварительно его объем из миллилитров в литры (2240 мл = 2,24 л):

$$n(\text{CH}_4) = V(\text{CH}_4) / V_m = 2,24 / 22,4 = 0,1 \text{ моль}$$

В соответствии с уравнением реакции горения метана:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_4) = 0,1 \text{ моль}$$

При пропускании углекислого газа через раствор гидроксида бария возможны две реакции:



Для определения состава продуктов реакции в задаче найдем количество вещества гидроксида бария в растворе и соотнесем количества реагирующих веществ.

Сначала находим массу гидроксида бария в растворе:

$$m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \omega(\text{Ba}(\text{OH})_2) \cdot m(\text{p-ра}) = 0,016 \cdot 855 = 13,68 \text{ г}$$

Далее рассчитываем количество вещества гидроксида бария:

$$n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = m(\text{Ba}(\text{OH})_2) / M(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 13,68 / 197 = 0,08 \text{ моль}$$

Из сопоставления количеств вещества гидроксида бария (0,08 моль) и углекислого газа (0,1 моль) следует, что углекислый газ по реакции (1) взят в избытке. Расчет продукта реакции ведем по недостатку, то есть по количеству гидроксида бария:

$$n(\text{BaCO}_3) = n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0,08 \text{ моль}$$

После реакции (1) останется углекислый газ в количестве:

$$n(\text{CO}_2)_{\text{ост.}} = 0,1 - 0,08 = 0,02 \text{ моль}$$

Образующийся в реакции (1) карбонат бария будет частично растворяться в избытке CO_2 . При этом будет образовываться растворимый в воде гидрокарбонат бария, массовую долю которого мы и должны определить в соответствии с условием задачи.



$$n(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2) = n(\text{CO}_2) = 0,02 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2) = 0,2 \cdot 259 = 5,18 \text{ г}$$

Рассчитаем количество и массу оставшегося карбоната бария:

$$n(\text{BaCO}_3)_{\text{ост.}} = 0,08 - 0,02 = 0,06 \text{ моль}$$

$$m(\text{BaCO}_3)_{\text{ост.}} = 0,06 \cdot 197 = 11,82 \text{ г}$$

Для нахождения массовой доли гидрокарбоната бария определим массу конечного раствора:

$$m(\text{кон. р-ра}) = m(\text{р-ра Ba}(\text{OH})_2) + m(\text{CO}_2) - m(\text{BaCO}_3) = 855 + 0,1 \cdot 44 - 11,82 = 847,58 \text{ г}$$

Массовую долю гидрокарбоната бария в растворе рассчитываем с точностью до тысячных в соответствии с точностью представления результата, заданной в условии задачи.

Тогда массовая доля гидрокарбоната бария в растворе составит:

$$\omega(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2) = \frac{m(\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2)}{m(\text{кон. р-ра})} \cdot 100 = \frac{5,18}{847,58} \cdot 100 = 0,611\%$$

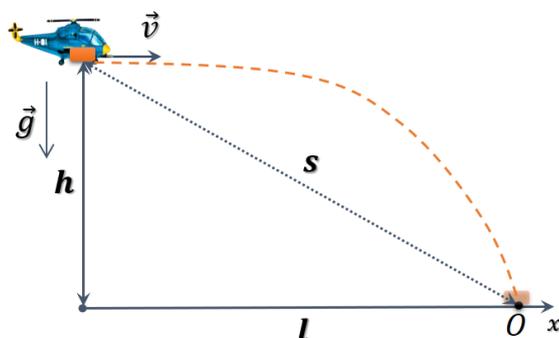
Ответ: 0,611 %

Физика

8. Вертолет должен доставить груз на базу геологов. В условиях плохой видимости оказалось невозможно осуществить посадку на землю, поэтому пилоту вертолета нужно сбросить груз так, чтобы он приземлился в некоторой точке О. На каком расстоянии s (по прямой) от точки О необходимо произвести сброс груза, если вертолет летит горизонтально на высоте 100 метров со скоростью 90 км/ч. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 .

Решение:

Данное задание представляет собой частный случай типовой задачи «Движение тела, брошенного под углом к горизонту». Для правильного решения учащимся необходимо знать основные формулы темы «Кинематика» и уметь их правильно применять. Рассмотрим решение задания.



Выполнение этого задания рекомендуется начать с рисунка. На рисунке необходимо отметить начальную скорость вертолета – v , высоту на которой находится вертолет – h , точку O и ускорение свободного падения – g . Соединим на рисунке вертолет и точку O пунктирной прямой и тогда сразу становится понятным о том, какое расстояние s необходимо определить. Также для решения нам понадобится расстояние от вертолета до точки O по горизонтали, это расстояние обозначим буквой l на рисунке. Красной пунктирной линией отмечена траектория движения груза.

После сбрасывания по горизонтали груз будет двигаться равномерно на расстояние $l = v \cdot t$, где t – время падения груза, скорость движения груза вдоль оси x равна по величине и направлению скорости вертолета v .

