

-NANO >XVIII

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО

СБОРНИК ЗАДАНИЙ С РЕШЕНИЯМИ

2023-2024



Сборник заданий

XVIII Олимпиады школьников
«Высокие технологии и материалы будущего»

(с решениями)

Сборник заданий XVIII Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего»* посвящен конкурсам отборочного и заключительного этапов Олимпиады 2023/24 учебного года и объединяет условия задач (с решениями) по комплексу предметов «химия, физика, математика, биология» (профиль – нанотехнологии), а также включает информацию о конкурсе проектных работ «Гениальные мысли» для школьников и об Универсиаде «Ломоносов» по химии, физике и механике материалов – уникальном конкурсе для студентов.

Авторами заданий являются научные сотрудники и преподаватели химического, физического, биологического факультетов, факультета наук о материалах Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова и других организаций, привлеченных Оргкомитетом Олимпиады для разработки учебно-методических материалов. Авторство материалов сохранено за разработчиками. Запрещается использование данных материалов для коммерческих целей. Ссылка на принадлежность данных материалов Олимпиаде школьников «Высокие технологии и материалы будущего» (<http://enanos.nanometer.ru>) обязательна при любом их упоминании.

Список авторов (в алфавитном порядке):

Байжуманов Адиль Ануарович
Берекчиян Михаил Вартанович
Браже Надежда Александровна
Дроздов Андрей Анатольевич
Еремин Вадим Владимирович
Жигунов Денис Михайлович
Иванов Алексей Викторович
Калинин Иван Александрович
Макеева Екатерина Анатольевна
Морозова Ксения Игоревна
Павликов Александр Владимирович
Паршина Евгения Юрьевна
Плешаков Георгий Андреевич
Силичева Маргарита Александровна
Слатинская Ольга Вадимовна
Шарафутдинова Альфия Масхутовна
Юсипович Александр Иванович

Составители сборника (в алфавитном порядке):

Гудилин Евгений Алексеевич
Еремин Вадим Владимирович
Еремина Елена Алимовна
Семенова Анна Александровна

* Предыдущее название – Всероссийская Интернет-олимпиада «Нанотехнологии – прорыв в будущее!»

Организатор Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего» – **Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова (МГУ).**



Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова – крупнейший классический университет России. Указ о создании университета был подписан императрицей Елизаветой Петровной 24 января 1755 года. Сегодня в Московском университете обучается более 45 тысяч человек из всех регионов страны. МГУ включает в себя 40 факультетов, 15 научно-исследовательских институтов, около 750 кафедр, отделов и лабораторий, Медицинский научно-образовательный центр, Научная библиотека, 5 музеев, Ботанический сад, Научный парк, филиалы в Севастополе, Сарове, Ташкенте, Астане, Баку, Душанбе, Ереване, Копере. МГУ имени М.В.Ломоносова – ведущий научный центр страны, в составе которого сформировались крупные научные школы, работали Нобелевские лауреаты, лауреаты Государственных премий СССР и России. Из 18 Нобелевских лауреатов – наших соотечественников – одиннадцать являлись выпускниками или профессорами Московского университета.

Сайт: msu.ru



Инженерная школа МГУ создана с привлечением потенциала факультета фундаментальной физико-химической инженерии, биотехнологического факультета, факультета наук о материалах и факультета биоинженерии и биоинформатики Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Факультетами-партнерами Школы на первом этапе реализации проекта выступают химический, биологический, экономический и другие структурные подразделения Московского университета. В рамках Инженерной школы МГУ планируется подготовка инженеров-исследователей по направлениям: «Фармацевтическая разработка», «Производство лекарственных средств», «Контроль качества лекарственных средств», «Валидация фармацевтического производства», а также инженеров-программистов по направлению «Применение машинного обучения в биологии» (магистерские программы). Также будут реализовываться программы дополнительного профессионального образования по направлениям: «Цифровые и квантовые технологии в медицине и экологии», «Применение высокоинформативных комбинированных методов анализа в биомедицине», «Нормы надлежащей производственной практики» и др.

Сайт: vk.com/pish_msu

Отборочный и заключительный этапы XVIII Олимпиады проводятся при поддержке **Некоммерческой организации Благотворительный фонд содействия образованию «Дар».**



Фонд «Дар» — благотворительный частный фонд, учрежденный по инициативе Никиты Анатольевича Мишина. Фонд занимается поддержкой школьного образования, проектов и событий, направленных на обеспечение высокого качества обучения. Благотворительные программы Фонда ориентированы на оказание помощи школам, приютам и другим образовательным учреждениям и проектам, которые сочетают в своей работе традиции классического образования со стремлением к инновациям и к открытию у себя новых экспериментальных площадок. Ключевой целью Фонда является создание школы будущего, отвечающей мировым стандартам, готовящей людей знающих, грамотных, образованных, воспитанных, сильных духом, любящих отчизну, деятельных; создание той самой школы, которой удастся решить задачи, стоящие перед российским обществом, которая возьмет все то лучшее, что уже есть в системе образования, сочетая это с новейшими разработками современности. Целью Фонда также является создание условий, необходимых для развития духовного и творческого потенциала, а также стимулирования развития детей в области естественно-научного, технического, гуманитарного и художественно-эстетического творчества.

Сайт: fonddar.ru

Содержание

Отборочный этап. 11 класс	
.....	
Химия. Физика. Математика. Биология	
.....	
Условия задач	7
Решения	47
.....	
Отборочный этап. 5 – 10 классы	
.....	
Химия. Физика. Математика. Биология	
.....	
Условия задач	85
Решения	104
.....	
Заключительный этап. 11 класс	
.....	
Химия	
.....	
Условия задач	121
Решения	123
.....	
Физика	
.....	
Условия задач	127
Решения	130
.....	
Математика	
.....	
Условия задач	135
Решения	138
.....	
Биология	
.....	
Условия задач	141
Решения	144
.....	
Заключительный этап. 5 – 10 классы	
.....	
Химия	
.....	
Условия задач	147
Решения	150
.....	
Физика	
.....	
Условия задач	154
Решения	157
.....	
Математика	
.....	
Условия задач	160
Решения	163
.....	
Биология	
.....	
Условия задач	166
Решения	168
.....	
Конкурс проектных работ школьников «Гениальные мысли»	
.....	
Универсиада «Ломоносов» по химии, физике и механике материалов	
.....	
183	



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
11 класс (отборочный этап)
Условия

Химия. Задача 1. Прокаливание (1 балл)

Смесь 5,17 г хлорида серебра и 1,91 г карбоната натрия прокалили на воздухе, при атмосферном давлении и температуре 500 °С до прекращения изменения массы. Определите массу сухого остатка. Ответ выразите в г и округлите до целого числа.

Химия. Задача 2 (1 балл)

Оранжевый оксид металла X используется в органической химии в качестве катализатора окисления бензола. Фиолетовый хлорид металла X(+3) растворили в воде и смешали с хлоридом одновалентного металла, дающего голубое окрашивание пламени горелки. Образовалось комплексное соединение, в котором массовая доля металла X в соединении равна 12,43%. Установите формулу комплекса.

Химия. Задача 3 (1 балл)

Жёлтая соль, полученная при щелочной плавке зелёного оксида металла X, вступила в реакцию с хлоридом натрия в серной кислоте. В ходе реакции образовалась темно-красная жидкость. Определите массовую долю металла X в этом веществе. Ответ выразите в процентах и округлите до сотых.

Химия. Задача 4 (1 балл)

Элемент X не имеет стабильных изотопов. Он используется в медицине для исследования внутренних органов, например, мозга. Диоксид элемента X прокипятили в концентрированном растворе перекиси водорода, затем добавили эквивалентное количество NaOH и выделили соль Y, в которой массовая доля металла X составляет 53,2%. Определите элемент X и установите формулу соли Y.

В ответ введите формулу Y.

Химия. Задача 5 (1 балл)

В состав булатной стали входят нанопроволоки вещества X, которое обладает следующими свойствами. При обработке 18 г X соляной кислотой наблюдается выделение газа Y объемом 6,72 л (н.у.) и образуется черный порошок простого вещества Z массой 1,2 г. Запишите химические формулы веществ X, Y, Z через запятую.

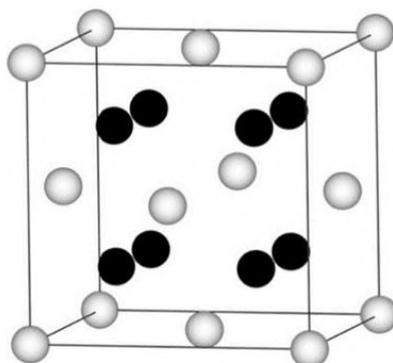
Химия. Задача 6 (1 балл)

Для получения одного из катализаторов асбестовое волокно выдерживают в водном растворе соли X, а затем высушивают и прокаливают. Известно, что соль X реагирует с гидроксидом натрия с выделением газа Y, обладающего резким запахом и вызывающего малиновую окраску фенолфталеина, причем из 1,00 г X удается получить примерно 101 мл (н.у.) Y. При прокаливании масса X уменьшается в 2,28 раз, а твердым продуктом прокаливания является простое вещество Z.

Определите неизвестные вещества X – Z, в ответе приведите их формулы через запятую.

Химия. Задача 7 (1 балл)

Оранжевая окраска смальты, производимой на усть-рудницкой фабрике М.В. Ломоносова, вызвана микроскопическими дендритами вещества X, кристаллическая структура которого представлена на рисунке. Известно, что в состав этого вещества входят два химических элемента, причем их атомные массы различаются примерно в 4 раза. Запишите химическую формулу X.



Химия. Задача 8 (1 балл)

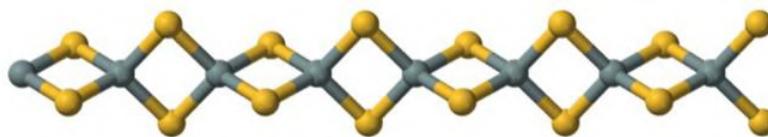
Из приведенного перечня выберите все вещества, которые могут иметь структуру алмаза

Выберите один или несколько ответов:

- фуллерен
- углекислый газ
- нитрид бора
- кремний
- медь
- графит

Химия. Задача 9 (1 балл)

Кристаллы вещества X, образующиеся при взаимодействии паров неизвестной летучей жидкости Y с сероводородом, имеют строение



Вторым продуктом реакции Y с сероводородом является бесцветный газ Z, водный раствор которого реагирует с цинком с выделением горючего газа, а с раствором нитрата серебра дает белый творожистый осадок. Твердый остаток от сжигания X на воздухе представляет собой химическое соединение, широко распространенное в природе и используемое при производстве стекла.

Определите неизвестные вещества X, Y, Z и приведите их формулы через запятую.

Химия. Задача 10 (1 балл)

Наночастицы рутения (плотность $12,41 \text{ г/см}^3$) имеют форму куба со стороной $x \text{ нм}$. Рассчитайте удельную поверхность наночастиц (отношение площади поверхности к массе, $\text{м}^2/\text{г}$).

Ответ приведите в виде десятичной дроби с точностью не менее 2 значащих цифр без единиц измерения.

Химия. Задача 11 (1 балл)

Наночастицы золота определенного размера ускоряют окисление CO при комнатной температуре (298 K) в n раз. Используя уравнение Аррениуса для зависимости константы скорости от температуры, оцените, насколько уменьшается энергия активации реакции (в кДж/моль) в присутствии наночастиц. Считайте, что предэкспоненциальный множитель в уравнении Аррениуса не меняется в присутствии наночастиц.

Ответ приведите в виде десятичной дроби с точностью не менее 2 значащих цифр без единиц измерения.

Химия. Задача 12 (1 балл)

Сколько граммов 0,2%-го раствора $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ необходимо взять для получения наночастиц платины общей массой $y \text{ мкг}$?

Ответ приведите в виде десятичной дроби с точностью не менее 3 значащих цифр без единиц измерения.

Химия. Задача 13 (1 балл)

Одно из веществ, из которых получают нанопленки, состоит из двух элементов 4-го периода, металла и неметалла. Мольные доли элементов отличаются в 1,5 раза, а массовые – в 1,21 раза. Установите формулу вещества. При расчете используйте относительные атомные массы с точностью до сотых.

Химия. Задача 14 (1 балл)

Анодный оксид алюминия (АОА) – уникальный пористый материал, получаемый путём электрохимического окисления (анодирования) алюминия в кислых электролитах. В ходе процесса анодирования формируется пористая структура, которую можно представить, как систему упорядоченных каналов, располагающихся перпендикулярно подложке и формирующих двумерную гексагональную сетку в плоскости образца. Благодаря своим уникальным свойствам анодный оксид алюминия имеет широкий спектр применений: от наноэлектроники до фотоники.

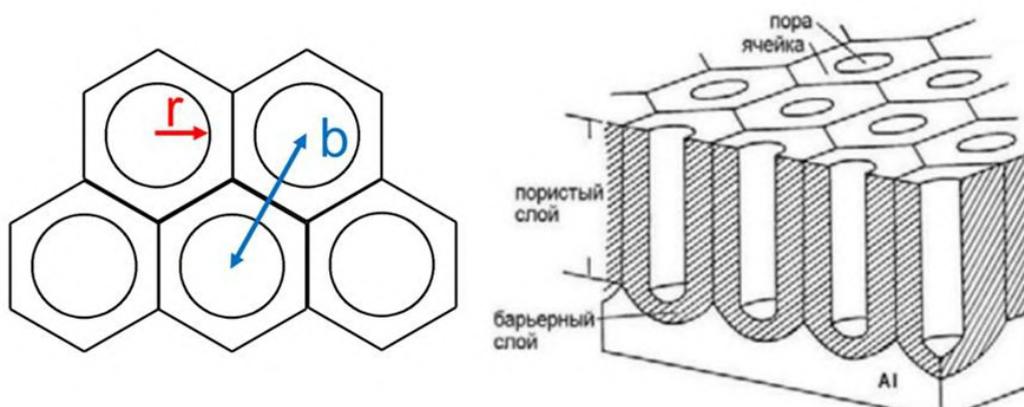


Рис. 1. Схематичное изображение пористой структуры АОА в плоскости, перпендикулярной направлению каналов (слева), общий вид пористой пленки АОА, получаемой в результате анодирования алюминия (справа).

Важной для практического применения характеристикой АОА является пористость (ϵ) – доля площади пор в поперечном (перпендикулярном направлению каналов) сечении пленки по отношению к общей площади поперечного сечения. В группе электрохимического наноструктурирования было установлено, что для оптимальной пористости необходимо проводить анодирование при напряжении 40 В.

Определите пористость ϵ анодного оксида алюминия, если известно, что поры образуют идеальную гексагональную сетку в плоскости, перпендикулярной направлению каналов (рис. 1). Радиус пор и расстояние между их центрами можно оценить с помощью экспериментально установленных формул: $r = 0,645U$ и $b = -1,7 + 2,8U$, где r – радиус пор в нанометрах, b – расстояние между центрами пор в нанометрах, а U – напряжение анодирования в вольтах.

Ответ выразите в долях единицы.

Химия. Задача 15 (1 балл)

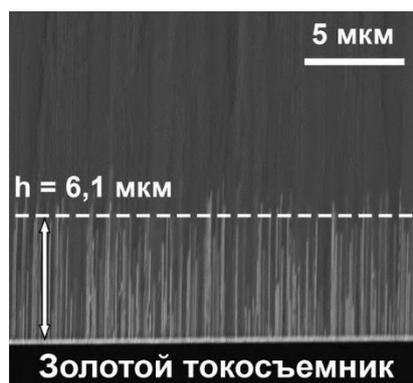


Рис. РЭМ-изображение медных нанонитей, полученных в матрице из АОА методом электроосаждения с использованием золотого токоъемника

Анодный оксид алюминия широко применяется в науке и технологии в качестве матрицы (темплата) для получения металлических нанонитей методом электроосаждения. Для этого на одной стороне пленки АОА со сквозными цилиндрическими порами формируют проводящий металлический слой (токоъемник). При проведении электроосаждения полученный темплат погружают в электролит и прикладывают к токоъемнику катодный потенциал, в результате чего ионы металла из раствора электролита восстанавливаются на катоде, при этом заполняют поры и образуют нанонити. Экспериментально было установлено, что не во всех порах происходит образование и рост нанонитей (см. рисунок). Для оценки процента активных пор, в которых наблюдается рост нитей, используют коэффициент γ :

$$S_{\text{активных пор}} = \gamma \epsilon S_{\text{пов-ти АОА}},$$

где ϵ - пористость.

Было решено получить медные нанонити из водного раствора 0.1 М CuSO_4 при использовании золотого токоъемника: золота. Для этого при электроосаждении через систему пропустили $Q_1 = 56,35$ мКл. Найдите γ для медных нанонитей, если плотность меди $\rho_{\text{Cu}} = 8,92$ г/см³, площадь темплата АОА ($S_{\text{пов-ти АОА}}$) 28,27 мм². Высота полученных нанонитей h представлена на рисунке (1 мкм = 10⁻⁶ м). Примите $M_{\text{Cu}} = 63,5$ г/моль, $\epsilon = 0,3$.

Ответ округлите до сотых.

Химия. Задача 16. Химия бутербродов – 1 (1 балл)

Известное вещество **X** может быть использовано в качестве антидетонационной присадки в бензине, в качестве катализатора при синтезе различных соединений, таких как полимеры, фармацевтические препараты и пластмассы; также используется в производстве электроники. Основным прекурсором для синтеза **X** является циклопентадиен. В ионном способе синтеза к циклопентадиену добавляют NaNH, а далее прикапывают хлорид железа (II). В результате реакции в водной среде выпадают оранжевые кристаллы **X**. Определите вещество **X**, в ответ запишите его название.

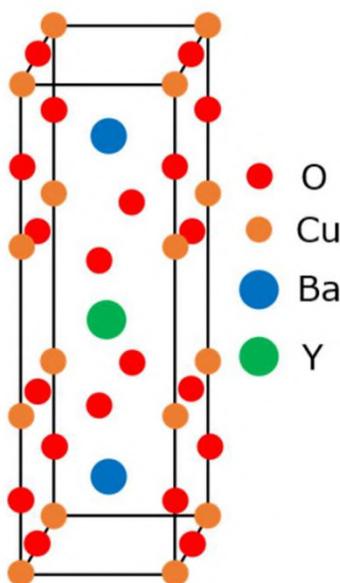
Химия. Задача 17. Химия бутербродов – 2 (1 балл)

Для синтеза ферроцена (**X**) радикальным способом цикlopентадиен бромруют с помощью NBS (N-бромсукцинимид), затем к продукту бромирования **B** добавляют магний в диэтиловом эфире, и далее к прикапывают хлорид железа (III). В результате образуются ферроцен, вещество **D** (массовая доля углерода в котором составляет 92,31 %) и смешанная соль магния **E**. Установите молекулярную формулу вещества **D**.

Химия. Задача 18. Перспективный материал (1 балл)

В 1986 году было синтезировано вещество **X**, ставшее одним из первых представителей нового семейства материалов. Для получения **X** использовали карбонаты трёх металлов. Карбонат металла **A** содержит 40,25% кислорода, карбонат металла **B** можно получить путём пропускания углекислого газа через бинарное вещество **B**, содержащее 18,90% кислорода. Карбонат металла **Г** можно осадить из купороса, раствор которого имеет голубую окраску. Данные карбонаты сплавляли при температуре 1100 K в атмосфере кислорода, при этом выделялся углекислый газ, объём которого в 26 раз превышал количество затраченного на реакцию газообразного кислорода. В веществе **X** $\nu(A) : \nu(B) : \nu(\Gamma) = 1 : 2 : 3$. Установите формулу **X**. В ответ запишите ее, перечисляя элементы в порядке: А-Б-Г-О.

Химия. Задача 19. Нестехиометричный сверхпроводник (1 балл)



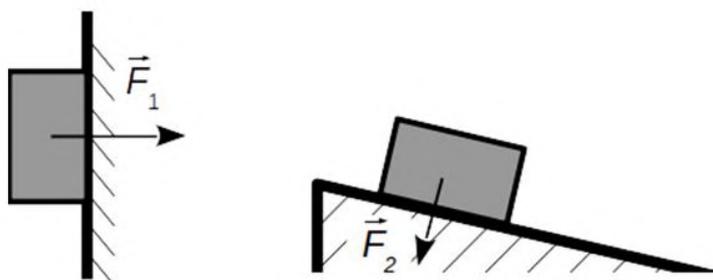
Высокотемпературный сверхпроводник $YBa_2Cu_3O_7$ имеет в своём составе нестехиометрическое количество кислорода, в его кристаллической решётке (рисунок) имеется 1% кислородных вакансий. Для $YBa_2Cu_3O_7$ характерна орторомбическая решётка, параметры решётки: $a = 3,82 \text{ \AA}$, $b = 3,89 \text{ \AA}$, $c = 11,68 \text{ \AA}$. Рассчитайте плотность вещества **X** в г/см^3 .

Ответ округлите до сотых и приведите без единиц измерения.

Химия. Задача 20 (1 балл)

Металл X, принадлежащий к семейству актинидов, весьма активен. Он быстро окисляется на воздухе и покрывается радужной плёнкой оксида. Мелкий порошок металла X самовоспламеняется на воздухе с образованием зелёного смешанного оксида, содержащего 84,8% металла по массе. Определите оксид и приведите его химическую формулу.

Физика. Задача 21. Губка для маркерной доски (1 балл)



Сперва губка прижимается к вертикальной маркерной доске. При этом между магнитом в губке и доской возникает горизонтальная сила F_1 . Затем маркерную доску переворачивают, так что губка оказывается сверху на наклонной плоскости, составляющую угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом. При этом перпендикулярно к поверхности возникает сила F_2 . Отношение модулей сил равно: $n = F_1/F_2 = 2$. Найдите коэффициент трения губки о доску μ .

Ответ округлите до десятых.

Физика. Задача 22. Осушение воздуха (1 балл)

Для осушения воздуха в установке по синтезу наноматериалов в рабочую камеру объёмом $1,631 \text{ м}^3$ при температуре 25°C внесли $30,0 \text{ г}$ силикагеля. Определите относительную влажность воздуха после установления равновесия в камере, если масса осушителя увеличилась на 30%, а исходная относительная влажность воздуха составляла 70%. Давление насыщенного водяного пара при 25°C равно 3166 Па . Ответ выразите в % и округлите до целого числа.

Физика. Задача 23. Гелиевый шар (1 балл)

В электротехнике в качестве газообразной диэлектрической среды часто используют гексафторид серы SF_6 , молярная масса которого более чем в 5 раз превышает молярную массу воздуха. Определите наименьший радиус сферического шарика, наполненного гелием, который сможет взлететь в атмосфере SF_6 при температуре 25°C и давлении 1 атм, если масса 1 м^2 материала этого шарика равна $38,75 \text{ г}$.

Ответ выразите в см и округлите до целого числа.

Физика. Задача 24. Два газа (1 балл)

Для эксперимента взяли два одинаковых цилиндра с поршнем. Один из них наполнили аргоном Ar, а второй – азотом N₂. В обоих случаях температура $t = 30^\circ\text{C}$, давление $p = 1$ атм, а объём газа $V = 1$ л. Затем каждому газу изобарно сообщили количество теплоты $Q = 23,5$ Дж. Определите разницу в установившихся температурах аргона и азота, $t_{\text{Ar}} - t_{\text{N}_2}$. Теплообменом со стенками цилиндра, поршнем и окружающей средой пренебречь.

Ответ выразите в $^\circ\text{C}$, округлите до целого числа и укажите без единиц измерения.

Физика. Задача 25. Радиотерапия (1 балл)

Одним из методов лечения опухолевых заболеваний является радиотерапия, то есть воздействие ионизирующим излучением. В качестве источника такого излучения может быть использован препарат, содержащий изотоп цезия ^{131}Cs , который претерпевает распад ядра посредством электронного захвата. Определите концентрацию изотопа ^{131}Cs в препарате спустя 45 суток после его приготовления, если начальная концентрация равна 5,0 мкг/л. Период полураспада изотопа ^{131}Cs равен 9,69 суток. Ответ выразите в нг/л и округлите до целого числа, единицы измерения не указывайте.

Физика. Задача 26. Скорость электрона (1 балл)

Металлический барий облучают полихроматическим фиолетовым светом с длинами волн от 390 нм до 440 нм. Выберите значения, которые может принимать скорость фотоэлектронов в таком эксперименте. Работа выхода для бария равна 2,52 эВ.

Выберите один или несколько ответов:

- $3,5 \cdot 10^5$ м/с
- $2,5 \cdot 10^5$ м/с
- $4,0 \cdot 10^5$ м/с
- $2,0 \cdot 10^5$ м/с
- $4,5 \cdot 10^5$ м/с
- $5,0 \cdot 10^5$ м/с
- $3,0 \cdot 10^5$ м/с

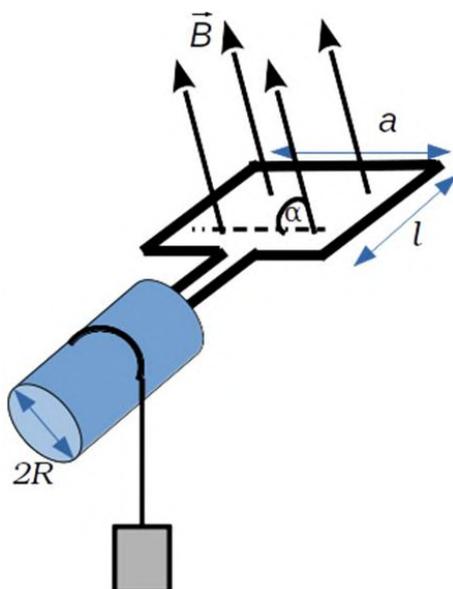
Физика. Задача 27. Спектр атома водорода (1 балл)

Определите цвет излучения, возникающего при переходе электрона в атоме водорода из состояния $n = 3$ (второго возбуждённого состояния) в состояние $n = 2$ (первое возбуждённое состояние).

Выберите один ответ:

- черный
- зелёный
- синий
- коричневый
- голубой
- фиолетовый
- белый
- красный
- жёлтый
- оранжевый

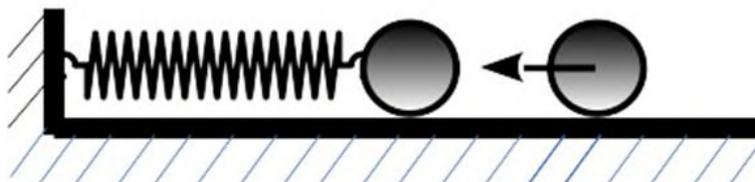
Физика. Задача 28. Электродвигатель (1 балл)



Какую силу тока (в А) необходимо пропустить через прямоугольную металлическую рамку, находящуюся в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10^{-3}$ Тл, чтобы удерживать груз массы $m = 10$ г на невесомом тросе, намотанном на вал радиуса $R = 1$ мм? Длина рамки $l = 50$ см, ширина $a = 10$ см. Угол между вектором индукции и плоскостью рамки $\alpha = 60^\circ$.

Ответ округлите до целого числа и укажите без единиц измерения.

Физика. Задача 29. Столкновение шаров (1 балл)

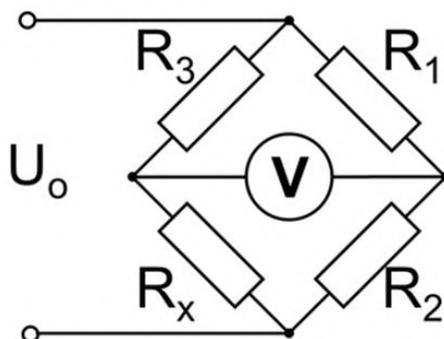


Один шарик массы $m = 100$ г лежит на гладкой поверхности и прикреплен пружиной (коэффициент жесткости $k = 10$ Н/м) к стенке. На него налетает другой шарик массы $m = 100$ г и абсолютно упруго ударяется о первый. Через какое время произойдет повторное соударение шариков?

Выберите один ответ:

- 1 с
- 10 с
- 3 с
- 30 с
- 0,3 с

Физика. Задача 30. Мостовая схема (1 балл)



Измерительный мост — электрическая схема для измерения электрического сопротивления элемента. Принцип работы измерительного моста основан на использовании сбалансированной мостовой схемы (см. рис.), изменением сопротивления реостата можно добиться баланса в мостовой цепи.

Юный физик Шестерёнкин решил измерить сопротивление резистора R_x . Для этого он собрал мостовую схему, показанную на рис., и приложил напряжение U_0 . Двигая ползунок реостата R_1 , он добился равновесия моста.

Найдите R_x , если $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 7$ Ом, $R_3 = 3$ Ом.

Ответ выразите в Омах и приведите с точностью до десятых, без указания единиц измерения.

Физика. Задача 31. Синхротронный анализ (1 балл)

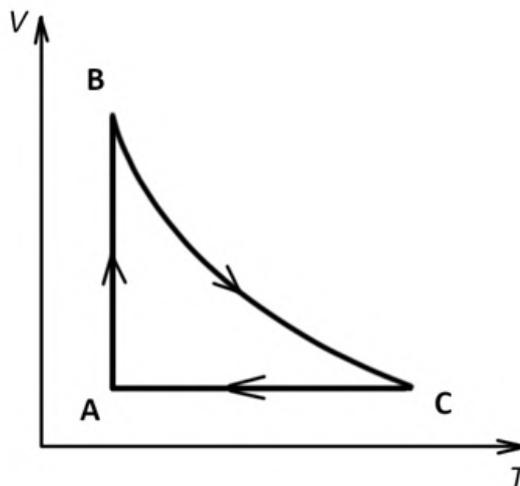
Синхротронное излучение - это электромагнитное излучение, которое генерируется при движении заряженных частиц, таких как электроны или позитроны, в синхротронном ускорителе. Это излучение имеет широкий спектр частот и используется в различных областях науки. Синхротронные источники излучения также используются для рентгеновской дифракции.

Для проведения анализа кристаллического образца использовали синхротронное излучение частотой $\nu = 1,95 \cdot 10^{18}$ Гц. При этом образце наблюдается дифракционный максимум в первом порядке при угле отражения $\theta = 20^\circ$. Определите расстояние между плоскостями решётки кристалла.

Ответ дайте в ангстремах и округлите до сотых. В поле для ответа приведите число без единиц измерения.

Физика. Задача 32. Идеальный газ (1 балл)

На рисунке представлена VT-диаграмма идеального газа. В какой точке/точках давление газа максимально? В какой точке/точках внутренняя энергия газа максимальна?

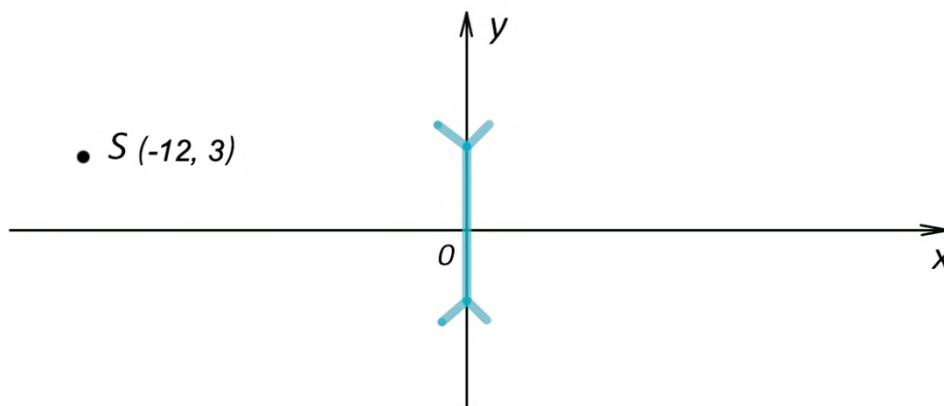


Выберите один ответ:

- Давление и внутренняя энергия максимальны в точке C
- Давление и внутренняя энергия максимальны в точке B
- Давление максимально в точках B и C, внутренняя энергия максимальна в точке C
- Давление максимально в точке B, внутренняя энергия максимальна в точке C

Физика. Задача 33. Линза (1 балл)

На рисунке представлена схема с рассеивающей линзой. Линза с фокусным расстоянием 6 см расположена в начале координат, ось x направлена вдоль главной оптической оси линзы. В точке с координатами $(-12 \text{ см}, 3 \text{ см})$ находится точечный объект S . Найдите координаты изображения объекта S' .



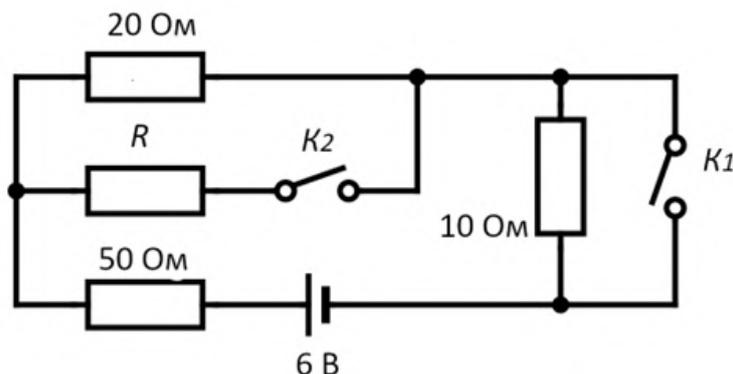
Выберите один ответ:

- (-4, -1)
- (12, 3)
- (12, -3)
- (-4, 1)

Физика. Задача 34. Выключатель (1 балл)

На рисунке представлена электрическая схема. Найдите сопротивление резистора R , если ток через резистор с сопротивлением 20 Ом одинаковый в случаях, если ключи K_1 и K_2 оба разомкнуты или оба замкнуты.

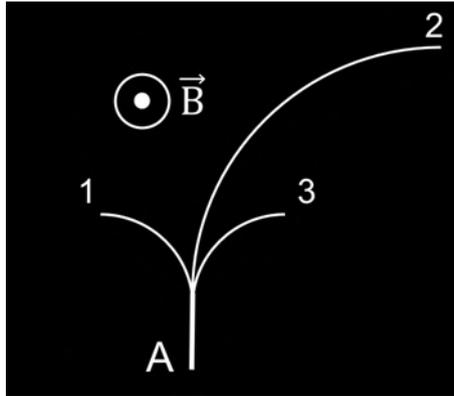
Ответ округлите до целых и укажите с единицами измерения.



Физика. Задача 35. Камера Вильсона (1 балл)

В камере Вильсона сохранились треки движения некоторых частиц, вылетающих из щели А с одинаковой скоростью (см. рисунок). Известно, что радиус кривизны трека второй частицы $R_2/3651 = R_1 = R_3$, а модуль заряда второй частицы в 2 раза больше зарядов первой и третьей частиц. Дополнительно известно, что первая частица всегда выделяется при β^- -распаде.

Определите вторую частицу.



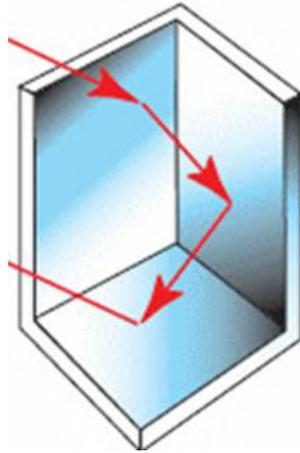
Выберите один ответ:

- электрон
- позитрон
- нейтрино
- альфа-частица
- гамма-квант
- нейтрон
- протон

Физика. Задача 36. От Земли до Луны (1 балл)

Измерить расстояние от Земли до Луны можно с помощью так называемого уголкового отражателя – трех взаимно перпендикулярных зеркал, отражающих световой луч строго в обратном направлении (см. рисунок). В 1969-1970 годах такие отражатели были доставлены на Луну в рамках советских и американских лунных программ, и используются до сих пор. Источником света выступает мощный лазер, располагающийся на Земле, излучение которого после отражения от уголкового отражателя на Луне возвращается обратно на Землю и попадает в детектор.

За какое время луч непрерывного лазера, направленный из неподвижного относительно Земли источника, пересечет видимую сторону Луны (по ее диаметру), если средний видимый угловой размер Луны составляет $31'05''$? Расходимостью лазерного луча пренебречь.

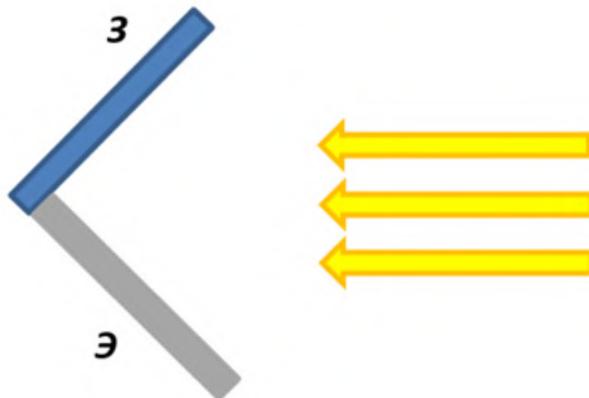


Выберите один ответ:

- 290
- 48
- 65
- 156
- 32
- 314
- 12
- 124

Физика. Задача 37. Интерференционное зеркало (1 балл)

Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 640 нм освещает зеркало (З), перпендикулярно которому располагается непрозрачный экран (Э). Определите период интерференционной картины (в нм), формирующейся на экране, если угол падения лучей на зеркало равен 60° .

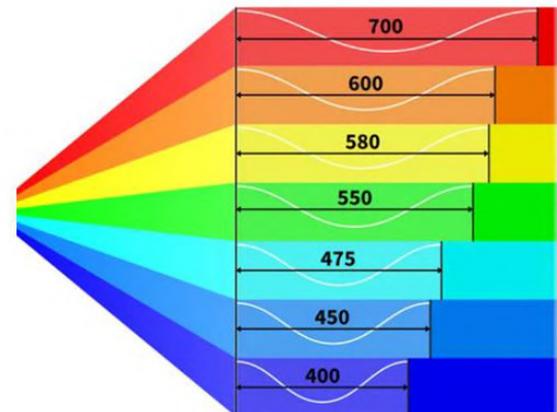
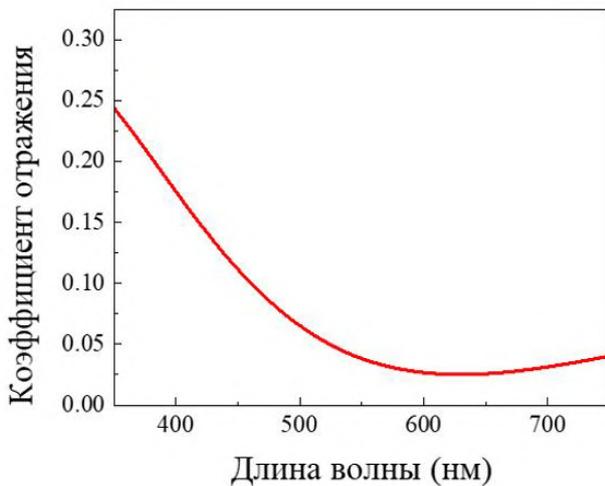


Выберите один ответ:

- 640
- 1280
- 320
- 1108
- 739
- 370
- 280
- 554

Физика. Задача 38. Цветные пленки (1 балл)

На графике приведен спектр отражения от поверхности тонкой прозрачной пленки, нанесенной на кремниевую подложку. Пользуясь соответствием между длиной волны и цветом для волн видимого диапазона спектра (см. рисунок), определите цвет пленки в отраженном естественном свете.



Выберите один ответ:

- жёлтый
- фиолетовый
- голубой
- оранжевый
- синий
- зелёный
- красный

Физика. Задача 39. Капиллярный эффект (1 балл)

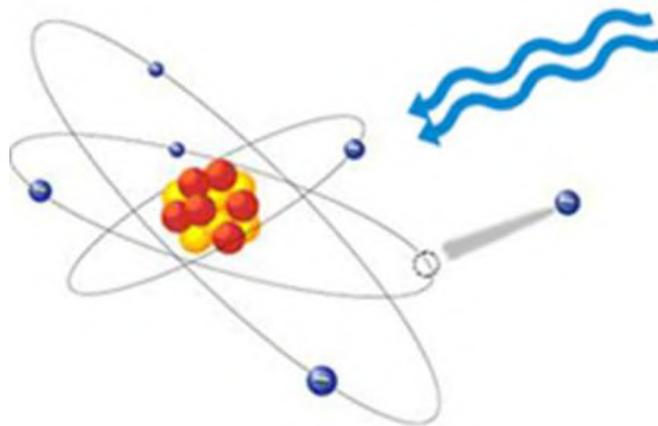
Открытую с обеих сторон тонкую трубку с внутренним диаметром $D = 1$ мм и длиной $L = 20$ см опускают наполовину в воду ($\rho = 1$ г/см³, коэффициент поверхностного натяжения $\sigma = 73$ мН/м). После этого нижнее отверстие трубки закрывают и вынимают ее из воды. Определите высоту столба воды H (в мм), оставшегося в трубке после открытия нижнего отверстия. Считайте, что вода полностью смачивает стенки трубки. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

Выберите один ответ:

- 58
- 76
- 39
- 29
- 88
- 129
- 52
- 100

Физика. Задача 40. Энергия связи (1 балл)

При облучении атомов углерода рентгеновским излучением регистрируется поток электронов, вырванных из внутренних $1s$ оболочек и обладающих определенной кинетической энергией. Известно, что длина волны рентгеновских лучей равнялась $\lambda = 7.6$ Å, а кинетическая энергия отдачи, которую получали атомы углерода при эмиссии электрона, составляла $E_{\text{отд}} = 61.7$ мэВ. Оцените энергию связи $E_{\text{св}}$ электронов $1s$ оболочек в атомах углерода (в эВ). Скорость света примите равной $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.



Выберите один ответ:

- 368
- 115
- 280
- 10
- 77
- 19
- 301
- 324

Математика. Задача 41 (1 балл)

Многогранник, отвечающий фуллерену, может иметь:

(Отметьте только верные утверждения.)

- 2024 ребра
- 2024 шестиугольных грани
- 2024 вершины

Математика. Задача 42 (1 балл)

Найдите x , если тетраэдрический фуллерен $(x, x + 2)$ состоит из 2024 атомов углерода, а общее число атомов в нем можно рассчитать по формуле $N = 4(n^2 + nm + m^2) - 8$, где (n, m) — целые неотрицательные числа, однозначно задающие этот фуллерен.

Ответ приведите в виде целого числа.

Математика. Задача 43 (1 балл)

Нанокластер, содержащий точно 2024 атома металла, может иметь форму:

Выберите один или несколько ответов:

- квадратной призмы
- треугольника
- треугольной призмы
- тетраэдра
- куба
- квадрата

Математика. Задача 44 (1 балл)



В 2017 году, чтобы передать в вычислительный центр все данные, полученные телескопами проекта «Event Horizon Telescope» (ЕНТ) в ходе наблюдений черной дыры в центре Млечного Пути, понадобилось полтонны жестких дисков и самолет. Но наука не стоит на месте, и для усложнения микросхем памяти справедлива следующая зависимость: «емкость увеличивается в четыре раза каждые три года». Через сколько лет на одном SSD-диске можно будет сохранить 4 Пб информации, полученные телескопами ЕНТ, если сейчас объем коммерчески доступного SSD-диска ограничен 256 ТБ?

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 45 (1 балл)

Сколько вариантов последовательности существует для фрагмента вирусной РНК, состоящего из 4 нуклеотидов **C** и 3 нуклеотидов **U**? Последовательность нуклеотидов несимметрична, то есть имеет начало и конец.

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 46 (1 балл)

В пробирке находятся наночастицы (NP) с прикрепленными к ним молекулами сополимера, формула которых может быть записана как $NP-A_{10}B_{10}$, где **A** и **B** — два разных типа мономерных звеньев. Если для каких-то молекул сополимера структурную формулу удастся записать в виде $NP-(A_xB_x)_n$ при $n > 1$, такие сополимеры называют регулярными.

Какова вероятность того, что случайно выбранная наночастица $NP-A_{10}B_{10}$ будет иметь регулярную структуру с $n = 2$?

Ответ приведите в виде десятичной дроби с точностью не менее 4 значащих цифр.

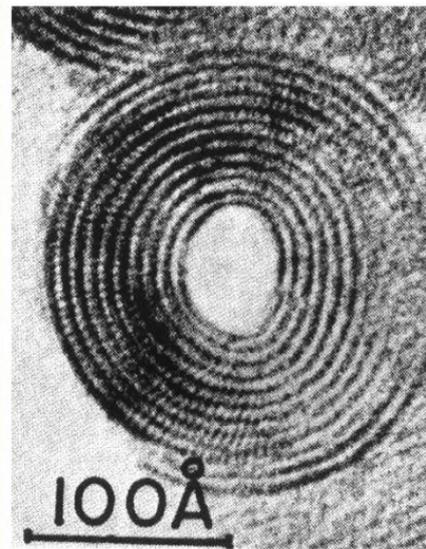
Математика. Задача 47 (1 балл)

Известно, что некоторый адсорбент имеет удельную площадь поверхности, равную $400 \text{ м}^2/\text{г}$. Частицы какой формы и размера он может иметь, если плотность составляющего материала равна $3 \text{ г}/\text{см}^3$?

Выберите один или несколько ответов:

- ни один из вышеперечисленных
- куб с ребром 5 нм
- цилиндр с радиусом 5 нм и высотой, равной радиусу
- цилиндр с диаметром 5 нм и высотой, равной диаметру
- шар с радиусом 5 нм
- шар с диаметром 5 нм

Математика. Задача 48 (1 балл)



Хризотил-асбест – белый асбест, состоящий из гидросиликата магния, отдельные слои которого сворачиваются в волокна – нанорулоны (рис). Во сколько раз внутренний диаметр нанорулона меньше его внешнего диаметра, если известно, что нанорулон получен путем сворачивания квадратного листа, сторона которого в 10 раз больше диаметра итогового нанорулона? Толщину слоя считать равной 14 \AA , диаметр нанорулона – 200 \AA , нанорулон сворачивается вдоль одной из сторон исходного листа.

