NANO XVII

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО

СБОРНИК ЗАДАНИЙ С РЕШЕНИЯМИ

2022-2023

Сборник заданий

XVII Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего»

(с решениями)

Сборник заданий XVII Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего»* посвящен конкурсам отборочного и заключительного этапов Олимпиады 2022/23 учебного года и объединяет условия задач (с решениями) по комплексу предметов «химия, физика, математика, биология», 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, привлекавшихся 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
Григорьева Анастасия Вадимовна
Дроздов Андрей Анатольевич
Еремин Вадим Владимирович
Жигунов Денис Михайлович
Калинин Иван Александрович
Коробов Михаил Валерьевич
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!»

Организаторы Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего» – **Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова (МГУ)** и **Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН)**.

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

Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН) является одним из старейших в стране химических институтов. Сегодня ИОНХ РАН – лидер в области неорганической химии, химии твердого тела и материаловедения, в том числе в создании новых веществ и материалов для современных биомедицинских приложений, рационального природопользования, энергетики и транспорта. В Институте успешно функционирует более 20 профильных лабораторий, оснащенных современным оборудованием, сложился ряд ведущих научных школ.

Одним из традиционных направлений деятельности ИОНХ РАН является работа с молодыми исследователями, аспирантами, студентами, школьниками. В Институте создан научно-образовательный центр по общей и неорганической химии, который включает в себя аспирантуру Института, межвузовские базовые кафедры, учебно-научные отделы ведущих научных и образовательных учреждений России.

Сайт: igic.ras.ru

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

благотворительный фонд "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

Весенняя Проектная Школа-конференция (ВПШ'2023) и конкурс проектных работ школьников «Гениальные мысли» проводятся при поддержке **Фонда инфраструктурных и образовательных программ (ФИОП)**.

Фонд инфраструктурных
и образовательных
программ

Фонд инфраструктурных и образовательных программ – один из федеральных институтов развития. Фонд первым в России начал работать в deeptech секторе по венчуростроительной модели и создал с нуля 900 стартапов. Фонд придерживается экосистемного подхода при выходе в новые технологии и рынки. Он одновременно создает новые компании, проектирует опережающую сертификацию, нормативно-техническую поддержку, образовательные программы и популяризационные инструменты. С 2022 года Фонд входит в число операторов двух федеральных проектов. В первом проекте «Платформа университетского технологического предпринимательства», нацеленном на стимулирование технологического предпринимательства в университетской среде, Фонд развернул сеть из университетских стартап-студий. Во втором федеральном проекте «Взлет – от стартапа до IPO» Фонд обеспечивает возвратными инструментами инвестиции для технологических компаний на ранних стадиях.

Сайт: fiop.site

Содержание

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 1. Металлические наночастицы

В результате термического разложения навески кристаллов соединения ***A*** количеством ν(***A***) = 19,63 ммоль образовались наночастицы металла ***X*** массой 1,00 г и выделился бесцветный газ ***Y*** объёмом V = 2,64 л (н.у.). Плотность газа по водороду равна 14, он горит на воздухе с образованием единственного продукта.

1. Определите неизвестные вещества ***A***, ***X*** и ***Y***. Ответ подтвердите расчётами. **(3 балла)**

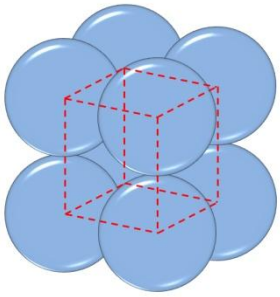
2. Напишите уравнение реакции разложения ***A***. **(1 балл)**

3. Какова степень окисления металла ***X*** в соединении ***A***? **(1 балл)**

4. В результате синтеза образовалось $N = 3{,}13 \cdot 10^{17}$ наночастиц металла ***X***, плотность которого равна ρ = 6,11 г/см^3. Считая металлические наночастицы шарообразными и одинаковыми, вычислите их радиус. **(3 балла)**

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 2. Шаровая упаковка



Для описания структуры кристаллов используют модель, согласно которой ионы можно представить в виде упорядоченных жёстких шаров. Например, примитивная кубическая решётка представляет собой каркас из шариков, расположенных в вершинах куба.

Катионы каких из перечисленных элементов могут разместиться в свободном пространстве между анионами кислорода радиусом R = 0,140 нм, расположенными в вершинах куба: Li^+ (R = 0,074 нм), Na^+ (R = 0,102 нм), K^+ (R = 0,138 нм), Ca^{2+} (R = 0,100 нм), Sr^{2+} (R = 0,126 нм)? Ответ подтвердите расчетом.