Время падения груза можно определить из равноускоренного движения груза по вертикали: $h = \frac{g \cdot t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, с учетом того, что начальная скорость движения груза по вертикали равна нулю, а ускорение движения груза равно ускорению свободного падения g .

Как следует из рисунка, искомое расстояние s можно найти по теореме Пифагора:

$$s = \sqrt{h^2 + l^2} = \sqrt{h^2 + (v \cdot t)^2} = \sqrt{h^2 + \frac{2 \cdot h}{g} \cdot v^2}.$$

По условию скорость груза (вертолета) равна 90 км/ч, для вычисления необходимо скорость представить в единицах СИ: $90 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 90 \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 25 \text{ м/с}$. Кроме этого в задании сказано, что ускорение свободного падения следует принять равным 10 м/с^2 , а высота $h=100 \text{ м}$. Таким образом, получим следующий результат вычислений: $s = \sqrt{100^2 + \frac{2 \cdot 100}{10} \cdot 25^2} = 150 \text{ м}$.

Варианты ответов:

А) 100 метров **Б) 150 метров** В) 200 метров Г) 250 метров.

9. Три разных баллона общим объемом 6 дм³ заполнены различными газами. Объемы баллонов находятся в отношении 1:2:3. В первом и втором баллонах давление одинаково и составляет 1 кПа, в третьем баллоне давление 5 кПа. Определите давление, установившееся в системе после соединения всех баллонов трубками, если температура остается постоянной. Объемом соединительных трубок пренебречь. Ответ выразите в Паскалях.

Решение:

Для правильного решения этого задания учащимся необходимо знать основные законы, формулы темы «Основы молекулярно-кинетической теории» и уметь их правильно применять. Рассмотрим решение задания.

По условию известно, что давление в баллонах достаточно низкое, следовательно, можно воспользоваться моделью идеального газа. Для идеального газа можно записать уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T,$$

где p – давление, V – объём, ν – количество вещества, T – температура (в Кельвинах), $R=8,31$ Дж/(моль·К) – газовая постоянная. Используя уравнение Менделеева-Клапейрона для количества вещества в каждом баллоне получим следующие выражения: $\nu_1 = \frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T}$, $\nu_2 = \frac{p_2 \cdot V_2}{R \cdot T}$, $\nu_3 = \frac{p_3 \cdot V_3}{R \cdot T}$, при условии, что температура одинакова и остается постоянной.

После соединения всех баллонов трубками в общем объеме трех баллонов установится давление: $p = (\nu_1 + \nu_2 + \nu_3) \frac{R \cdot T}{V} = \left(\frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T} + \frac{p_2 \cdot V_2}{R \cdot T} + \frac{p_3 \cdot V_3}{R \cdot T} \right) \cdot \frac{R \cdot T}{V}$.

Сокращаем множитель $R \cdot T$ и получаем итоговое выражения для давления:

$$p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2 + p_3 V_3}{V}.$$

Для вычисления необходимо давление из кПа перевести в Паскали: $p_1=p_2=1000$ Па, $p_3=5000$ Па. Кроме этого, по условию известно соотношение объемов отдельных баллонов 1:2:3 и общий объем баллонов составляет 6 дм³, следовательно можно записать: $V_1=1$ дм³, $V_2=2$ дм³ и $V_3=3$ дм³. Учитывая, что 1 дм³=10⁻³ м³, запишем: $V_1=1 \cdot 10^{-3}$ м³, $V_2=2 \cdot 10^{-3}$ м³, $V_3=3 \cdot 10^{-3}$ м³ и $V=6 \cdot 10^{-3}$ м³. Таким образом, получим следующий результат вычислений:

$$p = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} + 1000 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 5000 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3}} = 3000 \text{ Па.}$$

Отметим, что это задание можно решить и другим способом, но при этом необходимо использовать закон Бойля-Мариотта и закон Дальтона. После соединения трубками каждый газ займет весь объём V . По закону Бойля-Мариотта для каждого газа можно записать:

$p_{п1} \cdot (V_1 + V_2 + V_3) = p_1 \cdot V_1$, $p_{п2} \cdot (V_1 + V_2 + V_3) = p_2 \cdot V_2$, $p_{п3} \cdot (V_1 + V_2 + V_3) = p_3 \cdot V_3$, где $p_{п1}$, $p_{п2}$, $p_{п3}$ – парциальные давления соответствующих газов. Из последних уравнений можно выразить парциальные давления газов:

$$p_{п1} = p_1 \cdot V_1 / (V_1 + V_2 + V_3),$$

$$p_{п2} = p_2 \cdot V_2 / (V_1 + V_2 + V_3), p_{п3} = p_3 \cdot V_3 / (V_1 + V_2 + V_3).$$

Согласно закону Дальтона, полное давление равно сумме парциальных давлений всех газов и подставляя вышеприведённые формулы мы получим итоговое выражение: $p = p_{п1} + p_{п2} + p_{п3} = \frac{p_1 \cdot V_1 + p_2 \cdot V_2 + p_3 \cdot V_3}{(V_1 + V_2 + V_3)}$. Результат вычислений приводит к результату, полученному первым способом решения задания.