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

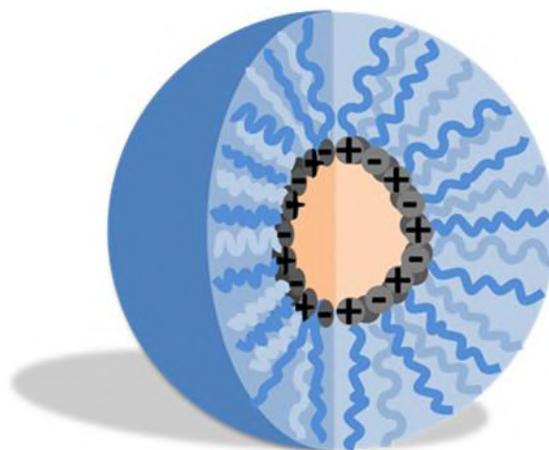
Математика. Задача 49 (1 балл)

Гидрогели — это полимерные материалы, отличающиеся способностью поглощать и удерживать воду в количествах, в разы превышающих их собственную массу.

Рассчитайте, во сколько раз масса поглощенной воды больше массы исходного гидрогеля, если диаметр сферической гранулы сухого гидрогеля в 4 раза меньше, чем мокрого, а плотность сухого гидрогеля составляет $1,4 \text{ г/см}^3$. Считать, что увеличение объема гранулы происходит только за счет поглощаемой воды (плотность 1 г/см^3).

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 50 (1 балл)



При проведении синтеза в мицеллах были получены сферические наночастицы палладия радиусом 3 нм. Рассчитайте минимальный диаметр внутренней полости мицеллы, в которой могла сформироваться такая наночастица, если плотность наночастицы составляет 12 г/см^3 , а литр раствора, заключенного в полость, содержит 25 г палладия.

Ответ приведите в виде десятичной дроби с точностью не менее 2 значащих цифр и выберите единицу измерения.

Математика. Задача 51 (1 балл)

Рассчитайте расстояние между центрами капель масла в воде, если объемная доля масла составляет 0,1%, а радиус капель равен 40 нм. Считать, что центры капель масла расположены друг относительно друга как вершины куба.

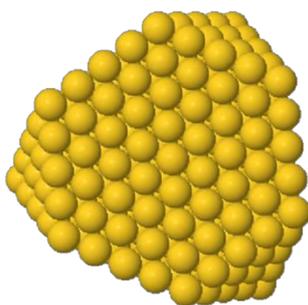
Ответ приведите в виде целого числа и выберите единицу измерения.

Математика. Задача 52 (1 балл)

Из сплава **AB**, содержащего 10 об. % металла **B**, были изготовлены наночастицы радиуса r . Далее, при нагревании, произошло разделение компонентов сплава, то есть, теперь сферическое «ядро» из металла **A** окружено оболочкой из металла **B**. Рассчитайте r , если толщина оболочки равна 2 нм.

Ответ выразите в нанометрах и приведите с точностью до целых без указания единиц измерения.

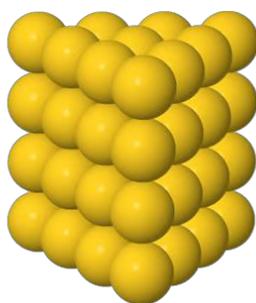
Математика. Задача 53 (1 балл)



Рассмотрим металлический нанокластер в форме правильного усеченного тетраэдра, на ребро которого приходится a атом(-а, -ов) металла (рис.). Удалим все атомы металла, находящиеся на его поверхности. Сколько раз нужно повторить такую процедуру, чтобы получить из исходного нанокластера нанокластер в форме правильного тетраэдра?

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 54 (1 балл)

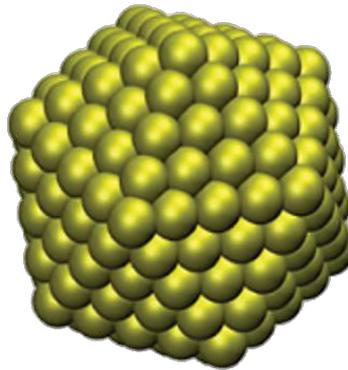


Рассмотрим металлический нанокластер в форме равносторонней треугольной призмы, на ребро которой приходится b атомов металла. Удалим все атомы металла, находящиеся на его поверхности.

Сколько раз нужно повторить такую процедуру, чтобы получить нанокластер, высота которого в 2 раза превышает длину ребра треугольной грани?

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 55 (1 балл)



Общее число атомов металла, соответствующее двум вложенным друг в друга полым металлическим кластерам (ПМК) в форме полого октаэдра, равно числу атомов в ПМК в форме полого икосаэдра. Найдите x , если на ребра октаэдров приходится по x и $x + 2$ атома металла, соответственно, а на ребро икосаэдра – x атомов металла.

Общее число атомов в ПМК в форме полого октаэдра $4n^2 - 8n + 6$,

общее число атомов в ПМК в форме полого икосаэдра $10n^2 - 20n + 12$,

где n – число атомов, приходящееся на ребро ПМК.

Ответ приведите в виде целого числа.

Математика. Задача 56 (1 балл)

Отметьте кластеры, для которых удаление всех атомов, лежащих на поверхности, приведет к уменьшению числа атомов, приходящихся на ребро, на 2.

Выберите один или несколько ответов:

- треугольная бипирамида
- куб
- октаэдр
- квадратная пирамида
- тетраэдр
- икосаэдр

Математика. Задача 57 (1 балл)

Какими многогранниками можно заполнить трехмерное пространство так, чтобы не осталось промежутков?

Выберите один или несколько ответов:

- додекаэдр
- кубооктаэдр
- тетраэдр
- равносторонняя шестиугольная призма
- усеченный октаэдр
- икосаэдр
- куб
- усеченный тетраэдр
- равносторонняя пятиугольная призма
- октаэдр

Математика. Задача 58 (1 балл)

Каково минимальное число атомов углерода в фуллерене, которому отвечает многогранник, содержащий разделенные (то есть, не имеющие общих ребер) пятиугольники?

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 59 (1 балл)

Известно, что существуют такие нанокластеры в форме куба (обозначим их как **A**), из атомов которых без остатка можно сложить три других нанокластера (**Б**, **В**, **Г**), также имеющих форму куба, каждый из которых состоит из более чем одного атома. Написав программу на любом языке программирования, найдите число атомов, приходящихся на ребро самого маленького нанокластера **A**.

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 60 (1 балл)

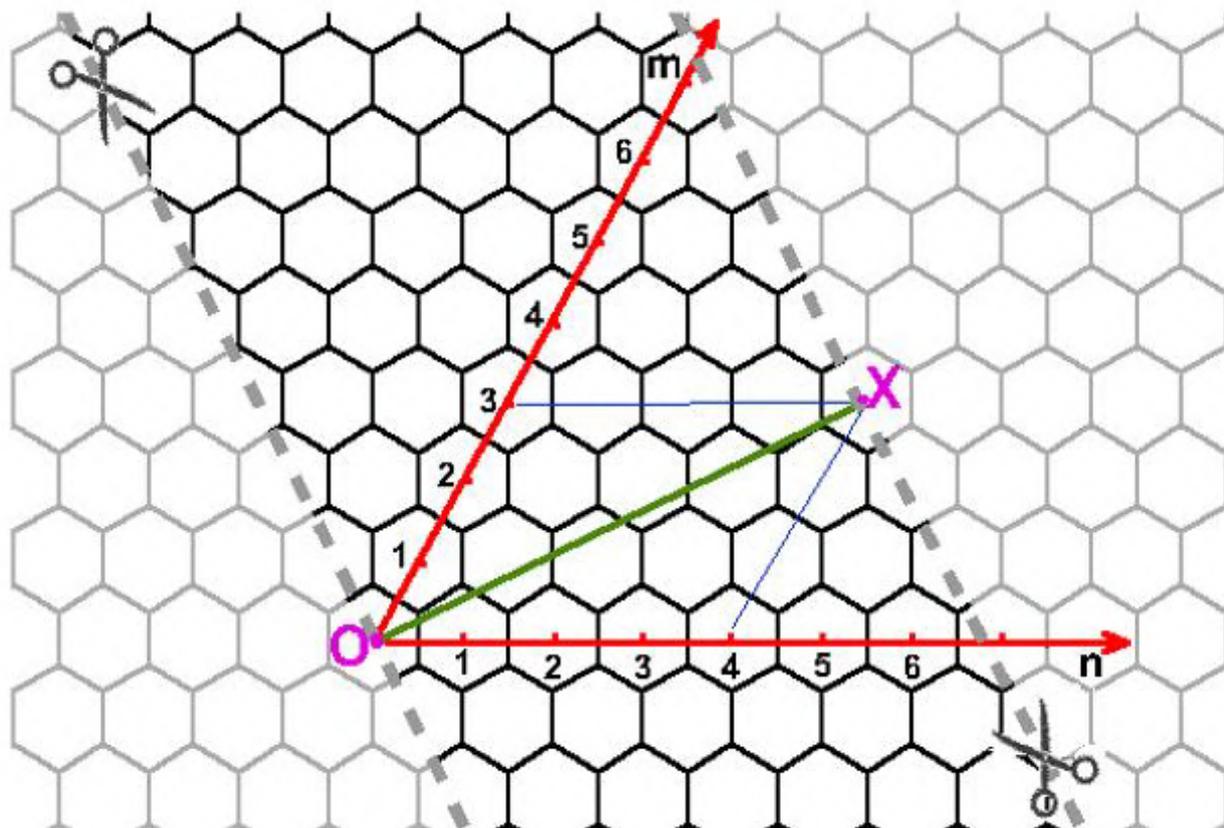


Рис. Углеродную нанотрубку (УНТ) можно задать одной парой шестиугольников на листе графена, для чего необходимо через центры этих шестиугольников (точки O и X , взаимное расположение которых в «скошенной» системе координат задается двумя целыми неотрицательными числами, n и m – индексами хиральности) прочертить линии разреза, перпендикулярные отрезку OX , вырезать по ним полоску графена и затем соединить ее края. Здесь приведен пример для «выкройки» трубки с $n = 4$ и $m = 3$.

Рассчитайте длину (в нм) открытой углеродной нанотрубки (УНТ) с индексами $(n, 0)$, если известно, что УНТ состоит из $X \times n$ шестиугольников. Считать, что расстояние между соседними атомами углерода в УНТ равно $0,142$ нм, а атомы являются точечными.

Ответ приведите в виде десятичной дроби с точностью как минимум до второго знака после запятой без единиц измерения.

Биология. Задача 61. Вирусы (1 балл)

О необычном мире вирусов знают почти все. Ученые до сих пор не могут сойтись на том, относятся ли вирусы к живой или неживой природе. А хорошо ли знаете особенности вирусов Вы? Выберите все истинные утверждения о вирусах.

Выберите один или несколько ответов:

- существуют вирусные частицы, состоящие только из белка
- существуют вирусы, состоящие только из ДНК
- некоторые штаммы особых вирусов используют в антибактериальной терапии
- есть вирусы, паразитирующие на вирусах
- существуют вирусные частицы, которые содержат в своем составе РНК
- существуют вирусы, состоящие только из РНК
- вирусы поражают все типы организмов

Биология. Задача 62. Как боролись с гемофилией (1 балл)

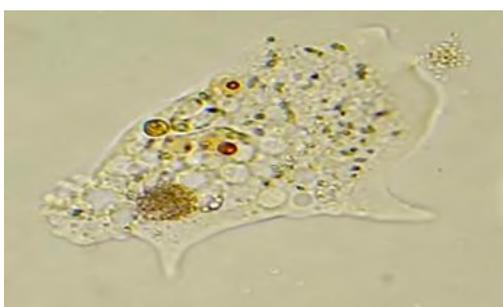
Известно, что единственный сын последнего российского императора Николая II Алексей был болен гемофилией — наследственным заболеванием, передающимся с X-хромосомой. Из-за отсутствия в крови одного из белков, необходимых для свертывания крови, каждое незначительное кровотечение становилось опасным для жизни. В начале XX века было не так много возможностей помочь человеку с гемофилией, как сейчас, но некоторые способы оказать помощь все-таки были. Какие из предложенных вариантов вы бы посоветовали для лечения сына императора? Представьте, что на дворе 1910 год.

Выберите один или несколько ответов:

- Введение в кровь пациента выделенного из крови здоровых людей недостающего белка
- Просто подождать
- Переливание крови
- Внутривенное введение физиологического раствора
- Введение в рану яичного белка
- Инъекция хлорида кальция

Биология. Задача 63. Кислородная катастрофа (1 балл)

Около 2,5 млрд лет назад произошло событие, названное кислородной катастрофой. Выберите из списка живые существа, предки которых стали причиной этой катастрофы.



Биология. Задача 64. Кровеносная система (1 балл)

Известно, что основная функция кровеносной системы – это транспорт по организму кислорода, питательных веществ и углекислого газа. Давайте проверим, насколько хорошо Вы знаете особенности сердца – главного “мотора” кровеносной системы – и крупных сосудов. В каких из нижеперечисленных отделов сердца и сосудов у человека находится венозная кровь?

Выберите один или несколько ответов:

- легочная артерия
- левый желудочек
- легочная вена
- правое предсердие
- правый желудочек
- левое предсердие

Биология. Задача 65. Необычная окраска (1 балл)

Выберите картинки, на которых представлены примеры структурной окраски в животном и растительном мире.

Выберите один или несколько ответов:





Биология. Задача 66. Необычные митохондрии (1 балл)



Всем известно, что основная функция митохондрий - это синтез АТФ. Однако, кроме этого митохондрии обладают множеством других свойств и функций. Выберите те свойства/функции митохондрий, которые **никогда не** реализуются в клетках.

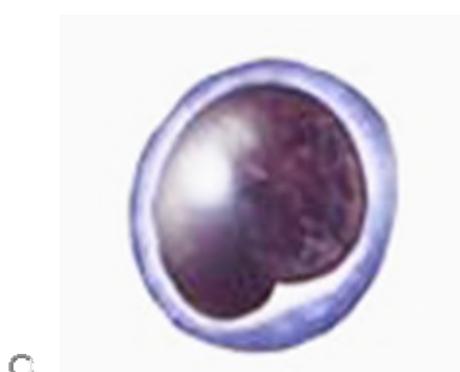
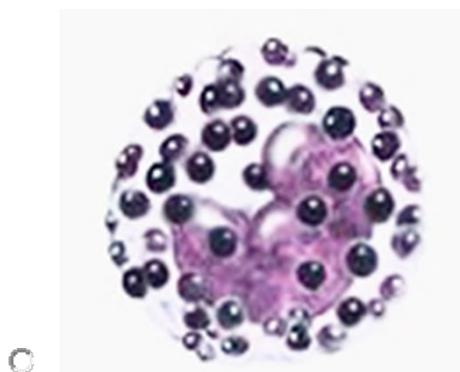
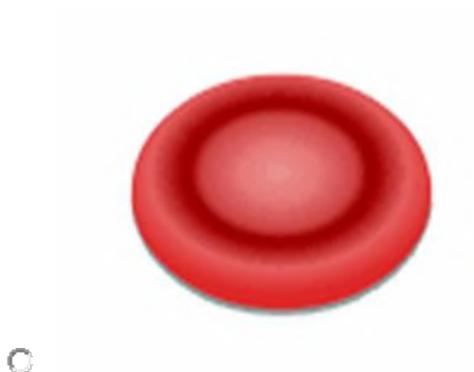
Выберите один или несколько ответов:

- Фиксация углекислого газа
- Гликолиз
- Синтез белков
- Образование веретена деления
- Генерация активных форм кислорода
- Фоторецепция
- Хранение ионов Ca^{2+}
- Потребление кислорода
- Продукция углекислого газа
- Инактивация активных форм кислорода

Биология. Задача 67. Особенности метаболизма (1 балл)

Выберите клетки крови человека, в которых АТФ синтезируется только в процессе гликолиза:

Выберите один ответ:



Биология. Задача 68. Полимеры в организме (1 балл)

Из перечисленных веществ, находящихся в теле человека, полимерами являются:

Выберите один или несколько ответов:

- кератин
- гликоген
- рибонуклеиновая кислота
- триптофан
- цитозин
- арахидоновая кислота
- глюкоза

Биология. Задача 69. Раковые клетки (1 балл)



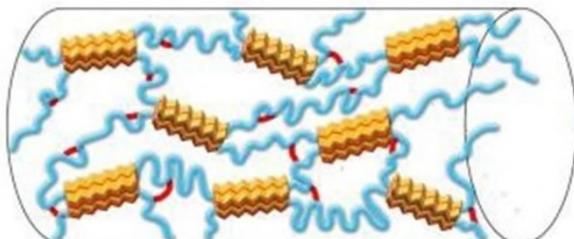
Несмотря на многочисленные биомедицинские исследования, раковые заболевания по-прежнему остаются одними из самых тяжелых патологий. Свойства раковых (опухолевых) клеток существенно отличаются от свойств здоровых клеток, что и делает первые крайне устойчивыми к различным воздействиям и типам терапии. Укажите все правильные утверждения относительно того, что происходит в опухолевых клетках по сравнению со здоровыми клетками.

Выберите один или несколько ответов:

- Усиливаются процессы транскрипции и трансляции
- Клетки более активно делятся
- Подавляется распознавание и уничтожение раковых клеток иммунными клетками
- Замедляется синтез белков
- Увеличивается образование активных форм кислорода
- Активируется гликолиз
- Ингибируется окислительное фосфорилирование
- Останавливается синтез липидов
- Изменяется морфология клеток

Биология. Задача 70. Растяжение паутины (1 балл)

Паутина – очень интересный объект для изучения, подающий большие надежды для применения. Поэтому некоторые виды паутины (а один паук может создавать до семи видов паутины) изучены весьма неплохо. Лучшее всего изучена паутина нити спуска. Она состоит из белков спидроинов, и мы знаем, как примерно эти белки устроены.



Спидроины состоят из «плиточек», образованных бета-складками (показаны на рисунке желтым), и неструктурированных нитей (на рисунке – голубые). Плиточки обеспечивают паутине прочность, а нити – эластичность, способность растягиваться. Вы помните, что укладку белковой цепи в пространстве определяют его вторичная и третичная структуры. Какая из них отвечает за прочность паутины, а какая за эластичность?

Выберите один ответ:

- за обе – вторичная
- за обе – третичная
- за прочность – вторичная, за эластичность – третичная
- за прочность – третичная, за эластичность – вторичная

Биология. Задача 71. Кислотность воды в водоеме (1 балл)

Группа учеников раз в неделю весной исследовала водоем на показатель pH. Все измерения они тщательно записывали в таблицу, а также, как настоящие исследователи, проводили измерения по несколько раз. Через месяц ученики заметили, что значение pH сместилось в щелочную сторону. Вася выдвинул предположение, что в изменении pH виноваты дачники, которые выливали азотные удобрения в водоем. Наташа предположила, что значение pH изменилось из-за того, что с гор натекло много воды с кальцием. Однако Петя обратил внимание на то, что вода стала иметь желтоватый оттенок, водорослей в водоеме не стало больше, но рыбы чаще глотали воздух с поверхности водоема.

День измерения	Кислотность воды, ед. рН					
	Измерение 1	Измерение 2	Измерение 3	Измерение 4	Измерение 5	Измерение 6
0	7,2	7,2	7,6	7,3	7,4	7,4
2	7,4	7,1	6,9	7,6	7,5	7,4
4	6,4	6,2	7,2	6,4	6,6	6,6
8	6,8	6,7	7,3	6,8	5,9	7,2
10	5,4	5,8	5,6	5,9	5,7	5,7
16	5,2	5,0	5,4	5,3	5,2	5,2
32	4,5	4,3	4,7	4,7	4,5	4,5

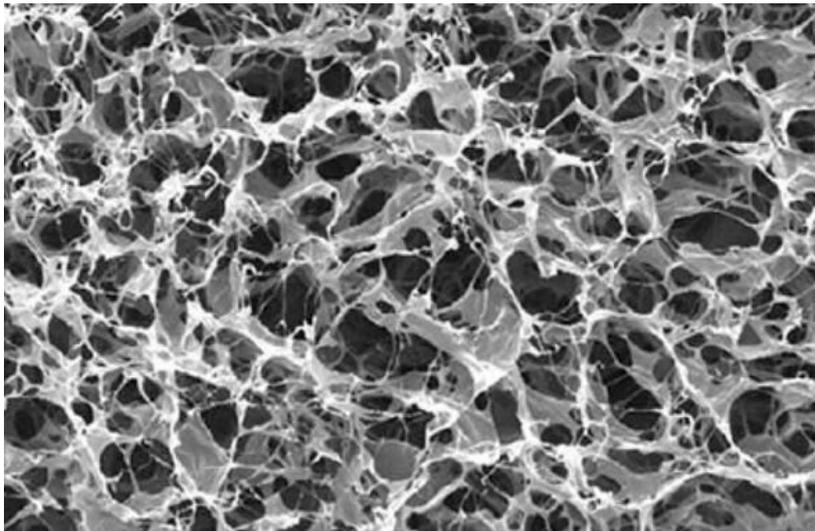
Выберите правильные утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа полученных результатов.

Выберите один или несколько ответов:

- Наташа была права
- Значение рН в водоеме со временем повысилось, и вода стала кислой
- Для точности надо делать больше измерений рН
- Вася был прав
- Для того, чтобы в воде поселилось много водорослей, должно пройти больше времени, а также требуются фосфатные удобрения
- Только на 10 день эксперимента рН среды стал изменяться.
- После 8 дня эксперимента среда в водоеме стала сильнощелочной
- У воды, которую взяли для эксперимента, кислотность изначально не была нейтральной.
- Рыбы глотали воздух с поверхности воды, потому что после льда на поверхности водоема в воде было низкое содержание кислорода

Биология. Задача 72. Скаффолд-технологии (1 балл)

Тканевая инженерия позволяет замещать фрагменты поврежденных органов при помощи скаффолд-технологии: из белков, керамики или других полимерных материалов создается трехмерный каркас, на котором культивируются клетки. Затем этот каркас помещают на место повреждения, клетки продолжают расти, постепенно нарабатывая внеклеточный матрикс. Биodeградируемые скаффолды постепенно разрушаются, полностью уступая место тканям организма. Таким образом, скаффолды временно замещают внеклеточный матрикс и облегчают рост клеток в поврежденном участке организма. Выберите свойства скаффолдов, которые вы считаете важными для успешного роста клеток (возможны несколько правильных ответов).

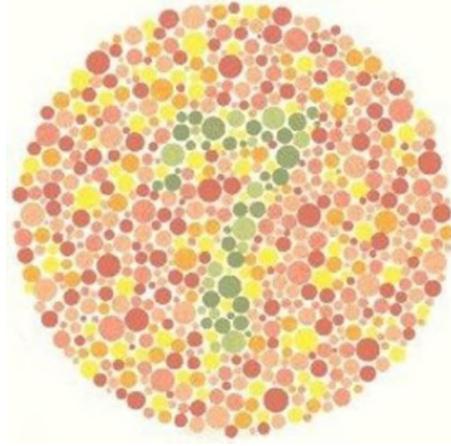


Выберите один или несколько ответов:

- Жесткость (упругость) материала, из которого изготовлен скаффолд
- Размер пор (пористость) трехмерного скаффолда
- Химический состав поверхности скаффолда
- Прочность скаффолда
- Цвет материала, из которого изготовлен скаффолд
- Устойчивость скаффолда к действию высокой температуры (100 С и выше)
- Устойчивость материала скаффолда к действию ультрафиолетового излучения

Биология. Задача 73. Цветовое зрение (1 балл)

Добрый доктор Айболит однажды решил выяснить, кто из его пациентов не различает цвета и видит мир черно-белым. Людей протестировать просто. Им нужно показать картинку типа такой:



И спросить, какое число они видят. Человек с нарушенным цветовым зрением не сможет прочесть число.

Но животные не знают чисел. И разговаривать не умеют. А некоторые даже не умеют намеренно издавать звуки. Тогда доктор Айболит придумал показывать своим пациентам картинки, на которых изображена любимая еда этого животного. И смотрел на их реакцию. Например, если пчела садилась на изображение цветка и пыталась найти в нем нектар, значит, она увидела цветок. И таким образом он обследовал животных (список ниже).

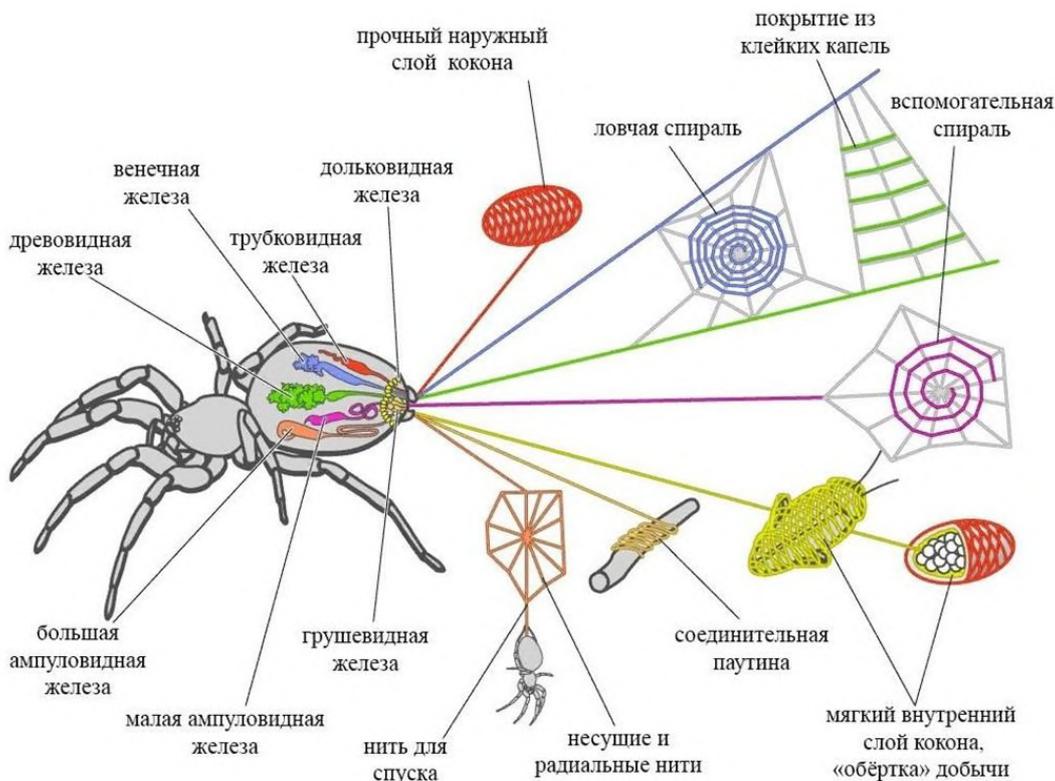
Как вы думаете, какие результаты получил доктор Айболит? Какие животные, по его мнению, не имеют цветового зрения? Давайте будем считать, что картинка может быть очень правдоподобна, но не имеет запаха и не издает звуков.

Выберите один или несколько ответов:

- жираф
- пчела
- щука
- морской гребешок
- волк
- кубомедуза

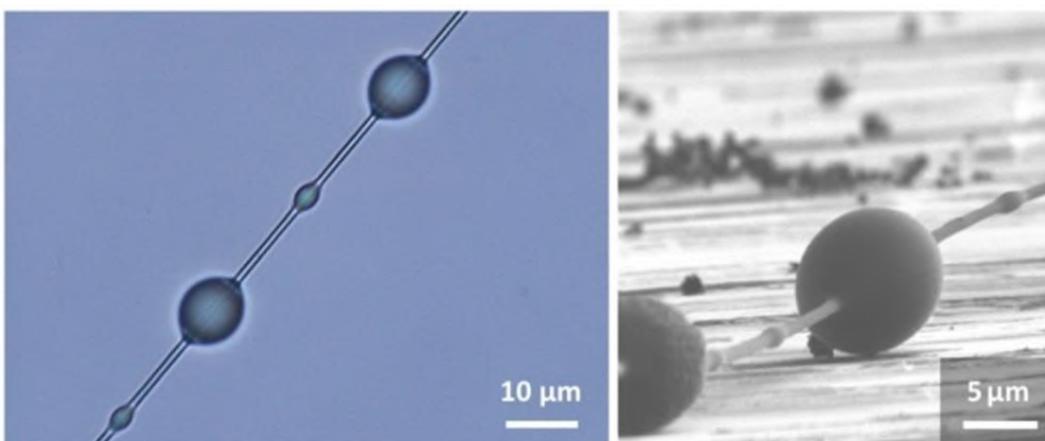
Биология. Задача 74. Эластичность паутины (1 балл)

Все знают, что паук плетет ловчую сеть из паутины, которую выделяет специальными железами, и в нее ловит свою добычу. Паутина – это сложная инженерная конструкция, собранная из разных материалов – паутины разных типов.



Ловчая сеть обычно растянута на веточках, но проблема в том, что веточки качаются – и от ветра, и от трепыхания жертвы. То есть нити паутины то натягиваются сильнее, то могут провиснуть.

Чтобы нити не провисали, они должны сжиматься, когда растяжение ослабевает. Особенно это важно для ловчей спирали, которая покрыта клейкими капельками.



Давайте подумаем, есть ли какие-то механизмы, которые позволяют паутине меньше провисать?

Выберите один ответ:

- Нет никакого дополнительного механизма, провисла и провисла, не беда, потом натянется.
- Нить ловчей сети перекручена, поэтому при ослаблении натяжения она скручивается в маленькие спиральки, а когда натяжение восстанавливается, спиральки раскручиваются.
- Паук должен в таких случаях обслуживать паутину и подтягивать радиальные нити так, чтобы она висела ровно.
- Ловчая нить втягивается в капельки клея, внутри капли спирально располагается длинный фрагмент нити, поэтому нить укорачивается.

Биология. Задача 75. Мутация в популяции (1 балл)

На одном острове обитают популяции мангустов, змей, лягушек и кузнечиков, образующих пищевую цепь. Основным источником питания кузнечиков являются злаки.

Неожиданно, по неизвестной причине, среди злаков развилась мутация в аутосомном двухаллельном гене (**Aa**). Проявлялась мутация как появление горького вкуса у гомозиготных злаков **aa**, да такого, что даже кузнечики отказывались ее есть. В остальном горькие злаки ничем не отличались от нормальных. Наиболее очевидные для наблюдателей изменения после появления этой мутации проявились как сокращение популяции мангустов в течение нескольких лет на 20% (их было довольно мало, что позволяло проводить такие подсчеты). После этого численность популяции стабилизировалась, а состояние всех животных в пищевой цепи ничем не отличалось от «домутационного».

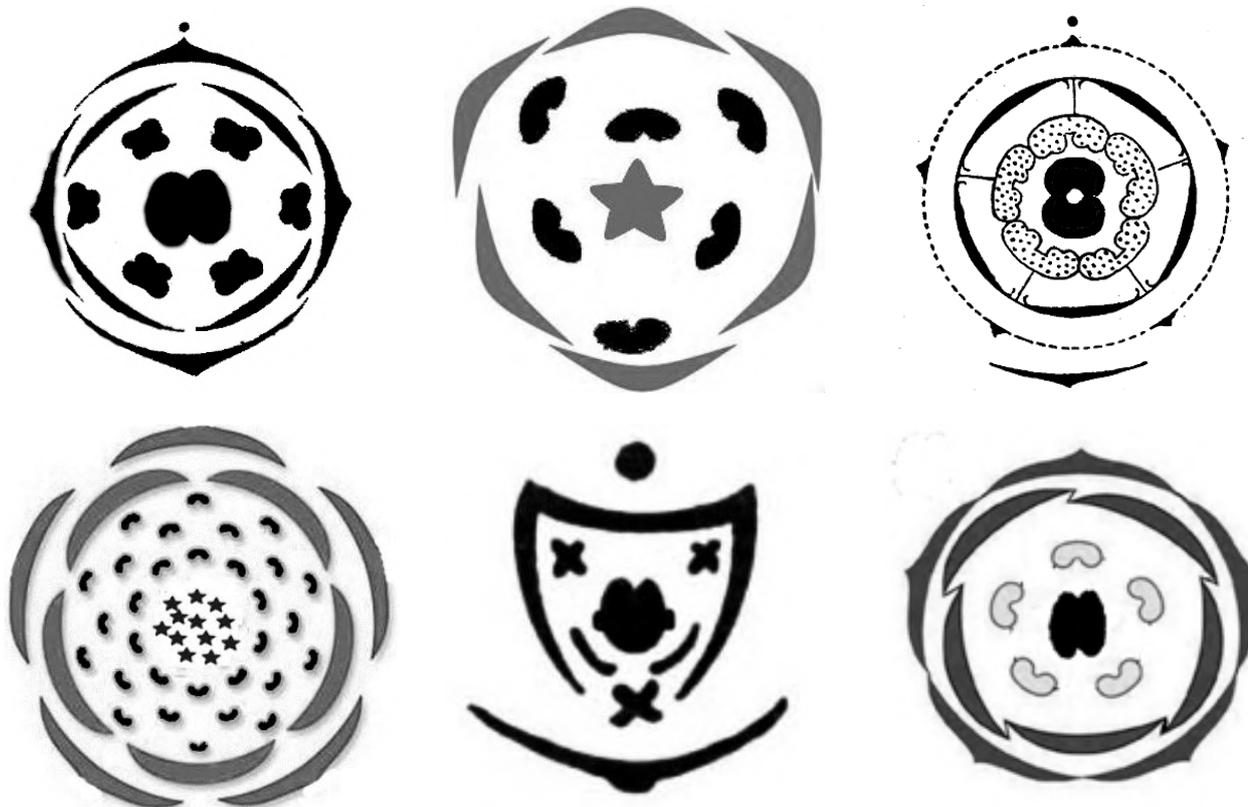
Рассчитайте частоту встречаемости немутированного аллеля (**A**) в популяции злаков.

Выберите один ответ:

- 0,95
- 0,75
- 0,15
- 0,25
- 1,00
- 0,55

Биология. Задача 76. Угадай семейство (1 балл)

Установите соответствие между названиями семейств и приведенным на рисунках диаграммам цветков.



- Астровые (*Asteraceae*)
- Бобовые (*Fabaceae*)
- Вьюнковые (*Convolvulaceae*)
- Злаковые (*Poaceae*)
- Зонтичные (*Apiaceae*)
- Крестоцветные (*Brassicaceae*)
- Лилейные (*Liliaceae*)
- Пасленовые (*Solanaceae*)
- Розовые (*Rosaceae*)

Биология. Задача 77. Аварийный рацион (1 балл)

Межпланетный космический корабль с экипажем из одного пилота-исследователя потерпел аварию, однако пилоту удалось спастись, благодаря экспериментальной капсуле, встроенной в служебный костюм исследователя. Активировалась капсула практически мгновенно от команды имплантированных в тело астронавтов нанороботов и позволяла достаточно комфортно существовать в условиях вакуума в течение нескольких дней, подпитываясь энергией от тела находящегося в ней существа.

К сожалению, поскольку капсула была экспериментальной, в нее не успели включить аварийный питательный рацион, поэтому необходимая энергия для поддержания ее жизнедеятельности (21 000 кДж в сутки) полностью заимствовалась из организма.

Оцените, сколько живой массы (гликоген+жир+мышцы) потеряет астронавт в течение 2-х суток (проблемы, связанные с обезвоживанием и нарушением солевого гомеостаза, не учитываем). Результат укажите в кг.

Изначальный вес астронавта составлял 80 кг, из которых 600 г приходилось на гликоген, 20 кг на жир, а 40 кг на мышцы, минимальный уровень энергопотребления организма составляет 1900 ккал в сутки. Расщепление 1 кг гликогена дает около 4200 ккал, жиров около 9400 ккал, белка 4700 ккал. Упрощая, считаем, что изначально расходуются изначально гликоген, потом жиры, а потом белки организма. 1 ккал=4,2 кДж.

Выберите один ответ:

- 2,1
- 2,4
- 3,5
- 2,5
- 1,8
- 1,5
- 1,0

Биология. Задача 78. Эры Земли (1 балл)

Установите соответствие между эрами (помеченными арабскими цифрами) и периодами (помеченными латинскими буквами) по геохронологической шкале. Задание считается решенным правильно, если верно указаны все соответствующие пары. Внимание! У эры или периода пары может и не быть.

1. Архей
2. Кайнозой
3. Мезозой
4. Палеозой
5. Протерозой

- a. Кембрий
- b. Мел
- c. Пермь
- d. Третичный
- e. Юрский

Выберите один ответ:

- 3b; 3e; 4a; 4c, 5d
- 2d; 3b; 3e; 4a; 4c
- 1d, 2b, 3c, 4a, 4c
- 2d; 3b; 3e; 4a; 5c
- 2d; 3b; 3e; 3a; 4c

Биология. Задача 79. Непереносимость лактозы в популяции (1 балл)



Непереносимость лактозы (неспособность усваивать молоко, что выражается в различных нарушениях работы желудочно-кишечного тракта) обусловлена снижением активности (количества) фермента лактазы. Лактаза кодируется геном LCT, а его активность регулируется геном MCM6. Наследственная непереносимость лактозы обусловлена мутациями в гене MCM6. Существуют две формы гена MCM6 – С и Т. Гомозиготы ТТ хорошо переносят молоко и молочные продукты, лактоза легко усваивается; гомозиготы СС неспособны к усвоению лактозы; у гетерозигот уровень активности лактазы варьирует, как правило, с возрастом развивается лактазная недостаточность. Считаем, что патология развивается, если хотя бы одна копия гена в генотипе в виде формы С. Рассчитайте частоту встречаемости «нормального» аллеля синтеза лактазы в большой популяции, если доля людей с непереносимостью в этой популяции составляет 75%.

Выберите один ответ:

- 0,25
- 0,5
- 1,0
- 0,75

Биология. Задача 80. Определи пептид (1 балл)

Последовательность нуклеотидов из середины кодирующего участка мРНК содержит информацию о некоем пептиде. Используя таблицу кодонов, определите закодированный полипептид. В качестве ответа запишите последовательность аминокислот искомого пептида в виде однобуквенных обозначений (например, лейцин-тирозин-аспарагин - LYN)

CGAUAGCCACAACGAUAUCUCGUGAUA

Таблица кодонов

1-е основание	2-е основание			
	U	C	A	G
U	UUU Фенилаланин (F) UUC Фенилаланин (F) UUA Лейцин (L) UUG Лейцин (L)	UCU Серин (S) UCC Серин (S) UCA Серин (S) UCG Серин (S)	UAU Тирозин (Y) UAC Тирозин (Y) UAA Стоп-кодон (Ochre) UAG Стоп-кодон (Amber)	UGU Цистеин (C) UGC Цистеин (C) UGA Стоп-кодон (Opal) UGG Триптофан (W)
C	CUU Лейцин (L) CUC Лейцин (L) CUA Лейцин (L) CUG Лейцин (L)	CCU Пролин (P) CCC Пролин (P) CCA Пролин (P) CCG Пролин (P)	CAU Гистидин (H) CAC Гистидин (H) CAA Глутамин (Q) CAG Глутамин (Q)	CGU Аргинин (R) CGC Аргинин (R) CGA Аргинин (R) CGG Аргинин (R)
A	AUU Изолейцин (I) альт. старт AUC Изолейцин (I) AUA Изолейцин (I) альт. старт AUG Метионин (M), стартовый	ACU Треонин (T) ACC Треонин (T) ACA Треонин (T) ACG Треонин (T)	AAU Аспарагин (N) AAC Аспарагин (N) AAA Лизин (K) AAG Лизин (K)	AGU Серин (S) AGC Серин (S) AGA Аргинин (R) AGG Аргинин (R)
G	GUU Валин (V) GUC Валин (V) GUA Валин (V) GUG Валин (V)	GCU Аланин (A) GCC Аланин (A) GCA Аланин (A) GCG Аланин (A)	GAU Аспарагиновая кислота (D) GAC Аспарагиновая кислота (D) GAA Глутаминовая кислота (E) GAG Глутаминовая кислота (E)	GGU Глицин (G) GGC Глицин (G) GGA Глицин (G) GGG Глицин (G)

Выберите один ответ:

- MANTDIS
- MTADNSI
- MATNDIS
- MVTNSID
- NATMSID

Всего – 80 баллов



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
11 класс (отборочный этап)
Решения

Химия. Решение задачи 1. Прокаливание

Правильный ответ: 6.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

$4\text{AgCl} + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 4\text{Ag} + 4\text{NaCl} + 2\text{CO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$. Масса твердого остатка меньше суммы масс исходных веществ на величину, равную сумме масс улетевших газов. $\nu(\text{AgCl}) = 5,17 / 143,5 = 0,036$ моль, $\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,91 / 106 = 0,018$ моль, исходные вещества взяты в стехиометрическом соотношении. $\nu(\text{CO}_2) = 0,018$ моль, $\nu(\text{O}_2) = 0,009$ моль. $m(\text{остатка}) = 5,17 + 1,91 - 0,018 \cdot 44 - 0,009 \cdot 32 = 6,00$ г.

Химия. Решение задачи 2

Правильный ответ: $\text{Cs}_3[\text{V}_2\text{Cl}_9]$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, вариант записи ответа без квадратных скобок $\text{Cs}_3\text{V}_2\text{Cl}_9$ также считается правильным и оценивается на максимальный балл.

Металл X – V, второй металл – цезий. Представим формулу комплекса в виде: $x\text{VCl}_3 \cdot y\text{CsCl}$, тогда уравнение для массовой доли ванадия имеет вид: $51x / (157,5x + 168,5y) = 0,1243$, откуда $y = 1,5x$, т.е. $x = 2$, $y = 3$, формула комплекса – $\text{Cs}_3[\text{V}_2\text{Cl}_9]$.

Химия. Решение задачи 3

Правильный ответ: 33,55.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,168$.

Зеленый оксид – Cr_2O_3 , желтая соль – Na_2CrO_4 , темно-красная жидкость – CrO_2Cl_2 . $\omega(\text{Cr}) = 52,0 / (52,0 + 2 \cdot 16,0 + 2 \cdot 35,5) = 0,3355 = 33,55\%$.

Химия. Решение задачи 4

Правильный ответ: NaTcO_4 .

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Элемент X – технеций, Tc (высшая с.о. +7), соль Y – NaTcO_4 . $\omega(\text{Tc}) = 99 / (23 + 99 + 64) = 0,532 = 53,2\%$.

Химия. Решение задачи 5

Правильный ответ: Fe₃C, H₂, C.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, варианты записи ответа вида Fe₃C, H₂, C; X - Fe₃C, Y - H₂, Z - C; X-Fe₃C, Y-H₂, Z-C; X = Fe₃C, Y = H₂, Z = C; X=Fe₃C, Y=H₂, Z=C также считаются правильными и оцениваются на максимальный балл.

Уравнение реакции: Fe₃C + 6HCl = 3FeCl₂ + 3H₂↑ + C↓. $\nu(\text{Fe}_3\text{C}) = 18 / 180 = 0,1$ моль, $\nu(\text{C}) = 0,1$ моль, $m(\text{C}) = 0,1 \cdot 12 = 1,2$ г, что полностью соответствует условию.

Химия. Решение задачи 6

Правильный ответ: (NH₄)₂PtCl₆, NH₃, Pt.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, варианты записи ответа вида (NH₄)₂PtCl₆, NH₃, Pt; X - (NH₄)₂PtCl₆, Y - NH₃, Z - Pt; X-(NH₄)₂PtCl₆, Y-NH₃, Z-Pt; X=(NH₄)₂PtCl₆, Y=NH₃, Z=Pt; X = (NH₄)₂PtCl₆, Y = NH₃, Z = Pt; (NH₄)₂[PtCl₆], NH₃, Pt; (NH₄)₂[PtCl₆], NH₃, Pt; X - (NH₄)₂[PtCl₆], Y - NH₃, Z - Pt; X=(NH₄)₂[PtCl₆], Y=NH₃, Z=Pt; X = (NH₄)₂[PtCl₆], Y = NH₃, Z = Pt; X-(NH₄)₂[PtCl₆], Y-NH₃, Z-Pt также считаются правильными и оцениваются на максимальный балл.

Очевидно, что газ Y – NH₃, тогда X – соль аммония. $\nu(\text{NH}_3) = 0,101 / 22,4 = 0,00451$ моль. На n моль ионов NH₄⁺ приходится $1,00 / (0,00451/n) = 222n$ г соли X, а при прокаливании образца X такой массы образуется $222n / 2,28 = 97,5n$ г простого вещества Z. При $n = 2$, $M(\text{Z}) = 195$ г/моль, Z – Pt, исходное вещество X – (NH₄)₂PtCl₆.

Химия. Решение задачи 7

Правильный ответ: Cu₂O.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

В 4 раза отличаются атомные массы Cu и O. В элементарной ячейке содержится 8 черных шариков и $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$ белых шарика. Соотношение 8 : 4, или 2 : 1 соответствует формуле оксида Cu₂O.

Химия. Решение задачи 8

Правильные ответы: кремний, нитрид бора.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/2 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

В структуре алмаза каждый атом связан четырьмя ковалентными связями с соседними атомами. Это точно не реализуется у фуллерена и углекислого газа, которые имеют молекулярные решетки, а также у меди (ГЦК решетка, КЧ = 12) и графита (слоистая структура, КЧ = 3). Остаются кремний и нитрид бора, которые имеют алмазоподобные модификации.

Химия. Решение задачи 9

Правильный ответ: SiS₂, SiCl₄, HCl.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, варианты записи ответа вида SiS₂, SiCl₄, HCl; X - SiS₂, Y - SiCl₄, Z - HCl; X-SiS₂, Y-SiCl₄, Z-HCl; X = SiS₂, Y = SiCl₄, Z = HCl; X=SiS₂, Y=SiCl₄, Z=HCl также считаются правильными и оцениваются на максимальный балл.

Желтые атомы в структуре – сера, использование оксида при производстве стекла намекает на кремний. Летучая жидкость Y – SiCl₄, реакция с H₂S: SiCl₄ + 2H₂S = SiS₂ + 4HCl. X – SiS₂, бесцветный газ Z – HCl.

Химия. Решение задачи 10

Правильный ответ: вычисляется по формуле 483,48/x.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах 5%.

Удельная поверхность кубической частицы вычисляется по формуле:

$$s = S / m = 6x^2 / (\rho x^3) = 6 / (\rho x) = 6 / (12,41 \cdot 10^6 \text{ г/м}^3 \cdot x \cdot 10^{-9} \text{ м}) = 483,48/x \text{ м}^2/\text{г}.$$

Химия. Решение задачи 11

Правильный ответ: вычисляется по формуле 2,4776·ln(n).

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах 5%.

