

Наносистемы и наноинженерия

2022/23 учебный год

Заключительный этап

Предметный тур

Физика. 8–9 классы

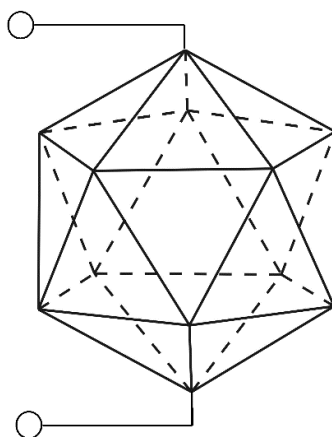
Задача VI.1.1.1. Кинематика (20 баллов)

Темы: сила тяжести и вес.

Две гоночные машины проходят сложный участок трассы с одинаковой скоростью 50 км/ч, при этом расстояние между машинами 300 м. После того, как идущая впереди машина проходит сложный участок, она ускоряется до 90 км/ч с постоянным ускорением. Вторая машина полностью повторяет действия идущей впереди машины, как только тоже заканчивает сложный участок трассы. Какое расстояние будет между машинами, когда машина, идущая позади закончит ускоряться до 90 км/ч?

Задача VI.1.1.2. Электрические цепи (25 баллов)

Из проволоки изготовлен икосаэдр (правильный двадцатигранник, см. рисунок), к двум противоположным вершинам которого подключены проводники. Найдите сопротивления всей цепи, если сопротивление ребер, соединённых непосредственно с проводниками $R_1 = 5$ Ом, а ребер, не соединённых с проводниками $R_2 = 10$ Ом.



Задача VI.1.1.3. Статика (15 баллов)

Книга формата а5 (148 · 210 мм) толщиной 2 см и массой 250 г лежит на краю стола, свисая на 52 мм (длинной стороной). Определите, сколько еще таких же книг можно положить сверху до обрушения конструкции при условии, что край каждой последующей книги будет выступать на такую же величину от края нижележащие книги.

Задача VI.1.1.4. Динамика (20 баллов)

Темы: кинетическая и потенциальная энергии.

Брусек толкнули с какой-либо начальной скоростью вверх вдоль плоскости, имеющей угол с горизонтом 45° . Известно, что время подъёма вдвое меньше времени спуска до начальной точки. Определите коэффициент трения между телом и поверхностью.

Задача VI.1.1.5. Динамика (20 баллов)

Темы: удельная теплоемкость, тепловой баланс.

В сосуде с водой плавает деревянный шарик с плотностью $\rho_d = 800 \text{ кг/м}^3$. Как изменится объём шарика, погруженный в воду, если в сосуд налить бензин ($\rho_b = 700 \text{ кг/м}^3$) так, что он полностью покроет шарик?

Физика. 10–11 классы

Задача VI.1.2.1. Динамика (20 баллов)

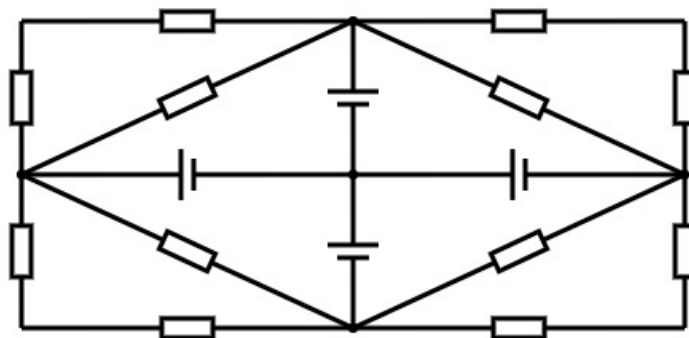
Проводник поезда налил чай в стакан высотой 12 см и радиусом 3 см так, что до края стакана остался один сантиметр. Поезд начал двигаться с постоянным ускорением, при этом чай достиг края стакана. Найдите ускорение поезда.