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 3. Красное и черное

4,0 г простого вещества ***А*** растворили в 10%-й азотной кислоте, при этом выделилось 1,513 л (н.у.) бесцветного газа ***Б***, быстро окисляющегося на воздухе, и образовался бесцветный раствор вещества ***В***. Мольное соотношение исходного вещества и газообразного продукта при этом составляет

$$\frac{n(\text{А})}{n(\text{Б})} = \frac{3}{4}.$$

Газ ***Б*** окисляется подкисленным раствором перманганата калия, причем окисление протекает до высшей степени окисления азота.

Через полученный раствор вещества ***В*** на холоде пропустили избыток сернистого газа. При этом выделился темно-красный осадок вещества ***А***, масса которого после сушки составила 3,97 г.

Дополнительные опыты с веществом ***А*** показали, что при нагревании он превращается в продукт ***Г*** темного цвета, с блестящей поверхностью, растворимый в сероуглероде.

1. Определите вещества ***А***, ***Б*** и ***В***, считая, что выход первого и второго превращения составляет 100%. Рассчитайте выход последней реакции. **(4 балла)**

2. Напишите уравнения описанных реакций. **(3 балла)**

3. Каковы физические свойства вещества ***А***? Опишите электрические свойства ***А*** и ***Г***. Какое из них нашло применение в электротехнике? **(1 балл)**

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 4. Соединения серебра

Бинарные соединения **А** и **Б** содержат по 87,1 масс.% серебра. Оба вещества представляют собой чёрные кристаллы, практически нерастворимые в воде. В концентрированной азотной кислоте растворяются оба соединения с выделением бурого газа **В** с плотностью по водороду 23 (в случае вещества **А**) и бесцветного газа **Г** с плотностью по водороду 16 (в случае вещества **Б**).

1. Определите неизвестные вещества **А** – **Г**. Ответ подтвердите расчётом. **(4 балла)**
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия соединений **А** и **Б** с концентрированной азотной кислотой. **(3 балла)**
3. Определите степень окисления серебра в соединениях **А** и **Б**. **(1 балл)**

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 5. Связь с золотом

Органическое соединение ***A*** при обычных условиях представляет собой кристаллическое вещество белого цвета с температурой плавления 37-42°С. Сжигание 1,900 г соединения ***A*** приводит к образованию трех газообразных продуктов и воды. Суммарный объем газообразных продуктов процесса горения составляет 2,554 л (н.у.). Продукты горения способны обесцветить 10,0 мл кислого раствора дихромата калия с концентрацией $K_2Cr_2O_7$ 0,507 М. Прошедшие через реактор с дихроматом калия газообразные продукты пропустили через известковый раствор. Масса выделившегося осадка составила 9,12 г.

Благодаря особому расположению функциональных групп, соединение ***A*** имеет высокую практическую значимость в области химии поверхности и нанохимии как агент, модифицирующий поверхность золота, серебра и кремния. Так, для модифицирования поверхности пленок золота, пластинки помещают в раствор соединения ***A*** в этиловом спирте, а затем в этиловый спирт на несколько дней для удаления избытка реагента.

Для синтеза химически модифицированных наночастиц золота также применяют соединение ***A*** и два его структурных изомера.

1. Назовите соединение ***A***. Изобразите его структурную формулу. **(3 балла)**
2. Напишите уравнения упомянутых реакций. **(3 балла)**
3. Приведите формулы двух структурных изомеров соединения ***A***, имеющих такие же функциональные группы. **(1 балл)**
4. Каким образом соединение ***A*** и его структурные изомеры образуют химическую связь с поверхностью наночастиц золота? **(1 балл)**

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 6. «Угадайка»

Неизвестное вещество **X** массой 16 г при нагревании в токе водорода превратилось в порошок **Y** массой 6,4 г и летучие пары, которые, реагируя с безводным сульфатом меди(II), увеличивают его массу на 10,8 г. Вещество **Y** реагирует с соляной кислотой с выделением газа **L**, имеющего плотность по водороду 13. Полученный при этом раствор при действии на него избытком карбоната натрия выделяет белый осадок **Z** массой 10,0 г, растворимый в кислотах. Нагревание газа **L** на катализаторе $FeCl_3$ приводит к образованию нанотрубок вещества **M**.

Определите все неизвестные вещества (подтвердите расчетами) и напишите уравнения всех реакций.

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 7. Графен для сорбции

Двумерный материал графен обладает рекордно большой поверхностью. Но как можно экспериментально определить эту величину? В вашем распоряжении имеется камера, заполненная парами азота и весы.