Из уравнения Аррениуса следует, что при выигрыше в энергии активации ΔE (кДж/моль) и неизменном предэкспоненциальном множителе константа скорости реакции увеличится в

$$n = \exp(\Delta E \cdot 1000 / (8,314 \cdot 298)) = \exp(\Delta E / 2,4776) \text{ раз,}$$

откуда

$$\Delta E (\text{кДж/моль}) = 2,4776 \cdot \ln(n).$$

Химия. Решение задачи 12

Правильный ответ: вычисляется по формуле $1,051 \cdot y$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах 5%.

$$m(\text{H}_2\text{PtCl}_6) = y / 195,1 \cdot 410,1 = 2,102y \text{ мг} = 2,102 \cdot 10^{-3}y \text{ г}, m(\text{p-ра}) = 2,102 \cdot 10^{-3}y / 0,002 = 1,051y \text{ (г)}.$$

Химия. Решение задачи 13

Правильный ответ: Cu_3Se_2 .

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, вариант записи ответа Se_2Cu_3 также считается правильным и оценивается на максимальный балл.

Из мольных долей следует формула X_3Y_2 . $m(\text{X}) / m(\text{Y}) = 1,5M(\text{X}) / M(\text{Y}) = 1,21$, откуда $M(\text{Y}) = 1,24M(\text{X})$. Из элементов 4-го периода такому соотношению удовлетворяют $\text{X} = \text{Cu}$ и $\text{Y} = \text{Se}$. Формула вещества – Cu_3Se_2 .

Химия. Решение задачи 14

Правильный ответ: 0,2.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,002$.

Очевидно, что $\varepsilon = \frac{S_{\text{всех пор}}}{S_{\text{пов-ти АОА}}} \cong \frac{S_{\text{поры}}}{S_{\text{гексагона}}}$.

Также $b = 2h$, где h – высота равностороннего треугольника (см. рисунок), $h = a \frac{\sqrt{3}}{2}$, $S_{\Delta} = a^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}$,
 $S(\text{гексагона}) = 6S_{\Delta} = a^2 \cdot \frac{3\sqrt{3}}{2} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}}h\right)^2 \cdot \frac{3\sqrt{3}}{2} = b^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$. $S_{\text{поры}} = \pi r^2 \Rightarrow \varepsilon = \frac{2\pi r^2}{b^2 \cdot \sqrt{3}}$.

Оценим r и b : $U = 40 \text{ В} \Rightarrow r = 0,645U = 25,8 \text{ нм}$; $b = -1,7 + 2,8U = 110,3 \text{ нм} \Rightarrow \varepsilon \approx \mathbf{0,2}$.

Химия. Решение задачи 15

Правильный ответ: 0,04.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,0004$.

В процессе электроосаждения происходит электролиз сульфата меди (II), значит, по закону Фарадея

$$m(\text{Cu}) = \frac{QM(\text{Cu})}{zF}$$

$$m(\text{Cu}) = \rho V = \rho h_{\text{нити}} S_{\text{пор}} = \rho h_{\text{нити}} \epsilon S_{\text{АОА}}$$

Так как заполняются не все поры и по условию $S_{\text{активных пор}} = \gamma \epsilon S_{\text{АОА}}$, то $m(\text{Cu}) = \rho h_{\text{нити}} \gamma \epsilon S_{\text{АОА}} =$

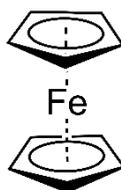
$$\frac{QM(\text{Cu})}{zF} \Rightarrow \gamma = \frac{0,05635 \text{ Кл} \cdot 63,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{2 \cdot 96485 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}} \cdot 8,96 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 6,1 \cdot 10^{-4} \text{ см} \cdot 0,3 \cdot 0,2827 \text{ см}^2} = \mathbf{0,04}.$$

Химия. Решение задачи 16. Химия бутербродов – 1

Правильный ответ: ферроцен.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Реакция NaH и цикlopentadiена приводит к образованию цикlopentadiенил-иона (Cp^-), являющегося ароматической частицей. Добавление к цикlopentadiенилу натрия (NaCp) хлорида железа (II) ведёт к образованию **ферроцена** (FeCp_2). Американские учёные назвали такой тип соединений «сэндвичевыми» из-за схожести их структуры с бутербродом (см. рисунок).

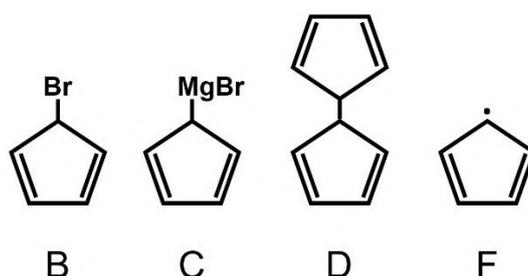


Химия. Решение задачи 17. Химия бутербродов – 2

Правильный ответ: C₁₀H₁₀.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

NBS – реагент, приводящий к радикальному галогенированию алкенов. В молекуле цикlopentadiена только один атом углерода в sp^3 гибридизации \Rightarrow **B** – 5-бромциклопентадиен-1,3 (см. рисунок). Добавление магния в диэтиловом эфире приводит к образованию реактива Гриньяра: “**C**” = $\text{C}_5\text{H}_5\text{MgBr}$. Реакция с FeCl_3 приводит к образованию ферроцена, смешанная соль **E**, очевидно, MgClBr . Так как в задаче говорится о радикальной реакции, ясно, что вещество **D** – продукт радикального присоединения частицы **F** (см. рисунок), и, следовательно, **D** = $\text{C}_{10}\text{H}_{10}$, что подтверждается расчётом массовой доли углерода.



Химия. Решение задачи 18. Перспективный материал

Правильный ответ: YBa₂Cu₃O₇.

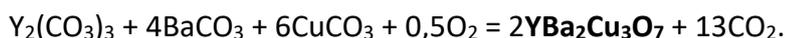
Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Для нахождения атомной массы металла А представим молекулу карбоната в виде A₂(CO₃)_n, где n – степень окисления металла А. Зная массовую долю кислорода в карбонате, получим выражение для атомной массы А: $M(A) = 0,5 \cdot \left(\frac{16 \cdot 3n}{0,4025} - (16 \cdot 3 + 12)n \right)$. При n = 3 получим M(A) = 88,88 г/моль, что соответствует иттрию (Y).

Бинарное соединение металла Б с кислородом необязательно должно быть оксидом. Представим его в виде B_nO_m. Тогда $M(B) = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{16m}{0,189} - 16m \right)$. При m = 2, n = 1 получаем BaO₂, Б = Ва.

Получение карбоната бария: 2BaO₂ + 2CO₂ = 2BaCO₃ + O₂.

Очевидно, что карбонат Г, получаемый из голубого купороса – карбонат меди (II). Из условия следует, что ν(Y) : ν(Ba) : ν(Cu) = 1 : 2 : 3. Тогда ν(Y₂(CO₃)₃) : ν(BaCO₃) : ν(CuCO₃) = 1 : 4 : 6. Также из условия: V(CO₂) = 26V(O₂) ⇒ ν(CO₂) = 26ν(O₂). В итоге получим:



Химия. Решение задачи 19. Нестехиометричный сверхпроводник

Правильный ответ: 6,36.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 0,0636.

M(YBa₂Cu₃O₇) = 666 г/моль, однако в кристаллической решётке имеется 1% вакансий. Тогда в молекуле ΣM(O) = 0,99 · 7 · 16 г/моль = 110,88 г/моль ⇒ M*(YBa₂Cu₃O_{7-x}) = 664,88 г/моль.

Плотность $\rho = \frac{M \cdot Z}{N_A \cdot V_{кр}}$, V_{кр} = abc, Z = 1 (из рисунка).

$$\rho = \frac{664,84 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot (3,82 \cdot 3,89 \cdot 11,68) \cdot 10^{-24} \text{ см}^3} = 6,36 \text{ г/см}^3.$$

Химия. Решение задачи 20

Правильный ответ: U₃O₈.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Металл X = U (уран). Массовая доля кислорода в оксиде 100 % – 84,8 % = 15,2 %. Найдём соотношение атомов элементов в оксиде: 0,848/238 : 0,152/16 = 0,00356 : 0,0095 = 1 : 2,669 = 3 : 8. Формула оксида – U₃O₈.

Физика. Решение задачи 21. Губка для маркерной доски

Правильный ответ: 0,3.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,09$.

Когда доска вертикальна $\mu F_1 = mg$, когда доска под углом 45°

$$mg(\sin 45^\circ - \mu \cos 45^\circ) = \mu F_2.$$

Физика. Решение задачи 22. Осушение воздуха

Правильный ответ: 46.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 1,38$.

Относительная влажность воздуха определяется выражением

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%,$$

где p – парциальное давление паров воды, p_0 – давление насыщенных водяных паров.

По уравнению Клапейрона-Менделеева

$$p = \frac{mRT}{MV},$$

где m – масса газа, R – универсальная газовая постоянная, T – температура, M – молярная масса газа, V – объём газа.

Следовательно,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{m_1 RT}{MV p_0} \cdot 100\% - \frac{m_2 RT}{MV p_0} \cdot 100\% = \frac{(m_1 - m_2) RT}{MV p_0} \cdot 100\%$$

Масса осушителя увеличилась из-за поглощённой воды. По условию увеличение составило 30% от исходной массы, то есть $30 \text{ г} \cdot 0,3 = 9 \text{ г} = 0,009 \text{ кг}$. Значит, $0,009 \text{ кг}$ воды сконденсировалось, поэтому $m_1 - m_2 = 0,009 \text{ кг}$.

Таким образом,

$$\varphi_2 = \varphi_1 - \frac{(m_1 - m_2) RT}{MV p_0} \cdot 100\% = 70\% - \frac{0,009 \cdot 8,314 \cdot 298}{0,018 \cdot 1,631 \cdot 3166} \cdot 100\% = 46\%.$$

Физика. Решение задачи 23. Гелиевый шар

Правильный ответ: 2.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 1 .

По закону Архимеда шарик может взлететь, если

$$\rho_{\text{ш}} gV < \rho_{\text{SF}_6} gV$$

$$\rho_{\text{ш}} < \rho_{\text{SF}_6}$$

$$\frac{m_{\text{ш}} + m_{\text{He}}}{V_{\text{ш}}} < \frac{pM_{\text{SF}_6}}{RT}$$

$$\frac{m_{\text{ш}}}{V_{\text{ш}}} + \frac{pM_{\text{He}}}{RT} < \frac{pM_{\text{SF}_6}}{RT}$$

$$\frac{S_{\text{ш}}n}{V_{\text{ш}}} < \frac{p}{RT} (M_{\text{SF}_6} - M_{\text{He}})$$

$$\frac{4\pi r^2 n}{\frac{4}{3}\pi r^3} < \frac{p}{RT} (M_{\text{SF}_6} - M_{\text{He}})$$

$$r < \frac{3nRT}{p(M_{\text{SF}_6} - M_{\text{He}})}$$

Таким образом, наименьший радиус шарик должен быть равен 2 см.

Физика. Решение задачи 24. Два газа

Правильный ответ: 8.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 1,2$.

Согласно первому закону термодинамики

$$Q = \Delta U + p\Delta V$$

Для аргона (одноатомного газа)

$$Q = \Delta U + p\Delta V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5 pV \Delta T}{2 T_1} = \frac{5 pV (T_{\text{Ar}} - T_1)}{2 T_1}$$

Значит,

$$T_{\text{Ar}} = \frac{2QT_1}{5pV} + T_1$$

Для азота (двухатомного газа)

$$Q = \Delta U + p\Delta V = \frac{5}{2}vR\Delta T + vR\Delta T = \frac{7}{2}vR\Delta T = \frac{7pV\Delta T}{2T_1} = \frac{7pV(T_{N_2} - T_1)}{2T_1}$$

Значит,

$$T_{N_2} = \frac{2QT_1}{7pV} + T_1$$

Следовательно,

$$t_{Ar} - t_{N_2} = T_{Ar} - T_{N_2} = \frac{2QT_1}{5pV} + T_1 - \frac{2QT_1}{7pV} - T_1 = \frac{4QT_1}{35pV} = 8.$$

Физика. Решение задачи 25. Радиотерапия

Правильный ответ: 200.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 2 .

Зависимость концентрации от времени описывается законом радиоактивного распада

$$C(t) = C_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

где $C(t)$ – концентрация в момент времени t , C_0 – начальная концентрация, T – период полураспада.

Таким образом, через 45 суток концентрация ^{131}Cs составит

$$C = 5 \frac{\text{МКГ}}{\text{Л}} \cdot 2^{-\frac{45 \text{ сут}}{9,69 \text{ сут}}} = 0,2 \frac{\text{МКГ}}{\text{Л}} = 200 \frac{\text{НГ}}{\text{Л}}.$$

Физика. Решение задачи 26. Скорость электрона

Правильные ответы: $4,5 \cdot 10^5$ м/с, $4,0 \cdot 10^5$ м/с, $3,5 \cdot 10^5$ м/с.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

Скорость фотоэлектронов можно вычислить по формуле Эйнштейна для фотоэффекта

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$$

где h – постоянная Планка, c – скорость света, λ – длина волны фотона, A – работа выхода электрона, m – масса электрона, v – скорость электрона.

$$v = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}$$

Следовательно, минимальная скорость фотоэлектронов соответствует максимальной длине волны фотонов и равна $3,25 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$, а максимальная скорость соответствует минимальной длине волны и равна $4,82 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$. Таким образом, из предложенных величин скорость фотоэлектронов может принимать значения $3,5 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$, $4,0 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$ и $4,5 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$.

Физика. Решение задачи 27. Спектр атома водорода

Правильный ответ: красный.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Энергия n-го энергетического уровня описывается выражением

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

где m_e – масса электрона, e – элементарный заряд, h – постоянная Планка, ε_0 – диэлектрическая постоянная, n – главное квантовое число.

При переходе электрона с 3-го на 2-ой энергетический уровень выделяется фотон с энергией

$$\Delta E = E_3 - E_2 = -\frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{3^2} + \frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{2^2} = \frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Его длина волны равна

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 656 \text{ нм}$$

Такой длине волны соответствует красный цвет.

Физика. Решение задачи 28. Электродвигатель

Правильный ответ: 4.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 1 .

Момент силы тяжести должен быть скомпенсирован моментом силы Ампера, действующей на прямоугольную рамку:

$$mgR = IalB \sin(90^\circ - 60^\circ), \quad I = \frac{mgR}{alB \sin 30^\circ}$$

Физика. Решение задачи 29. Столкновение шаров

Правильный ответ: 0,3 с.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

В результате абсолютно упругого соударения шариков одинаковой массы налетающий остановится, а шарик на пружине начнет колебания с периодом

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Повторное соударение произойдет через половину периода.

Физика. Решение задачи 30. Мостовая схема

Правильный ответ: 4,2.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 1,05$.

Условие баланса моста Уитстона:

$$R_1 R_x = R_2 R_3. \quad R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}; \quad R_x = \frac{7 \text{ Ом} \cdot 3 \text{ Ом}}{5 \text{ Ом}} = \mathbf{4,2 \text{ Ом}}$$

Физика. Решение задачи 31. Синхротронный анализ

Правильный ответ: 2,25.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,0225$.

По закону Брэгга-Вульфа $2d \sin \theta = n\lambda$. $\lambda = c/v$; $n = 1$.

Тогда

$$d = \frac{nc}{2v \sin \theta}; \quad d = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot 1,95 \cdot 10^{18} \text{ Гц} \cdot \sin 20^\circ} = 2,25 \cdot 10^{-10} \text{ м} = \mathbf{2,25 \text{ \AA}}$$

Физика. Решение задачи 32. Идеальный газ

Правильный ответ: Давление и внутренняя энергия максимальны в точке С.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Исходя из уравнения идеального газа $pV = \nu RT$, давление растет с ростом температуры и с уменьшением объема. Отсюда, давление максимально в точке С. Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна температуре, максимум также в точке С.

Физика. Решение задачи 33. Линза

Правильный ответ: (-4, 1).

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Воспользуемся формулой тонкой линзы для рассеивающей линзы.

$$-\frac{1}{|F|} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|}$$

Отсюда получаем, что абсцисса изображения $x = -4$. Исходя из подобия, находим ординату: $y = \frac{-4}{-12} * 3 = 1$.

Физика. Решение задачи 34. Выключатель

Правильный ответ: 100 Ом.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 1 . Ответ, выраженный в других единицах измерения – 0,1 кОм, также считается правильным и оценивается на максимальный балл.

Запишем закон Ома для двух конфигураций: с выключенными ключами и без.

1. Ключи разомкнуты.

$$50\Gamma + 20\Gamma + 10\Gamma = 6$$

Отсюда ток, протекающий через резистор 20 Ом $\Gamma = \frac{3}{40}$ А.

2. Ключи замкнуты.

$$50 * I + 20 * \Gamma = 6$$

Отсюда $I = 9/100$ А.

Для напряжения и тока на резисторах 20 Ом и R справедливо: $\Gamma R = 20\Gamma$ и $\Gamma + \Gamma = I$.

Решая систему уравнений, находим R.

Физика. Решение задачи 35. Камера Вильсона

Правильный ответ: альфа-частица.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Запишем второй закон Ньютона в общем виде для всех частиц: $F_l = ma_{ц}$.

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}$$

$$F_l = qvB,$$

однако, на частицы действует одинаковое магнитное поле, и они имеют одинаковую скорость при вылете. Тогда получим

$$mv = RqB \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{|q_1|m_2}{|q_2|m_1}.$$

Также известно, что $|q_2| = 2|q_1| \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2}{2m_1} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = 7302$.

Так как первая частица всегда выделяется при бета-распаде, очевидно, частица 1 – это электрон, 3 – позитрон. Частица 2 имеет в два раза больше заряд, значит, это либо ${}^3_2\text{He}$, либо ${}^4_2\text{He}$.

$m_2 = 7302m_e = 7302 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} = 6,6 \cdot 10^{-27}$ кг – масса альфа-частицы.

Значит, 2 – это **альфа-частица**.

Физика. Решение задачи 36. От Земли до Луны

Правильный ответ: 124.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Угловая скорость вращения Земли может быть найдена из периода обращения вокруг оси: $T = 24 \text{ ч} = 86400 \text{ с}$, $\omega = 2\pi/T \approx 7.272 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$.

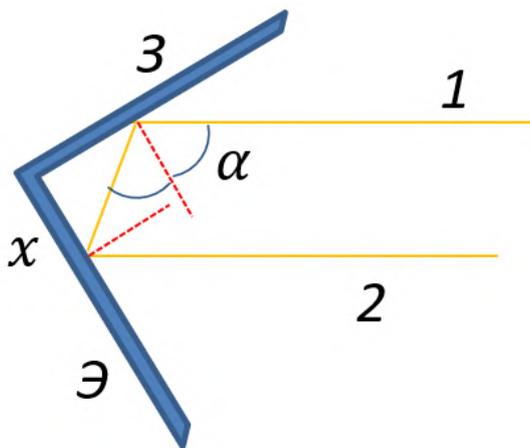
Угловой размер Луны: $31'05'' \approx 0.518^\circ \approx 0.009 \text{ рад}$.

Искомое время: $t = 0.009/\omega \approx 124 \text{ с}$.

Физика. Решение задачи 37. Интерференционное зеркало

Правильный ответ: 640.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.



Как следует из построения, разность хода лучей 1 (падающий на экран после отражения от зеркала) и 2 (непосредственно падающий на экран) равна: $\Delta = 2x \cos \alpha$, где x – расстояние от угла зеркала до точки падения лучей на экране. Условие конструктивной интерференции для двух лучей с разностью хода Δ :

$$\Delta = m\lambda \quad (m - \text{порядок максимума}).$$

Период интерференционной картины определяется разностью между положениями x_2 и x_1 на экране двух соседних максимумов с соответствующими порядками $(m + 1)$ и m :

$$P = x_2 - x_1 = \frac{\lambda}{2 \cos \alpha} = 640 \text{ нм.}$$

Физика. Решение задачи 38. Цветные пленки

Правильный ответ: синий.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются, вариант ответа «голубой» также считается правильным и оценивается на максимальный балл.

Из представленного спектра можно сделать вывод, что пленка характеризуется минимумом коэффициента отражения около 630 нм. Эта длина волны соответствует переходу от оранжевого к красному цвету (по диаграмме). Для определения цвета пленки необходимо воспользоваться понятием взаимно-дополнительных (комплементарных) цветов: такие пары цветов располагаются диаметрально противоположно на цветовом круге (см. рис.). Известно, что при смешении взаимно-дополнительных цветов образуется белый (т.е. естественный) свет. Верно и обратное: при «вычитании» из естественного света одного из пары взаимно-дополнительных цветов (а минимум в спектре отражения соответствует именно такому случаю) цвет объекта в отраженном естественном свете будет

восприниматься как дополнительный к «вычитаемому». Дополнительным к красно-оранжевому цвету является синий или сине-зеленый (голубой): оба варианта ответа оцениваются как верные.



Физика. Решение задачи 39. Капиллярный эффект

Правильный ответ: 58.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

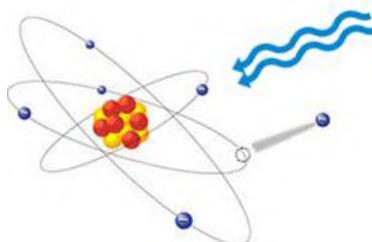
После открытия нижнего отверстия на столб воды в капилляре будут действовать две силы поверхностного натяжения (в верхней и нижней частях трубки), которые будут уравновешивать силу тяжести, действующую на столб, откуда высота столба:

$$H = \frac{8\sigma}{\rho g D} \approx 58 \text{ мм.}$$

Физика. Решение задачи 40. Энергия связи

Правильный ответ: 280.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.



Кинетическую энергию $E_{кин}$ вырванных электронов можно найти, исходя из закона сохранения импульса. При эмиссии электрона атом С получает импульс отдачи $p_{отд}$, равный по величине импульсу вырванного электрона. Используем связь между кинетической энергией отдачи и импульсом $p_{отд}$:

$$E_{\text{отд}} = \frac{p_{\text{отд}}^2}{2M_C}$$

где $M_C = 12.011$ а.е.м. – масса атома С. Тогда кинетическая энергия вырванных электронов:

$$E_{\text{кин}} = \frac{p_{\text{отд}}^2}{2m_e} = E_{\text{отд}} \frac{M_C}{m_e} \approx 1351.2 \text{ эВ}$$

Закон сохранения энергии для случая поглощения атомом С энергии квантов рентгеновского излучения ($E_{\text{кв}} = \frac{hc}{\lambda}$) с последующим испусканием электрона с учетом затраты энергии на разрыв связи электрона в атоме $E_{\text{св}}$ и кинетической энергии отдачи, которую получил атом С:

$$E_{\text{кв}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{отд}} + E_{\text{св}}$$

Откуда искомая энергия связи:

$$E_{\text{св}} = E_{\text{кв}} - E_{\text{кин}} - E_{\text{отд}} = \frac{hc}{\lambda} - E_{\text{отд}} \frac{M_C}{m_e} - E_{\text{отд}} \approx 1634.7 - 1351.2 - 0.0617 \approx 280 \text{ эВ}$$

Как можно заметить, при расчете энергии связи электронов кинетической энергией отдачи атомов можно пренебречь.

Математика. Решение задачи 41

Правильные ответы: 2024 вершины, 2024 шестиугольных грани.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/2 балла, за каждый неправильный – вычитается 1 балл. Максимальный балл – 1.

Любой фуллерен имеет четное число атомов, следовательно, фуллереновый многогранник может иметь 2024 вершины.

Фуллереновый многогранник может иметь любое число шестиугольных граней, превышающее 1, в том числе, 2024.

Число ребер в фуллереновом многограннике ровно в 1,5 раза превышает число вершин (так как в каждой его вершине сходятся ровно три ребра, а каждое ребро принадлежит двум граням), следовательно, эта величина должна делиться на 3. Поскольку 2024 не делится на три без остатка, данное утверждение неверно.

Математика. Решение задачи 42

Правильный ответ: 12.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Запишем уравнение

$$4(x^2 + x(x + 2) + (x + 2)^2) - 8 = 2024$$

$$x^2 + x(x + 2) + (x + 2)^2 = 508$$

$$x^2 + x^2 + 2x + x^2 + 4x + 4 = 508$$

$$3x^2 + 6x - 504 = 0$$

$$x^2 + 2x - 168 = 0$$

$$D = 4 + 4 \cdot 168 = 676$$

$$x = (-2 + 26)/2 = 12$$

Математика. Решение задачи 43

Правильные ответы: тетраэдра, треугольной призмы, квадратной призмы.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Разложим 2024 на множители: $2024 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 23$. Поскольку данное число нельзя представить ни как квадрат, ни как куб какого либо числа, то из 2024 атомов нельзя получить такие нанокластеры. В свою очередь, 2024 можно представить как $2^2 \cdot 506$, то есть, из этих атомов можно также сложить правильную квадратную призму.

Из 2024 атомов нельзя сложить треугольный нанокластер, так как это число нельзя представить в виде $x(x + 1)/2$ (треугольное число), зато можно представить как произведение треугольного числа — $22 \cdot 23/2$ — на 8, то есть, из 2024 атомов можно сложить нанокластер в форме треугольной призмы.

Также из 2024 атомов можно сложить треугольный кластер, так как это число представляется в виде $(x^3 + 3x^2 + 2x)/6 = x(x + 1)(x + 2)/6 = 22 \cdot 23 \cdot 24/6$ (тетраэдрическое число).

Математика. Решение задачи 44

Правильный ответ: 6.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

1 ПБ = 1024 ТБ, тогда необходимый объем памяти равен $4 \cdot 1024 = 4096$ ТБ.

Это в $4096/256 = 16$ раз больше, чем текущая емкость SSD-диска. Поскольку емкость SSD-диска каждые три года увеличивается в четыре раза, то увеличение в 16 раз произойдет через $t = 3 \cdot \log_4(16) = 3 \cdot 2 = 6$ лет.

Математика. Решение задачи 45

Правильный ответ: 35.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

$$C_{4+3}^3 = \frac{7!}{3!4!} = 35.$$

Математика. Решение задачи 46

Правильный ответ: 0,001364.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,000068$.

Общее число вариантов сополимера **A₁₀B₁₀** составляет

$$N_{all} = C_{20}^{10} = \frac{20!}{10!10!} = 184756.$$

Для $n = 2$ находим $x = 5$, то есть, **NP-(A₅B₅)₂**, тогда число способов расположить 5 **A** в цепочке из десяти мономеров равно

$$N = C_{10}^5 = \frac{10!}{5!5!} = 252$$

и вероятность встретить регулярную структуру равна $P = 252/184756 \approx 0,001364$.

Математика. Решение задачи 47

Правильные ответы:

шар с диаметром 5 нм

куб с ребром 5 нм

цилиндр с диаметром 5 нм и высотой, равной диаметру

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Запишем формулы для расчета удельной площади поверхности наночастиц каждой формы:

- шар

$$S_{уд.шар} = \frac{S_{шар}}{m} = \frac{S_{шар}}{V_{шар}\rho} = \frac{4\pi r^2}{(4/3)\pi r^3\rho} = \frac{3}{r\rho} = \frac{6}{d\rho}$$

- куб

$$S_{уд.куб} = \frac{S_{куб}}{m} = \frac{S_{куб}}{V_{куб}\rho} = \frac{6a^2}{a^3\rho} = \frac{6}{a\rho}$$

- цилиндр, $h = r$

$$S_{уд.цил} = \frac{S_{цил}}{m} = \frac{S_{цил}}{V_{цил}\rho} = \frac{2\pi r^2 + 2\pi rh}{\pi r^2 h \rho} = \frac{4}{r\rho}$$

- цилиндр, $h = d$

$$S_{уд.цил} = \frac{S_{цил}}{m} = \frac{S_{цил}}{V_{цил}\rho} = \frac{2\pi(d/2)^2 + 2\pi(d/2)h}{\pi(d/2)^2 h \rho} = \frac{6}{d\rho}$$

Найдем коэффициент, отвечающий линейному размеру 5 нм:

$$S_{уд} \cdot a \cdot \rho = 400 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^6 = 6.$$

Такому значению коэффициента отвечают три варианта.

Математика. Решение задачи 48

Правильный ответ: 3.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,15$.

Пусть $D/d = x$, тогда площадь сечения нанорулона составляет $S = \pi(D^2 - d^2)/4 = \frac{\pi(x^2 - 1)}{4x^2} D^2$. Она равна площади сечения исходного слоя $S_2 = Lh$. По условию, $L/D = 10$, тогда получаем уравнение

$$\frac{\pi(x^2 - 1)}{4x^2} D^2 = 10Dh$$

$$\pi(x^2 - 1)D = 40hx^2$$

$$(\pi D - 40h)x^2 = \pi D$$

$$x^2 = \pi D / (\pi D - 40h)$$

$$x = \sqrt{\pi D / (\pi D - 40h)}$$

$$x \approx 3.$$

Математика. Решение задачи 49

Правильный ответ: 45.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Объем сферической частицы гидрогеля равен $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, ее масса $m = V\rho$.

Как следует из условия, масса поглотившей воду частицы равна сумме масс воды и исходной частицы гидрогеля: $m_2 = m_1 + m_v$.

Нам требуется найти отношение m_v/m_1 , обозначим его как x .

Тогда $V_2 = V_1 + V_v = V_1 + m_v/\rho_v = V_1 + xm_1/\rho_v = V_1 + xV_1\rho_1/\rho_v = V_1(1 + x\rho_1/\rho_v)$ и

$$\frac{4}{3}\pi r_2^3 = \frac{4}{3}\pi r_1^3 \left(1 + \frac{x\rho_1}{\rho_v}\right)$$

$$\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 = 1 + \frac{x\rho_1}{\rho_v}$$

$$x = \left(\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 - 1\right) \frac{\rho_v}{\rho_1} = (4^3 - 1) \frac{1}{1,4} = 45$$

Математика. Решение задачи 50

Правильный ответ: 47 нм.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 2,35$. Ответы, выраженные в других единицах измерения – 0,000047 мм; 0,0000047 см; 0,000000047 м, также считаются правильными и оцениваются на максимальный балл.

В сферической мицелле радиуса R объемом $V_M = \frac{4}{3}\pi R^3$ содержатся ионы палладия массой $m = cV = c \frac{4}{3}\pi R^3$.

Объем этого палладия в виде металла составляет $V = \frac{m}{\rho} = \frac{4\pi R^3 c}{3\rho}$.

В то же время, $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

Следовательно,

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V\rho}{4\pi c}} = \sqrt[3]{\frac{4\pi r^3}{3} \cdot \frac{3\rho}{4\pi c}} = \sqrt[3]{\frac{\rho}{c}} \cdot r = \sqrt[3]{\frac{12}{25 \cdot 10^{-3}}} \cdot 3 = 23,5 \text{ нм}$$

и $D = 2R = 47 \text{ нм}$.

Математика. Решение задачи 51

Правильный ответ: 645.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Объемная доля масла равна отношению объема масла к суммарному объему масла и воды

$$\omega = \frac{V}{V_w + V_o} \cdot 100\% = \frac{V_o}{V} \cdot 100\%.$$

На куб со стороной d приходится $(1/8 \cdot 8 = 1)$ одна капля объемом $V_o = 4/3 \pi r^3$, что отвечает

$\omega = 0,1\%$. Тогда расстояние между центрами капель составляет

$$d = \sqrt[3]{\frac{V_o \cdot 100\%}{\omega}} = \sqrt[3]{\frac{4/3 \pi r^3 \cdot 100\%}{\omega}} = \sqrt[3]{\frac{4\pi \cdot 100\%}{3 \cdot \omega}} r,$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\pi \cdot 100\%}{3 \cdot 0,1}} r = 40 = 645 \text{ нм.}$$

Математика. Решение задачи 52

Правильный ответ: 58.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 2,9$.

По определению, объемная доля металла \mathbf{B} равна $\omega = \mathbf{V}_B / (\mathbf{V}_A + \mathbf{V}_B) = \mathbf{V}_B / \mathbf{V}_{AB}$, где \mathbf{V}_A , \mathbf{V}_B , и \mathbf{V}_{AB} — это объемы металлов \mathbf{A} , \mathbf{B} и объем наночастицы целиком.

$$\text{Здесь } V_{AB} = \frac{4}{3} \pi r^3, V_A = \frac{4}{3} \pi r_A^3 = \frac{4}{3} \pi (r - d_B)^3 \text{ и}$$

$$V_B = V_{AB} - V_A = \frac{4}{3} \pi (r^3 - r_A^3) = \frac{4}{3} \pi (r^3 - (r - d_B)^3).$$

В то же время, $V_B = \omega V_{AB}$

$$\frac{4}{3} \pi (r^3 - (r - d_B)^3) = \omega \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$r^3(1 - \omega) = (r - d_B)^3$$

$$r \sqrt[3]{1 - \omega} = r - d_B$$

$$r = \frac{d_B}{1 - \sqrt[3]{1 - \omega}}$$

Подставляя известные значения, получаем

$$r = \frac{2}{1 - \sqrt[3]{1 - 0,1}} = 57,95 \text{ нм} \approx 58 \text{ нм.}$$

Математика. Решение задачи 53

Правильный ответ: вычисляется по формуле $(a - 1)/2$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

По условию, нам необходимо вычислить число последовательных процедур удаления поверхностного слоя, которое приведет к тому, что вместо треугольной грани, на ребро которой приходится a атомов металла, мы получим всего один атом металла — вершину тетраэдра.

Рассмотрим нанокластер **А** как результат усечения тетраэдрического нанокластера **Б**. Нанокластер **А** имеет форму правильного усеченного тетраэдра, на ребро которого приходится a атомов металла. Тогда на ребро нанокластера **Б** будет приходиться $3a - 2$ атомов металла (из них a атомов металла приходится на ребро, принадлежащее двум шестиугольникам **А**, плюс по $a - 1$ атомов металла приходится на ребро каждого малого тетраэдра, отсекаемого от **Б** при формировании **А**). При удалении поверхностного слоя длина ребра нанокластера **Б** уменьшится на 4 атома металла, и для нанокластера **Б'**, получившегося после этого удаления, она станет равной $3a - 2 - 4 = 3a - 6$ атомов металла.

Найдем, сколько атомов металла должно приходиться на ребра малых тетраэдров, которые необходимо отсечь от **Б'**, чтобы получить **А'** — нанокластер, получающийся при полном удалении поверхностных атомов нанокластера **А**. Для этого сначала удалим в **А** только те атомы металла, которые принадлежат одной его треугольной грани. Это приведет к образованию нового треугольника, на ребро которого приходится $a + 1$ атомов металла, при чем те из них, что составляют периметр этого треугольника, также принадлежат поверхностному слою **А** и, следовательно, будут удалены. Значит, на ребро треугольной грани нанокластера **А'** после удаления всех поверхностных атомов придется $a + 1 - 3 = a - 2$ атомов металла. Таким образом, **А'** можно получить из **Б'** отсечением малых тетраэдров, на ребро которых приходится $a - 3$ атомов металла. Отсекая их, получаем, что на ребро, принадлежащее двум шестиугольникам **А'**, будет приходиться ровно $3a - 6 - 2(a - 3) = a$ атомов металла.

Легко доказать, что полученная нами закономерность — сохранение длины ребра, принадлежащего двум шестиугольникам, но уменьшение числа атомов металла, приходящихся на ребро треугольной грани, при удалении поверхностного слоя атомов металла — справедлива для любых нанокластеров в форме усеченного тетраэдра.

Тогда, обобщая все написанное выше в виде таблицы, получаем:

Шаг	Ребро шестиугольник-треугольник, нанокластер А	Ребро нанокластера Б	Ребро шестиугольник-шестиугольник, нанокластер А
0	a	$3a - 2$	a
1	$a - 2$	$3a - 6$	a
x	(1) вырождение А в Б	$3a - 4x - 2 = a$	(a) вырождение А в Б

Решая уравнение относительно x , получаем $x = (a - 1)/2$.

Математика. Решение задачи 54

Правильный ответ: вычисляется по формуле $b/4$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Каждое удаление поверхностных атомов уменьшает длину ребра основания на 3 атома, а высоту — на 2 атома. Обозначим число повторений удаления поверхностных атомов как x , тогда $\frac{b-2x}{b-3x} = 2$ и

$$x = \frac{b(2-1)}{b \cdot 2 - 2} = \frac{b}{4}.$$

Математика. Решение задачи 55

Правильный ответ: 10.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Запишем квадратное уравнение, отвечающее условию

$$4x^2 - 8x + 6 + 4(x+2)^2 - 8(x+2) + 6 = 10x^2 - 20x + 12$$

$$4(x+2)^2 - 8(x+2) = 6x^2 - 12x$$

$$4x^2 + 16x + 16 - 8x - 16 = 6x^2 - 12x$$

$$2x^2 - 20x = 0$$

$$x = 0 \text{ и } x = 10.$$

Математика. Решение задачи 56

Правильные ответы: куб, октаэдр.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/2 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

Икосаэдр — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 1$.

Квадратная пирамида — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 3$.

Куб — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 2$.

Октаэдр — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 2$.

Тетраэдр — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 4$.

Треугольная бипирамида — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 3$.

Математика. Решение задачи 57

Правильные ответы: куб, равносторонняя шестиугольная призма, усеченный октаэдр.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/7 балла. Максимальный балл – 1.

При заполнении трехмерного пространства многогранниками без промежутков сумма двугранных углов многогранников, прилегающих к одному ребру, должна составлять 360° .

В правильном тетраэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 70^\circ 31' 44''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких тетраэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $5\varphi < 360^\circ < 6\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство такими тетраэдрами.

В кубе все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 90^\circ$, таким образом, размещая эти многогранники так, чтобы к любому ребру прилегало по 4 куба, мы заполним трехмерное пространство без зазоров ($4 \cdot 90^\circ = 360^\circ$).

В правильном октаэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 109^\circ 28' 16''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких октаэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $3\varphi < 360^\circ < 4\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство такими октаэдрами.

В икосаэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 138^\circ 11' 23''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких икосаэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $2\varphi < 360^\circ < 3\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство икосаэдрами.

В додекаэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 116^\circ 33' 54''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких додекаэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $2\varphi < 360^\circ < 3\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство додекаэдрами.

В кубооктаэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 125^\circ 15' 52''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких кубооктаэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $2\varphi < 360^\circ < 3\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство кубооктаэдрами.

В равносторонней пятиугольной призме существует два типа двугранных углов: двугранные углы между квадратной и пятиугольной гранями равны $\varphi = 90^\circ$, а между двумя квадратными составляют $\gamma = 108^\circ$. Первые могут локально заполнить пространство вокруг ребра пятиугольного основания, для этого надо соединить 4 призмы попарно, сначала по квадратным граням, а затем по пятиугольным ($4 \cdot 90^\circ = 360^\circ$). В свою очередь, величина угла γ не позволяет ни в одной комбинации размещения нескольких равносторонних пятиугольных призм вокруг их боковых ребер, ни самостоятельно, ни в комбинации с углами φ , получить ровно 360° : $3\gamma < 360^\circ < 4\gamma$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство такими призмами.

В равносторонней шестиугольной призме существует два типа двугранных углов: двугранные углы между квадратной и шестиугольной гранями равны $\varphi = 90^\circ$, а между двумя

квадратными составляют $\gamma = 120^\circ$. Первые могут локально заполнить пространство вокруг ребра шестиугольного основания, для этого надо соединить 4 призмы попарно, сначала по квадратным граням, а затем по шестиугольным ($4 \cdot 90^\circ = 360^\circ$). Вторые углы, в свою очередь, могут локально заполнить пространство вокруг бокового ребра призмы, подобно тому, как на плоскости три равносторонних шестиугольника без зазоров соединяются в одной вершине ($3 \cdot 120^\circ = 360^\circ$). Комбинируя описанные способы заполнения, например, собирая равносторонние шестиугольные примы в бесконечные слои, помещаемые затем друг на друга, можно заполнить пространство без зазоров.

В равностороннем усеченном тетраэдре существует два типа двугранных углов: двугранные углы между двумя шестиугольными гранями равны $\varphi = 70^\circ 31' 44''$ (как в правильном тетраэдре), а между шестиугольной и треугольной гранями составляют $\gamma = 109^\circ 28' 16''$ (как в октаэдре). Как легко увидеть, эти углы дополняют друг друга до 180° : $\varphi + \gamma = 70^\circ 31' 44'' + 109^\circ 28' 16'' = 180^\circ$. Для наглядности этот факт можно проиллюстрировать, соединив шестиугольные грани двух равносторонних усеченных тетраэдров так, что ребро шестиугольник-шестиугольник одного из них будет соприкасаться с ребром шестиугольник-треугольник второго (см. рис. 1а, желтый и фиолетовый). Полученный при этом многогранник представляет собой ромбоэдр, у которого отсечены две вершины по большой диагонали. Попробуя продолжить сборку, можно заметить, что после «присоединения» к одному из первоначальных многогранников равносторонних усеченных тетраэдров по каждой из его шестиугольных граней, на стыке трех многогранников образуются двугранные углы, равные φ , но сформированные двумя треугольниками (рис. 1а), а не двумя шестиугольниками, как в равносторонних усеченных тетраэдрах. Этот факт не позволит продолжить единообразно присоединять следующие многогранники. Если же на время «забыть» про двугранный угол между двумя треугольниками и продолжить соединять равносторонние усеченные тетраэдры по шестиугольным граням, то окажется, что «забытые» треугольные грани в итоге ни с чем не соприкасаются и формируют в полученном заполнении пространства тетраэдрические полости. Также возможны иные варианты взаимного расположения усеченных ромбоэдров в пространстве (см. рис 1б), но ни один из них не позволяет заполнить трехмерное пространство без промежутков.

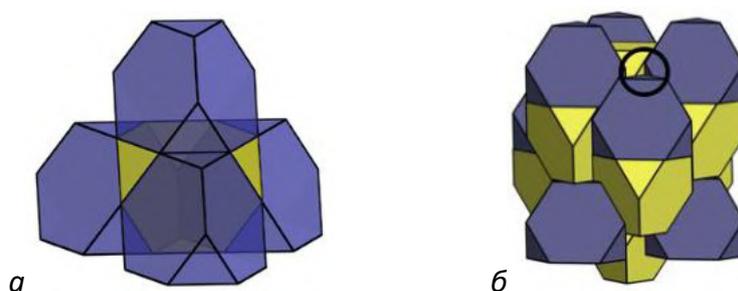


Рис. 1. а) Плотное объединение пяти равносторонних усеченных тетраэдров.
 б) Один из вариантов взаимного размещения усеченных ромбоэдров в пространстве.

В усеченном октаэдре существует два типа двугранных углов: двугранные углы между шестиугольными гранями равны $\varphi = 109^\circ 28' 16''$ (как в октаэдре), а между шестиугольной и квадратной гранями составляют $\gamma = 125^\circ 15' 52''$ (как в кубооктаэдре). Эти углы можно скомбинировать так, чтобы в сумме получилось 360° :

$$\varphi + 2\gamma = 109^\circ 28' 16'' + 2 \cdot 125^\circ 15' 52'' = 360^\circ.$$

Складывая два равносторонних усеченных октаэдра так, чтобы соединились их квадратные грани (оранжевые, см. рис. 2), мы возле всех четырех ребер этих граней получаем 2γ

заполненного пространства, в свою очередь, оставшееся возле них место заполняется еще четырьмя равносторонними усеченными октаэдрами, по одному на каждое ребро (синие, на рис. 2 для наглядности один из них отсутствует, а место для его размещения подсвечено зеленым). Продолжая размещать равносторонние усеченные октаэдры в рамках данной логики, мы заполним трехмерное пространство без зазоров.

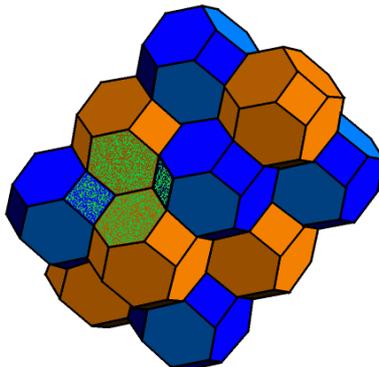


Рис. 2. Упаковка усеченных октаэдров в трехмерном пространстве.

Математика. Решение задачи 58

Правильный ответ: 60.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Изолированные пятиугольники, по определению, не имеют общих вершин. То есть, общее число вершин в таком фуллерене не может быть меньше $V \geq 5F_5 = 60$ (в любом многограннике, отвечающем фуллерену, ровно 12 пятиугольных граней).

Математика. Решение задачи 59

Правильный ответ: 6.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Вариант текста программы на языке Pascal:

```
var
  a, b, c, calc: integer;
  d, d1, d2: real;
  name: string;
  txt: text;

begin
  d := 0;
  d1 := 0;
  d2 := 0;
  calc := 0;
  name := '4-cube.txt';
  // создаем файл name.txt
```

```

Assign(txt, name);
Rewrite(txt);
for a := 2 to 20 do
begin
  for b := 2 to 20 do
  begin
    for c := 2 to 20 do
    begin
      d := power(a, 3) + power(b, 3) + power(c, 3);
      d1 := power(d, 1 / 3);
      if power(round(d1), 3) = d then
      begin
        calc := calc + 1;
        writeln(txt, calc, ') ', d1, '^3 = ', a, '^3 + ', b, '^3 + ', c,
'^3');
        if d2 = 0 then
          d2 := d1
        else
          if d1 < d2 then
            d2 := d1;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
  writeln(txt);
  writeln(txt, 'min: ', d2);
  Close(txt); // закрываем файл
end.

```

Математика. Решение задачи 60

Правильный ответ: вычисляется по формуле $X \cdot 0,213 + 0,071$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах 1%.

Длина нанотрубки, которая задается парой чисел $(n, 0)$, определяется числом «поясов» из шестиугольников, X , на которые ее можно мысленно разделить. На каждый такой пояс, кроме последнего, приходится $3/4$ большей диагонали углеродного шестиугольника, равной $2a = 2 \cdot 0,142$ нм.