Варианты ответов:

А) 1500 Па Б) 2333 Па **В) 3000 Па** Г) 3167 Па

10. На занятиях в кружке «Юного изобретателя» ученик изготовил нагревательный элемент для электрической цепи напряжением 220 В. Для этого он использовал нихромовую проволоку длиной 2,4 м, сечением 0,1 мм² и удельным электрическим сопротивлением 1,1 мОм·м. Определите КПД получившегося нагревательного элемента, если при нагревании 1 литра воды в течении 45 минут 25% воды превращается в пар. Начальная температура воды 20°C, удельная теплоемкость воды 4,19 кДж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды 2,26 МДж/кг. Ответ выразите в процентах и округлите до целого.

Решение:

Для правильного решения этого задания учащимся необходимо знать основные законы, формулы нескольких тем «Основы молекулярно-кинетической теории», «Основы термодинамики», «Постоянный электрический ток» и уметь их правильно применять. Рассмотрим решение задания.

Коэффициент полезного действия (КПД) получившегося нагревательного элемента можно рассчитать по формуле:

$$\eta = \frac{Q}{A},$$

где Q – количество теплоты, пошедшее на нагревание воды и парообразование (полезная

энергия), A – работа электрического тока (затраченная энергия).

Полезная энергия может быть найдена как сумма теплоты нагревания $Q_{\text{нагр}}$ и парообразования $Q_{\text{пар}}$: $Q = Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{пар}}$. Теплота нагревания определяется выражением: $Q_{\text{нагр}} = c \cdot m \cdot (t_{\text{кип}} - t_0)$, а теплота парообразования: $Q_{\text{пар}} = r \cdot m_{\text{пар}}$.

В представленных формулах m – масса воды, $m_{\text{пар}}$ – масса испарившейся воды, c – удельная теплоемкость воды, r – удельная теплота парообразования, $t_{\text{кип}}=100^\circ\text{C}$ – температура кипения воды, $t_0=20^\circ\text{C}$ – начальная температура воды.

Таким образом, полезная энергия $Q = c \cdot m \cdot (t_{\text{кип}} - t_0) + r \cdot m_{\text{пар}}$.

Работа электрического тока определяется выражением: $A = \frac{U^2}{R} \cdot \tau$, где R – сопротивление нагревательного элемента, U – напряжение электрической цепи, τ – время нагревания.

Сопротивление нагревательного элемента может быть определено через характеристики материала, из которого он изготовлен: $R = \rho_{\text{эл}} \cdot \frac{l}{S}$, где $\rho_{\text{эл}}$ – удельное электрическое сопротивление, l – длина проволоки, S – площадь поперечного сечения проволоки. Таким образом, можно записать:

$$A = \frac{U^2}{R} \tau = \frac{U^2 \cdot S}{\rho_{\text{эл}} \cdot l} \cdot \tau.$$

Подставляя в формулу КПД, записанные выше выражения полезной и затраченной энергии, получим итоговое выражение для нахождения КПД нагревательного элемента:

$$\eta = \frac{Q}{A} = \frac{c \cdot m \cdot (t_{\text{кип}} - t_0) + r \cdot m_{\text{пар}}}{\frac{U^2 \cdot S}{\rho_{\text{эл}} \cdot l} \cdot \tau} = \frac{(c \cdot m \cdot (t_{\text{кип}} - t_0) + r \cdot m_{\text{пар}}) \cdot \rho_{\text{эл}} \cdot l}{U^2 \cdot S \cdot \tau}.$$

Чтобы сделать верный расчет по итоговой формуле, необходимо все величины перевести в единицы СИ: $\rho_{\text{эл}}=1,1 \text{ мкОм}\cdot\text{м}=1,1\cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $l=2,4 \text{ м}$, $S=0,1 \text{ мм}^2=0,1\cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $c=4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})=4,19\cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, $r=2,26 \text{ МДж}/\text{кг}=2,26\cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$, $\tau=45 \text{ мин}=45\cdot 60 \text{ с}=2700 \text{ с}$. Кроме этого, необходимо определить начальную массу воды m и массу испарившейся воды $m_{\text{пар}}$: $m=\rho V$, где $\rho=10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$ – плотность воды, $V=1 \text{ л}=1\cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ – объем воды. Тогда $m=10^3\cdot 1\cdot 10^{-3}=1 \text{ кг}$, а масса испарившейся воды равна 25% от первоначальной массы: $m_{\text{пар}}=0,25\cdot m=0,25 \text{ кг}$.

Подставляем записанные данные в итоговое выражение и находим КПД:

$$\eta = \frac{(4,19 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot (100 - 20) + 2,26 \cdot 10^6 \cdot 0,25) \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 2,4}{220^2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 2700} = 0,1818.$$

Для того, чтобы получить ответ в процентах, необходимо результат умножить на 100% и округлить до целого (по условию задания):

$$\eta = 0,1818 \cdot 100\% = 18,18 \approx 18\%$$

Ответ: 18%.