



Викторина для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Математика

Специальный конкурс, позволяющий получить дополнительные баллы к основному конкурсу по комплексу предметов "физика, химия, математика, биология": 25% набранных по данному конкурсу баллов будут добавлены к баллам по комплексу предметов.

Баллы за каждый вопрос суммируются из двух частей – за правильный ответ на вопрос, который в каждом случае единственный, и за пояснения к нему (причем вторая часть гораздо важнее, она будет проверяться членами жюри для выставления оценки).

Вопросы повышенной сложности помечены фотографиями с тыквами.

Не спешите отвечать, подумайте, возможно, некоторые вопросы сложнее, чем кажутся на первый взгляд.

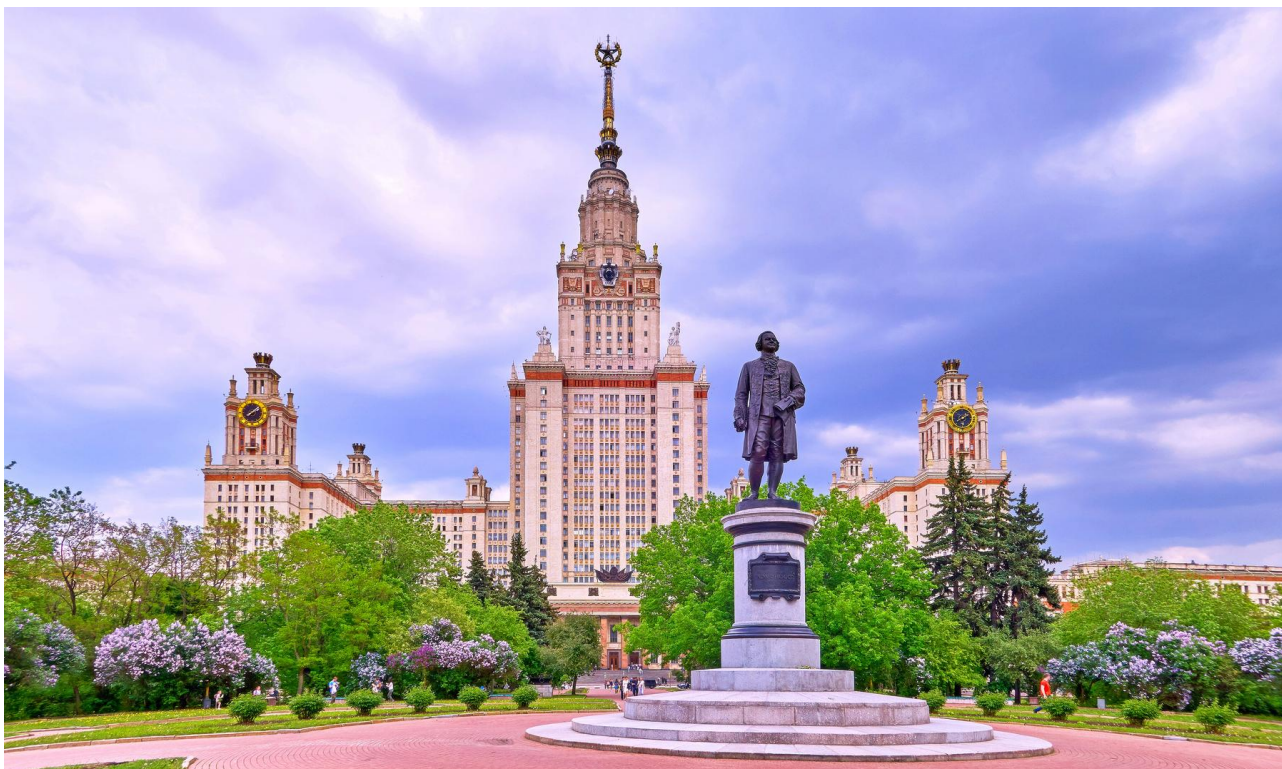




1. Вопрос – «СПИНОДАЛЬНЫЙ РАСПАД». (1 балл)