Задача VI.1.2.2. Кинематика (20 баллов)

Плот оттолкнули от берега с начальной скоростью V_0 перпендикулярно течению широкой реки. Скорость течения неоднородна и возрастает по мере удаления от берега по закону $V_1 = kS$, где S — это расстояние от берега, k — некоторая константа. Найдите перемещение плота в момент времени t_1 , берег можно считать ровным на всём протяжении реки.

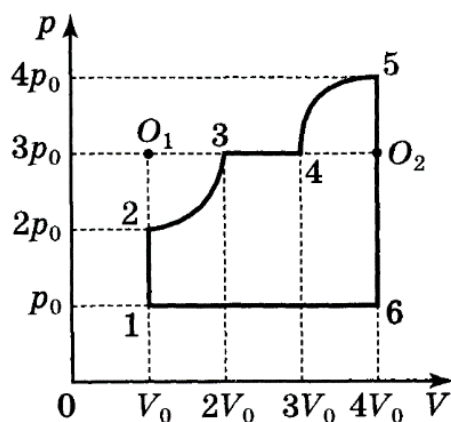
Задача VI.1.2.3. Электрические цепи (20 баллов)

В электрической схеме, показанной на рисунке, найдите значения сил тока, проходящих через все резисторы, при условии, что все источники напряжения идеальные и каждый из них создает ЭДС равное 20 В. Все изображенные резисторы имеют сопротивление 100 Ом.



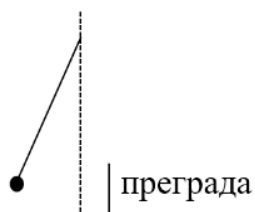
Задача VI.1.2.4. Термодинамика (25 баллов)

Определите КПД цикла, показанного на рисунке. Газ идеальный одноатомный. Участки 2–3 и 4–5 являются участками окружностей с центрами O_1 и O_2 .



Задача VI.1.2.5. Колебания (20 баллов)

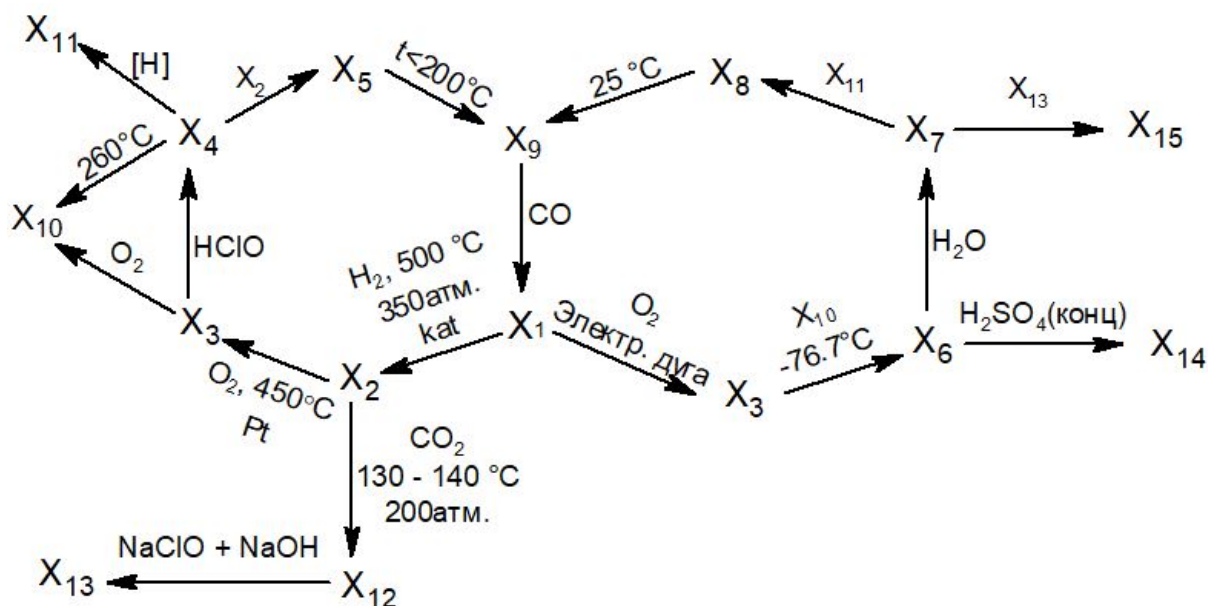
Математический маятник совершает гармонические колебания с известным периодом T . Найдите как изменится период колебаний, если на пути груза маятника на половине амплитуды его колебания поставить преграду, о которую груз совершает абсолютно упругое соударение.