Следовательно, длина УНТ составляет

$$L = (X - 1) \cdot 3/4 \cdot 2a + 2a = 1,5Xa + 0,5a = 1,5 \cdot X \cdot 0,142 + 0,5 \cdot 0,142 = 0,213X + 0,071 \text{ нм.}$$

Биология. Решение задачи 61. Вирусы

Правильные ответы:

вирусы поражают все типы организмов
 есть вирусы, паразитирующие на вирусах
 существуют вирусные частицы, которые содержат в своем составе РНК
 некоторые штаммы особенных вирусов используют в антибактериальной терапии

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/4 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Вирусы всегда состоят из белков и нуклеиновых кислот – ДНК или РНК (поэтому правильный вариант – существуют вирусы, которые содержат в своем составе РНК). Не бывает вирусов, которые состояли бы только из белка или только из нуклеиновой кислоты. В настоящее время известны вирусы, которые поражают все живые организмы. В антибактериальной терапии используют особенные вирусы – бактериофаги, которые поражают определенные штаммы бактерий. В 2008 году впервые были открыты и описаны вирофаги – вирусы, паразитирующие на других вирусах. Так, есть вирус-вируфаг Спутник, который для своей мультимпликации («размножения») использует геном другого вируса (гигантского мамавируса), оба вируса поражают амеб, причем размножение вирофага замедляет мультимпликацию своего вируса-«хозяина».

Биология. Решение задачи 62. Как боролись с гемофилией

Правильные ответы:

Переливание крови
Введение в рану яичного белка

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/2 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

Переливание крови. Переливание крови в то время уже практиковали, хотя группы крови и не были до конца открыты. Но уже существовали универсальные доноры, которые приезжали по запросу в больницу и сдавали свою кровь. Некоторые врачи того времени рекомендовали переливание крови как средство, облегчающее гемофилию.

Инъекция хлорида кальция. Кальций крайне необходим для нормального свертывания крови, но у гемофиликов проблема не в его недостатке.

Внутривенное введение физиологического раствора. Введение физраствора прекрасно показало себя для пациентов с большими кровопотерями, но для лечения гемофилии не подходит.

Введение в рану яичного белка. При введении в рану яичного белка, иммунная система пациента начинает его атаковать и спекает его в плотный комок, который закупоривает сосуды как тромб. Очень жестко, в качестве срочной меры подходит.

Просто подождать. Если бы проблема решалась тем, что надо просто подождать, то она не была бы проблемой.

Введение в кровь пациента выделенного из крови здоровых людей недостающего белка. В 1910 году – без шансов.

Биология. Решение задачи 63. Кислородная катастрофа

Правильный ответ:



Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Именно появление фотосинтезирующих организмов послужило причиной увеличения содержания в атмосфере кислорода.

Биология. Решение задачи 64. Кровеносная система

Правильные ответы: легочная артерия, правое предсердие, правый желудочек.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Венозная кровь находится в правой половине сердца: в правом предсердии, куда кровь поступает от всех органов, кроме легких, после газообмена и выделения в тканях кислорода; в правом желудочке, куда кровь поступает из правого предсердия перед тем, как попасть в легочную артерию, несущую венозную кровь – кровь с низким содержанием кислорода – в легкие для последующей оксигенации.

Биология. Решение задачи 65. Необычная окраска

Правильные ответы:



Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/5 балла. Максимальный балл – 1.

Именно в данных случаях цвет обусловлен не пигментами, а особыми наноструктурными элементами на крыльях бабочки, раковине и крыльях сороки, на которых происходит дифракция света.

Биология. Решение задачи 66. Необычные митохондрии

Правильные ответы:

Фиксация углекислого газа
Фоторецепция
Образование веретена деления

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/7 балла. Максимальный балл – 1.

В митохондриях нет фиксации углекислого газа. Фиксация CO₂ происходит только в так называемой темновой фазе фотосинтеза – при синтезе углеводов.

Митохондрии не обладают фоторецепцией. Фоторецепция – это особое уникальное свойство светочувствительных клеток, реализуемое при помощи специальных мембранных комплексов с белком родопсином.

Митохондрии напрямую не участвуют в образовании веретена деления.

Все остальные функции присущи митохондриям.

Биология. Решение задачи 67. Особенности метаболизма

Правильный ответ:



Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Ответ – эритроцит. Только у эритроцитов нет митохондрий, и они получают АТФ только за счет гликолиза.

Биология. Решение задачи 68. Полимеры в организме

Правильные ответы: гликоген, кератин, рибонуклеиновая кислота.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

Полимерами из всех перечисленных веществ являются те молекулы, которые состоят из «мономерных» звеньев – более простых молекул, соединенных между собой ковалентными связями. Из всех перечисленных веществ это гликоген (полимер глюкозы), кератин (полимер аминокислот) и рибонуклеиновая кислота – сложный полимер, представляющий собой нуклеозидфосфатные звенья, соединенные фосфодиэфирной связью. Остальные перечисленные молекулы являются «простыми».

Биология. Решение задачи 69. Раковые клетки

Правильные ответы:

Активируется гликолиз

Усиливаются процессы транскрипции и трансляции

Ингибируется окислительное фосфорилирование

Клетки более активно делятся

Подавляется распознавание и уничтожение раковых клеток иммунными клетками

Изменяется морфология клеток

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/6 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Действительно, в клетках основным источником АТФ становится гликолиз, при этом процессы окислительного фосфорилирования (образования АТФ в митохондриях) подавляются. В клетках идут активная транскрипция генов и трансляция мРНК, необходимые для поддержания активного деления и роста раковых клеток. Раковые клетки подавляют иммунный ответ на них от клеток иммунной системы. Опухолевые клетки всегда имеют другую морфологию по сравнению с нормальными клетками, что связано с их быстрым делением и потерей обычных функций.

В раковых клетках синтез белков не замедляется, а, наоборот, усиливается. Продолжается синтез липидов, так как они необходимы для построения мембран. В раковых клетках существенно снижено количество активных форм кислорода, в частности, из-за ингибирования работы дыхательной цепи митохондрий.

Биология. Решение задачи 70. Растяжение паутины

Правильный ответ: за прочность – вторичная, за эластичность – третичная.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

За прочность отвечают бета-складчатые структуры. Бета-складки – это элемент вторичной структуры белка. Вторичная структура образована водородными связями между атомами белкового остова. За растяжимость отвечают неструктурированные петли, которые образуют различные связи с участием радикалов аминокислот. Третичная структура образуется между радикалами аминокислот в белке.

Биология. Решение задачи 71. Кислотность воды в водоеме

Правильные ответы:

Только на 10 день эксперимента рН среды стал изменяться

Вася был прав

Для того, чтобы в воде поселилось много водорослей, должно пройти больше времени, а также требуются фосфатные удобрения.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/6 балла. Максимальный балл – 1.

У воды, которую взяли для эксперимента, кислотность изначально не была нейтральной. *Неверно.* У воды, которую взяли для эксперимента, кислотность изначально не была нейтральной. Дело в том, что повторы в измерениях нужны, чтобы снизить ошибку прибора (все измерительные приборы имеют ошибку измерения, даже термометр (обратите внимание, что сзади на градуснике указана точность измерения $\pm 0,х$, где $х$ – величина ошибки). Поэтому, для корректных измерений величин необходимо проводить измерения несколько раз, усреднять и учитывать доверительный интервал (критерий Стьюдента, метод наименьших квадратов).

Значение рН в водоеме со временем повысилось, и вода стала кислой. *Неверно.* рН в водоеме со временем ~~повысился~~ СНИЗИЛСЯ и стал кислым. Кроме того, ученики сделали неправильный вывод о значении рН (участники молодцы, если заметили нестыковку в рассуждениях героев задачи и значений рН, занесенных в таблицу).

Правильный ответ в данном случае — «Снижение рН → кислая среда». Вывод: ученики в условии задачи сделали неправильный вывод о изменении рН. Через месяц, вода в водоеме стала более кислой. Для правильного решения задачи необходимо воспользоваться шкалой рН, где 1-7 – кислая среда, 7-12 – щелочная среда, 7 – нейтральная среда.

Только на 10 день эксперимента рН среды стал изменяться. *Верно.* Для этого, надо посчитать среднее значение по всем измерениям в один из дней измерений и сравнить их. Получится, что только на 10 день величина рН будет составлять $5,68 \pm 0,17$. В дни 0-8 величина рН находится в пределах нейтрального рН.

Вася был прав. *Верно.* Азотная кислота может приводить к снижению рН в водоеме. Для более полного понимания вопроса рекомендуется ознакомиться с азотным циклом. Так, при попадании соединений азота в воду, происходит их разложение до аммиака, нитратов и нитритов, которые придают воде желтоватый (бурый) оттенок и вызывают ожог жабр у рыб. Именно поэтому, рыбы и предпочитали высываться на поверхность, чтобы подышать (это заметил Петя, но не понял причины).

Для точности надо делать больше измерений pH. *Неверно*. Для точности достаточно делать 6 измерений pH.

После 8 дня эксперимента среда в водоеме стала сильнощелочной. *Неверно*. После 8 дня эксперимента среда в водоеме стала кислой.

Наташа была права. *Неверно*. Наташа не была права – pH в водоеме не зависит от минеральных примесей, которые могло принести с загрязнениями.

Для того, чтобы в воде поселилось много водорослей, должно пройти больше времени, а также требуются фосфатные удобрения. *Верно*

Рыбы глотали воздух с поверхности воды, потому что после льда на поверхности водоема в воде было низкое содержание кислорода. *Неверно*. Несмотря на отсутствие доступа воздуха к поверхности воды, растворенного кислорода достаточно для дыхания рыб.

Биология. Решение задачи 72. Скаффолд-технологии

Правильные ответы:

Жесткость (упругость) материала, из которого изготовлен скаффолд

Размер пор (пористость) трехмерного скаффолда

Прочность скаффолда

Химический состав поверхности скаффолда

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/4 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Жесткость (упругость) материала, из которого изготовлен скаффолд, и размер пор (пористость) трехмерного скаффолда – клетки обладают механочувствительностью и успешно растут на субстратах, подходящих им по жесткости и форме поверхности, для разных клеток эти требования могут быть разными. Для успешного создания трехмерной ткани клетки должны проникать в поры трехмерного каркаса, форма (кривизна) поверхности также может иметь значение.

Прочность скаффолда – прочность важна для замещения костной ткани.

Химический состав поверхности скаффолда – клетки чувствительны к химическому составу поверхности и наличию определенных функциональных групп.

Неправильные ответы: Цвет не важен, ультрафиолет и высокие температуры не встречаются внутри организма животных.

Биология. Решение задачи 73. Цветовое зрение

Правильные ответы: волк, морской гребешок, кубомедуза.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Это вопрос про планирование эксперимента. Доктор Айболит ограничен в возможностях своим веком и своим статусом – доступа в современные лаборатории у него не было, поэтому эксперимент спланирован так, что результаты могут быть далеки от истины.

Волк – многие хищные видят мир черно-белым.

Жираф – травоядные видят мир цветным, им это нужно для оценки качества растений. Растения меняют цвет, когда высохли, плоды краснеют, когда созрели и т.д.

Морской гребешок видит свет и тень, но проблема тут другая. Гребешок – фильтратор, поэтому если ему показать его любимую еду – мутную воду с большим количеством мелких органических частиц, он не сделает ничего, чтобы выразить свои чувства к ней, как бы хорошо он ни видел. Но в нашем случае видит он плохо, поэтому результат эксперимента неожиданно совпал с правильным.

Пчела – насекомые, конечно, видят ещё и в ультрафиолетовом спектре, но можно подобрать такой цветок, который для нас и для пчелы выглядит одинаково. И по условию задачи, такой цветок доктор подобрал.

Щука, как и многие рыбы, имеет цветовое зрение и хорошо опознает блесну.

Кубомедуза известна своими сложными глазами, имеющими несколько разных светочувствительных белков. Одна беда, еду она опознает в основном химическими детекторами на щупальцах, а реагирует на нее только, когда еда уже коснулась щупальца. То есть, может быть, кубомедуза и видит картины Гогена во всей их полноте, но сообщить нам об этом не может. Поэтому в этом случае Айболит неизбежно получит неверный результат.

Биология. Решение задачи 74. Эластичность паутины

Правильный ответ: Ловчая нить втягивается в капельки клея, внутри капли спирально располагается длинный фрагмент нити, поэтому нить укорачивается.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Нить ловчей сети перекручена, поэтому при ослаблении натяжения она скручивается в маленькие спиральки, а когда натяжение восстанавливается, спиральки раскручиваются – в спиральки паутина не скручивается, она покрыта клейкими капечками, если она скрутится, назад ее будет очень трудно развернуть.

Ловчая нить втягивается в капельки клея, внутри капли спирально располагается длинный фрагмент нити, поэтому нить укорачивается – да, есть такие исследования. Этот механизм добавляет эластичности паутине, хотя и собственная эластичность у нее очень неплохая.

Паук должен в таких случаях обслуживать паутину и подтягивать радиальные нити так, чтобы она висела ровно – очень нереалистичный вариант. Веточки качаются, паук как сумасшедший бегаёт и подтягивает, и подтягивает. Но скорости паука не хватит, чтобы реагировать на качание веточек.

Нет никакого дополнительного механизма, провисла и провисла, не беда, потом натянется – механизм есть, в варианте ответа 2 он описан. Если уж и это не помогло, проще сделать новую паутину, вдруг получится более удачно.

Биология. Решение задачи 75. Мутация в популяции

Правильный ответ: 0,55.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Если с мангустами после мутации ничего не произошло, а сократилась только их численность, то можно предположить, что энергия, необходимая для развития популяции мангустов, пропорционально сократилась на 20%.

В свою очередь, на других уровнях пирамиды, между которыми передается 10% энергии, также изменения после мутации будут составлять 20%. Если изменения в злаках проявились только как изменения вкуса, т.е. не сказались на урожайности и численности злаков, то можно предположить, что уменьшение полезной энергии после мутации обусловлено появлением неупотребляемых злаков с горьким вкусом, доля которых пропорциональна количеству энергии. Было 100% съедобных злаков, их количество сократилось на 20%, т.е. стало 80% от исходного, а 20% злаков по-прежнему растут, но не употребляются в пищу. Значит 20% злаков в популяции несъедобные.

Воспользуемся правилом Харди-Вайнберга

$$p + q = 1, p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

p – частота встречаемости аллеля **A**; q – частота встречаемости аллеля **a**.

q^2 – доля злаков с горьким вкусом $q^2=0,2$, тогда $q=0,45$, а $p= 0,55$

Таким образом, частота встречаемости немутированного аллеля (**A**) в популяции злаков составляет 0,55.

Биология. Решение задачи 76. Угадай семейство

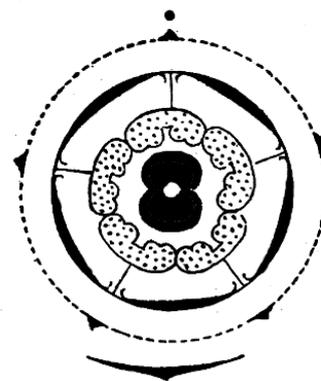
Правильные ответы:



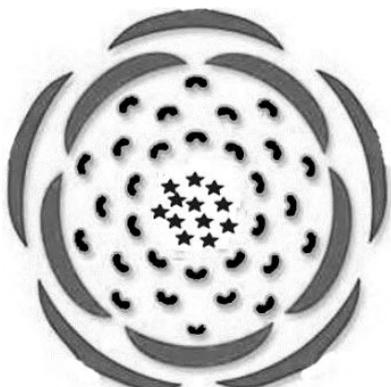
Крестоцветные (*Brassicaceae*)



Лилейные (*Liliaceae*)



Астровые (*Asteraceae*)



Розовые (*Rosaceae*)



Злаковые (*Poaceae*)



Пасленовые (*Solanaceae*)

Критерии оценивания: за каждое правильно найденное соответствие добавляется 1/6 балла, неправильные варианты не оцениваются. Максимальный балл – 1.

При выборе правильного решения необходимо было ориентироваться на приведенное изображение цветка (расположение лепестков, пестиков и тычинок и их количества) и известную из программы по биологии формулу цветка для каждого из перечисленных семейств.

Биология. Решение задачи 77. Аварийный рацион

Правильный ответ: 1,8.

Критерии оценивания: правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

21 000 кДж – это 5000 ккал. То есть астронавту в сутки необходимо для поддержания работы организма и капсулы 6900 ккал в сутки, или 13 800 ккал за двое суток. Гликоген даст $0,6 \cdot 4200 = 2520$ ккал, остается $13800 - 2520 = 11280$ ккал. Это составляет 1,2 кг жировой массы. Итого: 0,6 кг гликогена + 1,2 кг жира = 1,8 кг. Это составляет немногим более 2%. Однако это изменение происходит в течение 2-х суток, кроме того эти изменения сопровождаются значительным уменьшением количества воды в организме, что может вызвать катастрофические последствия.

Биология. Решение задачи 78. Эры Земли

Правильный ответ: 2d; 3b; 3e; 4a; 4c.

Критерии оценивания: правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

В задаче проверялись знания на деление эр по периодам и названия этих периодов. Необходимо было правильно указать, в какой эре был тот или иной период. Так, правильным ответом является вариант «Кайнозой – третичный период; Мезозой – Меловой период; Мезозой – Юрский период; Палеозой – Кембрийский период; Палеозой – Пермский период».

Биология. Решение задачи 79. Непереносимость лактозы в популяции

Правильный ответ: 0,5.

Критерии оценивания: правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Частота встречаемости аллеля непереносимости лактозы составляет 0,5.

Для оценки воспользуемся формулой Харди-Вайнберга:

$$a^2+2ab+b^2=1$$

где a – частота встречаемости «нормального» аллеля, b – частота встречаемости аллеля непереносимости лактозы. $a+b=1$ (мутация либо есть, либо нет). Процент популяции с непереносимостью лактозы определяется компонентом b^2 .

$$2ab + b^2=0,75$$

Доля здоровых людей составляет $1-0,75=0,25$ и определяется компонентом a^2

$$a^2=0,25$$

$$\text{тогда } a=0,5$$

Следовательно, частота встречаемости аллеля непереносимости лактозы составляет 0,5.

Биология. Решение задачи 80. Определи пептид

Правильный ответ: MATNDIS.

Критерии оценивания: правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Найдем иницирующий кодон:

CGAUA GCC ACA AAC GAU AUC UCG UGAUA

Иницирующим кодоном в данном случае является AUA. Поскольку он выступает в роли старт-кодона, то кодирует аминокислоту метионин (выделен желтым), как и «обычный» старт-кодон. После чего разделим последующие нуклеотиды на тройки и определим последовательность полипептидов до обнаружения стоп-кодона:

Метионин-аланин-треонин-аспарагин-аспарагиновая кислота-изолейцин-серин

Таким образом, искомое слово: **MATNDIS**



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
5 – 10 классы (отборочный этап)
Условия

Химия. Задача 1. Ядерные реакции (1 балл)

Из предложенных уравнений ядерных реакций выберите все, записанные корректно.

Выберите один или несколько ответов:

- ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_2^4\text{He}$
- ${}_{19}^{39}\text{K} \rightarrow {}_{20}^{40}\text{Ca} + {}_{-1}^0\text{e}$
- ${}_{16}^{32}\text{S} + 18 {}_{-1}^0\text{e} \rightarrow {}_{34}^{80}\text{Se}$
- ${}_3^7\text{Li} + {}_1^1\text{p} \rightarrow 2 {}_2^4\text{He}$
- ${}_{16}^{32}\text{S} + {}_1^1\text{n} \rightarrow {}_{50}^{120}\text{Sn}$

Химия. Задача 2. Оксиды (1 балл)

Из предложенного списка выберите все вещества, которые можно отнести к классу оксидов

Выберите один или несколько ответов:

- H_2O
- BaSO_4
- ClO_2
- OF_2
- O_3
- KO_2
- $\text{FeO}_{1,07}$

Химия. Задача 3. Рецепт пирога (1 балл)

Среди ингредиентов многих пирогов можно встретить фразы типа «добавьте 0,5 чайной ложки пищевой соды и 0,5 чайной ложки столового уксуса (6%)». Определите объём газа, который выделится при их взаимодействии. Ответ выразите в миллилитрах и округлите до целого числа. Считайте, что полная чайная ложка вмещает 7,56 г NaHCO_3 или 5,0 мл раствора CH_3COOH . Плотность столового уксуса примите равной 1,0 г/мл. Условия нормальные.

Химия. Задача 4. Контрастная рентгенография (1 балл)

Непосредственно перед обследованием желудка методом контрастной рентгенографии пациенту необходимо выпить водную суспензию сульфата бария. Однако катионы бария являются сильным ядом для человеческого организма. Почему препарат сульфата бария не оказывает токсического эффекта?

Выберите один ответ:

- $BaSO_4$ слишком плохо растворяется в воде, чтобы оказывать влияние на организм.
- Препарат содержит противоядие.
- Для обследования достаточно принять очень малое количество $BaSO_4$.
- Катионы бария токсичны только при попадании через дыхательные пути.
- Сульфат бария разлагается соляной кислотой, содержащейся в желудочном соке.
- Рентгеновское излучение нейтрализует катионы бария.

Химия. Задача 5 (1 балл)

Газ А часто называют псевдогалогеном, так как он проявляет свойства, схожие с простыми веществами 17 группы. Если этот газ растворить в холодном растворе гидроксида калия, образуется смесь солей, одна из которых является известным ядом (соль Б). Если соль Б оставить во влажном воздухе, медленно будет происходить реакция с выделением газа В, используемого для получения многих химических волокон и пластмасс. Из 0,975 г вещества Б с течением времени в атмосферу выделится 369 мл газа В при 27 °С. Определите газ В, в ответ запишите его формулу.

Химия. Задача 6 (1 балл)

Черный порошок неизвестного вещества X растворим в некоторых органических растворителях с образованием ярко-окрашенных растворов. При сжигании этого порошка на воздухе образуется только бесцветный газ, вызывающий помутнение известковой воды. В последние годы добавку вещества X стали использовать при получении алмазов из графита. Определите вещество X, в ответе приведите его русское название.

Химия. Задача 7 (1 балл)

Неизвестный порошок X при нагревании разлагается, превращаясь в розовый нанопорошок Y (простое вещество), проводящий электрический ток, и бесцветный газ Z, который не поддерживает горения и имеет плотность примерно в 1,52 раза превышающую плотность воздуха при тех же условиях. Масса выделившегося газа в 1,38 раза больше массы образовавшегося нанопорошка. Запишите химические формулы веществ X, Y, Z через запятую.

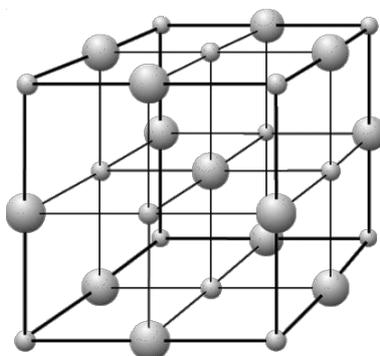
Химия. Задача 8 (1 балл)

Соотнесите возможную окраску стекол с атомами и ионами металлов, которые ее вызывают

синяя	хром(+3)
зеленая	наночастицы золота
красная	кобальт(+2)
желтая	наночастицы серебра
черная	частицы платины микронного размера

Химия. Задача 9 (1 балл)

Нанопорошок неизвестного вещества состоит из атомов двух элементов, у которых и порядковые номера, и относительные атомные массы относятся как 3 к 2. Кристаллическая решетка вещества представлена на рисунке. Запишите его химическую формулу



Химия. Задача 10 (1 балл)

Газ X состоит из двух химических элементов, в атомах которых число электронов различается в 16 раз. При сильном охлаждении и высоком давлении этот газ переходит в твердое состояние, в котором проявляет сверхпроводящие свойства. Запишите химическую формулу газа.

Физика. Задача 11. Характерные размеры (1 балл)

Сопоставьте размеры физических объектов или расстояния между ними с соответствующими единицами измерения длины.

световой год	ширина стола
астрономическая единица	квантовая точка
километр	толщина фольги
метр	расстояние между звёздами
микрометр	размер молекулы
нанометр	расстояние от Земли до Солнца
ангстрем	расстояние между городами

Физика. Задача 12. Непотопляемый брусок (1 балл)

Деревянный брусок плавает в сосуде с водой, затем его погружают в сосуд с керосином, и наконец в сосуд с глицерином. Выясняется, что брусок плавает во всех трёх жидкостях. Сравнивая силы Архимеда, что можно сказать про их соотношение?

Сила Архимеда:

Выберите один ответ:

- в воде максимальная, в керосине минимальная
- в керосине максимальная, в воде минимальная
- в керосине максимальная, в глицерине минимальная
- везде одинаковая
- в глицерине максимальная, в керосине минимальная
- в воде максимальная, в глицерине минимальная

Физика. Задача 13. Кулер для процессора (1 балл)



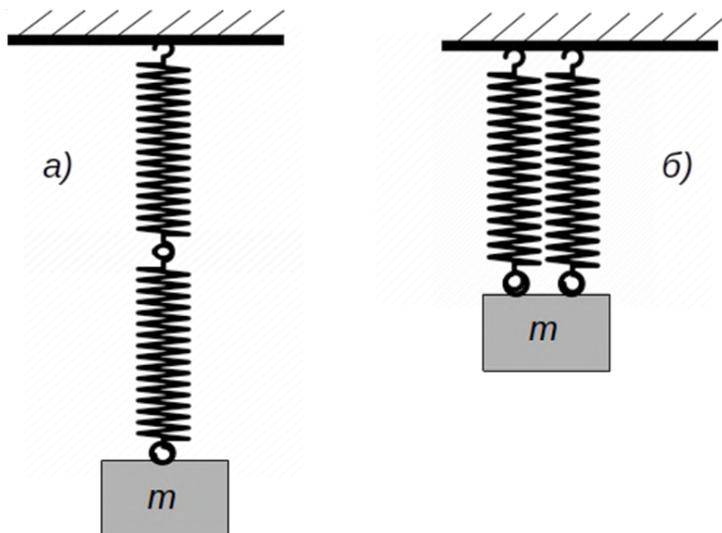
Для охлаждения процессора персонального компьютера используют медь и алюминий (см. рисунок). Выберите из предложенных вариантов только один, правильно описывающий причину выбора материалов. Эти материалы используются потому что:

Выберите один ответ:

- медь обладает высокой теплопроводностью, но имеет большую, по сравнению с алюминием, плотность
- алюминий имеет меньшую, чем у меди, теплопроводность и низкую плотность
- медь и алюминий имеют низкое удельное электросопротивление
- медь обладает высокой теплопроводностью, а алюминий высокой удельной теплоемкостью

Физика. Задача 14. Пружинные весы (1 балл)

Один и тот же груз m подвешивают на двух пружинах сначала, как показано на рис.а), а потом, как на рис.б).



Первая пружина имеет коэффициент жесткости k_1 , а вторая коэффициент жесткости $k_2 = 2k_1$. В случае а) грузик растягивает пружины на Δy_1 , а в случае б) на Δy_2 . Найдите отношение разности $\Delta y_1 - \Delta y_2$ к удлинению одной пружины k_1 , когда на ней висит тот же груз m .

Выберите один ответ:

- 4/3
- 1/2
- 7/6
- 3/2
- 8/7
- 1

Физика. Задача 15. Газовая смесь (1 балл)

В баллоне находится смесь гелия (He) и криптона (Kr). Количество атомов Kr в 3 раза больше, чем атомов He. Найдите удельную теплоемкость при постоянном объеме газовой смеси, C_v .

Выберите один ответ:

- 756 Дж/(кг·К)
- 1664 Дж/(кг·К)
- 150 Дж/(кг·К)
- 2178 Дж/(кг·К)
- 195 Дж/(кг·К)

Физика. Задача 16. Неупругое столкновение (1 балл)

Пара одинаковых шариков движется навстречу друг другу и сталкивается абсолютно неупруго. Во сколько раз будут отличаться разности температур до и после столкновения для пары шариков из железа и пары шариков из алюминия? Начальные скорости у всех шариков одинаковые. Необходимые справочные значения при комнатной температуре найдите в литературе и считайте их постоянными.

Выберите один ответ:

- 10
- 1/10
- 2
- 1/4
- 4

Физика. Задача 17. Термометры сопротивления (1 балл)

Термометр сопротивления – это прибор, используемый для измерения температуры на основе зависимости удельного сопротивления проводника от температуры. В качестве проводника часто используют платину, которая имеет высокий температурный коэффициент сопротивления:

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0(t - t_0)},$$

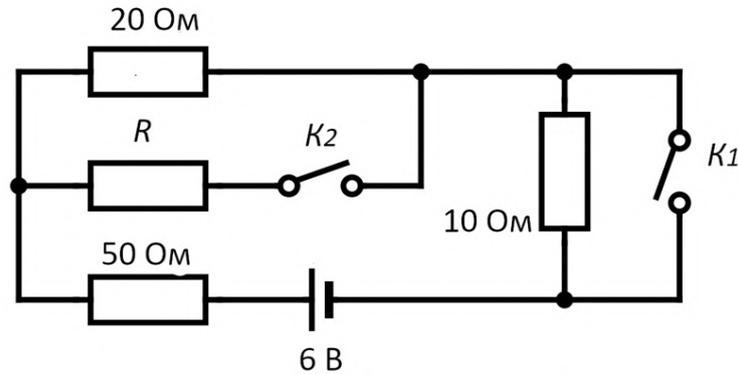
где $R_0 = 0,5$ Ом и $t_0 = 25$ °С – сопротивление и температура резистора при стандартных условиях, R – сопротивление резистора при температуре t .

Какую массу воды m нагрели в калориметре, если сопротивление термометра, помещённого в калориметр, изменилось на $\Delta R = 0,125$ Ом? Теплоёмкость воды $c = 4,2$ кДж/(кг·°С), $\alpha_{Pt} = 3,9 \cdot 10^{-3}$, напряжение, поданное на нагреватель, $U = 220$ В, сопротивление нагревателя $R_H = 108$ Ом. Нагреватель работал $\tau = 2$ мин. До нагревания вода находилась при температуре t_0 . Тепловыми потерями и нагреванием калориметра пренебречь.

Ответ дайте в килограммах, округлив до десятых. В поле ввода ответа укажите число без единиц измерения.

Физика. Задача 18. Выключатель (1 балл)

На рисунке представлена электрическая схема.

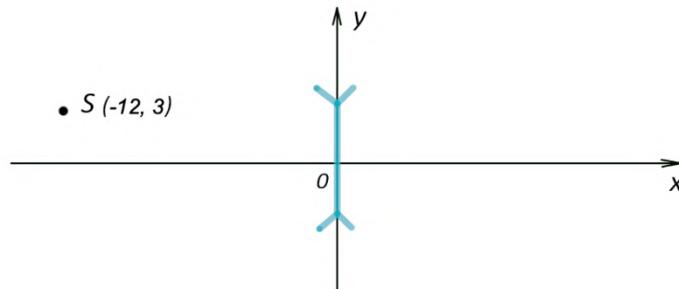


Найдите сопротивление резистора R , если ток через резистор с сопротивлением $20\ \text{Ом}$ одинаковый в случаях, когда ключи $K1$ и $K2$ оба разомкнуты или оба замкнуты. Ответ дайте в Омах .

В поле ввода ответа укажите число без единиц измерения.

Физика. Задача 19. Линза (1 балл)

На рисунке представлена схема с рассеивающей линзой. Линза с фокусным расстоянием $6\ \text{см}$ расположена в начале координат, ось x направлена вдоль главной оптической оси линзы. В точке с координатами $(-12\ \text{см}, 3\ \text{см})$ находится точечный объект S . Найдите координаты изображения объекта S' .



Выберите один ответ:

- (12, 3)
- (-4, 1)
- (-4, -1)
- (12, -3)

Физика. Задача 20. Лазерная указка (1 балл)

Юный исследователь, выступая с докладом перед стендом с плакатом, использует лазерную указку. Плакат на стенде висит за стеклом. Луч падает на стекло под углом $\alpha = 45^\circ$. На каком расстоянии попадает луч на плакат от той точки, куда попал бы он, если не было бы стекла? Толщина стекла $d = 5$ мм, показатель преломления $n = 1,3$.

Выберите один ответ:

- 3,0 мм
- 2,5 мм
- 5,0 мм
- 1,8 мм
- 1,0 мм

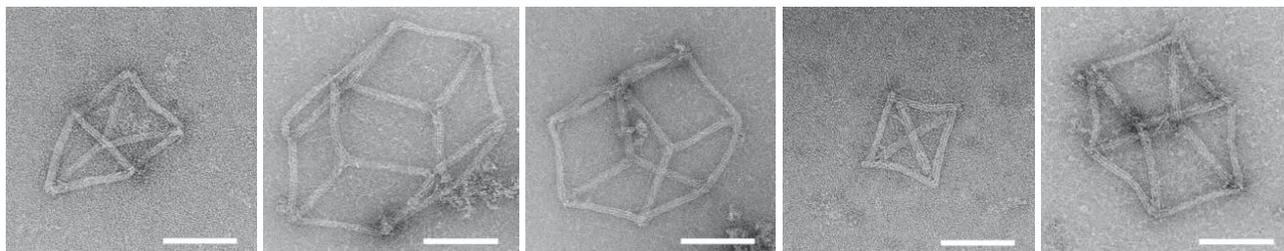
Математика. Задача 21 (1 балл)

Сколько граммов серебряных наночастиц в форме куба с ребром a нм понадобится, чтобы в один слой покрыть футбольное поле? Плотность серебра составляет $10,5$ г/см³, размеры футбольного поля — 105 на 68 метров.

Ответ приведите в виде десятичной дроби с точностью не менее 2 значащих цифр без единиц измерения.

Математика. Задача 22 (1 балл)

Из ДНК-«треног» (то есть, неких заготовок, представляющих собой три объединенных в одной вершине цилиндрических «ножки» из двойных спиралей ДНК) самосборкой были получены пять видов многогранников. На рисунках представлены их изображения, полученные при помощи просвечивающей микроскопии. Сопоставьте каждому из многогранников его название.

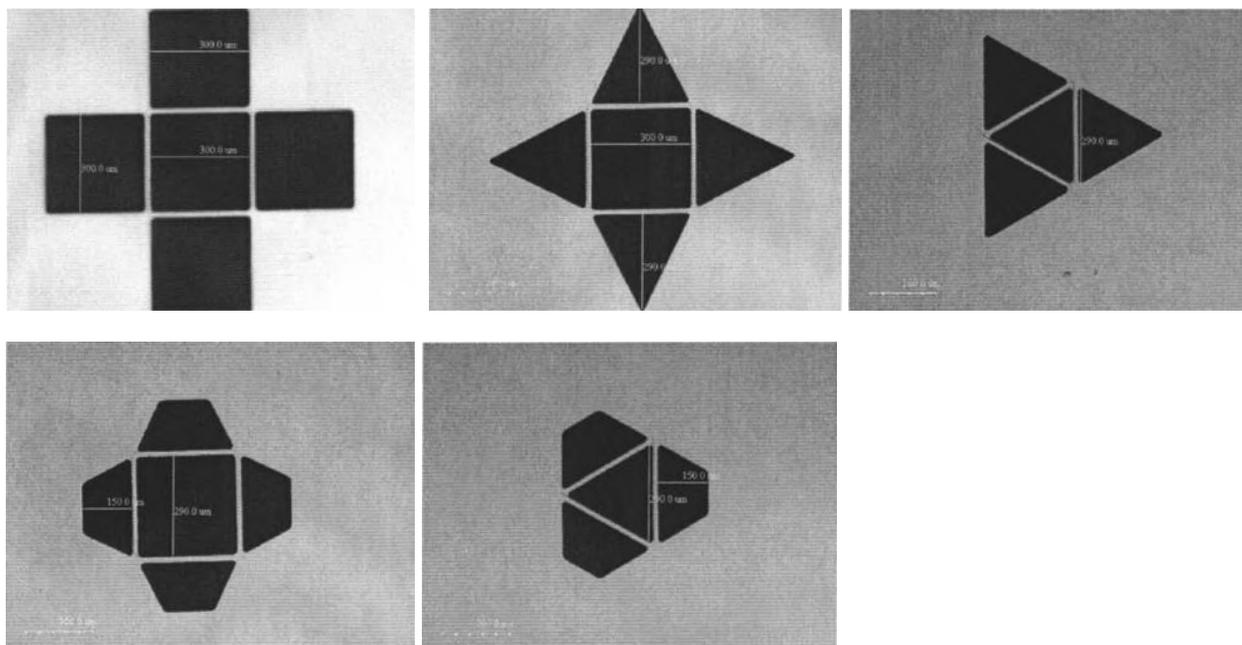


- тетраэдр
- треугольная призма
- куб
- пятиугольная призма
- шестиугольная призма

Математика. Задача 23 (1 балл)

Для изготовления микроантенны в виде упорядоченного массива полых золотых многогранников определенной формы, закрепленных на подложке, на первом этапе методом микропечати создаются двумерные заготовки. После «отсоединения» боковых частей этих заготовок от подложки происходит самосборка многогранников.

Сопоставьте микрофотографии двумерных заготовок и названия полученных из них полых золотых многогранников:



- треугольная пирамида
- треугольная усечённая пирамида
- куб
- квадратная пирамида
- квадратная усеченная пирамида

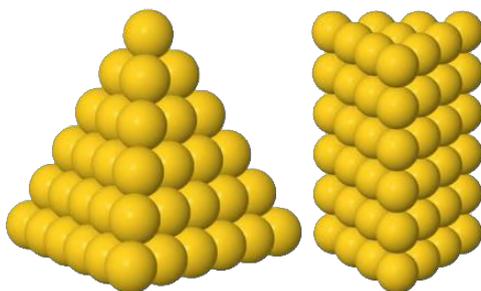
Математика. Задача 24 (1 балл)

Гидрогели — это полимерные материалы, отличающиеся способностью поглощать и удерживать воду в количествах, в разы превышающих их собственную массу.

Гранулы гидрогеля имеют форму куба с ребром 5 мм. Сколько гранул гидрогеля понадобится, чтобы поглотить 250 мл воды, если 1 см³ сухого гидрогеля способен поглотить 40 мл воды?

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 25 (1 балл)



Если взять тетраэдрический кластер, на ребро которого приходится x атомов металла, то из всех составляющих его атомов можно собрать без остатка новый кластер в форме стопки из 8 треугольных слоев, на ребро которых приходится x атомов металла. Найдите x .

Подсказка. Общее число атомов в тетраэдрическом кластере, на ребро которого приходится n атомов:

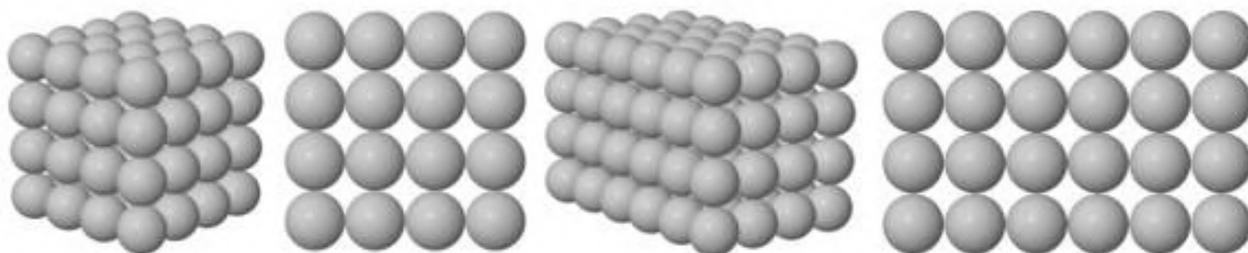
$$T_d = (n^3 + 3n^2 + 2n)/6.$$

Число атомов в треугольнике, на ребро которого приходится n атомов:

$$T = n(n + 1)/2.$$

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 26 (1 балл)

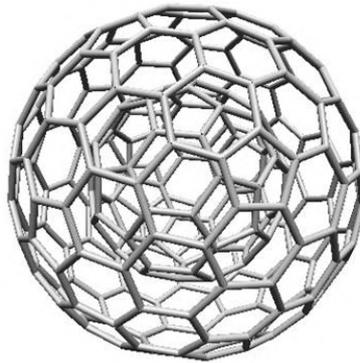


Какую форму может иметь нанокластер, содержащий ровно 2024 атома металла?

Выберите один или несколько ответов:

- прямоугольного параллелепипеда
- правильной квадратной призмы
- куба
- прямоугольника
- квадрата

Математика. Задача 27 (1 балл)



Рассмотрим семейство высокосимметричных фуллеренов, общее число атомов углерода в которых выражается формулой

$$N = 20(n^2 + nm + m^2),$$

где n и m – целые неотрицательные числа, однозначно задающие фуллерен.

Общее число атомов углерода в некотором фуллерене этого семейства равно суммарному числу атомов в матрешке из двух других фуллеренов из этого же семейства.

Определите значение n для такого фуллерена, если матрешку составляют фуллерены с параметрами $(4, 0)$ и (x, x) , а для этого фуллерена $n = 2x - 1$ и $m = 1$.

Ответ приведите в виде целого числа без единиц измерения.

Математика. Задача 28 (1 балл)

Диаметр углеродных нанотрубок (УНТ) можно рассчитать как

$$D = \frac{a\sqrt{3}}{\pi} \sqrt{n^2 + nm + m^2},$$

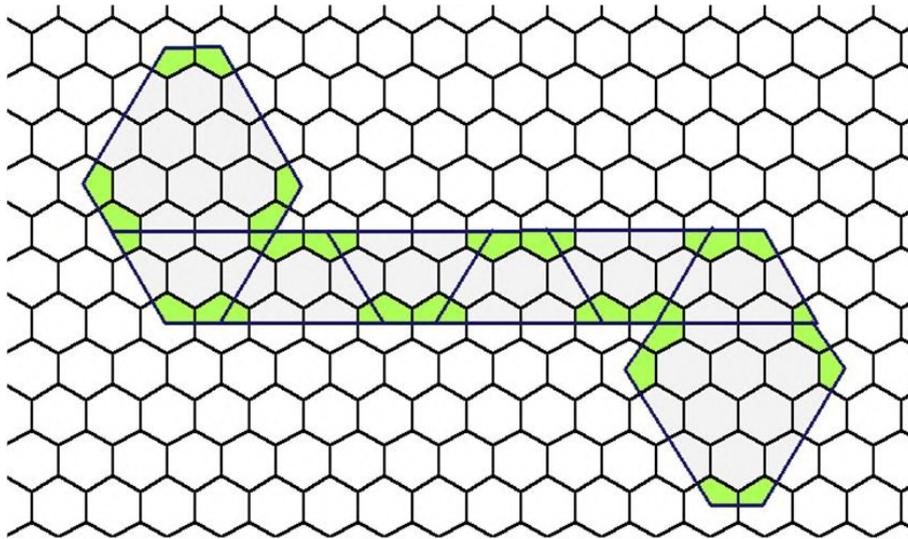
где (n, m) — пара целых неотрицательных чисел, при помощи которой однозначно задается УНТ, a – расстояние между центрами соседних атомов углерода.

Какие из ниже перечисленных УНТ имеют равный диаметр?

Выберите один или несколько ответов:

- (14,14)
- (2,23)
- (22,4)
- (4,22)
- (13,15)

Математика. Задача 29 (1 балл)



Если фигуру, представленную на рисунке, вырезать по контуру, а затем сложить и склеить, то получится многогранник, отвечающий некоторому фуллерену. Сколько шестиугольников имеется в его структуре?

Ответ приведите в виде числа без единиц измерения.

Математика. Задача 30 (1 балл)

Частицы какой формы можно расположить без зазоров на плоскости?

Выберите один или несколько ответов:

- правильные шестиугольники
- правильные пятиугольники
- квадраты
- правильные треугольники
- ромбы
- правильные семиугольники

Биология. Задача 31. Жила-была девочка (1 балл)

Жила-была девочка. Она была красивая и очень любила книги. У нее была большая семья, прямо скажем, просто огромная семья, которая тоже очень любила книги. И шкафчики для книг.

Девочка и ее родители дружно работали на благо семьи. Все вместе – и взрослые, и дети – они строили общий дом. Даже можно сказать дворец. И девочка мама там была главная.

Девочка дружила со старым солдатом, и он рассказывал, как однажды защитил их общий дом тем, что головой заткнул дыру, сделанную врагами. И даже показывал маленькую царапину на лбу, полученную в этом сражении.

А однажды девочка повзрослела и стала королевой. Младшей королевой.

Жила-была девочка. Когда она родилась, она лежала на теплом песочке, как и тридцать ее сестер. И ничего не понимала, как и все новорожденные. А потом пришла их мама, осторожно собрала девочек в рот и отнесла к воде. Девочка запомнила – самое первое воспоминание – как ее маленькая ручка лежит на чисто-белой эмали маминого зуба.

Мама хотела, чтобы родились девочки. Но прошлый раз не получилось – резко похолодало, и родились мальчики, старшие братья нашей девочки. А в этот раз вот получилось.

Ах, какие теплые воспоминания! Но девочка, уже взрослая, отложила приятные мысли и заинтересовалась чем-то большим и полосатым, которое промелькнуло в кустах. Через пару минут это полосатое показалось поближе, а потом третий раз – зебра вышла из кустов и стала спускаться вниз по тропинке.

И знаете это приятное чувство горячих эластичных мышц, которое возникает после недолгой тренировки? Вот нам для этого надо сделать очень качественную разминку, а нашей героине – просто посмотреть на зебру. Три раза.

Жила-была девочка. Она была красивая и работала у профессора Джорджа Стрейзингера. Кстати именно профессор покрасил её прабабушку в фиолетовый цвет в крапинку. У девочки было много подруг. Так много, что она однажды посмотрела по сторонам и решила стать мальчиком. И стала.

Конечно, эти девочки – не люди. А кто?