Установление и анализ форм зависимостей энергии Гиббса системы от химического состава и других параметров – основа химической термодинамики. Наноструктурирование материалов иногда создается за счет так называемого спинодального распада, т.е. расслоения однородного вещества на различные фазы. Для этого состав исходного материала, находящийся при определенной температуре, должен «попасть» на выпуклую часть кривой зависимости энергии Гиббса от состава. Тогда даже малое изменение состава самопроизвольно будет со временем усиливаться, как говорят, контрастироваться, и система распадется макроскопически на две разные фазы. На вогнутых частях кривой энергии Гиббса находятся составы, которые распадаются через образование и рост зародышей новых фаз. **А как математически, если известна кривая энергии Гиббса системы, найти геометрическое место точек, так называемую спинодаль, разделяющую режимы зародышеобразования и спинодального распада? Ответ поясните.**

- необходимо найти максимум на кривой, ноль первой производной энергии Гиббса по составу
- необходимо найти минимум на кривой, ноль первой производной энергии Гиббса по составу
- необходимо найти нули второй частной производной энергии Гиббса по составу
- необходимо найти отрицательные значения третьей частной производной энергии Гиббса по составу
- необходимо найти положительные значения третьей частной производной энергии Гиббса по составу



2. Вопрос – «КОНФИГУРАЦИОННАЯ ЭНТРОПИЯ». (1 балл)

В химии для самопроизвольного протекания процессов в изолированных системах, не обменивающихся с окружением ни веществом, ни энергией, выполняется закон возрастания энтропии S – величины, которая описывает хаотичность системы. Он гласит, что энтропия изолированной системы лишь увеличивается или остается постоянной («хаос в системе возрастает»). Саму энтропию можно рассчитать, если знать число микросостояний системы W – эквивалентных размещений (перестановок) молекул в пространстве, соответствующих наблюдаемому макросостоянию системы с некоторыми температурой, давлением и другими параметрами состояния. Математически это выражается соотношением Больцмана $S = k \ln W$, где k – постоянная Больцмана. **Можете ли вы оценить, во сколько раз возрастет число микросостояний изолированной системы, если оно исходно было равно 10, а сама энтропия выросла в 10 раз?**

- в десять раз
- в двадцать раз
- в сто раз
- в тысячу раз
- в миллиард раз



3. Вопрос – «ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС». (2 балла)

Явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР) связано с существованием у ядер атомов ненулевого спина (квантовомеханического параметра ядра). В сильном магнитном поле такие ядра способны резонансно поглощать в радиочастотном диапазоне, что можно использовать для установления структуры молекулярных веществ и наночастиц. Несколько ядер с ненулевым спином, находящихся в молекуле рядом, могут взаимодействовать, поскольку каждое ядро обладает своим локальным магнитным полем и либо увеличивает общее поле, суммирующееся векторно с внешним полем и полем соседних ядер, либо уменьшает его локально у каждого соседа, причем каждый сосед влияет на всех. В зависимости от количества взаимодействующих ядер возникает очень большое число различных сочетаний, отображающихся в ЯМР спектрах в виде характерных групп пиков. **Какую простую математическую конструкцию используют спектроскописты для расшифровки таких спектров?**

- Пифагоровы штаны
- ленту Мёбиуса
- золотое сечение
- Архимедову спираль
- треугольник Паскаля



4. Вопрос – «МЕЖСЛОЕВОЕ РАССТОЯНИЕ». (1 балл)

Для анализа кристаллической структуры многих веществ – от белков до алмаза – используют дифракцию рентгеновского излучения. Такое излучение имеет очень короткую длину волны, сопоставимую с параметрами кристаллической решетки большинства веществ, электронная оболочка атомов в кристаллической структуре рассеивает («отражает») такое излучение. Когда атомы в структуре упорядочены, то их слой выступает в роли интерференционных центров, а вся плоскость, проходящая через такие атомы, – в виде отражающей плоскости. Очевидно, в кристалле можно провести достаточно большое, но ограниченное, количество семейств параллельных отражающих плоскостей под разными углами относительно системы координат, привязанных к элементарной ячейке. Эти плоскости будут отличаться межплоскостными расстояниями, поэтому дифрактограмма будет иметь дискретный характер и ограниченное количество дифракционных максимумов («пиков»). А положение пиков определяются известным уравнением Брэгга – Вульфа: $2 \cdot d \cdot \sin(\Theta) = n \cdot L$, в котором d – расстояние между отражающими кристаллографическими плоскостями, Θ – угол между отражающей плоскостью и падающим лучом рентгеновского излучения с длиной волны L (n – целое положительное число, порядок отражения, в нашем случае n будет равно 1). У вещества, имеющего слоистую структуру, максимальная величина межплоскостных расстояний равна расстоянию между реальными, физически существующими слоями атомов. **При каких углах мы увидим на дифрактограмме пик, точно соответствующий расстоянию между слоями такой фазы?**