Химия. 8–9 классы

Задача VI.1.3.1. Цепочка превращений (36 баллов)

На предлагаемой Вашему вниманию схеме представлены превращения веществ X_1 – X_{15} .



Известно, что ни в одном из соединений не находится катионов металлов.

Также про соединения известно следующее:

- Соединение X_1 имеет температуру кипения 77К.
- Водный раствор соединения X_2 применяется в медицине.
- Соединение X_3 образуется при воздействии на X_1 сильного электрического заряда, например, во время грозы.
- Соединение X_4 является сильным окислителем и сильной кислотой.
- Соединения X_5 и X_{12} используются в качестве удобрений, при этом известно, что $\omega(C)$ в X_{12} составляет 20,00%, водорода — 6,67%, а кислорода — 26,67%. Атомную массу углерода принять равной 12 а. е. м, водорода — 1 а. е. м., а кислорода — 16 а. е. м.
- Соединение X_6 окрашено в синий цвет.
- Для существования X_7 необходима температура хранения менее 5 °С, иначе оно разлагается на X_3 , X_{10} и воду.
- X_8 является нестабильной кислотой и существует только в виде разбавленных растворов, при этом $\omega(X) = 45,16\%$.
- X_9 является газообразным соединением.
- X_{10} имеет тривиальное название «лисий хвост».
- В соединении X_{11} $\omega(X) = 42,42\%$, $\omega(O) = 48,48\%$ ($A_r = 16$ а. е. м.), $\omega(H) = 9,1\%$ ($A_r = 1$ а. е. м.).
- Соединение X_{13} используется как ракетное топливо, $\omega(X) = 87,5\%$, $\omega(H) = 12,5\%$.

- Соединение X_{14} представляет собой ионное соединение состава $(XO)HSO_4$, содержание серы составляет 25,2%, атомная масса серы 32 а. е. м.
- Натриевая соль кислоты X_{15} (содержание X в кислоте 97,7%) используется в подушках безопасности, но при этом взрывается от удара, при этом выделяется X_1 и металлический натрий.

Задание:

1. Определите формулу и дайте названия соединений X_1 – X_{15}
2. Напишите уравнения указанных реакций. Одна стрелочка соответствует одному уравнению.
3. Подтвердите расчетами состав соединений X_8 , X_{11} – X_{14} .

Задача VI.1.3.2. Анализ смеси веществ (10 баллов)

При растворении смеси солей массой 9 г был получен раствор рыжевато-жёлтого цвета. При добавлении к раствору разбавленной серной кислоты наблюдали выпадение осадка белого цвета. Раствор отфильтровали от осадка и добавили раствор жёлтой кровяной соли, был получен осадок синего цвета. Масса белого осадка составила 7,9 г.

Задание:

1. Определите качественный состав солей в исходной смеси, а также их массовую долю в смеси (в процентах), если при пропускании электрического тока через раствор исходной соли на аноде выделялся газ желтовато-зеленого цвета с удушливым запахом, а также известно, что обе соли имеют одинаковый кислотный остаток. Примерное соотношение молярных масс катиона и аниона в первой соли составляет 2 : 1, во второй соли — 1 : 2.
2. Напишите уравнения протекающих реакций при добавлении раствора серной кислоты, при добавлении жёлтой кровяной соли, а также электрохимическую реакцию на аноде при пропускании электрического тока.
3. Как называют синий осадок, полученный при добавлении жёлтой кровяной соли к раствору?