Выберите один или несколько ответов:

- муравей
- данио рерио
- термит
- бегемот
- стрекоза
- черепаха
- сом
- луна-рыба
- пчела
- гепард
- акула
- крокодил

Биология. Задача 32. Зачем могут быть нужны ушные раковины? (1 балл)

Выберите один или несколько ответов:

- ушные раковины помогают отгонять насекомых от лица
- ушные раковины охлаждают тело в жару
- ушные раковины содержат клапан, закрывающий слуховой проход при нырянии
- ушные раковины помогают точнее определить направление, откуда идет звук
- ушные раковины защищают слуховой проход от попадания посторонних объектов
- в ушных раковинах мы носим серьги, которые так оттягивают мочки, что те вытягиваются, что в свою очередь становится признаком богоизбранности и существенным образом повышает статус в социальной иерархии

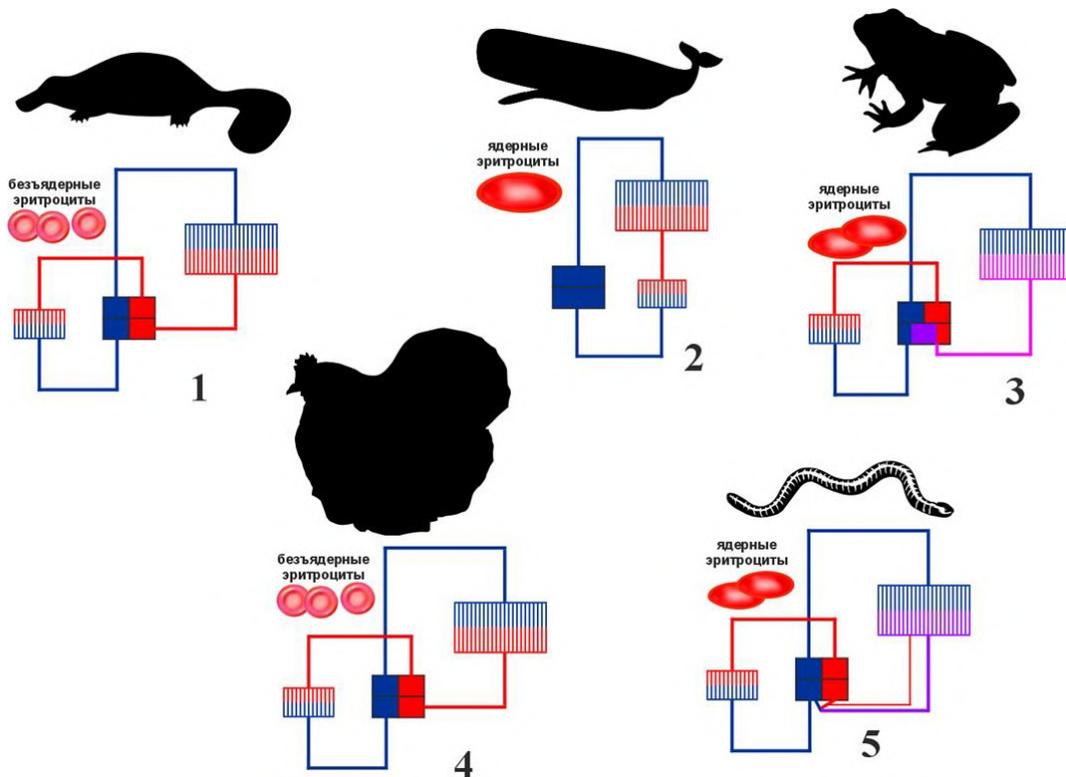
Биология. Задача 33. Как пауки используют паутину? (1 балл)

Выберите один или несколько ответов:

- дышат с помощью паутины на суше
- вешают паутину дома на стену вместо ковра
- едят паутину
- пеленают в паутину детей
- лечат паутиной свои раны
- упаковывают в паутину подарки для жены
- пишат на паутине сообщения другим паукам
- строят ловчую сеть
- дышат с помощью паутины под водой
- летают на паутине

Биология. Задача 34. Найди ошибки (1 балл)

Какие из картинок изображены с ошибкой?



Выберите один или несколько ответов:

- 5
- 4
- 2
- 3
- 1

Биология. Задача 35. Найди пару (1 балл)

Кое-что похожее есть у тех растений, животных или отдельных их частей на картинках слева, и у предметов или явлений в раскрывающемся списке справа. Найдите общее и подберите пару для каждой картинке.





парусник
сумка
терка
молоточек и наковальня
радуга
зеркальце
шляпка
коромысло

Биология. Задача 36. Орех (1 балл)

Выделите все названия растений, имеющих плод – орех.

Выберите один или несколько ответов:

- кофе
- брусника
- лещина
- арахис
- гречиха
- камыш
- кедровый орех

Биология. Задача 37. Правильное сопоставление (1 балл)

Природа сотворила множество удивительных вещей, над которыми ученые до сих пор ломают голову. Однако, некоторые тайны им всё же удалось разгадать. Именно так были созданы и усовершенствованы некоторые из приборов, представленные ниже. Ваша задача – соотнести фотографию прибора (устройства) и название животного (или растения), наблюдая за которым, ученые смогли улучшить или создать новую технологию.

покрытие на судах, одежда пловцов



компрессионный костюм



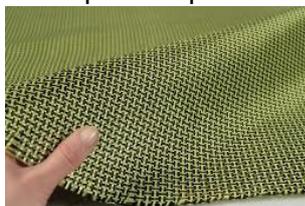
гидрофобное незапотевающее стекло



черный ящик



кевларовая броня



форма солнечной батареи



форма тела самолета (фюзеляж)



ветрогенератор



- сова
- лотос
- жираф
- паук
- подсолнух
- дельфин
- акула
- дятел

Биология. Задача 38. Про акулу (1 балл)

Юный биолог Петя очень любил изучать рыб. Особенно акул. Он хорошо помнил сцены из многих фильмов, в которых к пляжу под таинственную музыку приближается торчащий из воды плавник акулы.

Однако внимательно пересмотрев научные и научно-популярные фильмы, Петя понял, что такое поведение акулам обычно не свойственно, и увидеть выставленный средь бела дня акулый спинной плавник на поверхности воды удастся весьма редко.

У него было несколько гипотез, почему так происходит. Укажите, какая из них верная:

Выберите один ответ:

- Акула старается не высовываться из воды потому, что боится солнечных ожогов.
- В приповерхностном слое воды слишком мало кислорода для дыхания акулы.
- Акула не хочет спугнуть добычу.
- У акулы нет плавательного пузыря, и выставленный на воздух плавник нарушает баланс плавучести.
- Волны сбивают акулу с курса.

Биология. Задача 39. Про Петра Георгиевича и паутину (1 балл)

Известно, что паутина очень прочна, ее прочность на разрыв составляет 260 кг/мм^2 .

Однажды завхоз Петр Георгиевич во время беспробудного сна после ревизии был похищен гигантским пауком, сбежавшим из секретной лаборатории. Паук опутал Петра Георгиевича паутиным коконом и подвесил кокон к потолку склада. Но, к счастью для завхоза, паутинный трос оборвался, кокон упал на пол и Петр Георгиевич проснулся. Разрезал кокон ножом и загнал мутанта лопатой обратно в лабораторию. Почему порвалась подвеска кокона, сразу поняли все, кто знал завхоза.

Рассчитайте минимально возможную массу Петра Георгиевича, при которой порвалась подвеска кокона, если известно, что висел он в спящем состоянии и не дергался, а диаметр нити паутины, на которой висел кокон, был 1 мм.

Выберите один ответ:

- 205 кг
- 280 кг
- 200 кг
- 95 кг

Биология. Задача 40. Энергетическая выгода от коровы (1 балл)

Сравните энергию, которую можно получить из мяса коровы и ее молока, надоенного в течение года. Считаем, что выход мяса из коровы составляет 400 кг, а годовой надой 3,2%-го молока – 4000 литров (1 кг молока – 0,97 литра). Калорийность говядины в среднем составляет 190 ккал на 100 г, калорийность молока – 252 кДж на 100 г (1 ккал=4,2 кДж).

Найдите отношение энергии, полученной от мяса, к энергии из надоенного в течение года молока.

Выберите один ответ:

- 0,31
- 0,27
- 1,15
- 0,35
- 0,19
- 0,55

Всего – 40 баллов.



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
5 – 10 классы (отборочный этап)
Решения**

Химия. Решение задачи 1. Ядерные реакции

Правильные ответы: ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$, ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{p} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He}$

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/2 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

В правильно записанных реакциях сумма массовых чисел (верхних индексов) в левой и правой частях уравнения одинакова. То же касается и суммы зарядов (нижние индексы).

Химия. Решение задачи 2. Оксиды

Правильные ответы: $\text{FeO}_{1,07}$, H_2O , ClO_2 .

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

BaSO_4 – соль, OF_2 – фторид, а не оксид, KO_2 – надпероксид, O_3 – простое вещество. Остальные вещества относятся к классу оксидов ($\text{FeO}_{1,07}$ – нестехиометрический).

Химия. Решение задачи 3. Рецепт пирога

Правильный ответ: 56.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 1,68$.

Уравнение реакции: $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$.

1/2 ложки соды – это 3,78 г NaHCO_3 , или $3,78/84 = 0,045$ моль. 1/2 ложки уксуса – это 2,5 г 6%-го раствора CH_3COOH , или $2,5 \cdot 0,06 = 0,15$ г, или $0,15/60 = 0,0025$ моль CH_3COOH . Уксусная кислота – в недостатке: $\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,0025$ моль, $V(\text{CO}_2) = 0,0025 \cdot 22,4 = 0,056$ л = 56 мл.

Химия. Решение задачи 4. Контрастная рентгенография

Правильный ответ: BaSO_4 слишком плохо растворяется в воде, чтобы оказывать влияние на организм.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Ядовитыми для организма являются ионы Ba^{2+} , однако сульфат бария нерастворим не только в воде, но и в кислотах, поэтому ионы бария из $BaSO_4$ практически не попадают в организм.

Химия. Решение задачи 5

Правильный ответ: HCN.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

A – дициан, $(CN)_2$. При взаимодействии с щёлочью он, подобно галогенам, диспропорционирует: $(CN)_2 + 2KOH = KCN + KCNO + H_2O$. Ядовитая соль Б – KCN, цианид калия. Это – соль очень слабой кислоты, поэтому она легко гидролизуеться во влажном воздухе: $KCN + H_2O = HCN + KOH$. При 27 °C HCN представляет собой газ (вещество В). Подтвердим расчётами. $\nu(KCN) = 0,975/65 = 0,015$ моль, $\nu(HCN) = 0,369 \cdot 101,3 / (8,314 \cdot 300) = 0,015$ моль. Количества веществ Б и В соответствуют уравнению реакции.

Химия. Решение задачи 6

Правильный ответ: фуллерен.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, ответ «бакминстерфуллерен» также считается правильным и оценивается на максимальный балл.

Бесцветный газ, вызывающий помутнение известковой воды, – это CO_2 или SO_2 . Однако сера, при сжигании которой образуется SO_2 , – порошок желтого цвета. Следовательно, черный порошок – простое вещество углерод. Из всех аллотропных форм углерода хоть в чем-то растворим только фуллерен.

Химия. Решение задачи 7

Правильный ответ: Cu_2O_4 , Cu, CO_2 .

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, варианты записи ответа вида Cu_2O_4, Cu, CO_2 ; X - Cu_2O_4 , Y - Cu, Z - CO_2 ; X- Cu_2O_4 , Y-Cu, Z- CO_2 ; X = Cu_2O_4 , Y = Cu, Z = CO_2 ; X= Cu_2O_4 , Y=Cu, Z= CO_2 также считаются правильными и оцениваются на максимальный балл.

$M(Z) = 1,52 \cdot 29 = 44$ г/моль – это CO_2 . Розовое простое вещество Y – это медь, Cu. На 1 моль меди (64 г) при разложении выделяется $64 \cdot 1,38 = 88$ г CO_2 , или 2 моль. Исходный порошок X – оксалат меди, Cu_2O_4 . Уравнение реакции разложения: $Cu_2O_4 = Cu + 2CO_2 \uparrow$.

Химия. Решение задачи 8

Правильные ответы:

синяя – кобальт(+2)

зеленая – хром(+3)

красная – наночастицы золота

желтая – наночастицы серебра

черная – частицы платины микронного размера

Критерии оценивания: за каждое правильно найденное соответствие добавляется 1/5 балла, неправильные варианты не оцениваются. Максимальный балл – 1.

Синий цвет Co^{2+} и зеленый цвет Cr^{3+} хорошо известны. Цвет рубинового стекла вызван наночастицами золота (<https://www.chem.msu.ru/rus/vmgu/186/422.pdf>). Наночастицы серебра придают стеклу желтую окраску (М.Н.Андреев, дисс.).

Химия. Решение задачи 9

Правильный ответ: MgO.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

В элементарной ячейке крупные шары занимают середины всех ребер куба, а также центр ячейки. Всего на одну ячейку приходится $12 \cdot 1/4 + 1 = 4$ крупных шара. Мелкие шары находятся во всех вершинах и в центрах всех граней куба, на одну ячейку их приходится $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$. Таким образом, оба элемента находятся в веществе в равных количествах. Подбор по атомным массам и атомным номерам дает формулу MgO.

Химия. Решение задачи 10

Правильный ответ: H₂S.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Число электронов в атоме равно порядковому номеру элемента. Отличие порядковых номеров элементов в 16 раз говорит о том, что один из элементов – очень легкий. Если это – водород (1 электрон в атоме), то второй элемент – сера (порядковый номер 16), формула газа X – H₂S.

Физика. Решение задачи 11. Характерные размеры

Правильные ответы:

световой год – расстояние между звёздами
астрономическая единица – расстояние от Земли до Солнца
километр – расстояние между городами
метр – ширина стола
микрометр – толщина фольги
нанометр – квантовая точка
ангстрем – размер молекулы

Критерии оценивания: за каждое правильно найденное соответствие добавляется 1/7 балла, неправильные варианты не оцениваются. Максимальный балл – 1.

Световой год – расстояние, которое свет проходит за один год. Это самая большая величина из списка, как и расстояние между звёздами. Астрономическая единица – расстояние от Земли до Солнца (по определению). Расстояние между соседними городами, как правило, составляет единицы или десятки километров. Ширина стола по порядку величины обычно равна метру. Микрометр – тысячная доля миллиметра. Толщина фольги может варьироваться от единиц до сотен микрометров. Квантовая точка – объект исследования нанотехнологий, его размеры составляют от единиц до десятков нанометров. Ангстрем – десятая доля нанометра. Это самая маленькая из перечисленных величин, как и молекула – наименьший из приведённых объектов.

Физика. Решение задачи 12. Непотопляемый брусок

Правильный ответ: везде одинаковая.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Во всех 3-х случаях сила тяжести уравновешена силой Архимеда, а так как сила тяжести одинакова, то и сила Архимеда одинакова. Плотность жидкостей разная, но и разная глубина погружения.

Физика. Решение задачи 13. Кулер для процессора

Правильный ответ: медь обладает высокой теплопроводностью, а алюминий высокой удельной теплоемкостью.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Электропроводность в данном случае не важна, а плотность имеет значение, т.к. определяет массу радиатора. Но низкая плотность алюминия, из которого выполнен радиатор, компенсируется большими размерами, что видно из рисунка.

Физика. Решение задачи 14. Пружинные весы

Правильный ответ: $\frac{7}{6}$.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

В случае а) $\Delta y_1 = \frac{3mg}{2k_1}$, в случае б) $\Delta y_2 = \frac{mg}{3k_1}$. Груз m на пружине k_1 растягивает на $\Delta y = \frac{mg}{k_1}$.

Физика. Решение задачи 15. Газовая смесь

Правильный ответ: 195 Дж/(кг·К).

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

$$C = \frac{C_V (v_{He} + v_{Kr})}{v_{He} \mu_{He} + v_{Kr} \mu_{Kr}},$$

с учетом того, что молярная теплоемкость при постоянном объеме для всех одноатомных газов $C_V = \frac{3R}{2}$, и по условию $\frac{v_{Kr}}{v_{He}} = 3$.

Физика. Решение задачи 16. Неупругое столкновение

Правильный ответ: 2.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

При неупругом столкновении кинетическая энергия движения шаров преобразуется в тепловую:

$$2cm\Delta T = 2mV^2/2$$

Отсюда $\Delta T \sim 1/c$, т.е. отношение разности температур для двух пар шариков обратно пропорционально удельной теплоемкости материалов шариков. Исходя из табличных данных, при комнатной температуре удельная теплоемкость железа $c \approx 460$ Дж/К*кг, а алюминия $c \approx 920$ Дж/К*кг.

Физика. Решение задачи 17. Термометры сопротивления

Правильный ответ: 0,2.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,1$.

По закону Джоуля-Ленца, тепло, выделившееся при работе нагревателя $Q = I^2 R_H \tau$.

Закон Ома: $I = \frac{U}{R_H} \Rightarrow Q = \frac{U^2}{R_H} \tau$. Тепло, затрачиваемое на нагревание воды $Q = cm(t - t_0)$.

Так как температурный коэффициент сопротивления по определению равен $\alpha = \frac{R - R_0}{R_0 (t - t_0)}$, то $Q = cm \frac{R - R_0}{R_0 \alpha}$. Тогда $m = \frac{U^2 \tau R_0 \alpha}{c \Delta R R_H}$; $m = 0,2$ кг.

Физика. Решение задачи 18. Выключатель

Правильный ответ: 100.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 1 .

Запишем закон Ома для двух конфигураций: с выключенными ключами и без.

1. Ключи разомкнуты.

$$50I + 20I + 10I = 6$$

Отсюда ток, протекающий через резистор 20 Ом $I = \frac{3}{40}$ А.

2. Ключи замкнуты.

$$50 * I + 20 * I = 6$$

Отсюда $I = 9/100$ А.

Для напряжения и тока на резисторах 20 Ом и R справедливо: $I \cdot R = 20I$ и $I \cdot R + I = I$.

Решая систему уравнений, находим R .

Физика. Решение задачи 19. Линза

Правильный ответ: (-4, 1).

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Воспользуемся формулой тонкой линзы для рассеивающей линзы.

$$-\frac{1}{|F|} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|}$$

Отсюда получаем, что абсцисса изображения $x = -4$. Исходя из подобия, находим ординату: $y = \frac{-4}{-12} * 3 = 1$.

Физика. Решение задачи 20. Лазерная указка

Правильный ответ: 1,8 мм.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

$$\Delta x = d \left(\tan 45^\circ - \frac{\sin 45^\circ}{\sqrt{n^2 - \sin^2 45^\circ}} \right)$$

Математика. Решение задачи 21

Правильный ответ: вычисляется по формуле $74,97 \cdot a$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах 5%.

Площадь футбольного поля составляет $S = 105 \cdot 68 = 7140 \text{ м}^2$.

Площадь, занимаемая одной наночастицей серебра в форме куба с ребром, равным $\{a\}$ нм, составляет $S_{\text{Ag}} = \{a\}^2 \text{ нм}^2 = 10^{-18} \cdot \{a\}^2 \text{ м}^2$.

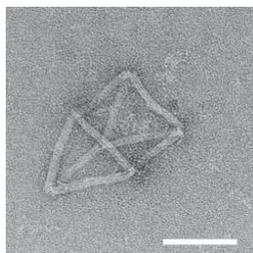
Следовательно, чтобы покрыть футбольное поле одним слоем, всего нам понадобится $N = S/S_{\text{Ag}} = 7140 / (10^{-18} \cdot \{a\}^2) = 7,14 \cdot 10^{21} / \{a\}^2$ таких наночастиц.

Масса одной наночастицы составляет $m_{\text{Ag}} = V_{\text{Ag}} \cdot \rho = \{a\}^3 \cdot \rho = 10^{-27} \cdot \{a\}^3 \cdot 10,5 \cdot 10^6 \text{ г} = 1,05 \cdot 10^{-20} \cdot \{a\}^3 \text{ г}$ (переводим объем в кубические метры, а плотность — в граммы на кубический метр).

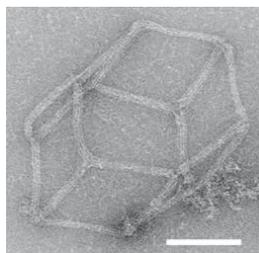
Тогда масса всех частиц равна $m = N \cdot m_{\text{Ag}} = 7,14 \cdot 10^{21} / \{a\}^2 \cdot 1,05 \cdot 10^{-20} \cdot \{a\}^3 = 74,97 \cdot \{a\}$ граммов.

Математика. Решение задачи 22

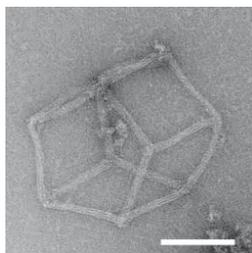
Правильные ответы:



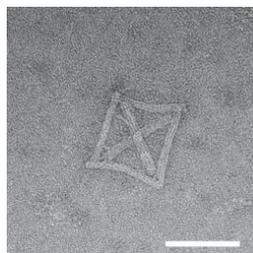
треугольная
призма



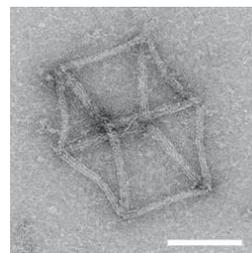
шестиугольная
призма



пятиугольная
призма



тетраэдр



куб

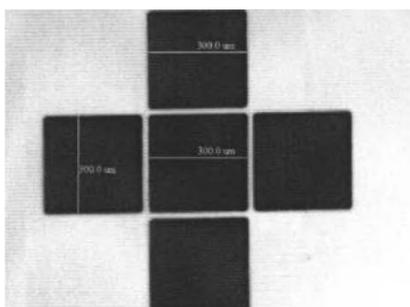
Критерии оценивания: за каждое правильно найденное соответствие добавляется 1/5 балла, неправильные варианты не оцениваются. Максимальный балл – 1.

Рассмотрим микрофотографии каркасных ДНК-структур, представленные в условии. Как можно видеть, они представляют собой плоские проекции некоторых многогранников, и по этим проекциям для каждого легко можно установить типы многоугольников, из которых они сложены. Теперь сравним полученные типы с характеристиками перечисленных в условии многогранников.

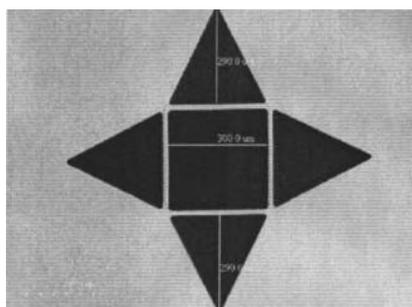
Из всех многогранников пятиугольные грани имеются только у пятиугольной призмы, а шестиугольные — у шестиугольной, соответственно. Пользуясь данным критерием, сопоставляем каркасным ДНК-структурам первые два многогранника. Из оставшихся трех каркасных ДНК-структур только у одной нет треугольных граней (одни квадратные), следовательно, этой структуре отвечает куб. В свою очередь, каркасной ДНК-структуре, образованной четырьмя треугольными гранями, отвечает тетраэдр. Тогда оставшейся каркасной ДНК-структуре, имеющей как треугольные, так и квадратные грани, соответствует последний из многогранников, треугольная призма.

Математика. Решение задачи 23

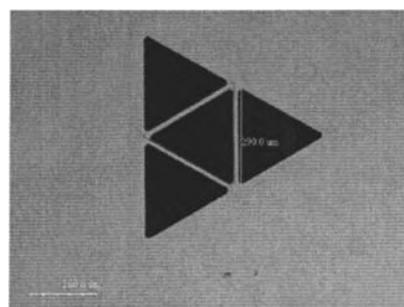
Правильные ответы:



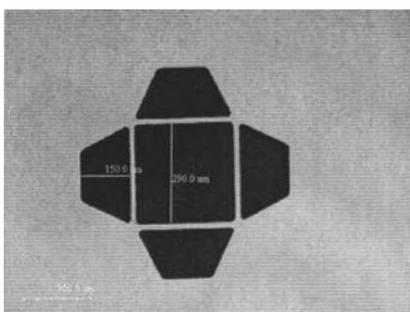
куб



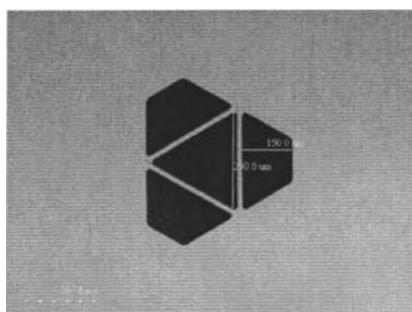
квадратная пирамида



треугольная пирамида



квадратная усеченная пирамида



треугольная усеченная пирамида

Критерии оценивания: за каждое правильно найденное соответствие добавляется 1/5 балла, неправильные варианты не оцениваются. Максимальный балл – 1.

Рассмотрим микрофотографии двумерных золотых заготовок и установим для каждой из них тип и число составляющих ее многоугольников, а затем сравним полученные типы с характеристиками итоговых полых многогранников.

Из всех заготовок только у одной нет треугольных граней либо граней-трапеций, лишь квадраты. Данная заготовка «складывается» в полый открытый куб. В свою очередь,

оставшиеся четыре заготовки можно разделить на попарно на группы двумя способами: по типу основания итогового полого многогранника (квадрат или треугольник, для полых квадратных и треугольных пирамид, соответственно) и по типу его боковых граней (заготовки с треугольными боковыми гранями «складываются» в пирамиды, а заготовки с боковыми гранями в виде трапеций формируют полые открытые усеченные пирамиды, соответственно).

Математика. Решение задачи 24

Правильный ответ: 50.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Составим пропорцию:

1 см³ поглощает 40 мл воды,

один сухой кубик объемом 0,5³ см³ поглощает x мл воды.

Тогда: $x = 40 \cdot 0,5^3 = 5$ мл, и для поглощения 250 мл понадобится $250/5 = 50$ кубиков гидрогеля.

Математика. Решение задачи 25

Правильный ответ: 22.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Основываясь на условии, составим уравнение:

$$(x^3 + 3x^2 + 2x)/6 = 8x(x + 1)/2$$

Решая его, получаем

$$x^3 + 3x^2 + 2x = 24x(x + 1)$$

$$x^2 + 3x + 2 = 24x + 24$$

$$x^2 - 21x - 22 = 0$$

$$D = 21^2 + 4 \cdot 22 = 533$$

$$x = (21 + 23)/2 = 22.$$

Математика. Решение задачи 26

Правильные ответы: правильной квадратной призмы, прямоугольника, прямоугольного параллелепипеда.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/2 балла. Максимальный балл – 1.

Разложим 2024 на множители: $2024 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 23$. Поскольку данное число нельзя представить ни как квадрат, ни как куб какого либо числа, то из 2024 атомов нельзя получить такие нанокластеры. В свою очередь, 2024 можно представить как произведение двух и трех разных чисел, следовательно, из 2024 атомов можно без остатка сложить прямоугольник и прямоугольный параллелепипед. Также 2024 можно представить как $2^2 \cdot 506$, то есть, из этих атомов можно также сложить правильную квадратную призму.

Математика. Решение задачи 27

Правильный ответ: 9.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Запишем уравнение, связывающее параметры всех трех фуллеренов:

$$20(4^2 + 4 \cdot 0 + 0^2) + 20(x^2 + x \cdot x + x^2) = 20((2x - 1)^2 + 1 \cdot (2x - 1) + 1^2)$$

$$16 + 3x^2 = 4x^2 - 4x - 1 + 2x - 1 + 1$$

$$x^2 - 2x - 15 = 0$$

$$D = 4 + 60 = 64$$

$$x = (7 \pm 8)/4$$

$$x = 5.$$

$$\text{Тогда } n = 2x - 1 = 9.$$

Математика. Решение задачи 28

Правильные ответы: (4,22), (14,14), (22,4).

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/2 балла. Максимальный балл – 1.

Равный диаметр будут иметь только те УНТ, которые имеют одинаковое значение суммы $n^2 + nm + m^2$.

Рассчитаем ее для каждого из случаев:

$$(2,23) \quad n^2 + nm + m^2 = 579$$

$$(4,22) \quad n^2 + nm + m^2 = \underline{588}$$

$$(13,15) \quad n^2 + nm + m^2 = 589$$

$$(14,14) \quad n^2 + nm + m^2 = \underline{588}$$

$$(22,4) \quad n^2 + nm + m^2 = \underline{588}$$

Математика. Решение задачи 29

Правильный ответ: 36.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Как можно видеть, многогранник **A**, развертка поверхности которого дана в условии, можно представить как набор из двух шестиугольников (**Б**) и шести равнобедренных трапеций (**В**), в вершинах которых расположены фрагменты шестиугольников, окрашенные зеленым цветом. На каждый из шестиугольников **Б** приходится по $6 + 6/2 = 9$ углеродных шестиугольников (поскольку каждый из углеродных шестиугольников, лежащих на ребре **A**, принадлежит и **Б**, и **В** одновременно). В свою очередь, на каждую из трапеций **В** приходится по $1 + 4/2 = 3$ углеродных шестиугольника, соответственно. Следовательно, общее число шестиугольников в полученном фуллерене составляет $9 \cdot 2 + 3 \cdot 6 = 36$.

Математика. Решение задачи 30

Правильные ответы: правильные треугольники, квадраты, правильные шестиугольники, ромбы.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/4 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/2 балла. Максимальный балл – 1.

В правильном треугольнике угол равен 60° , таким образом, размещая эти фигуры на плоскости так, чтобы в каждом узле замощения сходилось по 6 таких фигур, мы закроем эту плоскость без зазоров ($6 \cdot 60^\circ = 360^\circ$). Повторяя описанный подход, можно замостить всю плоскость.

Такой же вывод можно сделать для квадратов (90°), размещаемых в узлах по 4 ($4 \cdot 90^\circ = 360^\circ$), и для правильных шестиугольников (120°), соединяемых в каждом узле по 3 ($3 \cdot 120^\circ = 360^\circ$), соответственно.

В ромбах соседние углы (то есть, углы, прилежащие к одной и той же его стороне) дополняют друг друга до 180° . Следовательно, два ромба всегда можно сложить так, чтобы они образовали параллелограмм, длина которого в два раза превышает длину исходных ромбов. В свою очередь, складывая два таких параллелограмма, мы получаем новый ромб, в центре которого находится узел, в котором уже 4 исходных фигуры сходятся без зазоров ($180^\circ + 180^\circ = 360^\circ$). Повторяя описанный подход, можно замостить всю плоскость.

В правильном пятиугольнике угол равен 108° , что ни в одной комбинации размещения нескольких фигур в одном узле не позволяет получить ровно 360° : три фигуры дадут зазор ($360^\circ - 3 \cdot 108^\circ = 36^\circ$), а четыре – перекрытие ($360^\circ - 4 \cdot 108^\circ = -72^\circ$).

В правильном семиугольнике угол равен $128,6^\circ$, что ни в одной комбинации размещения нескольких фигур в одном узле не позволяет получить ровно 360° : две фигуры дадут зазор ($360^\circ - 2 \cdot 128,6^\circ = 102,8^\circ$), а три – перекрытие ($360^\circ - 3 \cdot 128,6^\circ = -25,8^\circ$).

Биология. Решение задачи 31. Жила-была девочка

Правильные ответы: термит, крокодил, данио рерио.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/9 балла. Максимальный балл – 1.

Термит – у него развитие без метаморфоза и маленькие термитики похожи на больших и с вылупления могут вносить свой трудовой вклад в дело коллектива. В отличие от насекомых с полным превращением, у которых личинки выглядят как червячки, находятся внутри гнезда и обслуживаются взрослыми особями. Судьба генеративной линии определена заранее, но в личиночной стадии они все похожи друг на друга, дружно едят целлюлозу и копошатся в термитнике.

Крокодил – у него переключается метаболизм после третьего наблюдения добычи, если она видна не всё время. Когда крокодильчики вылупляются из яйца, приходит мама и пастью переносит детей в воду. А пол крокодильчиков зависит от температуры, при которой инкубировалась кладка.

Данио рерио – Стрейзингер именно на них делал свои опыты с получением генно-модифицированных животных. Изменение пола, когда вокруг много представителей своего пола и мало противоположного, характерно для разных рыб, но остальные перечисленные в нашем рыби так не делают.

Биология. Решение задачи 32. Зачем могут быть нужны ушные раковины?

Правильные ответы: все, кроме одного – в ушных раковинах мы носим серьги, которые так оттягивают мочки, что те вытягиваются, что в свою очередь становится признаком богоизбранности и существенным образом повышает статус в социальной иерархии.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/5 балла, за каждый неправильный – вычитается 1 балл. Максимальный балл – 1.

Ушные раковины защищают слуховой проход от попадания посторонних объектов – у многих животных да.

Ушные раковины помогают точнее определить направление, откуда идет звук – у многих животных именно для этого они и нужны.

Ушные раковины охлаждают тело в жару – у слонов да.

В ушных раковинах мы носим серьги, которые так оттягивают мочки, что те вытягиваются, что в свою очередь становится признаком богоизбранности и существенным образом повышает статус в социальной иерархии – это точно не то назначение ушных раковин, которое выработалось в ходе эволюции, хотя многие народы это активно используют.

Ушные раковины помогают отгонять насекомых от лица – у многих копытных – конечно.

Ушные раковины содержат клапан, закрывающий слуховой проход при нырянии – у тюленей есть такой клапан – очень удобно, вода в уши не наливается.

Биология. Решение задачи 33. Как пауки используют паутину?

Правильные ответы: строят ловчую сеть, пеленают в паутину детей, упаковывают в паутину подарки для жены, дышат с помощью паутины под водой, вешают паутину дома на стену вместо ковра, летают на паутине, едят паутину.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/7 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Пояснения:

строят ловчую сеть – очевидно;

пеленают в паутину детей – пауки создают коконы для яиц и молоди, которые могут носить, прикрепив к брюшку;

упаковывают в паутину подарки для жены – ну, не жены, а скорее дамы сердца, но паутина – это очень удобный материал, в который можно завернуть всё, что угодно. И он всегда под рукой;

дышат с помощью паутины под водой – паук-серебрянка окружает себя сеткой из паутины, которая при нырянии удерживает пузырьки воздуха вокруг паука. Через этот пузырек возможен газообмен между пауком и водой. Получается такая импровизированная жабра;

дышат с помощью паутины на суше – нет.

вешают паутину дома на стену вместо ковра – если паук живет в норке, он тщательно декорирует ее своей паутиной;

лечат паутиной свои раны – пауки сами не лечат свои раны паутиной, у пауков не очень развита хирургия, но Парацельс рекомендовал вкладывать паутину в раны как хорошее обеззараживающее и ранозаживляющее средство;

летают на паутине – молодые пауки расселяются таким образом, обычно осенью. Пассивно летят на небольшой паутинке;

пишут на паутине сообщения другим паукам – нет;

едят паутину – паутина – это белок, почему бы ее не есть. Это делают не все пауки, но бывает. Существуют даже специальные паразиты, которые питаются чужой паутиной.

Биология. Решение задачи 34. Найди ошибки

Правильные ответы: 2, 4, 5.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/2 балла. Максимальный балл – 1.

2 – силуэт млекопитающего (кашалота), кровеносная система рыбы;

4 – силуэт птицы (курицы), кровеносная система млекопитающего (у птиц ядерные эритроциты);

5 – силуэт амфибии (червяги), кровеносная система рептилии.

Биология. Решение задачи 35. Найди пару

Правильные ответы:

сумчатые грибы, сморчок – сумка

радула у улитки – терка

ухо – молоточек и наковальня

бабочка семейства парусники – парусник

зеркальце на крыле утки – зеркальце

радужная оболочка глаза – радуга

стрекоза большое коромысло – коромысло

шляпка гриба – шляпка

Критерии оценивания: за каждое правильно найденное соответствие добавляется 1/8 балла, неправильные варианты не оцениваются. Максимальный балл – 1.

На фотографии показан гриб сморчок, который относится к отделу сумчатые грибы, поэтому правильная пара – это сморчок – сумка.

У улитки радула имеет форму терки, поэтому правильная пара – это радула у улитки – терка.

В ухе имеются органы, которые называются молоточек и наковальня, поэтому правильная пара – это ухо – молоточек и наковальня.

На фото бабочка семейства Парусники (махаон), поэтому правильная пара – это бабочка – парусник.

Участок на крыле утки называется зеркальце, поэтому правильная пара – это зеркальце на крыле утки – зеркальце.

Окрашенная оболочка глаза называется радужкой, поэтому правильная пара – радужная оболочка глаза – радуга.

На фотографии показана стрекоза под названием «Большое коромысло», поэтому правильная пара – это стрекоза – коромысло.

У гриба есть шляпка, поэтому правильная пара – это гриб – шляпка.

Биология. Решение задачи 36. Орех

Правильные ответы: гречиха, камыш, лещина.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

В ботанике плод классифицируется как орех, если представляет из себя сухой невскрывающийся синкарпный нижний плод с деревянистым околоплодником, содержащий одно (иногда два) свободно лежащих семени, и, как правило, окружённый оберткой. Орех отличается от боба (арахис) или ягоды (брусника, кофе), имеющих другое строение и происхождение, а также от голосеменных (в тесте приведен кедровый орех), которые согласно принятой классификации вообще не имеют плодов.

К орехам относятся также мелкие плоды некоторых представителей семейства Осоковые (в нашем случае камыш) и Гречишные (гречиха), которые также называют Орешки. В ответе не проводится различия между орехом и орешком.

Биология. Решение задачи 37. Правильное сопоставление

Правильные ответы:

Ветрогенератор – сова

Гидрофобное не запотевающее стекло – лотос

Компрессионный костюм – жираф

Кевларовая броня – паук

Форма солнечной батареи – подсолнух

Форма тела самолета – дельфин

Покрытие на судах, одежда пловцов – акула

Черный ящик – дятел

Критерии оценивания: за каждое правильно найденное соответствие добавляется 1/8 балла, неправильные варианты не оцениваются. Максимальный балл – 1.

Ветрогенератор – сова: структура совиного крыла снижает шум, делая поток воздуха более гладким. Маховые перья сов покрыты пухом, который напоминает верхушки деревьев в лесу, если смотреть на них сверху. Кроме того, совиные крылья имеют гибкий гребень из расположенных через равные промежутки щетинки на своей передней кромке и эластичную бахрому на задней кромке. Ученые создали аналогичный по структуре пластиковый материал. Обтянув им сегмент лопасти настоящего ветряка и проведя тесты в аэродинамической трубе, они убедились, что громкость работы лопасти снижается на 10 Дб.

Гидрофобное незапотевающее стекло – лотос: несмачиваемость — «эффект лотоса» — достигается благодаря шероховатой поверхности листа.

Компрессионный костюм – жираф: назначение компрессионной одежды — это помогать венам «прокачивать» кровь и избегать застаивания крови. У жирафа есть свои приспособления, позволяющие венам конечностей поднимать кровь на большую высоту: длинные конечности жирафа покрывает плотно прилегающая толстая кожа, мощные мышцы

выталкивают кровь вверх, а в кровеносных сосудах есть клапаны, не допускающие переполнения сосудов кровью.

Кевларовая броня – паук: плетение кевлара схоже по структуре с плетением паутины.

Форма солнечной батареи – подсолнух: биоимитирующий умный материал, который, как и подсолнухи, следует за солнцем. Благодаря этому следящие солнечные панели могут давать на 30% больше энергии, чем статические.

Форма тела самолета – дельфин: обтекаемая форма, напоминающая тело дельфина, помогает самолетам снижать сопротивление воздуха.

Покрытие на судах, одежда пловцов – акула: специальная структура ткани/покрытия, имитирует акулюю кожу, снижая трение о воду.

Черный ящик – дятел: черный ящик снабжён особой защитой, позволяющей ему уцелеть даже во время серьёзных катастроф. В черепе дятла присутствует несколько «приспособлений», смягчающие резкие и частые долбящие удары клювом о дерево: гиоид (небольшая пружинистая кость, поддерживающая язык и располагающаяся в глотке, заходящая в носоглотку и «оборачивающая» череп), особенные мышцы, поддерживающие голову, а также цереброспинальная мозговая жидкость, выступающая в качестве дополнительного амортизатора.

Биология. Решение задачи 38. Про акулу

Правильный ответ: акула старается не высовываться из воды потому, что боится солнечных ожогов

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Пояснения:

Акула старается не высовываться из воды потому, что боится солнечных ожогов – да, кожа акул на солнце может получить ожоги.

В приповерхностном слое воды слишком мало кислорода для дыхания акулы – кислород в приповерхностном слое есть, но даже если бы его и не было, акула может несколько часов активно существовать на внутренних запасах кислорода

Акула не хочет спугнуть добычу – акула обычно охотится на рыбу, которую плавником на воздухе не испугать.

У акулы нет плавательного пузыря, и выставленный на воздух плавник нарушает баланс плавучести – плавательного пузыря нет, но есть другие способы обеспечивать почти нулевую плавучесть.

Волны сбивают акулу с курса – волны не сбивают акул с курса, но если акула маленькая, то ее может смыть течением на любой глубине.

Биология. Решение задачи 39. Про Петра Георгиевича и паутину

Правильный ответ: 205 кг.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Если мы считаем, что завхоз спал и не дергался, то его масса должна быть достаточна, чтобы порвать паутину. Прочность паутины нам дана. Паутинная железа довольно широкая в начале, и заканчивается узкой трубочкой, из которой выходит сформированная нить. Трубочка круглая в сечении, как и большинство протоков большинства других желез. Поэтому если в диаметре подвесная нить была 1 мм, то ее площадь 0, 785 мм.кв. То есть, ее предельная прочность 204,1 кг. Достаточно 205 кг, чтобы кокон упал.

Биология. Решение задачи 40. Энергетическая выгода от коровы

Правильный ответ: 0,31.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Рассчитаем калорийность мяса: $10 \cdot 190 \cdot 400 \cdot 4,2 = 3\,192\,000$ кДж.

Калорийность молока: $(4000/0,97) \cdot 10 \cdot 252 = 10\,392\,000$ кДж/кг.

Округленное искомое отношение составляет: 0,31.



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
11 класс (заключительный этап)
Химия. Вариант III

Задача 1. Сорбент из органических отходов (5 баллов)

Высокотемпературная обработка позволяет превращать органические отходы в уголь, который можно использовать в качестве сорбента. Чему равна общая площадь поверхности сорбента, полученного из 500 г целлюлозы ($C_6H_{10}O_5$)_n, если удельная поверхность угля составляет 40 м²/г, а эффективность переработки – 36%?

Задача 2. Газовый сенсор (5 баллов)

Газовый сенсор на основе нанокристаллического SnO₂ способен детектировать ≥0.3 ppm (миллионных доли) сероводорода в воздухе. Можно ли использовать такой сенсор для оценки чистоты воздуха рабочей зоны, если предельно допустимая концентрация H₂S составляет 10 мг/м³? Рассчитайте, во сколько раз предел обнаружения сероводорода сенсором больше/меньше ПДК. Примите молярный объем газов V_m = 24 л/моль.

Задача 3. Знакомый незнакомец (5 баллов)

Бинарное вещество **А** (массовая доля азота 97.66 %), взаимодействует с натрием с образованием вещества **Б**, используемого в подушках безопасности для мгновенного наполнения газом.

1. Определите формулы веществ **А** и **Б**. Ответ подтвердите расчётом. **(2 балла)**

Смесь концентрированных растворов соляной кислоты и **А**, подобно царской водке, прекрасно растворяет благородные металлы.

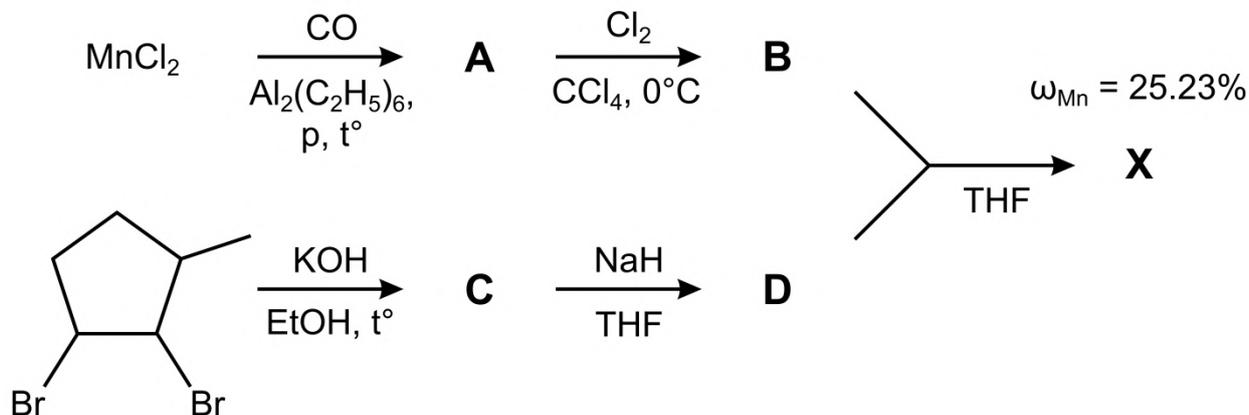
2. Напишите уравнение реакции растворения платины в такой смеси, если известно, что один из продуктов – такой же, как при взаимодействии платины с царской водкой, а на 1 моль платины образуется 2 моль соли аммония. **(3 балла)**

Задача 4. Безопасное топливо (10 баллов)

Российская Федерация входит в тройку мировых лидеров по добыче и экспорту нефти, большая часть которой используется для производства горючего топлива. В настоящее время одним из главных продуктов нефтепереработки является бензин.

1. Укажите класс соединений, составляющих основу бензина. Приведите не менее трех индивидуальных компонентов бензина. **(1 балл)**

Как и многие виды топлива, бензин легко подвергается самопроизвольному воспламенению. Этот процесс может крайне негативно сказываться на работе двигателя, когда вспышка возникает в процессе сжатия горючего. С целью улучшения качества топлива в бензин добавляются различные антидетонаторы, одним из которых является вещество **X**. Схема синтеза **X** представлена ниже:



2. Установите вещества **A–D, X**. Состав **X** подтвердите расчетом. (3 балла)
3. Изобразите структурные формулы соединений **A, B, X**. Укажите координационное число марганца в **X**. (3 балла)

Продукты неполного сгорания бензина представляют опасность для окружающей среды, вследствие чего выхлопные трубы автомобилей содержат каталитические нейтрализаторы. Как правило, они представляют собой керамическую матрицу-носитель, содержащую наночастицы благородных металлов **M, N** и **L**. Интересно, что первое место в мире по добыче металла **M** занимает Российская Федерация. Масштабное производство **M** располагается в городе Норильске.

Для анализа некоторого автомобильного катализатора смесь порошков металлов **M, N** и **L** массой 1.000 г растворили в концентрированной азотной кислоте. Спустя продолжительное время отфильтровали осадок массой 0.786 г. Его растворение в смеси азотной и соляной кислот при кипячении привело к образованию оранжево-желтого раствора и непрореагировавшего твердого вещества массой 0.201 г. После отделения осадка из фильтрата можно выкристаллизовать оранжевое вещество с массовой долей металла 37.64%.