- при малых углах
- при больших углах
- в середине дифрактограммы
- по краям дифрактограммы
- он будет появляться периодически по всей дифрактограмме в соответствии с периодическим изменением синуса



5. Вопрос – «ИНДИЦИРОВАНИЕ РЕНТГЕНОГРАММЫ». (2 балла)

При дифракции рентгеновских лучей каждый пик на дифрактограммах кристаллических веществ обозначается своим набором чисел hkl – так называемых индексов Миллера. Эти пики позволяют определить очень важные величины строения твердого вещества – параметры элементарной ячейки, то есть минимального по объему кирпичика, которым можно заполнить весь кристалл, выложив элементарные ячейки вплотную одну за другой. Для кубической решетки межплоскостные расстояния d , экспериментально определяемые из положения пиков на дифрактограмме, константа (ребро) кубической элементарной ячейки a и варьирующиеся индексы Миллера связаны следующим соотношением: $Q = A * N$, где $Q = 10\,000 / d^2$, $A = 10\,000 / a^2$, $N = (h^2 + k^2 + l^2)$. Экспериментально были получены следующие значения Q для трех первых пиков: 840.65, 1120.80, 2241.88. Проведите расчет и укажите ниже полученное вами среднее значение параметра решетки a и также соответствующий набор индексов Миллера для пиков.

- 5.970 (1, 0, 0 – 0, 1, 0 – 0, 0, 1)
- 5.976 (1, 0, 0 – 2, 0, 0 – 3, 0, 0)
- 5.971 (2, 2, 2, - 1, 0, 0 – 3, 1, 2)
- 5.979 (7,7,1 – 0, 0, 1 – 4, 3, 1)
- 5.974 (1,1,1 – 2,0,0 – 2,2,0)



6. Вопрос – «ЦЕНТР ИНВЕРСИИ». (1 балл)

Очень многие важные свойства кристаллов, делающие их перспективными материалами, основаны на том, что в них нет центра инверсии, например, в пьезоэлектриках, используемых для создания пошаговых электрических нанодвигателей, или нелинейно-оптических кристаллах, таких, как в зеленых лазерных указках, которые представляли собой в свое время твердотельный лазер с накачкой инфракрасным лазерным диодом и нелинейным элементом для кратного уменьшения длины волны ($1064 / 2 = 532$ нм). Центром симметрии (инверсии) кристаллического многогранника называется точка, лежащая внутри кристалла, в диаметрально противоположных направлениях от которой располагаются одинаковые элементы. При наличии центра симметрии в кристалле, каждой грани отвечает другая грань, равная и параллельная (обратно параллельная) первой. Плоскость симметрии делит кристалл на две зеркально равные части. Ось симметрии – воображаемая ось, при повороте вокруг которой на некоторый угол фигура совмещается сама с собой в пространстве. Центр симметрии «генерируется» в точке пересечения осей и плоскостей симметрии. **Какое единственное из перечисленных ниже веществ не имеет центра инверсии?**