Задача VI.1.3.3. Оксиды железа (27 баллов)

Смесь металлического железа со свежеприготовленными оксидами железа (II) и железа (III) нагревали в закрытом сосуде в атмосфере водорода. Количество 4,01 г смеси при реакции дает 3,33 г железа и 0,76 г воды (расчеты проводить при полном восстановлении водородом до металла). Когда такому же количеству смеси давали возможность прореагировать с избытком раствора сульфата меди (II), получали 4,12 г твердой смеси.

1. Рассчитайте количество 7,3% соляной кислоты ($\rho = 1,03$ г/см³), необходимое для общего растворения 4,01 г исходной смеси.
2. Какой объем газа выделится при стандартных условиях?

Относительные атомные массы элементов:

$Ar(O) = 16$ а. е. м.; $Ar(S) = 32$ а. е. м.; $Ar(Cl) = 35,5$ а. е. м.; $Ar(Fe) = 56$ а. е. м.;
 $Ar(Cu) = 64$ а. е. м.

Задача VI.1.3.4. Тайна минералов (27 баллов)

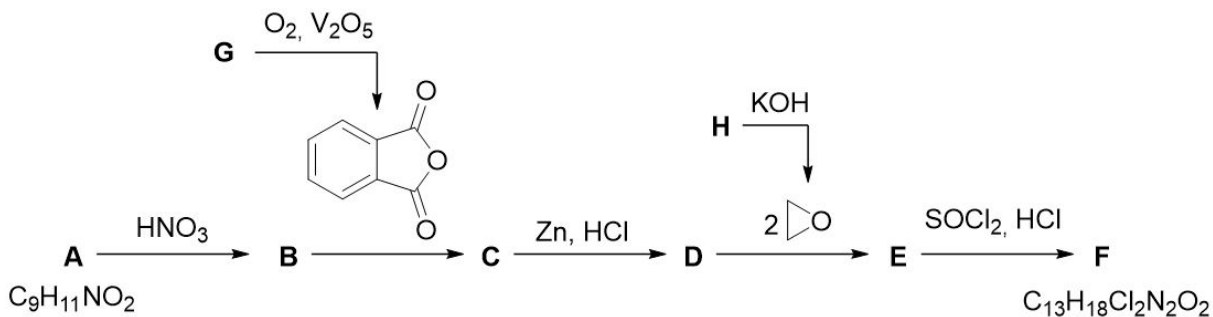
Минералы сподумен и петалит являются рудами очень важного, но редкого металла **X**, они оба состоят из четырех элементов, три из которых являются самыми распространенными в земной коре, а их формулы различаются только индексами, причем содержание **X** в сподумене 3,76%, а в петалите — 2,29% по массе. Чтобы получить металл **X**, сподумен обжигают, очищают от пустой породы и полученный концентрат обрабатывают серной кислотой, а потом добавляют известняк до слабокислой среды, в результате соль **A** (содержит 12,7% **X** по массе) оказывается в растворе. Полученный раствор отфильтровывают и упаривают в несколько раз, а затем добавляют кальцинированную соду при кипячении и отфильтровывают осадок **B** (18,9% **X** по массе). При растворении **B** в соляной кислоте получается соль **B**, электролизом которой и получается металлический **X**.

1. Определите металл **X**, формулы солей **A**, **B**, **B**, петалита и сподумена. Напишите уравнения всех описанных реакций.
2. Каково основное применение **X** в промышленности сегодня? За последние 25 лет мировое производство **X** выросло более чем в 10 раз, с чем это связано? Какие еще металлы применяются или применялись для этой технологии до **X**?