4. Установите **M, N** и **L**, если дополнительно известно, что металл **L** образует гранецентрированную кубическую решетку с параметром $a = 3.803 \text{ \AA}$ и имеет плотность 12.41 г/см^3 . Напишите уравнения всех протекающих реакций. (2 балла)
5. Установите количественный состав автомобильного катализатора (в масс. %). (1 балл)



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 11 класс (заключительный этап)
 Химия. Вариант III. Решения**

Решение задачи 1. Сорбент из органических отходов (5 баллов)

$m_{\text{практ}}(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 500 \cdot 0.36 = 180 \text{ г},$ **1 балл**

$v(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 180 / 162 = 1.11 \text{ моль},$ **1 балл**

$v(\text{C}) = 1.11 \cdot 6 = 6.67 \text{ моль},$ **1 балл**

$m(\text{C}) = 6.67 \cdot 12 = 80 \text{ г},$ **1 балл**

$S(\text{C}) = 80 \cdot 40 = 3200 \text{ м}^2.$ **1 балл**

Ответ. 3200 м².

Решение задачи 2. Газовый сенсор (5 баллов)

Пусть $V_{\text{возд}} = 1 \text{ м}^3$, тогда сенсор способен детектировать

$V_{\text{min}}(\text{H}_2\text{S}) = 0.3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 0.3 \text{ см}^3 = 0.3 \text{ мл},$ **1 балл**

$v_{\text{min}}(\text{H}_2\text{S}) = 0.3 / 24 = 0.0125 \text{ ммоль},$ **1 балл**

$m_{\text{min}}(\text{H}_2\text{S}) = 0.0125 \cdot 34 = 0.425 \text{ мг},$ **1 балл**

$m_{\text{ПДК}}(\text{H}_2\text{S}) / m_{\text{min}}(\text{H}_2\text{S}) = 10 / 0.425 = 23.5.$ **2 балла**

Ответ. Предел обнаружения меньше ПДК в 23.5 раза.

Решение задачи 3. Знакомый незнакомец (5 баллов)

1. А – HN_3 ($\omega(\text{N}) = 42/43 = 0.9766$), **1 балл, если есть расчет, 0.5 балла без расчета**

Б – NaN_3 . **1 балл**



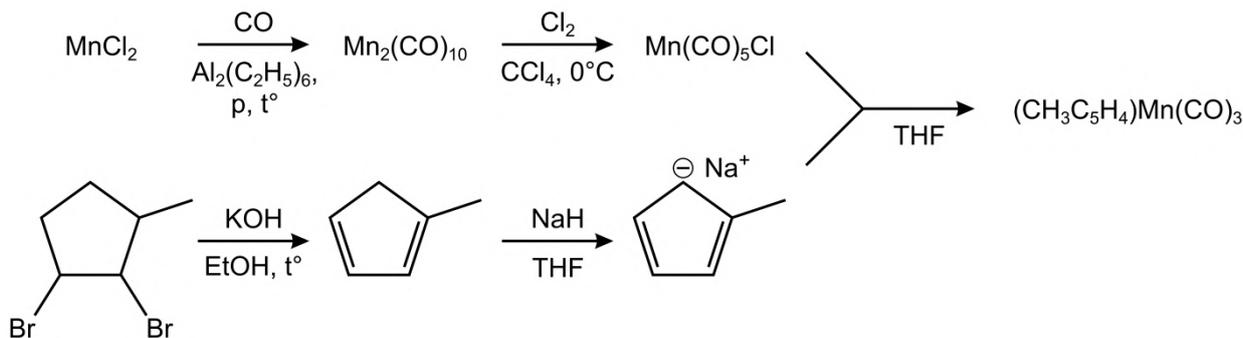
(2 балла, если не уравнено, 0 баллов, если неправильные продукты)

Решение задачи 4. Безопасное топливо (10 баллов)

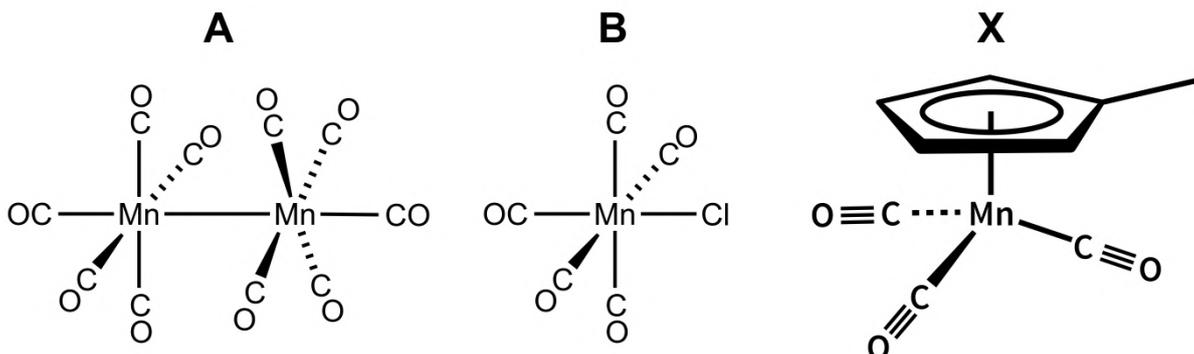
1. Бензин – это горючая смесь лёгких **углеводородов**. В качестве верных индивидуальных компонентов могут быть засчитаны любые разумные варианты алифатических углеводородов, то есть соединений, состоящих из молекул углерода и водорода. Например, н-гептан, н-октан, изооктан и др.
2. Восстановление безводных солей марганца (II) в присутствии триэтилалюминия – известный способ получения карбонила марганца ($Mn_2(CO)_{10} = A$). Количество карбонильных лигандов можно предсказать по правилу 18 электронов, согласно которому наиболее устойчивы завершённые электронные оболочки. Марганец в степени окисления 0 имеет 7 электронов, для заполнения оболочки инертного газа ему не хватает 11. 10 из них может быть предоставлено пятью молекулами CO. Для завершения 18-электронной оболочки не хватает 1 электрона, который можно взять у соседнего атома марганца по обменному механизму, т. е. с образованием ковалентной связи Mn–Mn. Пропускание хлора через охлаждённый раствор $Mn_2(CO)_{10}$ в тетрахлористом углероде приводит к образованию хлоро(пентакарбонил)марганца ($Mn(CO)_5Cl = B$).

1-метил-1,3-циклопентадиен (**C**) получается элиминированием из соответствующего дибромметилциклопентана. При воздействии гидрида натрия, металлического натрия или бутиллития он легко депротонируется ввиду образования структуры с ароматическим фрагментом – $CH_3C_5H_4Na$ (**D**).

Взаимодействие CH_3CpNa с $Mn(CO)_5Cl$ в тетрагидрофуране приводит к образованию метилциклопентадиенилтрикарбонила марганца $(CH_3C_5H_4)Mn(CO)_3$. Это можно подтвердить расчетом: $\omega_{Mn} = (55 \text{ г/моль}) / (218 \text{ г/моль}) \cdot 100 \% = 25.23 \%$



3. Структурные формулы соединений **A**, **B** и **X** изображаются в соответствии с правилом 18 электронов. Если участником указывается кратность связи CO, то на рисунке важно отразить, что она равна 3, т.к. одна из ковалентных связей C–O образована по донорно-акцепторному механизму.



В $(\text{CH}_3\text{C}_5\text{H}_4)\text{Mn}(\text{CO})_3$ марганец имеет КЧ = 8.

4. Благородные металлы представлены элементами 8 – 11 групп четвёртого и пятого периодов периодической системы: Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au.

Металл **L** легко определяется из кристаллохимических данных:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot M}{a^3} = \frac{Z \cdot M}{N_A \cdot a^3},$$

где Z – число формульных единиц, M – молярная масса металла, N_A – число Авогадро, a – параметр элементарной ячейки. Для ГЦК $Z = 4$, тогда

$$M = \frac{\rho \cdot N_A \cdot a^3}{Z} = \frac{12.41 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 3.803^3 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3}{4} = 102.73 \frac{\text{г}}{\text{моль}},$$

что соответствует молярной массе родия. Тогда **L** = Rh. Вероятнее всего, речь в задаче идет о платиновых металлах. Среди платиновых металлов палладий – единственный растворяется в азотной кислоте. Подтвердить догадку о том, что **M** = Pd можно, также зная, что «Норникель» на 2023 год является основным мировым производителем палладия с долей рынка более 40 %.



Наконец, последний металл **N** = Pt, угадывается из характерного жёлто-оранжевого окрашивания гексахлороплатината(IV) водорода, который образуется при растворении платины в горячей царской водке:



5. Состав катализатора

$$\omega_{\text{Pd}} = ((1.000 \text{ г} - 0.786 \text{ г})/1.000 \text{ г}) \cdot 100 \% = 21.4 \%$$

$$\omega_{\text{Pt}} = ((0.786 \text{ г} - 0.201 \text{ г})/1.000 \text{ г}) \cdot 100 \% = 58.5 \%$$

$$\omega_{\text{Rh}} = ((0.201 \text{ г})/1.000 \text{ г}) \cdot 100 \% = 20.1 \%$$

Система оценивания:

Пункт	Элементы решения	Оценка
1.	Углеводороды – 0.25 балла, за каждый верный компонент – 0.25 балла.	1
2.	Химический состав A-D по 0.5 балла, X – 1 балл при наличии подтверждения расчётом (без – 0.5 балла)	3
3.	Структурные формулы соединений A, B, X по 0.9 баллов, верное КЧ марганца – 0.3 балла	3
4.	Металлы M, N, L по 0.4 баллов, уравнения реакций по 0.4 балла, неверно уравненные по 0.2 балла	2
5.	Количественный состав катализатора 1 балл (по 0.33 за каждую верную долю металла)	1
	ИТОГО:	10 баллов

Литература:

1. Podall H. E., Dunn J. H., Shapiro H. Reductive Carbonylation Synthesis of Metal Carbonyls. II. Synthesis of Manganese Carbonyl and Group VI-B Metal Carbonyls by the Alkylaluminum Method //Journal of the American Chemical Society. – 1960. – Т. 82. – №. 6. – С. 1325-1330.
2. Abel E. W., Wilkinson G. 291. Carbonyl halides of manganese and some related compounds //Journal of the Chemical Society (Resumed). – 1959. – С. 1501-1505.
3. Nesmeyanov A. N., Anisimov K. N., Kolobova N. E. Synthesis of cyclopentadienyl and methylcyclopentadienyltricarbonyl manganese // Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR, Division of chemical science. – 1963. – Т. 12. – С. 1734-1735.



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
11 класс (заключительный этап)
Физика. Вариант III

Список констант

Скорость света $c = 3,00 \cdot 10^8$ м/с

Постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

Заряд электрона: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл,

Масса электрона: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг

Масса нуклона: $m_n = 1,7 \cdot 10^{-27}$ кг

Задача 1. Колебания молекул (5 баллов)

Известно, что атомы в молекулах располагаются не на строго фиксированном расстоянии друг от друга, а совершают колебания относительно положения равновесия с характерной частотой. В связи с этим, простейшей моделью двухатомной молекулы может быть осциллятор, в котором атомы представляются в виде шариков, связанных пружинкой.



1. Чему равна длина волны кванта света λ , который поглощается покоящейся молекулой F_2 , если при этом возбуждаются собственные колебания атомов в молекуле F_2 с частотой $\nu = 2,72 \cdot 10^{13}$ Гц. (1 балл)
2. Какую скорость u_0 должен иметь атом фтора, который налетает на покоящуюся молекулу F_2 как показано на рисунке, чтобы при абсолютно упругом центральном столкновении энергия колебательного движения молекулы $E_{\text{кол}}$ была равна энергии кванта с найденной длиной волны λ ? Масса атома фтора равна $m_F = 3,17 \cdot 10^{-26}$ кг. (4 балла)

Задача 2. Изотопы (5 баллов)

Изотоп тория ${}_{90}^{226}\text{Th}$ может претерпевать α -распад (период полураспада 31,0 мин), а изотоп тория ${}_{90}^{236}\text{Th}$ претерпевает β -распад (период полураспада 37,5 мин).

1. Схематично на рисунке изобразите в одних координатах траектории движения α -частиц и β -частиц, влетающих в магнитное поле с одинаковой скоростью V , перпендикулярно линиям магнитной индукции B . Ответ поясните. На схеме укажите направление вектора магнитной индукции B и вектора скорости V . (2 балла)
2. Определите отношение количества α -частиц к количеству β -частиц спустя 40,7 мин после начала распада, если начальные количества изотопов тория одинаковые. (3 балла)

Задача 3. Ударная ионизация (5 баллов)

Изначально в любом газе присутствует некоторая концентрация свободных электронов, образующихся, например, за счет ионизации молекул газа посредством космических лучей. Явление электрического пробоя в газах (газоразрядные трубки, молния и т.п.) возникает при больших напряженностях приложенного внешнего электрического поля – достаточных для ионизации молекул газа при их столкновении со свободными электронами, ускоренными полем, что ведет к лавинообразному увеличению концентрации электронов и протеканию электрического тока через ионизированный газ.

1. Во сколько раз отличается кинетическая энергия молекулы кислорода, приобретенная в результате центрального соударения, от начальной кинетической энергии налетающего электрона? Минимальная напряженность внешнего однородного электрического поля, необходимая для возникновения пробоя в газе, составляет $E = 2 \cdot 10^6$ В/м, а первый потенциал ионизации молекулы кислорода равен $U_1 = 12,2$ В. В расчетах полагать, что молекула изначально покоилась, а электроны полностью останавливаются после столкновения с молекулами кислорода. Масса молекулы кислорода $m_{O_2} = 5,3 \cdot 10^{-26}$ кг. **(2 балла)**
2. Какова средняя длина свободного пробега электронов λ в кислороде при данных условиях? **(3 балла)**

Задача 4. Сенсоры водорода (10 баллов)

На отборочном этапе Вы познакомились с мостом Уитстона. Такой мост был использован группой электрохимического наноструктурирования при разработке новых сенсоров, детектирующих водород. На рис. 1а представлена принципиальная электрическая схема моста, где $R_1 = R_2 = 1$ кОм, $R_4 = 25$ Ом, а R_3 может меняться при попадании водорода на сенсор из анодного оксида алюминия (АОА). При изменении сопротивления R_3 на вольтметре появляется разность потенциалов, по величине которой рассчитывают концентрацию водорода. В отсутствие водорода показание вольтметра $U_0 = 0$. Сенсор работает при повышенной температуре, а нагрев осуществляется самим резистором R_3 .

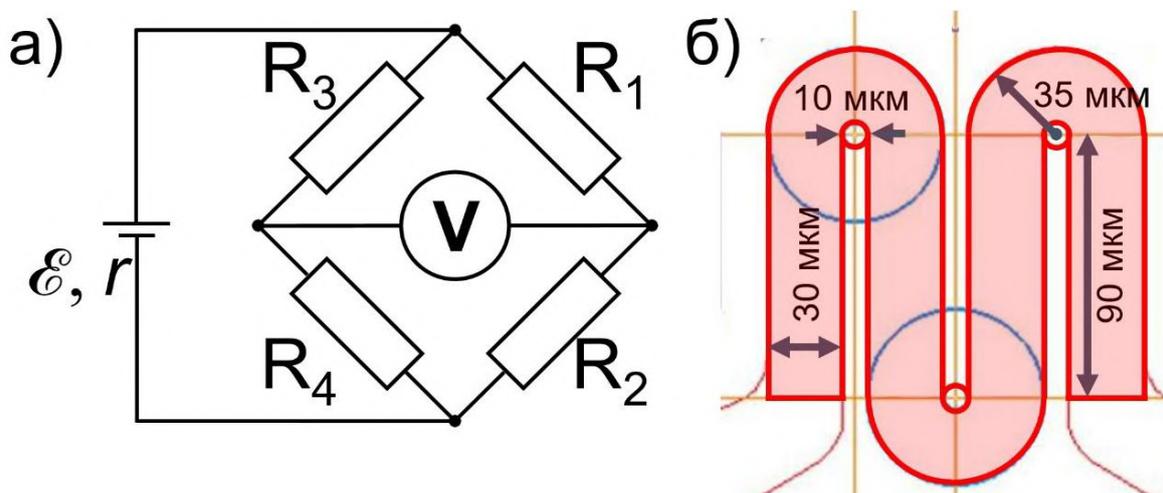


Рисунок 1. Электрическая схема термокаталитического сенсора (а); геометрические параметры микронагревателя (б).

Сенсор подключили к источнику питания с ЭДС $\mathcal{E} = 3$ В и внутренним сопротивлением r . Далее в камеру подавали смесь водорода и воздуха и измеряли напряжение.

1. При подаче смеси показания вольтметра составили $U_v = 250$ мВ. Определите сопротивление R_3 в цепи, полагая внутреннее сопротивления источника $r = 0$ Ом. **(2 балла)**
2. Рассчитайте R_3 с учётом внутреннего сопротивления источника $r = 0,5$ Ом. **(3 балла)**
3. Найдите площадь планарного микронагревателя (закрашенная область на рис. 1б). **(2 балла)**
4. За какое время подложка сенсора из АОА в воздушной атмосфере нагреется от 25 °С до 450 °С? Толщина подложки АОА $h = 30$ мкм; удельная теплоёмкость АОА $c = 1090$ Дж/кг·К, плотность АОА $\rho = 3,2$ г/см³, площадь подложки равна площади микронагревателя над ней, сопротивление резистора в отсутствие водорода $R'_3 = 25$ Ом. Тепловыми потерями и теплоёмкостью материала резистора пренебречь. Считать, что сопротивление нагревателя не зависит от температуры. **(3 балла)**



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
11 класс (заключительный этап)
Физика. Вариант III. Решения

Решение задачи 1. Колебания молекул (5 баллов)

1. Поскольку квант света поглощается, а молекула изначально покоилась, то импульс и энергия кванта целиком передаются молекуле. Запишем закон сохранения импульса: $p_{\text{фотона}} = p_{\text{молекулы}}$, и закон сохранения энергии $E_{\text{фотона}} = E_{\text{пост}} + E_{\text{колеб}}$. Энергия поступательного движения пренебрежимо мала. Отсюда

$$E_{\text{колеб}} = hv = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3.00 \cdot 10^8}{2.72 \cdot 10^{13}} = 1.1 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 11 \text{ мкм.}$$

2. При абсолютно упругом соударении налетающий атом остановится, а левый атом в молекуле получит его импульс и энергию. По закону сохранения импульса

$$mu_0 = (m + m)u_{\text{ц.м.}}$$

где m – масса атома водорода, u_0 – скорость налетающего атома водорода, $u_{\text{ц.м.}}$ – скорость центра масс молекулы водорода.

Так как скорость центра масс равна

$$u_{\text{ц.м.}} = \frac{u_0}{2},$$

то энергия поступательного движения молекулы равна

$$E_{\text{пост.}} = \frac{2mu_{\text{ц.м.}}^2}{2} = \frac{mu_0^2}{4},$$

а энергия колебательного движения молекулы равна (по закону сохранения энергии)

$$E_{\text{колеб.}} = E_{\text{полная}} - E_{\text{пост.}} = \frac{mu_0^2}{2} - \frac{mu_0^2}{4} = \frac{mu_0^2}{4}$$

Таким образом,

$$E_{\text{колеб.}} = \frac{mu_0^2}{4} = hv$$

$$u_0 = \sqrt{\frac{4hv}{m}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 2.72 \cdot 10^{13}}{3.17 \cdot 10^{-26}}} \approx 1500 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Решение задачи 2. Изотопы (5 баллов)

1. На заряженные частицы, движущиеся в магнитном поле перпендикулярно вектору магнитной индукции, действует сила Лоренца. В результате траектория движения окажется дугой. Так как α -частица и β -частица имеют противоположные по знаку заряды, то отклоняться они будут в разные стороны. Поскольку отношение массы к заряду у α -частицы гораздо больше, чем у β -частицы, то и радиус кривизны у α -частицы тоже будет существенно больше.

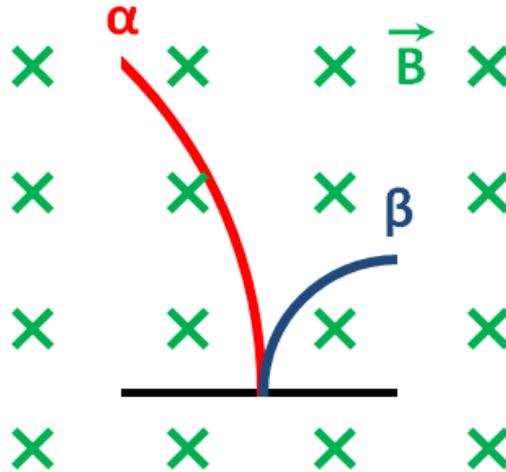


Рисунок 1. Траектория частиц.

2. Количество α -частиц равно количеству распавшегося изотопа урана ${}^{230}_{92}\text{U}$, а количество β -частиц равно количеству распавшегося изотопа урана ${}^{237}_{92}\text{U}$. Пусть начальная концентрация каждого изотопа равна N_0 . Через время t каждого из изотопов останется

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

Значит, изотопа тория ${}^{226}_{90}\text{Th}$ распалось

$$N_{226} = N_0 - N(t) = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{31.0}} = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{31.0}}\right),$$

а изотопа тория ${}^{236}_{90}\text{Th}$ распалось

$$N_{236} = N_0 - N(t) = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{37.5}} = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{37.5}}\right).$$

Таким образом, отношение количества α -частиц к количеству β -частиц равно

$$\frac{n_\alpha}{n_\beta} = \frac{N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{31.0}}\right)}{N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{37.5}}\right)} = \frac{1 - 2^{-\frac{40.7}{31.0}}}{1 - 2^{-\frac{40.7}{37.5}}} = 1.13$$

Решение задачи 3. Ударная ионизация (5 баллов)

1. Запишем законы сохранения энергии и импульса для электрона и молекулы кислорода, применяя для них модель твердых частиц и учитывая остановку электрона после столкновения (молекулу считаем покоившейся до столкновения):

$$m_e v_1 = m_{O_2} v_2$$

$$\frac{m_e v_1^2}{2} = \frac{m_{O_2} v_2^2}{2} + W$$

где W – энергия ионизации.

Из приведенных з.с.и. и з.с.э., учитывая, что $m_e \ll m_{O_2}$, имеем:

$$W = \frac{m_{O_2} v_2^2}{2} \left(\frac{m_{O_2} - m_e}{m_e} \right) \approx \frac{m_{O_2} v_2^2}{2} \cdot \frac{m_{O_2}}{m_e} = \frac{m_e v_1^2}{2}$$

Т.е. практически вся кинетическая энергия электрона идет на ионизацию молекулы, а ее собственная кинетическая энергия при этом практически не изменяется (этим можно обосновать допущение, что молекулу изначально считаем неподвижной).

$$n = \frac{m_e}{m_{O_2}} = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}{5.3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}} = 1.7 \cdot 10^{-5}$$

2. При движении в однородном электрическом поле между двумя последовательными столкновениями (т.е. на средней длине свободного пробега λ) электрон приобретает кинетическую энергию:

$$\frac{m_e v_1^2}{2} = eE\lambda$$

Из последних двух выражений имеем:

$$W = eU_1 = eE\lambda$$

Откуда искомая средняя длина свободного пробега электронов:

$$\lambda = \frac{U_1}{E} = \frac{12,2 \text{ В}}{2 \cdot 10^6 \text{ В/м}} = 6,1 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 6,1 \text{ мкм.}$$

Решение задачи 4. Сенсоры водорода (10 баллов)

- 1 – 2. Решим задачу в общем виде.

Перейдём к эквивалентной схеме (см. рис. 2).

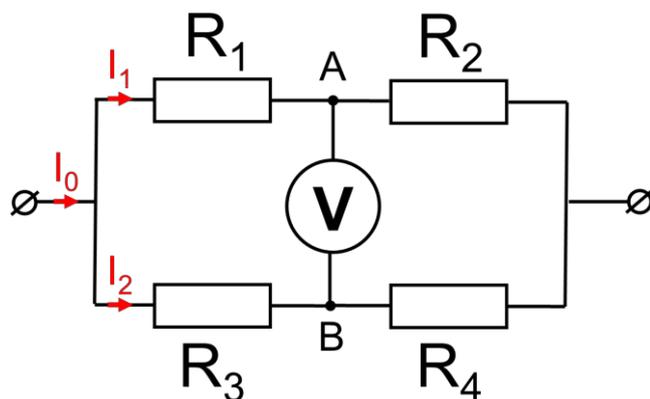


Рисунок 2. Эквивалентная схема

Потенциал в точке А: $\phi_A = U - I_1 R_1$, в точке Б: $\phi_B = U - I_2 R_3$, где $U = \mathcal{E} - I_0 r$ – напряжение во внешней цепи.

Так как $R_1 = R_2$, то $I_1 R_1 = I_1 R_2 \Rightarrow I_1 R_1 = 0,5U \Rightarrow \phi_A = U - I_1 R_1 = 0,5U$.

$$I_2 = \frac{U}{R_3 + R_4} \Rightarrow \phi_B = U - \frac{UR_3}{R_3 + R_4} = \frac{UR_4}{R_3 + R_4}.$$

Тогда:

$$U_V = \phi_B - \phi_A = \frac{U}{2} - \frac{UR_4}{R_3 + R_4} = U \frac{(R_3 - R_4)}{2(R_3 + R_4)} \quad (1)$$

По закону Ома для полной цепи:

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{\Sigma R + r},$$

где $\Sigma R = \left(\frac{1}{2R_1} + \frac{1}{R_3 + R_4} \right)^{-1} = \frac{2R_1(R_3 + R_4)}{2R_1 + R_3 + R_4}$ – полное сопротивление в цепи.

$$\begin{aligned} \Sigma R + r &= \frac{2R_1(R_3 + R_4) + r(2R_1 + R_3 + R_4)}{2R_1 + R_3 + R_4} \Rightarrow U = \mathcal{E} \frac{Er(2R_1 + R_3 + R_4)}{2R_1(R_3 + R_4) + r(2R_1 + R_3 + R_4)} = \\ &= \frac{2R_1 \mathcal{E}(R_3 + R_4)}{2R_1(R_3 + R_4) + r(2R_1 + R_3 + R_4)}. \end{aligned}$$

Подставляя (1), получаем:

$$U_V = \frac{R_1 \mathcal{E}(R_3 - R_4)}{2R_1(R_3 + R_4) + r(2R_1 + R_3 + R_4)}.$$

1) Пренебрегая r :

$$U_V = \frac{\mathcal{E}(R_3 - R_4)}{2(R_3 + R_4)} \Rightarrow R_3 = \frac{R_4(\mathcal{E} + 2U_V)}{(\mathcal{E} - 2U_V)}; R_3 = 35 \text{ Ом}.$$

2) Учитывая r :

$$R_3 = \frac{ER_1 R_4 + U_V(2R_1 R_4 + 2R_1 r + R_4 r)}{ER_1 - U_V(2R_1 + r)}; R_3 = 35,1 \text{ Ом}.$$

3. Площадь микронагревателя состоит из четырёх прямоугольников длиной $a = 90$ мкм и шириной $b = 30$ мкм, а также из трёх полукругов радиусом $r_1 = 35$ мкм, у которых отсутствует половина малого круга диаметром $d = 10$ мкм.

Площадь прямоугольника

$$S_1 = ab; S_1 = 2700 \text{ мкм}^2.$$

Площадь полукруга без центральной части:

$$S_2 = \frac{\pi r_1^2}{2} - \frac{\pi d^2}{2 \cdot 4} = \frac{\pi}{2} (35^2 \text{ мкм}^2 - 5^2 \text{ мкм}^2) \approx 1885 \text{ мкм}^2.$$

Площадь всего микронагревателя

$$S_0 = 4S_1 + 3S_2; S_0 = 4 \cdot 2700 \text{ мкм}^2 + 3 \cdot 1885 \text{ мкм}^2 = 16455 \text{ мкм}^2.$$

4. Закон Джоуля-Ленца для резистора R'_3 :

$$Q = I_3^2 R'_3 \Delta t,$$

по закону Ома $I_3 = \frac{U_3}{R'_3} \Rightarrow Q = \frac{U_3^2}{R'_3} \Delta t$. Так как в отсутствие водорода мост сбалансирован, то $U = U_3 + U_4$, и так как $R'_3 = R_4$, то $U_3 = U_4 = \frac{U}{2}$.

$$U = \mathcal{E} - I_0 r = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E} r (2R_1 + R'_3 + R_4)}{2R_1(R'_3 + R_4) + r(2R_1 + R'_3 + R_4)} = \frac{2R_1 \mathcal{E} (R'_3 + R_4)}{2R_1(R'_3 + R_4) + r(2R_1 + R'_3 + R_4)};$$

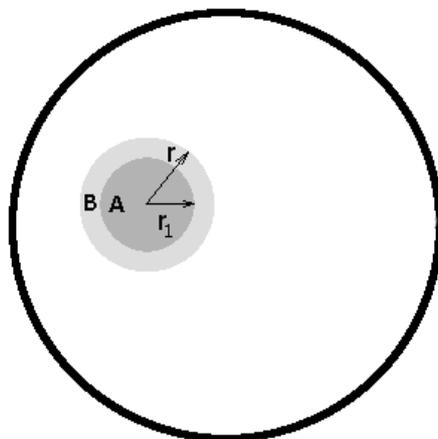
$U = 2,97$ В (можно пренебречь внутренним сопротивлением источника и использовать $U = \mathcal{E}$, но за это полный балл ставиться не будет) $\Rightarrow U_3 = 1,485$ В (или 1,5 В без учёта r).

$Q = c_{\text{АОА}} m_{\text{АОА}} \Delta T$; $m = \rho V = \rho S_0 h \Rightarrow c \rho S_0 h \Delta T = \frac{U_3^2}{R'_3} \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{c \rho S_0 h \Delta T R'_3}{U_3^2}$; $\Delta t = 8,3$ мс (без учёта r 8,1 мс).



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
11 класс (заключительный этап)
Математика. Вариант IV

Задача 1. Мицеллярный синтез (5 баллов)



При проведении синтеза в мицеллах были получены сферические наночастицы, сердцевина которых состоит из металла **A**, а оболочка – из металла **B** (см. рис.).

1. Рассчитайте объемную долю металла **A** в полученных наночастицах, ω , если соотношение концентраций металлов (в граммах на литр раствора) в исходном растворе, заключенном во внутреннюю полость мицелл, составляет $c_A/c_B = 0,8$. Соотношение плотностей металлов считать равным $\rho_A/\rho_B = 1,2$. **(4 балла)**
2. Рассчитайте r_1 и толщину оболочки d , если радиус полученной наночастицы равен $r = 8$ нм. **(1 балл)**

Задача 2. Длина углеродной нанотрубки (5 баллов)

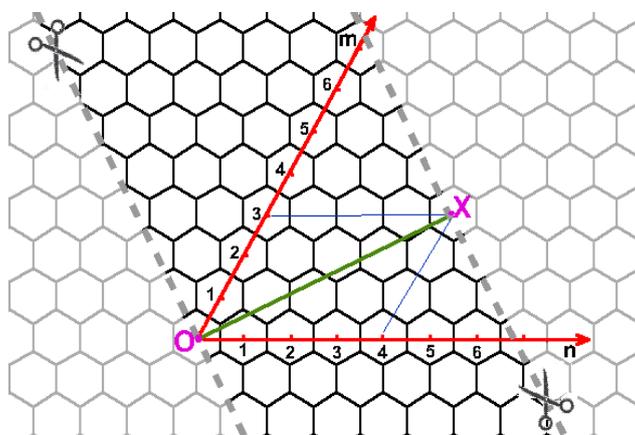
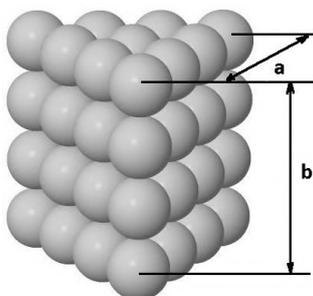


Рис. УНТ можно задать одной парой шестиугольников на шестиугольной сетке, для чего необходимо через центры этих шестиугольников (точки **O** и **X**, взаимное расположение которых в «скошенной» системе координат задается двумя целыми неотрицательными числами, n и m – индексами хиральности) прочертить линии разреза, перпендикулярные отрезку **OX**, вырезать по ним полоску листа и затем соединить ее края. Здесь приведен пример для «выкройки» трубки с $n = 4$ и $m = 3$

На рисунке дано определение индексов хиральности для углеродной нанотрубки (УНТ). Рассчитайте длину (в нм) открытой углеродной нанотрубки (УНТ) с индексами хиральности (3, 3), если известно, что она составлена из 33 шестиугольников. Длину связи С-С в УНТ считать равной 0,14 нм.

Задача 3. Доля поверхностных атомов в призме (5 баллов)



Рассмотрим металлический нанокластер в форме треугольной призмы, на ребра основания которой приходится по $a = 9$ атомов металла, а на боковые ребра – $b = 14$ атомов металла.

1. Любым способом рассчитайте, сколько атомов металла (N) содержится в таком нанокластере? (1 балл)

Удалим все атомы металла, находящиеся на поверхности нанокластера.

2. Сколько атомов металла (M) было удалено? Ответ поясните. (2 балла) Сколько атомов металла приходится на каждый из типов ребер нового кластера, a' и b' ? (1 балл)
3. Рассчитайте долю (в %) поверхностных атомов в исходном кластере (как величину отношения M/N). (1 балл)

Задача 4. Тетраэдрический фуллерен C_{2024} (10 баллов)

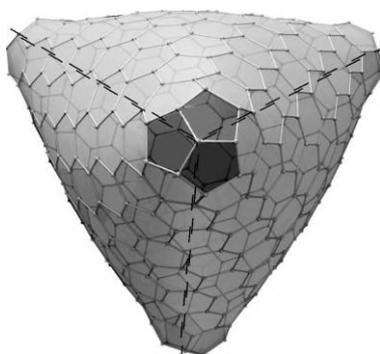


Рис. 1. Пример модели гигантского фуллерена в форме правильного тетраэдра

Боковую поверхность некоторого гигантского фуллерена (см. пример на рис. 1) можно сопоставить граням правильного тетраэдра T , «склеенного» из правильных треугольников, вырезанных из листа шестиугольников (рис 2). При этом, чтобы из тетраэдра T получить

фуллерен, необходимо суммарно удалить 8 атомов углерода, так, чтобы углы выкройки смогли сомкнуться в пятиугольники (рис. 1).

Для фуллерена C_{2024} , основываясь на схеме построения отвечающего ему тетраэдра T , и полагая, что толщиной листа шестиугольников можно пренебречь, а длина ребра шестиугольника равна 0,14 нм, рассчитайте:

1. длину ребра треугольной «выкройки», **(5 баллов)**
2. размер внутренней полости фуллерена как диаметр вписанной в тетраэдр T сферы, **(2 балла)**
3. значения индексов (n,m) (см. рис. 2), задающих ребро треугольной «выкройки», если $n - m \leq 2$. **(3 балла)**

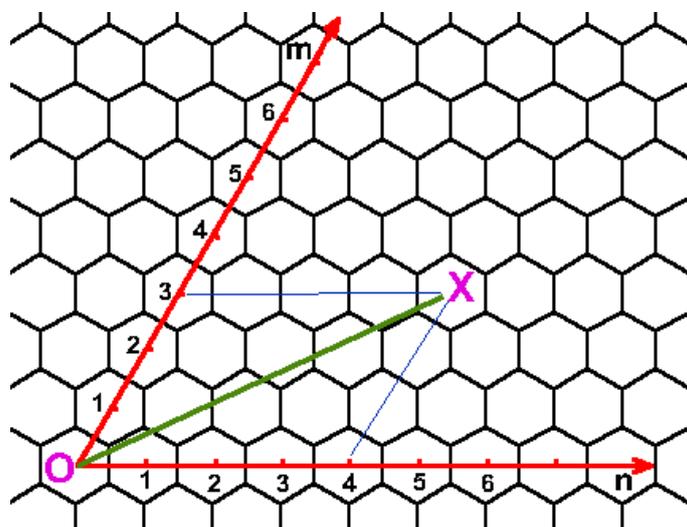


Рис. 2. Взаимное расположение пары шестиугольников (их центры отмечены точками O и X) на сетке из правильных шестиугольников можно описать двумя неотрицательными числами (n, m) , являющимися координатами центра одного из них относительно центра другого в косоугольной системе координат. На рисунке приведен пример для $(4,3)$. В случае тетраэдра T отрезок OX задает сторону равностороннего треугольника «выкройки»

Дополнительные материалы

$\pi \approx 3,1$

$\sqrt[3]{2} \approx 1,26, \sqrt[3]{3} \approx 1,44, \sqrt[3]{5} \approx 1,71, \sqrt[3]{7} \approx 1,91, \sqrt[3]{11} \approx 2,22$

$\sqrt{2} \approx 1,4, \sqrt{3} \approx 1,7, \sqrt{5} \approx 2,2, \sqrt{7} \approx 2,7$



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 11 класс (заключительный этап)
 Математика. Вариант IV. Решения**

Решение задачи 1. Мицеллярный синтез (5 баллов)

1. По определению, объемная доля металла **A** в частице равна $\omega = V_A/V_{AB} = V_A/(V_A + V_B)$, где V_A , V_B , и V_{AB} — это объемы металлов **A**, **B** и объем наночастицы целиком.

Найдем эти объемы.

В сферической мицелле радиуса **R** объемом $V_M = \frac{4}{3}\pi R^3$ содержится металл **A** объемом

$$V_A = \frac{m_A}{\rho_A} = \frac{c_A V_M}{\rho_A} = \frac{4c_A \pi R^3}{3\rho_A}$$

и металл **B** объемом

$$V_B = \frac{m_B}{\rho_B} = \frac{c_B V_M}{\rho_B} = \frac{4c_B \pi R^3}{3\rho_B}$$

Тогда

$$\omega = \frac{V_A}{V_{AB}} = \frac{4c_A \pi R^3 / 3 / \rho_A}{4c_A \pi R^3 / 3 / \rho_A + 4c_B \pi R^3 / 3 / \rho_B} = \frac{c_A / \rho_A}{c_A / \rho_A + c_B / \rho_B} = \frac{c_A / c_B \cdot \rho_B / \rho_A}{c_A / c_B \cdot \rho_B / \rho_A + 1}$$

Подставляя значения, данные в условии, получаем:

$$\omega = \frac{0,8/1,2}{0,8/1,2 + 1} = 0,4.$$

2. Условие $V_A = \omega V_{AB}$ можно переписать как

$$\frac{4}{3}\pi r_1^3 = \omega \frac{4}{3}\pi r^3,$$

Тогда

$$r_1 = \sqrt[3]{\omega r}.$$

Подставляя значения, получаем:

$$r_1 = \sqrt[3]{0,4 \cdot 8} = \sqrt[3]{2/5} \cdot 8 \approx 1,26/1,71 \cdot 8 \approx 5,9 \text{ нм.}$$

Теперь найдем **d**: $d = r - r_1$, $d = 8 - 5,9 = 2,1 \text{ нм.}$

Решение задачи 2. Длина углеродной нанотрубки (5 баллов)

Длина зубчатой углеродной нанотрубки, которая задается парой чисел (n, n) , определяется числом зубчатых «поясов» из n шестиугольников, $X/n = 33/3 = 11$, на которые ее можно мысленно разделить. На каждый такой пояс приходится малая диагональ углеродного шестиугольника, длина которой составляет

$$l = \sqrt{3}a = 0,14 \cdot \sqrt{3} = 0,14 \cdot 1,7 = 0,238 \text{ нм.}$$

Но, поскольку данные пояса смещены друг относительно друга на половину длины малой диагонали, то добавление каждого последующего пояса будет увеличивать длину трубки не на целую диагональ, а лишь на ее половину. Таким образом, длина УНТ, выраженная через число малых диагоналей, равна

$$N = 1 + 0,5(33/3 - 1) = 0,5 \cdot 11 + 0,5 = 6.$$

Следовательно, длина УНТ составляет

$$L = Nl, L = 6 \cdot 0,238 = 1,43 \text{ нм.}$$

Решение задачи 3. Доля поверхностных атомов в призме (5 баллов)

- Общее число атомов в треугольной призме равно числу атомов в одном треугольнике со стороной a , умноженном на общее число слоев, b :

$$N = 0,5ab(a + 1), N = 0,5 \cdot 9 \cdot 14(9 + 1) = 630.$$

- На поверхностный слой приходится $M = 2 \cdot 0,5a(a + 1) + 3ab - 6a - 3b + 6$ (суммируем атомы на двух треугольных и трех прямоугольных гранях, вычитаем из них атомы 9 ребер и прибавляем атомы шести вершин, поскольку они были вычтены на предыдущем шаге).

$$\text{Итого } M = 2 \cdot 0,5 \cdot 9(9 + 1) + 3 \cdot 9 \cdot 14 - 6 \cdot 9 - 3 \cdot 14 + 6 = 378.$$

$$\text{В свою очередь, } a' = a - 3 = 9 - 3 = 6,$$

$$\text{и } b' = b - 2 = 14 - 2 = 12.$$

- Рассчитаем отношение $M/N = 378/630 = 0,6$.

Решение задачи 4. Тетраэдрический фуллерен C_{2024} (10 баллов)

- Найдем площадь, приходящуюся на один атом треугольной «выкройки»: на один правильный шестиугольник с длиной ребра $a = 0,14$ нм и площадью $3\sqrt{3}a^2/2$ приходится 2 атома углерода (в каждой из шести вершин находится по атому, но каждый из них принадлежит одновременно трем соседним шестиугольникам), следовательно, на один атом приходится площадь, равная $3\sqrt{3}a^2/4$.

Всего в «выкройке» тетраэдра $2024 + 8 = 2032$ атома углерода, что отвечает площади

$$S = 2032 \cdot 3 \sqrt{3} a^2 / 4 = 508 \cdot 3 \sqrt{3} a^2 = 1524 \sqrt{3} a^2 = 1524 \cdot 1,7 \cdot 0,14^2 \approx 50,8 \text{ нм}^2$$

В то же время, площадь поверхности правильного тетраэдра составляет

$$S = \sqrt{3} A^2, \text{ где } A - \text{длина ребра тетраэдра.}$$

$$\text{Тогда } A = \sqrt{\frac{S}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{1524 \sqrt{3} a^2}{\sqrt{3}}} = 2a \sqrt{381}, \quad A \approx 2 \cdot 0,14 \cdot 19,5 \approx 5,46 \text{ нм.}$$

2. Диаметр сферы, вписанной в правильный тетраэдр, можно рассчитать как

$$d = \frac{1}{\sqrt{6}} A = \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot 2a \sqrt{381} = 2a \sqrt{381/6} = 2a \sqrt{63,5} \approx 16a.$$

Тогда $d = 16 \cdot 0,14 = 2,24$ нм.

3. Длина ребра «выкройки» равна длине отрезка **OX**, который задается одной из трех возможных пар координат: (m, m) , $(m + 1, m)$ или $(m + 2, m)$, так как, по условию, $n - m \leq 2$.

Длина отрезка, задаваемого индексами (n, m) , равна

$$L = a \sqrt{3} \sqrt{n^2 + nm + m^2}, \text{ где } a - \text{длина связи C-C.}$$

Обозначим разность индексов как x . Тогда, приравняв два выражения для длины ребра «выкройки», получаем:

$$a \sqrt{508 \cdot 3} = a \sqrt{3} \sqrt{m^2 + m(m + x) + (m + x)^2}$$

$$508 = m^2 + m^2 + mx + m^2 + 2mx + x^2$$

$$508 = 3m^2 + 3mx + x^2$$

при $x = 0$

$$m = \sqrt{508/3} = \sqrt{169,3333} \approx 13,01 - \text{нет целочисленного решения.}$$

при $x = 1$

$$4. \quad 3m^2 + 3m - 507 = 0$$

$$m = \frac{-3 + \sqrt{6093}}{6} \approx \frac{-3 + 78,06}{6} \approx 12,5 - \text{нет целочисленного решения.}$$

при $x = 2$

$$3m^2 + 6m - 504 = 0$$

$$m = \frac{-6 + \sqrt{6084}}{6} = \frac{-6 + 78}{6} = 12 - \text{единственное целочисленное значение.}$$

Фуллерену C_{2024} отвечают индексы $(14, 12)$.



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
11 класс (заключительный этап)
Биология. Вариант III

Задача 1. Клеточный метаболизм (5 баллов)

1. Приведены реакции и процессы, происходящие в организме человека в ходе энергетического обмена. Расставьте их в том порядке, в каком они происходят в организме. Запишите ответ, как соответствующую последовательность букв. **(4 балла)**
 - А. Распад полисахаридов до моносахаридов
 - Б. Синтез двух молекул АТФ в процессе гликолиза
 - В. Восстановление кислорода
 - Г. Транспорт глюкозы в цитоплазму клетки
 - Д. Синтез ацетил-Ко-А
2. Какой/какие из этих процессов происходят в митохондриях? **(1 балл)**

Задача 2. Как устроены белки? (5 баллов)

Этот белок участвует в сложной задаче слияния мембранных везикул, образующихся в клетке и обеспечивающих внутриклеточный транспорт. Для этого он соединяется с мембраной за счет гидрофобных взаимодействий с участками белка, свернутыми в альфа-спираль таким образом, что гидрофобные остатки аминокислот располагаются только с одной стороны спирали. Подобными же способностями формировать амфипатическую (гидрофобную с одной и гидрофильную с другой стороны) альфа-спираль обладают и многие трансмембранные белки, при этом альфа-спирали могут образовывать пору в мембране, ориентируясь своими гидрофильными поверхностями внутрь поры, а гидрофобными — к липидам мембраны. Гидрофобными являются радикалы аланина, валина, лейцина, изолейцина, пролина, метионина, фенилаланина и триптофана.

1. Какой это белок? **(2 балла)**
 - а. Коллаген
 - б. Фиброин шелка
 - в. Белок слияния пероксисом
 - г. Кератин
2. Какой из фрагментов аминокислотной последовательности соответствует этому белку? Объясните, почему вы так думаете. **(3 балла)**

- а. ...-Gly-Ala-Pro-Gly-Pro-Pro-Gly-Thr-Pro-Gly-Ala-Pro-Gly-Hyp-Pro-...
- б. ...-Gly-Ala-Gly-Thr-Gly-Ala-Gly-Thr-Gly-Ala-...
- в. ...-Phe-Leu-Asn-His-Leu-Gln-Ala-Ala-Ala-Lys-Phe-Tyr-Asp-Asn-Lys-Leu-Ala-...
- г. ...-Cys-Leu-Phe-Ser-Leu-Ser-Cys-Arg-Thr-Ser-Cys-Ser-Ser-Arg-Phe-Cys-...