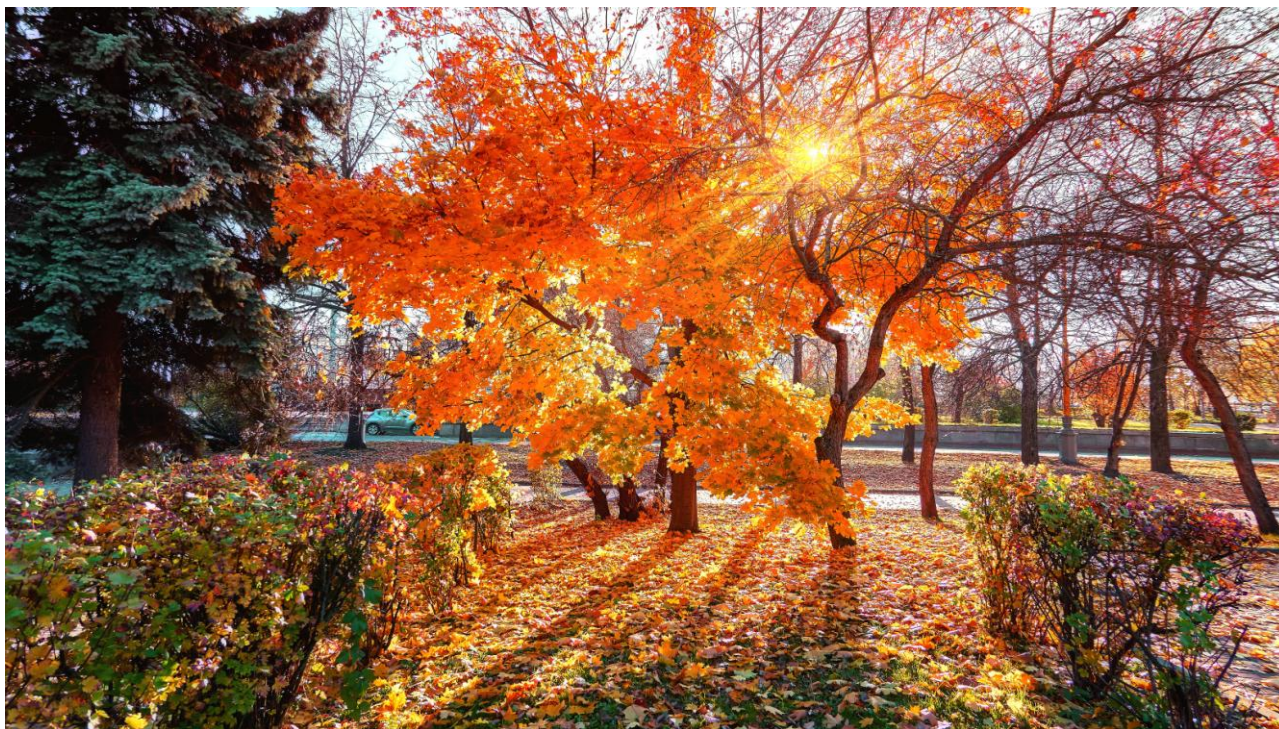
- перовскит CaTiO_3
- левовращающий альфа-кварц
- хлорид натрия
- флюорит CaF_2
- алмаз



7. Вопрос – «ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ». (1 балл)

Энергия активации E_a в химии – минимальное количество энергии, которое требуется частице, чтобы преодолеть некоторый энергетический барьер и вступить в химическую реакцию. Константа скорости реакции $k \sim \exp(-E_a/RT)$, где R – универсальная газовая постоянная, а T – абсолютная температура. Очень часто энергию активации определяют линеаризацией – подбором так называемых аррениусовских координат, в которых тангенс угла наклона к прямой определяет величину энергии активации. **Что это могут быть за координаты?**

- k и $\exp(T)$
- $1/k$ и $\exp(1/T)$
- $1/k$ и $1/T$
- $\ln k$ и T
- $\ln k$ и $1/T$



8. Вопрос – «РАЗБАВЛЕНИЕ ПОПОЛАМ». (1 балл)

В химической практике для получения разбавленных растворов очень часто используют простой прием. Берут половину раствора и добавляют чистый растворитель того же объема, перемешивают, потом процедуру пошагово повторяют, пока не получат нужную концентрацию. Предположим, у вас есть раствор с концентрацией 1 моль на литр. **На каком шаге нужно остановиться, чтобы получить наномолярный раствор?**

- десятом
- двадцатом
- тридцатом
- сороковом
- пятидесятом



9. Вопрос – «ПРОСТО, КАК ДВАЖДЫ ДВА». (1 балл)

Обычно считается, что дважды два – четыре. Однако для компьютера $2 * 2 = 100$.
Объясните, почему?

- это ошибка
- это десятичная система исчисления
- это перевод из десятичной системы исчисления в бинарную
- это четвертичная система исчисления
- это двоичная система исчисления



10. Вопрос – «КВАЗИКРИСТАЛЛЫ». (1 балл)

В 1982 году Дан Шехтман (Израиль) наблюдал на закристаллизовавшемся быстроохлажденном алюмо-марганцевом расплаве дифракцию с осью пятого порядка, которая невозможна в обычной трехмерной периодической решетке. Так официально были открыты квазикристаллы, а в 2011 году за них была присуждена Нобелевская премия по химии. **А какими фигурами можно замостить плоскость без зазоров, чтобы на ней были фигуры с осью пятого порядка?**

- ромбами
- правильными пятиугольниками
- пятилучевыми звездами
- квадратами
- шестиугольниками

Всего – 12 баллов