Химия. 10–11 классы

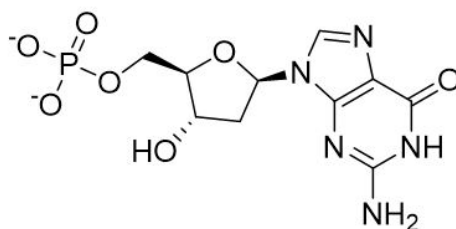
Задача VI.1.4.1. Химиотерапевтический агент (30 баллов)

Ниже описан синтез вещества **F** — широко применяемого противоопухолевого химиотерапевтического лекарственного препарата алкилирующего типа.



1. Установите структурные формулы веществ **A–H**, если известно, что вещество **A** является протеиногенной аминокислотой, а вещество **B** — это ее пара-замещенное производное. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
2. Какой основной продукт может образоваться под действием окиси этилена без использования в синтезе фталевого ангидрида? Изобразите его структурную формулу.

Гуанозин



3. Опираясь на то, что вещество **F** является химиотерапевтическим препаратом, оказывающим алкилирующее действие на ДНК раковых клеток, предложите химическую реакцию, описывающую механизм его действия на примере гуанинозина.
4. Средняя дозировка лекарственного препарата **F** составляет 0,2 мг/кг/сут. Какую массу вещества **A** необходимо взять, чтобы получить препарат **F** для четырехдневной терапии пациента массой тела 70 кг. Выходы всех стадий синтеза принять равными 90%. Для расчета следует использовать исходную схему синтеза. Все промежуточные значения округляйте до двух значащих цифр после запятой. Ответ представьте в мг.

Задача VI.1.4.2. Витамин С (20 баллов)

Аскорбиновая кислота ($C_6H_8O_6$) — это органическое соединение, являющееся одним из основных веществ в рационе человека. Она необходима для нормального функционирования соединительной и костной ткани. Выполняет биологические функции восстановителя и кофермента некоторых метаболических процессах и является антиоксидантом. Авитаминоз аскорбиновой кислоты приводит к цинге.

Количественное содержание аскорбиновой кислоты определяется прямым йодометрическим титрованием, так как она легко окисляется иодом. Данный метод заключается в постепенном добавлении вещества с известной концентрацией к заданному объему раствора вещества с неизвестной концентрацией до тех пор, пока оно не прореагирует полностью, о чем сигнализирует изменение окраски специально добавляемого в смесь индикатора. Раствор йода выступает в качестве окислителя, крахмал добавляют в качестве индикатора. Сначала индикатор показывает наличие йода в растворе – окрашивание, которое пропадает спустя несколько секунд. Как только весь йод прореагирует с аскорбиновой кислотой, окраска раствора остается устойчивой.

Для проведения эксперимента в домашних условиях был доступен раствор аскорбиновой кислоты известной концентрации (250 мг кислоты в 500 мл дистиллированной воды), раствор иода неизвестной концентрации (1000 мл), крахмальный клейстер и три свежевыжатых сока (лимонный, апельсиновый и клубничный). Аликвоты исследуемых растворов составляли 100 мл.

1. Нарисуйте структурную формулу аскорбиновой кислоты. Известно, что для качественного определения исследуемой кислоты используют реакции с иодом, нитратом серебра (I) и сульфатом железа (II) с гидрокарбонатом натрия. Напишите уравнения соответствующих реакций.
2. Что представляет из себя крахмал? Как и почему окрашивается крахмальный клейстер при добавлении к нему раствора йода?
3. Каковы особенности правильного измерения объема окрашенного рабочего раствора?
4. Определите молярную концентрацию раствора иода, если на титрование 100 мл раствора аскорбиновой кислоты его потребовалось 100 мл. Какой объем аптечного спиртового раствора иода массовой концентрацией 5% в 100 мл спирта нужно взять, чтобы приготовить заданный раствор титранта? Плотность спирта примете равной плотности воды. При проведении расчетов все ответы округляйте до 2 значащих цифр после запятой.