Задача 3. Как покрасить фламинго (5 баллов)

Мистер Твистер, бывший министр, как мы знаем из поэмы Маршака – миллионер. И его дочь Сьюзи может позволить себе всё, что захочет. Например, зоопарк. Однажды Сьюзи прочитала в журнале про то, что фламинго становятся розовыми не сами по себе, а оттого, что едят рачков, которые содержат пигмент. А если таких рачков в рационе фламинго нет, то птицы быстро становятся грязновато-белыми.

– Я хочу, - заявила Сьюзи Твистер сотрудникам своего зоопарка, – чтобы вы сделали мне разноцветных фламинго. Красить их не надо, их надо просто правильно кормить. Значит так, фламинго у нас будут:

1. зеленые – мы будем добавлять в корм фламинго листья салата,
2. желтые – желтую морковь,
3. оранжевые – простую морковь, она даже дешевле,
4. фиолетовые – добавим свеклу,
5. коричневые – благородно красно-коричневого цвета, да! Мы используем кошениль, которой красят Пепси-Колу,
6. синие – у меня есть синяя китайская тушь, я вам ее принесу, смешаете ее с кормом,
7. черные – возьмем детскую акварель, я ее в детстве ела, она безвредна,
8. красные – купите пищевой краситель, его можно добавлять не только в еду, но и в воду, он хорошо растворяется.

Выполняйте!

Как вы думаете, получится ли покрасить фламинго таким образом? Может быть, какие-то цвета всё-таки удастся получить? Какие? В отличие от Сьюзи, вы знаете, что рачки содержат красный жирорастворимый пигмент. **(3 балла за правильно выбранные цвета и 2 балла за объяснение)**

Варианты ответа

- | | |
|-----------------|------------|
| а. грязно-белый | г. красный |
| б. розовый | д. синий |
| в. оранжевый | е. зеленый |

Задача 4. Разноцветные коты (10 баллов)

У кошек ген, отвечающий за черную и красную (рыжую) окраски шерсти, сцеплен с полом и находится в X хромосоме. При этом аллели, ответственные за черную и красную окраску, неполно доминируют друг над другом, при их сочетании получается черепаховый окрас шерсти. Ген, отвечающий за белую окраску, доминантный, безусловно доминирует над остальными генами (W белая окраска у кошки, w окраска другого цвета, зависит от сочетания генов) и находится в аутосоме.

В одном небольшом австралийском городе несколько поколений проводили наблюдения за изолированной популяцией бездомных кошек. В частности, оценивали их окрас. Было установлено, что в популяции присутствуют коты (только на них были получены статистически значимые результаты, вероятно кошки были более осторожны) белого, различных темных и красных окрасов. Согласно актуальным данным, в окрестностях города было замечено 6 белых, 16 красных и 38 черных оттенков котов.

1. Какой процент животных черепахового окраса будет наблюдаться в данной популяции, какого они пола? **(5 баллов)**
2. Какова частота встречаемости генов белого, красного и черного цветов? Результат объясните. **(5 баллов)**



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 11 класс (заключительный этап)
 Биология. Вариант III. Решения**

Решение задачи 1. Клеточный метаболизм (5 баллов)

1. А-Г-Б-Д-В.
2. Д и В (выбор синтеза двух молекул АТФ в процессе гликолиза считается грубой ошибкой).

Решение задачи 2. Как устроены белки? (5 баллов)

1. в. Белок слияния пероксисом. Пероксисомы — везикулярные структуры клетки.
2. в. ...-Phe-Leu-Asn-His-Leu-Gln-Ala-Ala-Ala-Lys-Phe-Tyr-Asp-Asn-Lys-Leu-Ala-...

Если отметить на последовательности гидрофобные аминокислоты, окажется, что гидрофобные участки чередуются с гидрофильными. При сворачивании в альфа-спираль гидрофобные участки окажутся по одну сторону, этой стороной фрагмент белка и будет взаимодействовать с гидрофобными областями мембраны. Необходимо учитывать, что период альфа-спирали — 3,6 аминокислотных остатков. В варианте в. имеются участки гидрофобных аминокислот (Ala), в том числе с объемными остатками (Phe, Leu), которые разделены участками с гидрофильными и заряженными аминокислотами. Вариант а. - содержит большое количество пролина, это свойственно для коллагена, б. - содержит большое количество глицина и аланина, что свойственно для фиброина шелка, кроме того, чередование гидрофобных и гидрофильных остатков здесь идет через 1, т. е. нет выраженных гидрофобных и гидрофильных участков для создания амфипатической структуры при сворачивании в альфа-спираль. Вариант г. - содержит большое количество цистеина, что свойственно для кератина.

Решение задачи 3. Как покрасить фламинго (5 баллов)

1	2	3	4	5	6	7	8
а	б	в	г	а	а	а	а

Фламинго накапливают в перьях жирорастворимые каротиноиды, от чего приобретают свой цвет. В зависимости от количества каротиноидов цвет будет меняться от розового до ярко-красного через оранжевый. Причем ярко-красный достигается поеданием овощей, типа тыквы, помидоров, свеклы, там концентрация пигмента выше.

Все водорастворимые красители в перьях не накапливаются, поэтому и кошениль, и акварель, и пищевой краситель никакой окраски не дадут. Китайская тушь окрашена минеральными пигментами, например, цветной глиной, или сажей, поэтому вообще не всасывается кишечником.

Что касается хлорофилла, то он, хотя и имеет гидрофобный фрагмент для заякоривания в мембране, сам по себе достаточно гидрофильный. Однако в перьях накапливаются не все гидрофобные соединения, а избирательно только каротиноиды (фламинго, конечно, едят и содержащие хлорофилл водоросли, однако они не зеленеют от этого).

В некоторых ответах вместо китайской туши фигурировала косметическая гидрофобная тушь. В принципе идея добавить в пищу фламинго гидрофобный краситель, чтобы их покрасить, кажется перспективной, но как было сказано выше – организм фламинго избирательно накапливает каротиноиды. Такие эксперименты проводились, но потерпели неудачу. Получить синих фламинго не удалось.

Решение задачи 4. Разноцветные коты (10 баллов)

Задачу можно решать различными способами. В случае «нестандартных» решений оно будет засчитываться, если решение будет разумным и не противоречит современным представлениям.

Считаем нашу популяцию идеальной и панмиксической по всем исследуемым генам.

Поскольку белый окрас доминирует над остальными цветами можно упростить нашу «генетическую систему» до вида Ww , где W – белый окрас, а w – все остальные. Частоту встречаемости $p(W)$ для гена W можно рассчитать из выражения:

$$p(W)^2 + 2p(W)q(w) + q(w)^2 = 1$$

Доля белых котов среди других котов в популяции составила $6/(6+16+38) = 10\%$, считаем что количество котов и кошек равно, тогда общее количество белых животных в популяции составляет тоже 10% (эта величина не зависит от пола и если среди котов она 10%, то среди кошек тоже 10% и во всей популяции тоже 10%). $p(W)^2 + 2p(W)q(w) = 0,1$. $q(w)^2 = 1 - 0,1 = 0,9$, Соответственно, частота встречаемости w составит около 0,95. Частота встречаемости гена белого окраса будет составлять, приблизительно, $1 - 0,95 = 0,05$ или 5%. **(2 балла)**

Если исключить из популяции белых животных, то цвет оставшихся кошек определяется одним геном с двумя аллелями сцепленным с полом. Для него нужно использовать другое уравнение Харди-Вайнберга, не связанное с белым цветом, поскольку это другой ген. Всего таких наблюдаемых котов было $60 - 6 = 54$, а доля красных котов составляет $16/54 \approx 0,3$, доля черных $38/54 \approx 0,7$. **(1 балл)**

Далее можно воспользоваться формулой для закона Харди-Вайнберга, сцепленного с полом:

$$p(W)^2 + 2p(W)q(w) + q(w)^2 = 1$$

$$0,5p(B)^2 + p(B)s(R) + 0,5s(R)^2 + 0,5p(B)u(Y) + 0,5s(R)u(Y) = 1$$

где $p(B)$ – частота встречаемости гена окраски черного цвета;

$s(R)$ – частота встречаемости гена окраски красного (рыжего) цвета;

$u(Y)$ – частота встречаемости хромосомы Y , в обычных условиях равно 0,5

Два последних компонента – это доля котов в популяции.

Если вы не знакомы с этой формулой, то можно воспользоваться общими соображениями и прийти к правильному ответу (фактически выведя данное уравнение).

Генотип котов XY, поэтому считаем, что в данной популяции соотношение мужских гамет будет следующим: 0,5Y:0,5X, где X хромосома, с геном, содержащим аллели В (кошки темных окрасов) или R (кошки красных окрасов). Соотношение гамет можно получить из соотношения котов красных и черных окрасов (0,3 и 0,7, соответственно). Женских гамет с генами В или R будет в два раза больше, чем соответствующих мужских, поскольку женская особь имеет две X-хромосомы.

	доля	женские	
мужские		0,3 s(R)	0,7 p(B)
	0,15 s(R)	0,045 s ² (R)	0,105 p(B)s(R)
	0,35 p(B)	0,105 p(B)s(R)	0,245 p ² (B)
	0,5 u(Y)	0,15 s(R)u(Y)	0,35 p(B)u(Y)

Тогда частоту встречаемости гена окраски красного (рыжего) цвета можно найти из выражения описывающих долю рыжих котов: $s(R)u(Y)=0,15$, $s(R)=0,3$; а частоту встречаемости гена окраски черного цвета можно найти из выражения описывающих долю котов темных окрасов: $p(B)u(Y)=0,35$, $p(B)=0,7$. **(2 балла)**

Два аллеля одного гена в нормальных условиях могут быть только у кошек (у них две X хромосомы), соответственно, черепаховый цвет может быть только у кошек. А их процент составляет: $2p(B)s(R)=0,21$ около 21%. Также засчитывается ответ, если долю черепаховых животных рассчитали от исходной популяции с учетом белых животных (21% рассчитали в 90% новой популяции), что составляет около 19%. **(5 баллов)**



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
5 – 10 классы (заключительный этап)
Химия. Вариант I

Задача 1. Атом vs планета (5 баллов)

Очень часто форма планеты и форма атома химического элемента принимаются шарообразными. Однако размеры этих объектов отличаются колоссально: экваториальный радиус Земли $R_3 = 6378$ км, а радиус атома углерода $r_c = 0,077$ нм.

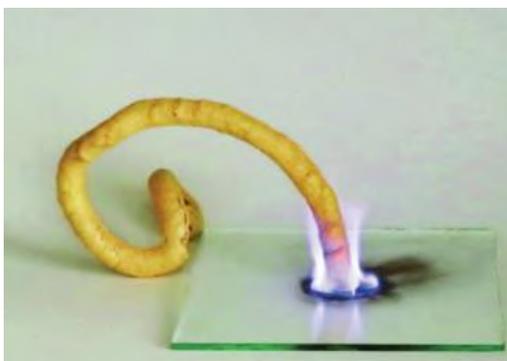
1. Определите минимальное число атомов углерода, которое необходимо для того, чтобы выложить из них линию длиной в экватор Земли и толщиной в один атом. **(3 балла)**
2. Сколько будет весить такая цепочка атомов углерода? Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, молярная масса углерода $M = 12,01$ г/моль. **(2 балла)**

Задача 2. Нестехиометричный оксид (5 баллов)

Нестехиометричными называют соединения переменного состава, формула которых не выражается целочисленными индексами. Примером такого вещества является оксид титана $TiO_{1,95}$, имеющий кристаллическую решётку диоксида титана, в котором отсутствует часть атомов кислорода.

1. Определите (целочисленные) степени окисления титана в оксиде $TiO_{1,95}$. **(1 балл)**
2. Рассчитайте содержание (в атомных %) титана в этих степенях окисления. **(3 балла)**
3. Оцените плотность оксида $TiO_{1,95}$, если плотность диоксида титана $\rho(TiO_2) = 4,20$ г/см³. **(1 балл)**

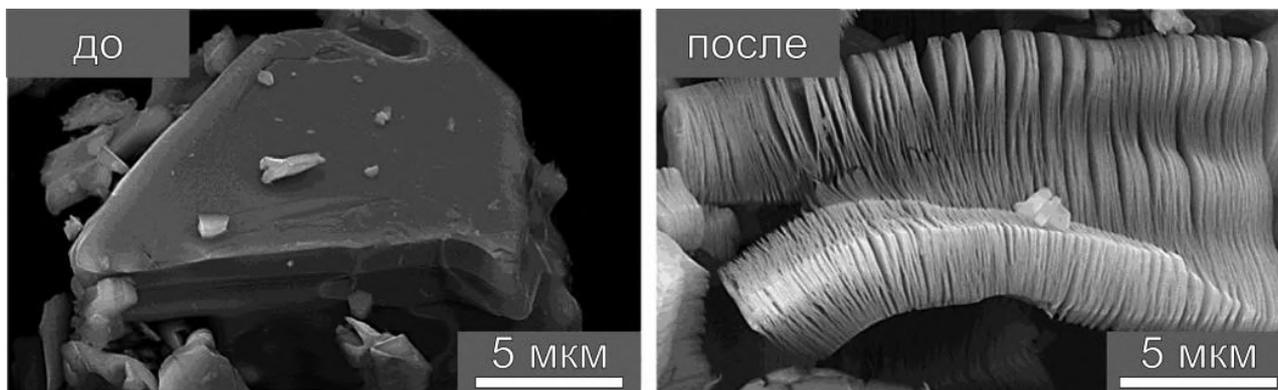
Задача 3. "Фараонова змея" (5 баллов)



При термическом разложении тиоцианата ртути $Hg(SCN)_2$ из таблетки реагента под давлением образующихся газов выползает "фараонова змея". Желтый цвет ей придает бинарное соединение **X**, образующееся в виде пластинок толщиной в десятки нанометров. Содержание углерода в нем составляет 39,1% по массе и 42,9% по числу атомов.

1. Определите все неизвестные вещества (**X**, **X₁–X₅**, **Y₁–Y₅**, **Z**). **(4.5 балла)**
2. Напишите уравнения всех реакций, представленных на схеме. **(4.5 балла)**

При воздействии на **Z** концентрированной плавиковой кислоты можно выделить соединение, являющееся одним из родоначальников важнейшего семейства функциональных наноматериалов. При рисунке показаны изображения РЭМ вещества **Z** до (слева) и после (справа) длительной обработки в растворе HF.



3. Как при обработке HF изменился химический состав вещества **Z**? К какому семейству принадлежит полученный материал? **(1 балл)**



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 5 – 10 классы (заключительный этап)
 Химия. Вариант I. Решения**

Решение задачи 1. Атом vs планета (5 баллов)

1. Экватор представляет собой окружность с радиусом R_3 . Его длина равна

$$C = 2\pi R_3 \quad \text{1 балл}$$

Диаметр атома железа равен

$$d = 2r_C \quad \text{1 балл}$$

Следовательно, на экваторе поместятся

$$N = \frac{C}{d} = \frac{2\pi R_3}{2r_C} = \frac{\pi R_3}{r_C} = 2,60 \cdot 10^{17} \text{ атомов} \quad \text{1 балл}$$

2. Количество вещества углерода, содержащее N атомов, равно

$$\nu = \frac{N}{N_A} \quad \text{1 балл}$$

Масса углерода равна

$$m = \nu M = \frac{NM}{N_A} = 5,19 \cdot 10^{-6} \text{ г} \quad \text{1 балл}$$

Решение задачи 2. Нестехиометричный оксид (5 баллов)

1. Поскольку $\text{TiO}_{1,95}$ можно рассматривать как TiO_2 , в котором отсутствует часть атомов кислорода, титан присутствует в нём в двух степенях окисления: +4 (высшая, как в TiO_2) и +3 (для компенсации заряда). **1 балл (по 0,5 б за каждую степень окисления)**

2. Перепишем формулу $\text{TiO}_{1,95}$ в виде $\text{Ti}^{+4}_x\text{Ti}^{+3}_y\text{O}_{1,95}$. Так как должно выполняться условие электронейтральности, то

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ 4x + 3y - 2 \cdot 1,95 = 0 \end{cases} \quad \text{1 балл}$$

Решив систему уравнений, получим, что $x = 0,9$, а $y = 0,1$. Значит, содержание Ti^{+4} равно 90%, а содержание Ti^{+3} равно 10%. **2 балла**

3. Молярная масса $M(\text{TiO}_2) = 47,867 + 2 \cdot 15,999 = 79,865$ г/моль. Молярная масса $M(\text{TiO}_{1,95}) = 47,867 + 1,95 \cdot 15,999 = 79,065$ г/моль. Объём 1 моль этих оксидов можно считать одинаковым, так как они имеют одинаковую кристаллическую решётку. Следовательно, отношение плотностей равно

$$\frac{\rho(\text{TiO}_2)}{\rho(\text{TiO}_{1,95})} = \frac{M(\text{TiO}_2)V(\text{TiO}_{1,95})}{V(\text{TiO}_2)M(\text{TiO}_{1,95})} = \frac{M(\text{TiO}_2)}{M(\text{TiO}_{1,95})} \quad \text{1 балл}$$

Таким образом, плотность оксида $\text{TiO}_{1,95}$ равна

$$\rho(\text{TiO}_{1,95}) = \frac{\rho(\text{TiO}_2)M(\text{TiO}_{1,95})}{M(\text{TiO}_2)} = \frac{4,20 \cdot 79,065}{79,865} = 4,158 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \quad \text{1 балл}$$

Решение задачи 3. "Фараонова змея" (5 баллов)

1. Атомная доля углерода составляет 0,429, а второго элемента – 0,571.

$$v(\text{C}) : v(\text{X}) = 0,429 : 0,571 = 3 : 4.$$

Формула бинарного соединения – C_3X_4 . 1 балл

Массовая доля углерода:

$$\omega(\text{C}) = 3 \cdot 12 / (3 \cdot 12 + 4M(\text{X})) = 0,391,$$

$M(\text{X}) = 14$ г/моль, X – N. Формула соединения – C_3N_4 1 балл

2. Уравнение реакции: $2\text{Hg}(\text{SCN})_2 = 2\text{HgS} + \text{C}_3\text{N}_4 + \text{CS}_2$ 2 балла

(1 балл за уравнение реакции с участием O_2)

3. На воздухе горит CS_2 : $\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2$ 1 балл

Решение задачи 4. Превращения мифологического элемента (10 баллов)

- 1 – 2. При тщательном анализе условия задачи становится понятным, что Y_5 – нитрид, содержащий 22,58 % азота по массе. Установим химическую формулу этого вещества. Если представить ее в виде $\text{Э}_x\text{N}_y$, то

$$\omega(\text{N}) = (\text{Ar}(\text{N}) \cdot y) / (\text{Ar}(\text{N}) \cdot y + \text{Ar}(\text{Э}) \cdot x) = 0,2258$$

$$3,1612 \cdot y + 0,2258 \cdot x \cdot \text{Ar}(\text{Э}) = 14 \cdot y$$

$$10,8388 \cdot y = 0,2258 \cdot x \cdot \text{Ar}(\text{Э})$$

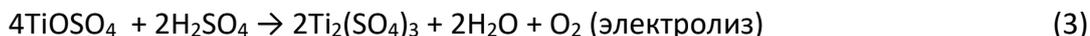
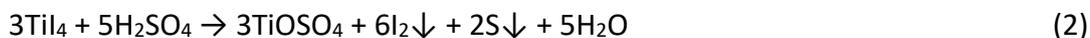
$$48 = \frac{x}{y} \cdot \text{Ar}(\text{Э}),$$

При $x = 1$ и $y = 1$ подходит титан (Ti). При дальнейшем переборе становится понятным, что это единственный приемлемый вариант. Следовательно, TiN – вещество Y_5 . Также становится понятно, что в основе цепочки превращений лежит титан. Таким образом, X – титан (Ti).

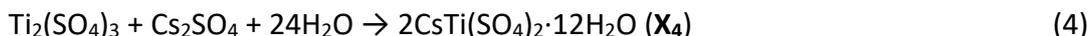
При воздействии иода на титан, можно выделить иодид титана (TiI_4) – (вещество X_1)



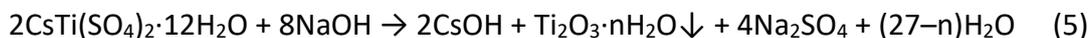
При действии на иодид титана серной кислотой, образуется сульфат титанила TiOSO_4 – вещество **X₂**, а при дальнейшем добавлении избытка серной кислоты и электролизе, можно получить раствор сульфата титана(III) $\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3$ (вещество **X₃**), имеющий зеленую окраску.



При смешивании насыщенных холодных растворов сульфатов цезия и титана, образуются цезиево-титановые квасцы, имеющие красно-фиолетовую окраску.



При взаимодействии получившейся соли и раствора гидроксида натрия в осадок выпадает гидратированный оксид титана(III) – $\text{Ti}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – (вещество **X₅**).



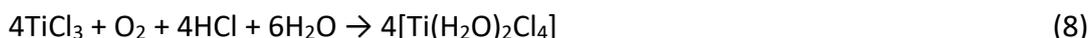
Сульфат титана (III) при прокаливании на воздухе разрушается с образованием TiO_2 (**Y₄**):



При взаимодействии титана с соляной кислотой происходит изменение цвета раствора на фиолетовый, что обусловлено наличием хлорида титана (III) в растворе (TiCl_3 – вещество **Y₁**).



При дальнейшем пропускании через солянокислый раствор TiCl_3 кислорода происходит окисление титана с образованием $\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_4$ – **Y₂**:



При гидролизе этого соединения образуется гидратированный оксид титана (IV) – $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (вещество **Y₃**), при последующем прокаливании которого можно выделить чистый диоксид титана (вещество **Y₄**):



При насыщении оксида титана азотом в присутствии угля образуется нитрид титана (TiN):



Из данных о массовой доле углерода в соединении **Z** легко устанавливается его химическая формула – Ti_3AlC_2 .

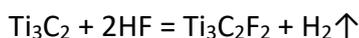


Итого: **X** – Ti, **X₁** – TiI₄, **X₂** – TiOSO₄, **X₃** – Ti₂(SO₄)₃, **X₄** – CsTi(SO₄)₂·12H₂O, **X₅** – Ti₂O₃·nH₂O, **Y₁** – TiCl₃, **Y₂** – Ti(H₂O)₂Cl₄, **Y₃** – TiO₂·nH₂O, **Y₄** – TiO₂, **Y₅** – TiN, **Z** – Ti₃AlC₂.

3. Из представленных изображений РЭМ ясно видно, что происходит расслаивание частиц Ti₃AlC₂. При длительном воздействии на них концентрированной плавиковой кислоты происходит травление алюминия:



Дополнительно, на поверхности материала могут протекать следующие химические реакции:



Полученный слоистый Ti₃C₂T_x, где T = OH/F, принадлежит к семейству максенов (от англ. «MXenes») – интереснейшему классу соединений. Ввиду своей развитой поверхности и особого электронного строения максены могут использоваться в ключевых устройствах сбережения энергии, сенсорики и оптики. Наиболее популярными из них являются суперконденсаторы и метал-ионные аккумуляторы.

Изображения РЭМ для Ti₃AlC₂ были заимствованы из публикации: Naguib M. et al. Two-dimensional transition metal carbides //ACS Nano. – 2012. – Т. 6. – №. 2. – С. 1322-1331. <https://doi.org/10.1021/nm204153h>

Система оценивания:

Вещества **X**, **X₁**–**X₅**, **Y₁**–**Y₅**, **Z** по **0.375 балла** (0.375 × 12 = 4.56)

Каждое верное уравнение реакции оценивается в **0.375 балла** (0.3756 × 12 = 4.56). Верно указаны продукты реакции при неправильно расставленных коэффициентах – **0.18 балла**.

Указание на вытравливание алюминия – **0.5 балла**, верное указание семейства – **0.5 балла**.

Итого: **10 баллов**



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
5 – 10 классы (заключительный этап)
Физика. Вариант IV

Список констант

Ускорение свободного падения $g \approx 10 \text{ м/с}^2$

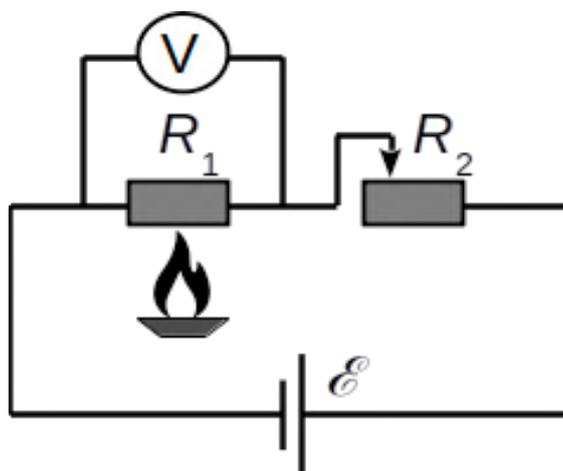
Диэлектрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$

Задача 1. Заряженные наночастицы (5 баллов)

Процессы присоединения катиона водорода (протонирование) или отщепления катиона (депротонирование) могут протекать при погружении в воду оксидных материалов. Исследование сферических наночастиц из оксида церия диаметром $d = 31 \text{ нм}$ показало, что их средняя поверхностная плотность заряда равна $\sigma = -0,27 \text{ мКл/м}^2$.

1. Протонированы или депротонированы эти наночастицы? Ответ аргументируйте. **(1 балл)**
2. Определите число катионов водорода, присоединённых или отщеплённых от одной такой наночастицы. **(2 балла)**
3. Рассчитайте силу взаимодействия между двумя такими наночастицами, расположенными в воде на расстоянии $R = 900 \text{ нм}$ друг от друга. Диэлектрическая проницаемость воды $\epsilon = 78,5$. **(2 балла)**

Задача 2. Резистор и реостат (5 баллов)



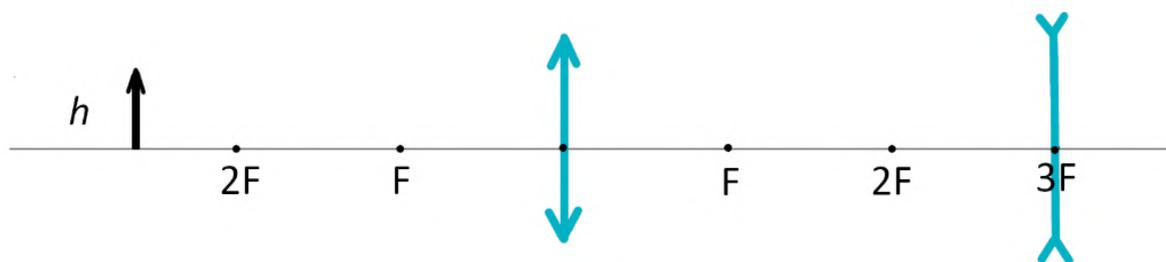
Стальная проволока и реостат соединены последовательно. Они подключены к источнику постоянного тока, как показано на рисунке. Сопротивление проволоки $R_1 = 2 \text{ Ом}$, а начальное сопротивление реостата $R_2 = 4 \text{ Ом}$. Проволоку нагревают на $\Delta t = 100^\circ\text{C}$. Коэффициент температурного сопротивления стальной проволоки $\alpha = 2 \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

1. Чему равно сопротивление R_1 нагретой стальной проволоки? (2 балла)
2. На сколько нужно изменить сопротивление реостата R_2 , чтобы напряжение на проволоке не изменилось? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. (3 балла)

Задача 3. Объектив (5 баллов)

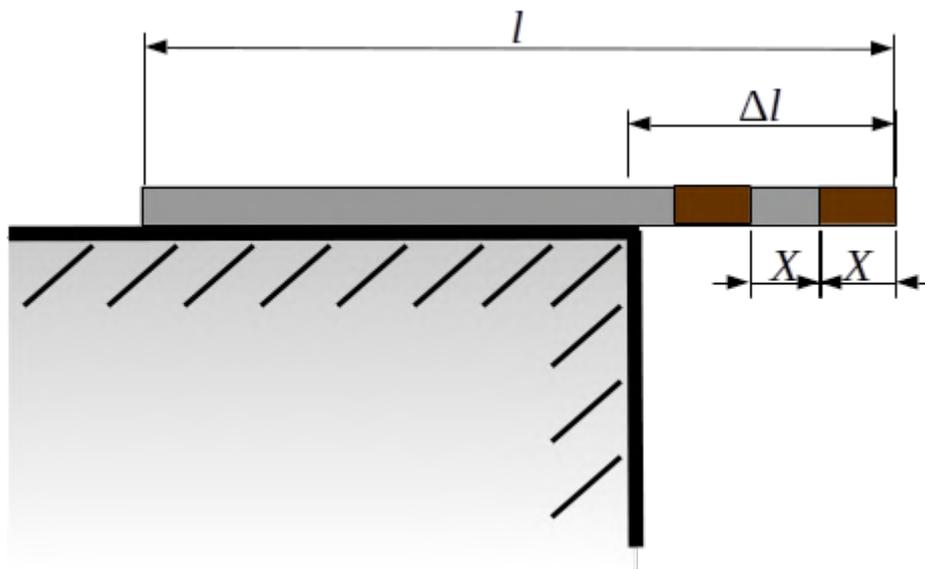
Стержень высотой $h = 3$ см находится на расстоянии $d = 10$ см от тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 4$ см. На расстоянии в 3 раза больше фокусного от нее поместили рассеивающую линзу. Фокусное расстояние рассеивающей линзы равно F .

1. На каком расстоянии от первой линзы будет изображение предмета, полученное в рассеивающей линзе? (2 балла)
2. Определите высоту полученного изображения. (3 балла)



Задача 4. Стержень с кольцами (10 баллов)

На пластиковый стержень справа надевают 2 одинаковых металлических кольца, как показано на рисунке. Вся длина стержня $l = 10$ см, а масса стержня $M = 1$ кг. Ширина каждого кольца $X = 1$ см, расстояние между кольцами равно ширине X , масса каждого кольца $m = 50$ г. Стержень с надетыми кольцами кладут на край стола, так что справа свисает $\Delta l = 3,5$ см.



1. Чему будет равна результирующая сила реакции опоры N_1 ? **(2 балла)**
2. В какой точке она будет приложена? **(4 балла)**
3. Чему будет равна и в какой точке будет приложена результирующая сила реакции опоры N_2 , если взять кольца из другого металла с массой $m = 375$ г и той же шириной X ? **(4 балла)**



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 5 – 10 классы (заключительный этап)
 Физика. Вариант IV. Решения**

Решение задачи 1. Заряженные наночастицы (5 баллов)

1. Так как наночастицы имеют отрицательный заряд, то от них отделяются катионы водорода H^+ . Значит, наночастицы депротонированы.
2. Заряд одной наночастицы равен

$$Q = \sigma S = \sigma \cdot 4\pi r^2 = 4\pi\sigma \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi\sigma d^2 = 3.14 \cdot (-0.27 \cdot 10^{-3}) \cdot (31 \cdot 10^{-9})^2 \\ = -8.1 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Количество катионов:

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{8.2 \cdot 10^{-19}}{1.6 \cdot 10^{-19}} \approx 5$$

Это составляет 5 элементарных зарядов, следовательно, от каждой наночастицы отделяются по 5 катионов водорода.

3. Так как расстояние между наночастицами примерно в 100 раз больше их размеров, то частицы можно считать точечными зарядами. Значит, сила взаимодействия между ними определяется законом Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{R^2} = \frac{1}{4 \cdot 3.14 \cdot 78.5 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} \frac{(8.1 \cdot 10^{-19})^2}{(900 \cdot 10^{-9})^2} = 9.3 \cdot 10^{-17} \text{ Н}$$

Решение задачи 2. Резистор и реостат (5 баллов)

1. $R_1' = R_1(1 + \alpha\Delta t) = 2(1 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot 100) = 2,4 \text{ Ом}$.
2. Напряжение на резисторе R_1

$$U_1 = IR_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} R_1,$$

а на R_2 :

$$U_2 = IR_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} R_2.$$

После нагревания и увеличения R_2 должно выполняться

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2'}{R_1 + R_2'}$$

чтобы напряжение не изменилось.

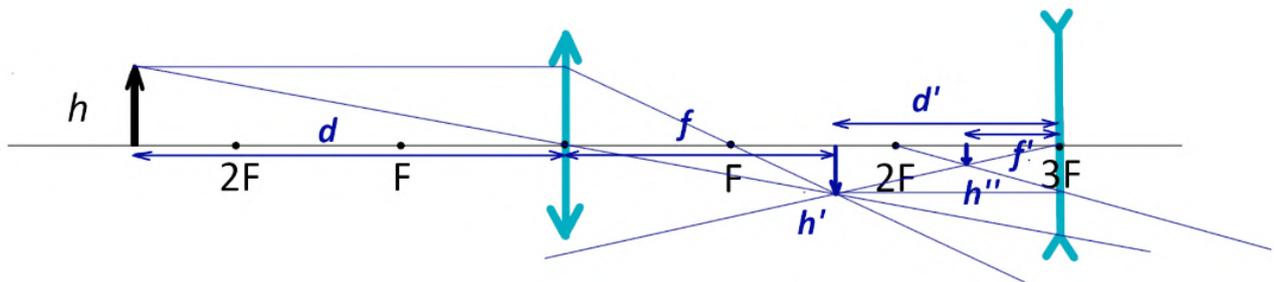
Тогда

$$R_2 = \frac{R_2 R_1}{R_1}$$

Изменение

$$\Delta R_2 = R_2 \left(\frac{R_1 - R_1}{R_1} \right) = 4 \cdot 0,4/2 = 0,8 \text{ Ом.}$$

Решение задачи 3. Объектив (5 баллов)



Рассмотрим сначала изображение полученное в собирающей линзе. Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Отсюда, расстояние до первого изображения

$$f = \frac{Fd}{d - F} = \frac{20}{3} \text{ см} \approx 6,67 \text{ см.}$$

Из подобия треугольников высота этого изображения $h' = h \frac{f}{d} = 2 \text{ см}$. Теперь рассмотрим изображение, полученное в рассеивающей линзе. Из формулы тонкой собирающей линзы

$$f' = \frac{Fd'}{F + d'} = \frac{F(3F - f)}{F + 3F - f} = \frac{16}{7} \text{ см} \approx 2,3 \text{ см.}$$

1. Расстояние от первой линзы до этого изображения

$$x = 3F - f' = \frac{68}{7} \text{ см} \approx 9,7 \text{ см.}$$

2. Из подобия треугольников высота изображения

$$h'' = h' \frac{f'}{d'} = \frac{6}{7} \text{ см} \approx 0,86 \text{ см.}$$

Решение задачи 4. Стержень с кольцами (10 баллов)

1. По второму закону Ньютона:

$$N = Mg + 2mg = 1 \cdot 10 + 2 \cdot 0,05 \cdot 10 = 11 \text{ Н.}$$

2. Из условия равенства нулю моментов сил относительно оси, проходящий через край стола:

$$Ny - Mg \left(\frac{l}{2} - \Delta l \right) + mgx + mg3x = 0.$$

Откуда y расстояние от края стола до точки приложения силы N :

$$y = \frac{Mg \left(\frac{l}{2} - \Delta l \right) - 4mgx}{N} = \frac{10(5 - 3,5) - 4 \cdot 0,05 \cdot 10 \cdot 1}{11} = \frac{13}{11} \text{ см} \approx 1,18 \text{ см.}$$

3. Также по второму закону Ньютона для $N = 1 \cdot 10 + 2 \cdot 0,375 \cdot 10 = 17,5 \text{ Н.}$ То есть сила реакции стала больше.

Из условия равенства нулю моментов сил относительно оси, проходящий через край стола

$$y = \frac{Mg \left(\frac{l}{2} - \Delta l \right) - 4mgx}{N} = \frac{10(5 - 3,5) - 4 \cdot 0,375 \cdot 10 \cdot 1}{11} = 0 \text{ см.}$$

Теперь точка приложения совпадает с краем стола.



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
5 – 10 классы (заключительный этап)
Математика. Вариант I**

Задача 1. Дендример (5 баллов)

Рассмотрим синтез некоторого разветвленного полимера, в котором к центральному звену на первом этапе присоединяется 2 мономерных звена. На всех последующих этапах к каждому такому звену присоединяется строго два новых звена.

1. Выведите общие формулы, описывающие зависимость
 - числа мономерных звеньев M , присоединяющихся на последнем этапе,
 - и общего числа мономерных звеньев N в молекуле полимераот количества этапов синтеза n , где $n > 2$. **(2 балла)**
2. Сколько всего этапов синтеза n было проведено, если на последнем этапе присоединилось $M = 64$ мономерных звена? **(1 балл)**
3. Рассчитайте N для найденного в предыдущем пункте n . **(2 балла)**

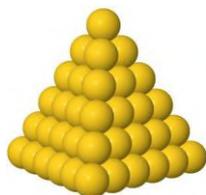
Задача 2. От Земли до Солнца (5 баллов)

1. Какая масса кубических наночастиц некоторого вещества (в граммах) понадобится, чтобы выложить такими наночастицами цепочку от Земли до Солнца? **(3 балла)**
2. Сколько таких цепочек из наночастиц длиной от Земли до Солнца понадобится, чтобы полностью замостить этими наночастицами школьное футбольное поле размерами 50 на 90 метров? **(2 балла)**

Считать, что

- длина ребра наночастиц составляет $a = 5$ нм, плотность материала наночастиц равна $b = 4,8$ г/см³,
- расстояние от Земли до Солнца составляет 150 миллионов километров,
- кубические наночастицы укладываются грань к грани.

Задача 3. Перекладывание атомов (5 баллов)



Если взять

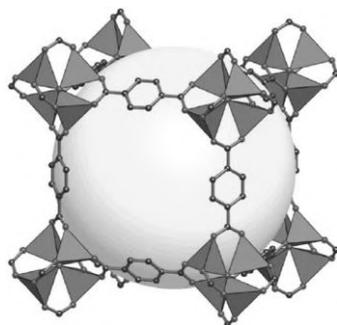
- один тетраэдрический кластер, на ребро которого приходится $2a$ атомов металла,
- и четыре тетраэдрических кластера, на ребро каждого из которых приходится $a - 1$ атомов металла,

то из всех составляющих их атомов можно собрать без остатка

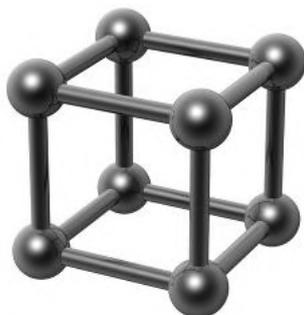
- новый кластер в форме стопки из x треугольных слоев, на ребро каждого из которых приходится a атомов металла.

1. Найдите, чему равно x . (3,5 балла)
2. Сколько всего атомов в итоговом кластере, если $a = 8$? (1,5 балла)

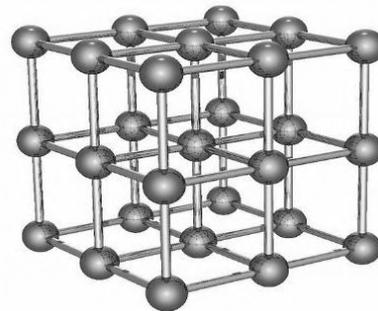
Задача 4. Металл-органический каркас (10 баллов)



а)



б)



в)

Рис. 1. Модель MOF-структуры.

- а) Элементарная ячейка состоит из расположенных в вершинах куба кластеров металла, связанных органическими цепочками;
 б) упрощенная схема элементарной ячейки;
 в) фрагмент трехмерной структуры

Для некоторой металл-органической каркасной (MOF) структуры (рис. 1) рассмотрим упрощенную модель (рис. 1), в которой

- кластеры металла имеют форму шара с радиусом $r_k = 0,5$ нм и массой $m_k = 1,21 \cdot 10^{-21}$ г,
- связывающие их цепочки представляют собой цилиндры с радиусом $r_c = 0,25$ нм, длиной $l_c = 0,4$ нм и массой $m_c = 0,15 \cdot 10^{-21}$ г.

1. Рассчитайте плотность ρ (в г/см³) и долю пустот в объеме ω (в %) для такой MOF-структуры. **(4 балла)**
2. Рассчитайте диаметр пор в MOF-структуре как максимально возможный диаметр сферической частицы, способной пройти сквозь структуру материала. **(2 балла)**
3. Рассчитайте диаметр внутренней полости в MOF-структуре как максимально возможный диаметр сферической частицы, которая могла бы поместиться внутри каждой ячейки (рис. 1а). Какие именно элементы MOF-структуры ограничивают размеры этой полости? **(4 балла)**

Дополнительные материалы

$\pi \approx 3,1$

Общее число атомов в тетраэдрическом кластере, на ребро которого приходится n атомов:

$$T_d = (n^3 + 3n^2 + 2n)/6.$$

Число атомов в треугольнике, на ребро которого приходится n атомов:

$$T = n(n + 1)/2.$$



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 5 – 10 классы (заключительный этап)
 Математика. Вариант I. Решения**

Решение задачи 1. Дендример (5 баллов)

1. $M(n)$ представляет собой n -й член геометрической прогрессии с первым членом $M(1) = 2$ и знаменателем $q = 2$.

Таким образом, $M(n) = M(1) \cdot 2^{n-1} = 2 \cdot 2^{n-1} = 2^n$.

В свою очередь, $N(n)$ является суммой первых n членов такой геометрической прогрессии, а также «центрального» звена:

$$\begin{aligned} N(n) &= 1 + \sum_{k=1}^n M(k) = 1 + \sum_{k=1}^n M(1)q^{k-1} = 1 + \frac{M(1)(q^n - 1)}{q - 1} = 1 + \frac{2(2^n - 1)}{2 - 1} = \\ &= 1 + 2(2^n - 1) = 2^{n+1} - 1. \end{aligned}$$

2. Найдем n для $M(n) = 64$:

$$64 = 2^n$$

$$2^6 = 2^n$$

$$n = 6.$$

То есть, 64 мономерных звена присоединяется к полимеру в шестом поколении.

3. Всего в полимерной молекуле при этом будет $N(6) = 2^{6+1} - 1 = 128 - 1 = 127$ мономерных звеньев.

Решение задачи 2. От Земли до Солнца (5 баллов)

1. Расстояние от Земли до Солнца

$$L = 150 \cdot 10^6 \text{ км} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м.}$$

Длина ребра наночастицы составляет 5 нм = $5 \cdot 10^{-9}$ м.

Всего частиц в такой цепочке будет

$$N = L/l, N = 1,5 \cdot 10^{11} / (5 \cdot 10^{-9}) = 3 \cdot 10^{19} \text{ шт.}$$

Объем этих наночастиц равен

$$V = Na^3, V = 3 \cdot 10^{19} \cdot (5 \cdot 10^{-9})^3 = 15 \cdot 25 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3 = 3,75 \text{ см}^3.$$

Масса этих наночастиц составляет

$$m = Vb, m = 3,75 \cdot 4,8 = 18 \text{ г.}$$

2. Площадь, на которой можно расположить **N** частиц:

$$S = Na^2, S = 3 \cdot 10^{19} \cdot (5 \cdot 10^{-9})^2 = 750 \text{ м}^2.$$

Площадь футбольного поля составляет $S_{\text{ф}} = 90 \cdot 50 = 4500 \text{ м}^2$.

Следовательно, на одном поле поместится $x = S_{\text{ф}}/S = 4500/750 = 6$ таких цепочек.

Решение задачи 3. Перекладывание атомов (5 баллов)

1. Запишем данные, приведенные в условии, как уравнение относительно **a**:

$$((2a)^3 + 3(2a)^2 + 2 \cdot 2a)/6 + 4 \cdot ((a-1)^3 + 3(a-1)^2 + 2(a-1))/6 = xa(a+1)/2$$

Приведем к общему знаменателю:

$$(2a)^3 + 3(2a)^2 + 2 \cdot 2a + 4 \cdot ((a-1)^3 + 3(a-1)^2 + 2(a-1)) = 3xa(a+1)$$

Раскроем скобки:

$$8a^3 + 12a^2 + 4a + 4 \cdot (a^3 - 3a^2 + 3a - 1 + 3(a^2 - 2a + 1) + 2a - 2) = 3xa(a+1)$$

$$8a^3 + 12a^2 + 4a + 4a^3 - 12a^2 + 12a - 4 + 12a^2 - 24a + 12 + 8a - 8 = 3xa(a+1)$$

$$12a^3 + 12a^2 = 3xa(a+1)$$

$$4a^2 + 4a = x(a+1)$$

$$4a(a+1) = x(a+1)$$

То есть,

$$x = 4a.$$

2. Тогда

$$N = xa(a+1)/2$$

$$a = 8, x = 32, N(8) = 32 \cdot 8(8+1)/2 = 32 \cdot 36 = 1152.$$

Решение задачи 4. Металл-органический каркас (10 баллов)

1. Рассмотрим отдельную кубическую ячейку в структуре MOF: центры кластеров металла расположены в вершинах куба, а центральные оси цепочек совпадают с его ребрами. На такой куб приходится ровно один кластер металла (в 8 вершинах куба расположено по одному кластеру, но каждый кластер принадлежит сразу 8 одинаковым кубам) и 3 цепочки (цепочки расположены вдоль 12 ребер куба, но каждая цепочка принадлежит сразу 4 кубам).

Чтобы рассчитать кажущуюся плотность материала, надо массу вещества, приходящуюся на выбранную ячейку, соотнести с объемом этой ячейки:

$$\rho = m/V_{\text{яч}} = (m_{\text{к}} + 3m_{\text{ц}})/(2r_{\text{к}} + l_{\text{ц}})^3$$

$$\rho = (1,21 \cdot 10^{-21} + 3 \cdot 0,15 \cdot 10^{-21}) / (2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-7} + 0,4 \cdot 10^{-7})^3 = 1,65 / 1,4^3 \approx 0,6 \text{ г/см}^3$$

При расчетах учитываем, что 1 нм = $1 \cdot 10^{-7}$ см.