1. Какие измерения вы предлагаете сделать? Опишите ваш эксперимент. **(2 балла)**

2. При какой температуре его следует проводить? **(1 балл)**

3. Запишите формулу, которая позволит рассчитать площадь поверхности графена в единицах $м^2г^{-1}$ по вашим экспериментальным данным. Примите, что молекула азота занимает на углеродной поверхности площадь 16,2 $Å^2$. **(1,5 балла)**

4. Какие допущения вы сделали при выводе вашей расчетной формулы? **(0,5 балла)**

5. А можно рассчитать площадь поверхности графена без эксперимента? Вам известно расстояние между атомами углерода в графене, оно равно 1,415 Å. Запишите нужную расчетную формулу. Объясните ее вывод. **(2 балла)**

6. По вашей формуле проведите численный расчет. Ответ нужно дать в $м^2г^{-1}$. **(1 балл)**

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 8. Химия моллюсков

Прочность зубов некоторых моллюсков обусловлена наличием в них нановолокон вещества **X**, погруженных в белково-хитиновый матрикс. Для выделения вещества **X** юный экспериментатор обработал препарат зубов моллюска соляной кислотой. При этом образовался желтый раствор вещества **Y**, с которым были проделаны следующие эксперименты:

(1) При действии на **Y** раствором нитрата серебра выпадает белый творожистый осадок.

(2) При добавлении в раствор **Y** медной пластинки раствор бледнеет.

(3) При действии на **Y** иодидом калия раствор приобретает коричневый цвет, при высокой концентрации реагентов из раствора могут выделиться серые блестящие кристаллы.

(4) При добавлении к раствору **Y** водного раствора аммиака выпадает коричневый осадок, который при слабом нагревании постепенно переходит в **X**.

1. Определите состав вещества X, если известно, что при нагревании X в избытке водорода масса твердого остатка составляет 62,8% от массы X. **(2 балла)**

2. Запишите уравнения всех упомянутых реакций. **(6 баллов)**

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 9. Пористый оксид алюминия

Юный гений Колбочков поступил на Факультет Наук о Материалах и начал работать в Группе электрохимического наноструктурирования. Научный руководитель дал ему задачу синтезировать пористый анодный оксид алюминия (АОА, рис. 1). Колбочков закрепил алюминий на установке и подключил программу. После окончания процесса на компьютере высветился график анодного окисления – зависимость силы тока от времени (рис. 2), из которой студент очень легко посчитал плотность АОА.

1. Рассчитайте плотность пористого анодного оксида алюминия, если в результате синтеза образовался оксид массой 1,08 г, при этом при прохождении 2 Кл через алюминий образуется 1 мкм АОА на 1 см^2 площади образца. **(6 баллов)**

На следующий день Колбочков снова пришёл анодировать, но вечером аспирант Пробиркин изменил программу, и после анодирования получился другой график (рис. 3). Масса образца была такой же, как и в предыдущем опыте.

2. Изменилась ли плотность АОА? Объясните влияние силы тока на плотность. **(2 балла)**