5. Определите массу аскорбиновой кислоты, содержащейся в 100 мл каждого сока, если известно, что:

Сок	V_1 , мл	V_2 , мл	V_3 , мл
Лимонный	78,7	78,6	78,5
Апельсиновый	100,0	99,8	100,2
Клубничный	121,5	121,3	121,4

V_1 — объем титранта, затраченного на первое титрование,

V_2 — объем титранта, затраченного на второе титрование,

V_3 — объем титранта, затраченного на третье титрование.

При проведении расчетов все ответы округляйте до 2 значащих цифр после запятой. Значения масс приведите в мг с точностью до десятых.

Дневная норма аскорбиновой кислоты для взрослого человека составляет 45 мг. Сколько мл каждого свежевыжатого сока необходимо выпивать для потребления дневной дозы витамина С? Ответ дайте в мл с точностью до целых.

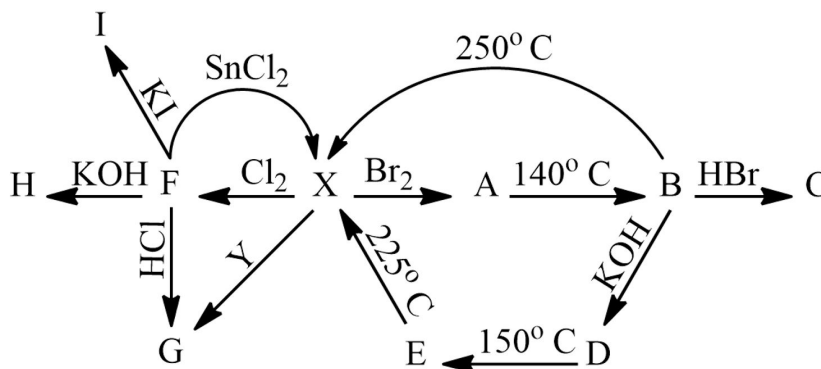
Хватит ли объема приготовленного раствора иода для проведения всего анализа?

Задача VI.1.4.3. Электрохимия (25 баллов)

При пропускании электрического тока через раствор светло-голубого цвета на катоде кристаллизовались красно-оранжевые образования, а на аноде выделялся бесцветный газ без запаха. Масса получившихся образований составила 7 г. Сила тока в цепи является постоянной и составляет 3 А. Определите качественный состав растворённой соли, объем газа (н. у.), выделившегося на аноде, время протекания реакции, массу соли, вступившей в реакцию, и напишите реакции на катоде и аноде. Постоянная Фарадея равна 96 485 Кл/моль. Соотношение между молярной массой катиона и кислотного остатка в соли составляет 2 : 3.

Задача VI.1.4.4. Металл со множеством имен (25 баллов)

Металл X интересен тем, что каждый химик знает не меньше трех его «имен» из разных языков. Напишите уравнения всех реакций и определите зашифрованные на схеме вещества.



Известно, что вещество **A** красно-коричневого цвета, а **B**, **F**, **G** и **I** — разных оттенков желтого. Таинственный реагент **Y** имеет свое традиционное название, в русском языке оно связано с жидкостью, очень плохо влияющей на человеческое здоровье. В таблице приведена массовая доля **X** в % для некоторых соединений:

B	D	E	I	H
71,4	92,1	96,1	60,1	79,4

Определите элемент **X** и найдите формулы содержащих его соединений **A–I**, запишите уравнения всех реакций. Определите таинственный реагент **Y** и назовите его.

Увидеть результат реакции **F** с хлоридом олова можно, прогуливаясь в хорошую погоду по Красной Площади. Объясните, о чем идет речь. Если реакцию **F** с хлоридом олова проводить, варьируя температуру и концентрации реагентов, то уравнение реакции останется неизменным, а цвет получаемого раствора может меняться, объясните этот факт.