Поскольку на одну ячейку приходится один кластер и три цепочки, то они занимают объем

$$V = 4/3 \cdot \pi r_{\text{к}}^3 + 3\pi r_{\text{ц}}^2 l_{\text{ц}}$$

$$V = 4/3 \cdot 3,1 \cdot 0,5^3 + 3 \cdot 3,1 \cdot 0,25^2 \cdot 0,4 \approx 0,52 + 0,23 = 0,75 \text{ нм}^3.$$

Следовательно,

$$\omega = (V_{\text{яч}} - V) / V_{\text{яч}} = ((2r_{\text{к}} + l_{\text{ц}})^3 - V) / (2r_{\text{к}} + l_{\text{ц}})^3$$

$$\omega = (1,4^3 - 0,75) / 1,4^3 \approx 0,73.$$

2. Диаметр поры будет диаметр окружности, вписанной в квадратную грань кубической ячейки с поправкой на толщину цепочек:

$$D_{\text{пор}} = 2r_{\text{к}} + l_{\text{ц}} - 2r_{\text{ц}}$$

$$D_{\text{пор}} = 2 \cdot 0,5 + 0,4 - 2 \cdot 0,25 = 0,9 \text{ нм}.$$

3. Диаметр центральной полости будет наименьшая из трех величин:

- диаметр сферы, вписанный в кубическую структуру, равный длине стороны куба:

$$D_1 = A = 2r_{\text{к}} + l_{\text{ц}}, D_1 = 2 \cdot 0,5 + 0,4 = 1,4 \text{ нм},$$

- расстояние между противоположными цепочками с поправкой на их толщину

$$D_2 = A\sqrt{2} - 2r_{\text{ц}}, D_2 = 1,4 \cdot 1,4 - 2 \cdot 0,25 \approx 1,5 \text{ нм},$$

- расстояние между кластерами металла, лежащими на противоположных концах большой диагонали куба, с поправкой на размер этих кластеров

$$D_3 = A\sqrt{3} - 2r_{\text{к}}, D_3 = 1,4 \cdot 1,7 - 2 \cdot 0,5 \approx 1,4 \text{ нм}.$$

Следовательно, размер центральной полости в MOF-структуре составляет 1,4 нм.



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
5 – 10 классы (заключительный этап)
Биология. Вариант IV

Задача 1. Перекрестное опыление (5 баллов)

1. При перекрестном опылении растения опыляются благодаря внешним факторам. Подберите для каждого растения из списка А такой фактор из списка Б, который больше всего подходит для его опыления **(по 1 баллу за каждую пару)**:

А

1. Красный клевер
2. Ель обыкновенная
3. Роголистник подводный
4. Баобаб африканский

Б

- А. Пальмовый крылан (летучая мышь)
- Б. Шмель
- В. Ветер
- Г. Вода

Конкретному растению может соответствовать только один фактор.

2. Как вы думаете, цветы какого растения из перечисленных не содержат нектара? **(1 балл)**

Задача 2. Гномы и великаны (5 баллов)

В сказках часто упоминается средство, которое может сделать вас очень маленьким или очень большим. В нашем организме тоже вырабатывается такое вещество.

1. Как вы думаете, в какой период физического развития синтез этого вещества в нашем организме максимальный? **(1 балл)**
2. Какой орган отвечает за выработку этого вещества? **(2 балла)**
3. Какой тип ткани образует этот орган? **(1 балл)**
4. Как называется это вещество? **(1 балл)**

Задача 3. Красные кровяные клетки (5 баллов)

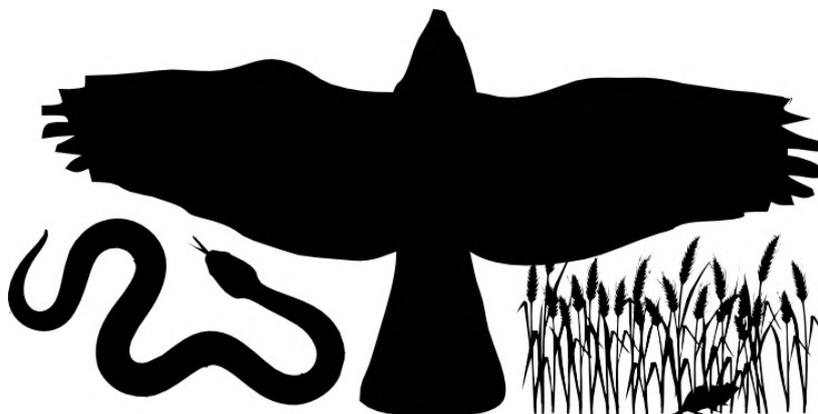
Почемучкин нашел образцы мазков крови различных позвоночных, на которых он под микроскопом разглядел эритроциты.

1. Ниже приведена таблица с описанием эритроцитов в мазках крови животных. Для каждого образца напишите в таблице класс позвоночных, которому принадлежат эритроциты. **(По 1 баллу за каждый правильный ответ)**

Описание формы и размера эритроцитов	Количество клеток в мм ³	Класс позвоночных
А. Овальные, двояковыпуклые, с ядром, длина 21 мкм, ширина 14 мкм	400 тысяч	
Б. Округлые, двояковогнутые, без ядра, диаметр 4 мкм	13 млн	
В. Овальные, двояковыпуклые, с ядром, длина 12 мкм, ширина 8 мкм	100 тысяч	
Г. Овальные, двояковыпуклые, с ядром, длина 11 мкм, ширина 6 мкм	3 млн	

2. Какие еще свойства эритроцитов, отличающиеся для указанных групп животных, вы знаете? **(1 балл)**

Задача 4. Ястребы, мыши и змеи (10 баллов)



На одном изолированном острове обитают популяции змей, мышей и ястребов. Основным источником питания мышей являются злаки. Пусть средний суммарный прирост биомассы ястреба, необходимый для его нормальной жизнедеятельности, составляет 20 кг/год. В 1кг их биомассы содержится 150 кДж энергии.

Для расчетов принимаем, что трансформация энергии в экосистеме осуществляется согласно правилу Линдемана (закон пирамиды): на более высокий уровень энергии передается только 10% от накопленного.

1. Определите массу злаков необходимую для прироста ястреба за год, если в 1 кг злаков содержится 100 кДж энергии. **(6 баллов)**
2. Какова будет масса злаков, необходимая для прироста ястребов в год, если бы ястребы питались не только змеями, но и мышами (рацион ястреба состоит на 90% из мышей и на 10% из змей, правило Линдемана по-прежнему распространяется на экосистему)? **(4 балла)**



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 5 – 10 классы (заключительный этап)
 Биология. Вариант IV. Решения**

Решение задачи 1. Перекрестное опыление (5 баллов)

1. Красный клевер – шмель 1-Б.
 Ель обыкновенная – ветер 2-В.
 Роголистник подводный – вода 3-Г.
 Баобаб африканский – пальмовый крылан 4-А.
2. Цветы роголистника подводного не содержат нектар, так как опыление происходит под водой.

Решение задачи 2. Гномы и великаны (5 баллов)

1. Начиная с рождения до окончания полового созревания.
2. Гипофиз.
3. В основном гипофиз образован эпителиальной тканью, задняя часть гипофиза нервной тканью.
4. Гормон роста или соматропин.

Решение задачи 3. Красные кровяные клетки (5 баллов)

1.

Описание формы и размера эритроцитов	Количество клеток в мм ³	Класс позвоночных
А. Овальные, двояковыпуклые, с ядром, длина 21 мкм, ширина 14 мкм	400 тысяч	Амфибии
Б. Округлые, двояковогнутые, без ядра, диаметр 4 мкм	13 млн	Млекопитающие
В. Овальные, двояковыпуклые, с ядром, длина 12 мкм, ширина 8 мкм	100 тысяч	Рыбы
Г. Овальные, двояковыпуклые, с ядром, длина 11 мкм, ширина 6 мкм	3 млн	Птицы

2. Любой разумный правильный ответ.

Примеры:

Сродство гемоглобина к кислороду меняется у животных в зависимости от интенсивности метаболизма. Так сродство гемоглобина к кислороду выше у рыб, чем у лягушек, у лягушек выше, чем у птиц и млекопитающих. Это позволяет эритроцитам птиц и млекопитающих легче отдавать тканям кислород.

В эритроцитах рыб, лягушек и птиц большую площадь занимает ядро, следовательно, кислорода они переносят меньше, чем эритроциты человека.

Продолжительность жизни эритроцитов разных классов позвоночных отличается, так эритроциты у птиц и лягушек живут несколько лет, а эритроциты млекопитающих в основном несколько месяцев.

В эритроцитах рыб, амфибий и птиц, в отличие от эритроцитов млекопитающих есть митохондрии, и это значит, что они способны производить АТФ не только путем гликолиза, но и через окислительное фосфорилирование.

Подмембранный цитоскелет у ядерных эритроцитов очень плотный, что не позволяет им так же легко менять форму, как это делают эритроциты млекопитающих

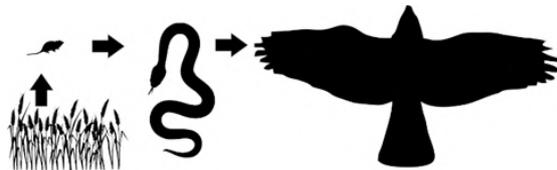
Решение задачи 4. Ястребы, мыши и змеи (10 баллов)

Трансформации энергии протекают в соответствии с правилом Линдемана.

1. Рассмотрим первый случай:

Пищевая цепь выглядит так: **(3 балла)**

Консумент 3-го порядка	ястребы
Консумент 2-го порядка	змеи
Консумент 1-го порядка	мыши
продуценты	злаки



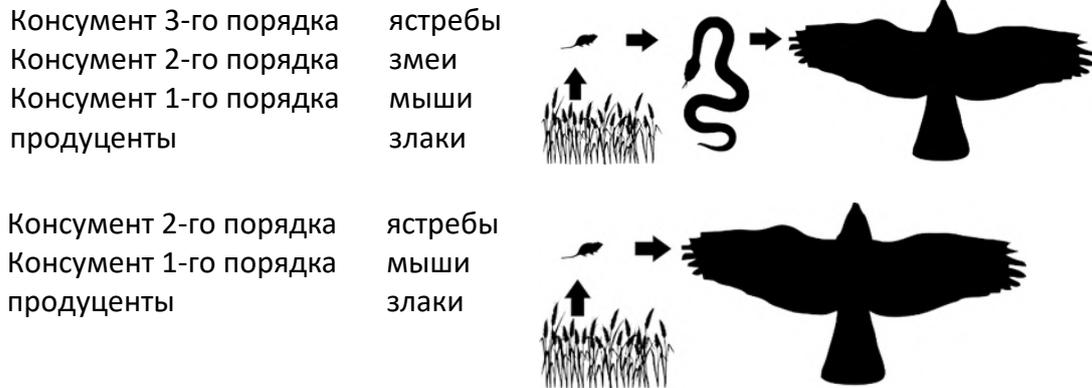
Рассчитаем количество энергии, необходимое для годового прироста биомассы ястреба: $20 \text{ кг/год} \times 150 \text{ кДж} = 3\,000 \text{ кДж}$

У нас цепочка из четырех звеньев. Согласно правила Линдемана, если на 4-ом уровне необходимо: $3\,000 \text{ кДж}$, то на 3-ом энергия будет составлять $3\,000 \text{ кДж} \times 10 = 3 \times 10^4 \text{ кДж}$. Соответственно на 1-ом уровне величина энергии будет составлять $3 \times 10^6 \text{ кДж}$.

Согласно условию задачи в 1кг растений содержится 100 кДж энергии. Значит $3 \times 10^6 \text{ кДж}$ энергии содержится в $(3 \times 10^6 / 100) 3 \times 10^4 \text{ кг}$ или 30 тонн злаков.

Ответ: 30 тонн. **(3 балла)**

2. Рассмотрим второй случай. В данном случае из 20 кг прироста ястреба в год 18 кг (90%) обусловлено мышами, а 2 кг змеями (10 %). То есть мы можем условно разделить пищевую пирамиду на две: **(2 балла)**



Рассчитаем количество энергии, необходимое для годового прироста биомассы ястреба: $20 \text{ кг/год} \times 150 \text{ кДж} = 3\,000 \text{ кДж}$, из них 10% (300 кДж) происходит по 1 пути, а 2700 кДж по второму.

В первой пирамиде у нас цепочка из четырех звеньев. Согласно правила Линдемана, если на 4-ом уровне необходимо: 300 кДж, то на 1-ом уровне величина энергии будет составлять - $3 \times 10^5 \text{ кДж}$. Во второй пирамиде у нас цепочка из трех звеньев. Если на 3-ем уровне необходимо: 2700 кДж, то на 1-ом уровне величина энергии будет составлять – $2,7 \times 10^5 \text{ кДж}$.

Рассчитаем общее количество необходимых злаков. Согласно условию задачи в 1кг растений содержится 100 кДж энергии.

Значит, требуется $(3 \times 10^5 \text{ кДж}/100) + (2,7 \times 10^5 \text{ кДж}/100) = 5,7 \times 10^3 \text{ кг}$ или 5,7 тонны злаков.

Ответ: 5,7 тонны. **(2 балла)**



Конкурс проектных работ «Гениальные мысли» Положение о конкурсе

Главное

Проектная деятельность обучающихся является одним из традиционных элементов современного школьного образования и мотивирует школьников на получение новых знаний, навыков и возможный выбор своей будущей профессии. Конкурс «Гениальные мысли» организуется факультетами Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (МГУ), входящими в Передовую инженерную школу МГУ (факультетами наук о материалах, фундаментальной физико-химической инженерии, биоинженерии и биоинформатики, биотехнологическим факультетом), а также партнерскими факультетами МГУ (химическим и биологическим). В рамках конкурса рассматриваются творческие, исследовательские работы школьников в области нанотехнологий, высоких технологий и материалов будущего, биологии, биотехнологий, биоинженерии, биоинформатики, фармацевтики, выполненные самостоятельно или в составе команды, под руководством учителя, научного консультанта.

При подготовке и подаче работы следует учитывать, что Конкурс является соревнованием отдельных проектов и представляющих их авторов, которым делегированы все полномочия по подаче и защите проекта. Таким образом, в случае проекта, выполненного командой, все соавторы по взаимному согласию должны назначить из своего числа единственного представляющего автора, от действий которого зависит успех работы в Конкурсе, остальные соавторы информационно указываются в тексте работы. После подведения итогов любые ходатайства, изменяющие исходную заявку по Конкурсу, не рассматриваются. В случае возникновения объективных и обоснованных возражений в отношении авторских прав со стороны третьих лиц, соавторов или научного куратора проекта работа снимается с конкурса.

Основным критерием для участия в конкурсе служит оригинальность выполненной работы и ее продуманное изложение самим школьником в виде автореферата – краткого пояснения сути и основных результатов своей собственной работы. При этом работа может быть полностью завершена или находиться на стадии планирования экспериментальной части проекта с четким пониманием концепции, сути и подходов по реализации работы, или же представлять собой оригинальную творческую работу. На Конкурс могут быть представлены работы, которые участвовали в других конкурсах проектных и творческих работ, если они переработаны по форме и содержанию и отвечают критериям, которые установлены настоящим Положением. Полнотекстовые файлы работы, не отвечающие форме, тематике и критериям Конкурса, могут оцениваться жюри Конкурса на минимальный балл.

Заявка на Конкурс подается только через личный профиль представляющего автора на сайте Олимпиады <http://enanos.nanometer.ru> в виде одного файла в формате pdf в соответствии со специальной формой, которая дана в Приложении к настоящему Положению и представлена в виде редактируемого шаблона в формате docx на странице конкурса <https://enanos.nanometer.ru/contest/89>. Заявка включает автореферат проекта и сканы / фотокопии двух согласий на обработку персональных данных. Автореферат является конечной и единственной работой на Конкурс, призванной убедить Жюри в обоснованности, реалистичности, актуальности, новизне, оригинальности материала, предоставляемого школьником в кратком изложении. Согласия на обработку персональных данных оформляются строго по рекомендуемой форме, не оцениваются, но обязательны для участия в Конкурсе.

Победители Конкурса награждаются дипломами и памятными подарками.

Участие в Конкурсе бесплатное на всех стадиях.

Категория участников: школьники 5 – 11 классов.

Этапы участия:

первый этап – отборочный по результатам оценивания жюри представленного участником автореферата школьного проекта,
второй этап – заключительный, конкурсное (дистанционное) выступление на Весенней Проектной Школе-конференции (ВПШ'2024) с отбором победителей и призеров.

Начало отборочного этапа конкурса: 19 января 2024 года.

Завершение отборочного этапа конкурса: 19 февраля 2024 года.

Предварительные даты проведения заключительного этапа конкурса в рамках ВПШ'2024:
12 – 13 марта 2024 года.

Критерии оценки заявки:

1. Название работы, информация о руководителе и соавторах (если имеются) – 2 балла.
2. Краткая аннотация работы – 5 баллов.
3. Краткое и доказательное обоснование, почему работа соответствует области нанотехнологий, высоких технологий и материалов будущего, биологии, биотехнологий, биоинженерии, биоинформатики и / или фармацевтики – 3 балла.
4. Основная идея работы, цели, задачи – 3 балла.
5. Актуальность и новизна работы – 5 баллов.
6. Основные результаты – 30 баллов.
7. Перспективы практического использования – 5 баллов.
8. Выводы, заключение – 5 баллов.
9. Список цитированных источников – 2 балла.
10. Список достижений участника – 5 баллов.
11. Копия согласия на обработку персональных данных – не оценивается.
12. Копия согласия на обработку персональных данных, разрешенных для распространения – не оценивается.

Всего – 65 баллов

Положение

о конкурсе проектных работ школьников «Гениальные мысли» в рамках
XVIII Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего»

I. О конкурсе

Конкурс авторефератов проектных и творческих работ школьников «Гениальные мысли» (далее – Конкурс) организован в рамках XVIII Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего» (далее – Олимпиада) Передовой Инженерной Школой Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (далее – МГУ).

Для участия в творческом конкурсе проектных работ «Гениальные мысли» необходимо изложить в соответствии с предложенным шаблоном заявки (Приложение 1) краткое содержание уже подготовленного (прошедшего апробацию, опубликованного) или готовящегося **школьного проекта научно-исследовательского характера**, имеющего отношение к высоким технологиям и материалам будущего, биологии, биотехнологий, биоинженерии, биоинформатики и / или фармацевтики или свою **творческую работу** по указанной тематике, а также предоставить согласия на обработку персональных данных.

При подготовке работы необходимо обратить особое внимание на краткое и продуманное изложение основных теоретических идей проекта и полученных лично участником результатов (если они уже есть) в рамках естественнонаучных школьных предметов по любым практическим темам, имеющим отношение к высоким технологиям и материалам, биологии, биотехнологиям, биоинженерии, биоинформатике и / или фармацевтике. На конкурс принимаются только краткие авторефераты проектов, подготовленные их авторами самостоятельно по форме, содержащейся в Приложении 1, что дает возможность участникам лаконично и емко излагать и объяснять доступным языком свои исследовательские результаты или творческие идеи. По результатам отборочного этапа авторы лучших работ или идей будут приглашены на заключительный этап – Весеннюю Проектную Школу-конференцию (далее – ВПШ'2024), организованную в дистанционном формате. Победители и призеры заключительного этапа и дипломанты в специальных номинациях (далее – Победители Конкурса) будут награждены дипломами и памятными подарками.

II. Цели и задачи Конкурса

Основная *цель* Конкурса – научить школьников лаконично, структурировано и доступно излагать основные результаты своей научно-исследовательской (проектной) или творческой деятельности в рамках существующих научных концепций по любым практическим темам, имеющим отношение к высоким технологиям и материалам, биологии, биотехнологиям, биоинженерии, биоинформатике и / или фармацевтике..

Задачи конкурса:

1. Привлечение школьников к осуществлению проектной деятельности с элементами научного исследования.
2. Развитие творческого и научного потенциала учащихся.
3. Отбор претендентов на участие в заключительном этапе Олимпиады для выявления победителей в конкурсе «Гениальные мысли» в рамках выступления и обсуждения результатов работы с членами научного Жюри на Весенней Проектной Школе-конференции, проводимой в дистанционной форме.

III. Организаторы конкурса

Организатором Конкурса является Передовая Инженерная Школа Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (МГУ). На стадии отбора участников конкурса МГУ выступает в качестве площадки для проведения Конкурса с широким привлечением участников из всех субъектов Российской Федерации при участии независимых экспертов. На заключительной стадии Конкурса проводится Весенняя Проектная Школа-конференция (ВПШ'2024) в дистанционном формате. Организаторы Конкурса приглашают к участию Партнеров Конкурса, которые должны способствовать его более эффективному проведению. Партнерам Конкурса предоставляются права и возможности, которые заранее оговорены с ними Организаторами Конкурса. По согласованию с Партнерами Организаторы Конкурса могут объявлять специальные номинации, выбор проектов по которым производится отдельно в рамках номинации. Участник при этом может быть признан победителем только по одной поданной им заявке.

IV. Участники Конкурса

В качестве участников конкурса могут выступать школьники 5 – 11 классов, предоставившие заявку (Приложение 1) на участие в конкурсе. Если работа является коллективной, то все авторы проекта добровольно делегируют все свои права **единственному автору по их выбору**, который считается единственным участником Конкурса от проекта. **Одна и та же заявка не может быть подана разными авторами (коллективом автором)**. В то же время, каждый участник может подать несколько различных проектов.

V. Права и обязанности участников Конкурса

Каждый участник Конкурса на всех стадиях Конкурса обязан предоставлять только достоверную информацию. Предоставляемые участником материалы должны соответствовать условиям текущего Конкурса. Подготовка заявки (Приложение 1) проводится участником **лично** и на всех стадиях конкурса заявляемые материалы не должны нарушать права третьих лиц (то есть не являться интеллектуальной собственностью третьих лиц, в том числе научного руководителя, учителя, полным воспроизведением другого проекта, в том числе ранее представлявшегося на Конкурсе, использованием результатов своих соавторов без их добровольного разрешения и пр.). Заявка должна быть загружена строго участником Конкурса из персонального кабинета на сайте Олимпиады. В случае обнаружения несовпадений между именами автора загруженной заявки и владельца личного кабинета участник будет дисквалифицирован. Если участник не является школьником, работа не будет рассматриваться и оцениваться Жюри. На всех стадиях участник Конкурса обязан уважительно относиться к другим участникам конкурса, членам Жюри, не проявлять неприязни по национальному признаку, вероисповеданию, проявлять такт и приверженность общепринятым моральным, этическим и научным принципам.

VI. Жюри Конкурса

Жюри формируется ежегодно Организаторами Конкурса и должно включать специалистов, ученых, методистов, представителей Организаторов конкурса или вносимых по их представлению лиц. Функция независимого жюри на отборочном этапе Конкурса заключается в объективном отборе проектов и их авторов для дальнейшего участия в заключительном этапе Конкурса. Жюри отбирает призеров и победителей на заключительном этапе Конкурса в результате заслушивания их устного (дистанционного)

выступления по теме, предложенной при заполнении заявки на конкурс по Приложению 1, на ВПШ'2024.

VII. Права и обязанности организаторов Конкурса

Организаторы Конкурса обязаны соблюдать конфиденциальность персональных данных участников и предоставленных ими работ. Организаторы Конкурса не приобретают эксклюзивных прав на материалы заявки. Публикация материалов заявки возможна с согласия Участника Конкурса. Оргкомитет Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего» способствует методической и технической реализации конкурса, готовит памятные дипломы Конкурса.

VIII. Работы Конкурса

На конкурс принимаются только работы, подготовленные в соответствии с формой заявки по Приложению 1. Заявка включает автореферат и согласия на обработку персональных данных. Автореферат школьного проекта должен позволить оценить смысл работы и ее близость к области высоких технологий и материалов будущего, оригинальность и качество подготовки автореферата. Лучшие участники заочного отборочного этапа смогут принять участие в заключительном этапе на ВПШ'2024 и бороться за памятные подарки Организаторов. Загрузка заявок авторефератов работ в формате *.pdf происходит через личный кабинет участника на сайте Конкурса (<http://enanos.nanometer.ru>). Объем смысловой части работы – не более 10 страниц в установленном в Приложении 1 формате. Предоставление согласия на обработку персональных данных и согласия на обработку персональных данных, разрешенных для распространения, является обязательным условием участия в Конкурсе.

IX. Критерии оценки

Критерии оценки с пояснениями, которые будут использоваться Жюри Конкурса для выявления Победителей Конкурса, приведены в Приложении 1 в каждом пункте формы заявки.

X. Регламент проведения и порядок участия

Объявление о проведении Конкурса размещается в день начала Конкурса на сайте Конкурса. Для участия в конкурсе участнику необходимо пройти электронную регистрацию на сайте Конкурса – <http://enanos.nanometer.ru> – в сроки 19 января – 19 февраля 2024 года (23:59 по московскому времени), последний день регистрации является датой окончания отборочного этапа конкурса. Объявление победителей отборочного этапа Конкурса производится не позднее, чем через две недели с момента окончания приема заявок путем проведения экспертизы и сопоставления результатов. Участник может стать победителем по одному из поданных им проектов. Победители отборочного этапа Конкурса официально объявляются на сайте Конкурса и сайтах-партнерах и приглашаются на заключительный этап Конкурса для обсуждения проектов в рамках ВПШ'2024 в дистанционном формате и определения победителей Конкурса. Победители Конкурса награждаются дипломами и памятными подарками. Участие в Конкурсе бесплатное для всех участников.

XI. Порядок выбора победителей Конкурса

Выбор победителей отборочного этапа Конкурса проводится на основании рейтингования ответов участника Конкурса при дистанционном заполнении им формы из Приложения 1, то есть в соответствии с баллами, полученными при анализе членами независимого жюри окончательной формы заявки, загруженной на сайт Конкурса (при голосовании простым большинством голосов).

Выбор победителей и призеров заключительного этапа Конкурса проводится на основании рейтингования их докладов по материалам проектов, представленных на ВПШ'2024 в дистанционном формате, с учетом баллов, набранных участником на отборочном этапе: общая оценка работы представляет собой сумму 20% баллов, полученных на отборочном заочном этапе, и 80% баллов, набранных на заключительном этапе.

XII. Права и обязанности победителей конкурса

Победитель Конкурса имеет право:

1. Разрешить Организаторам конкурса публикацию материалов заявки в электронных и бумажных СМИ, включая научно-популярные журналы, сайт Конкурса, научно-популярные сайты – партнеры, сайты Организаторов, с сохранением авторства материалов.
2. Быть награжденным памятными подарками и дипломами в случае победы в Конкурсе.
3. Упомянуть авторство разработки проекта в СМИ в связи с победой в Конкурсе, использовать полученные материалы в своей дальнейшей работе.
4. В случае, если Конкурс будет включен в перечень мероприятий, по результатам которых возможно получение дополнительных баллов при поступлении в ВУЗ, организаторы Конкурса по требованию участника подготовят документы, необходимые для реализации такой возможности, в случае если они официально будут затребованы дополнительно к диплому призера или победителя Конкурса.

Победитель Конкурса в своей деятельности в рамках Конкурса обязан следовать настоящему Положению.

XIII. Распределение интеллектуальной собственности

Подача заявки на Конкурс не должна нарушать права третьих лиц. Организаторы конкурса не получают эксклюзивных прав на материалы заявки, авторские права сохраняются за разработчиком проекта. Участник, проект которого в существенной степени использует материалы работ третьих лиц без согласования с ними, снимается с конкурса на любой его стадии.

XIV. Заключительные замечания

Сайт Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего» (предыдущее название: Всероссийская Интернет-олимпиада «Нанотехнологии – прорыв в будущее!») (сайт Конкурса) – <http://enanos.nanometer.ru>.

Сайт Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова – <http://msu.ru>.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Форма заявки для подачи работы на конкурс «Гениальные мысли»

Заявка включает автореферат школьного проекта (творческой) работы и согласия на обработку персональных данных, заполненные по форме. Максимальный балл за автореферат – 65; согласия на обработку персональных данных не оцениваются, но являются обязательными для участия в конкурсе).

Жюри оценивает новизну, смысл работы и ее близость к области нанотехнологий, высоких технологий и материалов, биологии, биотехнологиям, биоинженерии, биоинформатике и / или фармацевтике, оригинальность и качество подготовки автореферата.

Просьба не превышать общий размер работы – не более 10 страниц (формы согласия не входят в это количество страниц). При подготовке автореферата просьба использовать шаблон *.docx, размещенный на странице конкурса <https://enanos.nanometer.ru/contest/89>. Итоговый файл для загрузки на сайт необходимо сохранить в формате *.pdf и переименовать файл с указанием ФИО, пример: IvanovPS.pdf.

Ниже указаны основные разделы автореферата с пояснениями и максимальными баллами за каждый раздел. Требуется внимательно, вдумчиво и лаконично (без потери и упрощения смысла) заполнить все разделы, сохранив их нумерацию. В работу допускается вставлять разумное количество важнейших иллюстраций и таблиц. Не следует вместо автореферата подавать на конкурс саму проектную работу, это автоматически приведет к снижению количества баллов за работу, как нарушающую формат работ, рассматриваемых на конкурсе.

Подавая работу на конкурс, участник тем самым гарантирует, что он самостоятельно подготовил настоящий автореферат и получил согласие соавторов на участие в конкурсе, а также подтверждает отсутствие несогласованных заимствований работ третьих лиц.

1. Название работы, информация о руководителе и соавторах (если имеются). (2 балла)

Укажите название работы, а также сведения о научном руководителе работы (ФИО полностью, должность, место работы), полный выверенный список соавторов (если имеются, ФИО полностью, название школы, класс, населенный пункт), которые добровольно делегировали Вам право подать работу на конкурс как представляющему автору. Название должно иметь отношение к области высоких технологий и материалов будущего.

2. Краткая аннотация работы. (5 баллов)

Опишите кратко суть работы в формате тезисов. Объем – не более 250 слов. Обязательно наличие одного изображения – графического абстракта (аннотации) работы. Аннотации и графические иллюстрации работ участников заключительного этапа Конкурса будут размещены в сборнике с материалами к Весенней Проектной Школе-конференции (ВПШ'2024).

3. **Соответствие области нанотехнологий, высоких технологий и материалов будущего, биологии, биотехнологий, биоинженерии, биоинформатики и / или фармацевтики, включая обоснование этого автором. (3 балла)**

Объясните кратко, почему эта работа относится именно к области высоких технологий и материалов, биологии, биотехнологий, биоинженерии, биоинформатики и / или фармацевтики. В своих объяснениях не обязательно следовать общепринятому мнению, однако в этом случае следует доказать правоту своей точки зрения и убедить в этом Жюри.

4. **Основная идея работы, цели, задачи. (3 балла)**

Сформулируйте кратко, какова основная идея работы, что должно быть достигнуто в работе – цель работы, за счет выполнения каких задач последовательно будет достигаться основная цель.

5. **Актуальность и новизна работы. (5 баллов)**

Сформулируйте кратко, почему работа интересна другим людям, обществу, науке, в чем состоит актуальность работы в целом, а также, что нового предлагается в работе по сравнению с тем, что, возможно, делали другие.

6. **Основные результаты. (30 баллов)**

Основная часть работы в произвольной форме, со ссылками и иллюстрациями, до 3-7 страниц. Основная часть должна быть самодостаточной и описывать как эксперимент, так и основные результаты (или же творческий полет мысли). В результате прочтения основной части Жюри должно убедиться, что все ранее приведенные задачи работы выполнены, и цель всей работы достигнута.

7. **Перспективы практического использования. (5 баллов)**

Опишите подробно, как на практике результат вашего проекта может быть превращен в конечный продукт. В чем будет преимущество данного продукта по сравнению с уже известными аналогами? Если в рамках проекта уже были предприняты шаги по созданию такого продукта, коммерциализации результатов и/или технопредпринимательству, опишите эти шаги и сформулируйте выводы о перспективах реализации своей идеи. Какое будущее может быть у вашего проекта? Что нужно сделать, чтобы проект мог быть реализован? Кем видите себя в таком проекте?

8. **Выводы, заключение. (5 баллов)**

Данный раздел не должен дублировать задачи, но выводы должны конкретно продемонстрировать выполнение задач работы, а также кратко изложить основные достижения работы и все то новое и оригинальное, что удалось установить автору в ходе выполнения работы.

9. **Список цитированных источников. (2 балла)**

Список должен быть аккуратен и позволить Жюри судить, что автор работы знает не только свою, но и чужие работы по выбранной тематике.

10. **Список достижений участника. (5 баллов)**

Представленный участником список достижений на других конкурсах (желательно привести подтверждающие гиперссылки), публикаций.

11. Согласие 1 на обработку персональных данных (не оценивается, но является обязательным для участия в конкурсе)

Если участник Конкурса несовершеннолетнее лицо, согласие должно быть предоставлено родителем (законным представителем). Образцы согласий приведены ниже. Необходимо выбрать форму согласия, в соответствии с возрастом участника на момент подачи заявки, распечатать, подписать и прикрепить к файлу заявки в виде фотокопии/скана документа.

Форма согласия 1 для несовершеннолетних школьников – младше 18 лет (заполняется родителями / законными представителями):

Согласие участника Конкурса «Гениальные мысли» на обработку персональных данных
(для родителей и иных законных представителей несовершеннолетних лиц)

Я, _____
(ФАМИЛИЯ ИМЯ ОТЧЕСТВО)

зарегистрированный(ая) по адресу _____

паспорт серия _____ номер _____, выданный _____
(ДД.ММ.ГГГГ)

_____ (КЕМ ВЫДАН)

являясь родителем (законным представителем) несовершеннолетнего лица

_____ (ФАМИЛИИ ИМЕНИ ОТЧЕСТВО)

_____ (реквизиты документа, удостоверяющего личность (паспорт/свидетельство о рождении),

_____ адрес места жительства несовершеннолетнего лица)

осознавая значение и последствия своих действий, действуя свободно и в интересах указанного несовершеннолетнего лица, в целях обеспечения участия указанного несовершеннолетнего лица в Конкурсе «Гениальные мысли» (далее – Конкурс), даю согласие организатору Конкурса ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (юридический адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1) на обработку его (её) персональных данных в следующем объёме: фамилия, имя, отчество, дата рождения, пол, гражданство, номер домашнего и/или мобильного телефона, адрес электронной почты, биометрические персональные данные (фотографическое изображение); наименование и адрес образовательной организации и класс обучения в ней, вид, серия и номер документа, удостоверяющего личность гражданина Российской Федерации, дата его выдачи и наименование органа, выдавшего указанный документ/вид и реквизиты документа, подтверждающего право иностранного гражданина или лица без гражданства на пребывание в Российской Федерации либо реквизиты документа, удостоверяющего личность иностранного гражданина, проживающего на территории иностранного государства; страховой номер индивидуального лицевого счёта (СНИЛС), в связи с чем разрешаю сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (изменение и обновление), использование, передачу, обезличивание, блокирование, удаление, уничтожение указанных выше персональных данных, как с использованием, так и без использования средств автоматизации, в течение двух лет с момента подписания данного согласия. Мое согласие может быть отозвано в любое время на основании личного заявления в письменной форме, поданного в адрес организатора Конкурса.

_____ (ДД.ММ.ГГГГ)

_____ (ПОДПИСЬ)

Форма согласия 1 для совершеннолетних школьников – полные 18 лет и старше:

**Согласие участника Конкурса «Гениальные мысли» на обработку
персональных данных
(для совершеннолетних лиц)**

Я, _____
(ФАМИЛИЯ ИМЯ ОТЧЕСТВО)

зарегистрированный(ая) по адресу _____

паспорт серия _____ номер _____, выданный _____
(ДД.ММ.ГГГГ)

_____ (КЕМ ВЫДАН)

являясь совершеннолетним лицом, осознавая значение и последствия своих действий, действуя свободно и в своих интересах, в целях обеспечения моего участия в Конкурсе «Гениальные мысли» (далее – Конкурс), даю согласие организатору Конкурса ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (юридический адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1) на обработку своих персональных данных в следующем объеме: фамилия, имя, отчество, дата рождения, пол, гражданство, номер домашнего и/или мобильного телефона, адрес электронной почты, биометрические персональные данные (фотографическое изображение); наименование и адрес образовательной организации и класс обучения в ней, вид, серия и номер документа, удостоверяющего личность гражданина Российской Федерации, дата его выдачи и наименование органа, выдавшего указанный документ/вид и реквизиты документа, подтверждающего право иностранного гражданина или лица без гражданства на пребывание в Российской Федерации либо реквизиты документа, удостоверяющего личность иностранного гражданина, проживающего на территории иностранного государства; страховой номер индивидуального лицевого счёта (СНИЛС), в связи с чем разрешаю сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (изменение и обновление), использование, передачу, обезличивание, блокирование, удаление, уничтожение указанных выше персональных данных, как с использованием, так и без использования средств автоматизации, в течение двух лет с момента подписания данного согласия. Мое согласие может быть отозвано в любое время на основании личного заявления в письменной форме, поданного в адрес организатора Конкурса.

(ДД.ММ.ГГГГ)

(подпись)

**12. Согласие 2 на обработку персональных данных, разрешенных для распространения
(не оценивается, но является обязательным для участия в конкурсе)**

Если участник Конкурса несовершеннолетнее лицо, согласие должно быть предоставлено родителем (законным представителем). Образцы согласий приведены ниже. Необходимо выбрать форму согласия, в соответствии с возрастом участника на момент подачи заявки, распечатать, подписать и прикрепить к файлу заявки в виде фотокопии/скана документа.

Форма согласия 2 для несовершеннолетних школьников – младше 18 лет (заполняется родителями / законными представителями):

**Согласие участника Конкурса «Гениальные мысли» на обработку персональных данных, разрешенных им для распространения
(для родителей и иных законных представителей несовершеннолетних лиц)**

Я, _____,
(ФАМИЛИЯ ИМЯ ОТЧЕСТВО)

зарегистрированный(ая) по адресу _____

паспорт серия _____ номер _____, выданный _____
(ДД.ММ.ГГГГ)

_____ (КЕМ ВЫДАН)

являясь родителем (законным представителем) несовершеннолетнего лица

_____ (ФАМИЛИИ ИМЕНИ ОТЧЕСТВО)

_____ (реквизиты документа, удостоверяющего личность (паспорт/свидетельство о рождении),

_____ адрес места жительства несовершеннолетнего лица)

осознавая значение и последствия своих действий, действуя свободно и в интересах указанного несовершеннолетнего лица, в целях обеспечения участия указанного несовершеннолетнего лица в Конкурсе «Гениальные мысли» (далее – Конкурс), даю согласие организатору Конкурса ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (юридический адрес:119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1) на обработку его (её) персональных данных в следующем объёме: фамилия, имя, отчество, класс обучения в образовательной организации, и разрешаю распространение указанных выше персональных данных, в том числе публикацию его (её) персональных данных, а также его (её) работы на Конкурсе, а также аудиовизуальных материалов, если они являются частью его (её) работы и / или выступления на конкурсе, в открытом доступе в информационно-телекоммуникационной сети Интернет в течение пяти лет с момента подписания данного согласия. Условия, при которых полученные персональные данные могут передаваться организатором Конкурса только по его внутренней сети, обеспечивающей доступ к информации лишь строго определенных сотрудников, либо с использованием информационно-телекоммуникационных сетей, либо без передачи полученных персональных данных, не устанавливаю. Мое согласие может быть отозвано на основании личного заявления в письменной форме в адрес организатора Конкурса.

_____ (ДД.ММ.ГГГГ)

_____ (ПОДПИСЬ)

Форма согласия 2 для совершеннолетних школьников – полные 18 лет и старше:

**Согласие участника Конкурса «Гениальные мысли» на обработку персональных данных, разрешенных им для распространения
(для совершеннолетних лиц)**

Я, _____,
(ФАМИЛИЯ ИМЯ ОТЧЕСТВО)

зарегистрированный(ая) по адресу _____

паспорт серия _____ номер _____, выданный _____
(ДД.ММ.ГГГГ)

(КЕМ ВЫДАН)

являясь совершеннолетним лицом, осознавая значение и последствия своих действий, действуя свободно и в своих интересах, в целях обеспечения моего участия в Конкурсе «Гениальные мысли» (далее – Конкурс), даю согласие организатору Конкурса ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (юридический адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1) на обработку его (её) персональных данных в следующем объёме: фамилия, имя, отчество, класс обучения в образовательной организации, и разрешаю распространение указанных выше персональных данных, моей работы на Конкурсе, а также аудиовизуальных материалов, если они являются частью работы и / или выступления на конкурсе, в открытом доступе в информационно-телекоммуникационной сети Интернет в течение пяти лет с момента подписания данного согласия. Условия, при которых полученные персональные данные могут передаваться организатором Конкурса только по его внутренней сети, обеспечивающей доступ к информации лишь строго определенных сотрудников, либо с использованием информационно-телекоммуникационных сетей, либо без передачи полученных персональных данных, не устанавливаю. Мое согласие может быть отозвано на основании личного заявления в письменной форме в адрес организатора Конкурса.

(ДД.ММ.ГГГГ)

(ПОДПИСЬ)



Универсиада «Ломоносов» по химии, физике и механике материалов (конкурс для студентов)

Универсиада является уникальным конкурсом, проводимом в комплексном формате, для студентов, обучающихся или закончивших обучение по образовательным программам бакалавриата, специалитета. Конкурс рассчитан на поддержку талантливой молодежи, мотивацию дальнейшего развития научно-исследовательской карьеры, пропаганду научных знаний, активное вовлечение участников в обмен мнениями и равноправное соревнование со своими сверстниками и коллегами на международном уровне, а также предоставляет **возможность поступления победителям и призерам Универсиады в магистратуру факультета наук о материалах Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (ФНМ МГУ) без экзаменов.**

Универсиада по направлению подготовки **04.04.02 "Химия, физика и механика материалов"** проводится в два этапа:

1. Первый этап – **отборочный**, проводится заочно в форме исследовательского проекта (научно-исследовательской работы).
2. Второй этап – **заключительный**, проводится в очной форме в виде письменной работы в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова.

В рамках отборочного этапа участники представляют на конкурс **заявку по форме**. Заявка должна содержать три файла:

- 1) краткое изложение своих научных достижений, реальной научно-исследовательской работы или цикла работ (*автореферат работы*),
- 2) скан / фотокопию *согласия участника на обработку персональных данных*,
- 3) скан / фотокопию *согласия участника на обработку персональных данных, разрешенных для распространения* (образцы согласий приведены в форме заявки).

Победители и призеры отборочного этапа будут приглашены на заключительный этап.

[Положение об Универсиаде "Ломоносов"](#)

[Положение об апелляциях на результаты Универсиады "Ломоносов"](#)

[Регламент проведения Универсиады "Ломоносов" по химии, физике и механике материалов в 2023/2024 учебном году](#)

[Информационная страница Универсиады по направлению подготовки 04.04.02 "Химия, физика и механика материалов" на портале Ломоносов](#)



Универсиада «Ломоносов» по химии, физике и механике материалов Форма заявки

Заявка на конкурс включает:

- автореферат научной работы (стр. 2),
- скан / фотокопию согласия участника на обработку персональных данных (стр. 3),
- скан / фотокопию согласия участника на обработку персональных данных, разрешенных для распространения (стр. 4).

Заявка предоставляется в виде трех отдельных файлов в формате pdf.

Размер каждого файла – не более 10 Мб.

Образцы согласий необходимо распечатать, заполнить, подписать и загрузить в виде фотокопий или сканов документов.

Файлы заявки необходимо загрузить на сайт площадки проведения Универсиады enanos.nanometer.ru в раздел конкурса «Универсиада «Ломоносов» по химии, физике и механике материалов» <https://enanos.nanometer.ru/contest/88>, предварительно создав личный профиль на сайте enanos.nanometer.ru или отредактировав (обновив) существующий.

Технические требования к оформлению автореферата:

- Работа оформляется на листах формата А4. Отступы – по 2 см с каждой стороны листа. Выравнивание по ширине, одна колонка. Межстрочный интервал – одинарный.
- Рекомендуемый шрифт – Times New Roman (допускается Arial, Calibri). Размер – 12 pt.
- Разрешается использование иллюстраций в разрешении 150 – 200 dpi. Формат рисунка – сжатый JPG (несжатые форматы могут существенно увеличить размер итогового файла). Размещение иллюстраций – сразу после упоминания в тексте. Режим обтекания – в тексте. Подпись рисунка – под иллюстрацией. Нумерация рисунков последовательная, арабскими цифрами.
- Таблицы, если они необходимы, размещаются также сразу после упоминания в тексте. Подпись таблицы – над таблицей. Нумерация таблиц последовательная, арабскими цифрами.
- Ссылки на литературу в тексте автореферата указываются в квадратных скобках [] в виде порядковых номеров сквозной нумерации, при этом используются арабские цифры. Цитируемая литература приводится в виде пронумерованного списка в формате «Авторы, Название статьи, Журнал, Год, том / номер, диапазон страниц». Ссылки в виде гиперссылок допускаются.
- Общий объем автореферата – 10 – 15 страниц (включая иллюстрации, таблицы, ссылки).

Автореферат работы

Участники должны представить краткое изложение своих научных достижений, реальной научно-исследовательской работы или цикла работ. Данная часть является важнейшей для заочной части конкурса по поступлению в бюджетную **магистратуру МГУ** в заранее заинтересовавшие участников научные группы факультета наук о материалах (ФНМ МГУ) для проведения научной работы и карьерного роста (для выпускников бакалавриата и специалитета – в соответствии с регламентирующими документами об Универсиаде «Ломоносов» по направлению подготовки 04.04.02 «Химия, физика и механика материалов» <https://lomonosov-msu.ru/rus/event/8541/>).

Структура изложения материала:

1. Название научной работы или цикла работ – **2 балла**
2. Автор(ы) (можно информационно указать соавторов и научного руководителя) – **не оценивается**
3. Научная организация, лаборатория, группа (место работы, место выполнения работы) – **не оценивается**
4. Абстракт (тезисы, 300 – 500 слов) – **10 баллов**
5. Ключевые слова (5 – 10 слов) – **1 балл**
6. Введение (1 – 2 страницы, должно содержать краткое обоснование новизны, актуальности темы, практической значимости исследования, формулировку цели и задач) – **15 баллов**
7. Экспериментальная часть / объекты, методы / подходы, используемые в работе(ах) автора (1 – 3 страницы) – **15 баллов**
8. Результаты и их обсуждение / основная часть с подразделами, которые описывают научные достижения автора, желательно в сравнении с конкурентами / другими авторами (5 – 10 страниц) – **40 баллов**
9. Выводы / заключение (1 страница) – **10 баллов**
10. Благодарность людям, фондам, программам, в которых автор принимал участие – **не оценивается**
11. Список источников, включая цитируемую литературу, а также статьи, патенты автора, ссылки на сайты автора, лаборатории и прочее – **2 балла**
12. Об авторе (краткое жизнеописание, достижения в научной области, спорте, общественной деятельности, награды, премии, личный вклад в работу, сильные стороны автора) – **5 баллов**

Всего – 100 баллов

ENANOS.NANOMETER.RU

XVIII ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ "ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО"

Организатор



Партнеры