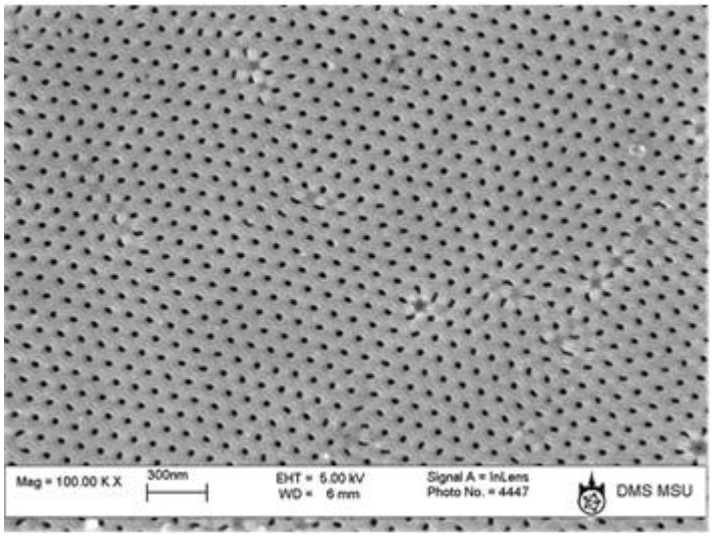


Рис. 1. Пористая структура АОА.
Изображение с сайта eng.fnm.msu.ru

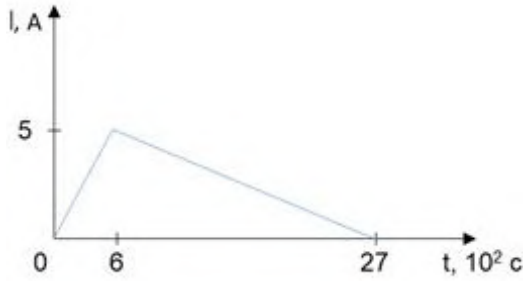


Рис. 2

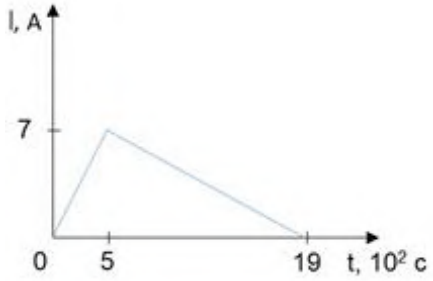


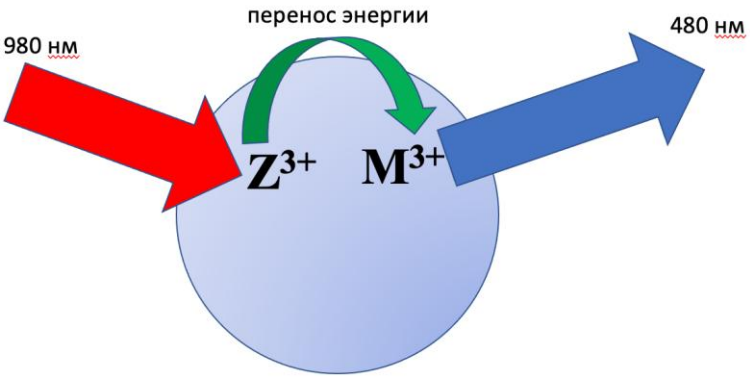
Рис.3.

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 10. Материал для ап-конверсии

Для получения нанокристаллов вещества X в системе Na_2O-CaO-NaF-L_2O_3-SiO_2 студент приготовил смесь карбонатов натрия и кальция с фторидом натрия, оксидами алюминия, кремния и элемента L, содержащего небольшое количество родственных друг другу элементов Z и M. Известно, что Z и M расположены в Периодической системе по соседству, один из них назван в честь легендарного острова на севере Европы, а второй – в честь населенного пункта.

Эту смесь он засыпал в платиновый тигель, который поместил в электропечь и нагрел до 1500°C (нагревательные элементы в печи выполнены из $MoSi_2$). Полученный вязкий расплав студент вылил на горячую стальную плиту с ограничителями и поставил ее на 1 час в муфель, нагретый до 500°C. Полученный материал представлял собой прозрачную пластину. При нагревании до 600°C пластина оставалась прозрачной, но начинала испускать свет под действием ИК-излучения. Механизм этого процесса, называемого ап-конверсией, представлен на рисунке.



Длительное нагревание пластины в этих условиях приводило к помутнению материала, вызванного образованием кристаллической фазы X. Для получения крупных кристаллов X смешивали растворы хлоридов Z, L, M в органическом растворителе с раствором гидрофторида аммония. Смесь нагревали в автоклаве при 170°C. Из раствора выделялись кристаллы X. Известно, что массовая доля элемента L в веществе X, не содержащем атомов Z и M, составляет 47,34%.

1. Определите вещество X, химические элементы Z, L, M. Подтвердите расчетом. **(4 балла)**

2. Зачем полученный материал вновь нагревают, помещая его в муфельную печь? **(1 балл)**

3. Какой класс неорганических материалов получен после длительно вторичного нагревания? **(1 балл)**

4. Выскажите предположение, почему после нескольких синтезов данного материала печь выходит из строя. **(2 балла)**

Всего – 8 баллов

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 1. Металлические наночастицы

1. Определим газ ***Y***. Его молярная масса равна

$$M(Y) = D_{H2} \cdot M(H_2) = 14 \cdot 2 \frac{г}{моль} = 28 \frac{г}{моль}$$

Такая молярная масса соответствует азоту N_2, оксиду углерода (II) CO и этилену C_2H_4. Азот горение не поддерживает, при горении этилена образуются два продукта (CO_2 и H_2O), при горении CO образуется один продукт (CO_2). Следовательно, газ ***Y*** – это CO.

Определим молярную массу металла ***X***.

$$\underset{1моль}{\overset{19,63 10^{-3} моль}{A}} \xrightarrow{t} \underset{x г}{\overset{1,00 г}{X}} + nCO$$

$$19,63 \cdot 10^{-3} моль \cdot x г = 1 г \cdot 1 моль$$

$$x = 50,94 г$$

Рассчитанное значение соответствует молярной массе ванадия. Металл ***X*** – ванадий V.

Определим соотношение молекул CO и атомов ванадия в соединении ***A***.

$$A \xrightarrow{t} \underset{50,94г}{\overset{1,00г}{V}} + \underset{22,4 пл}{\overset{2,64 л}{nCO}}$$

$$1 г \cdot 22,4n л = 2,64 л \cdot 50,94 г$$

$$n = 6$$

Следовательно, на 1 моль ванадия приходится 6 моль CO. Состав соединения ***A*** – $V(CO)_6$. Это карбонил ванадия.

2. $V(CO)_6 \xrightarrow{t} V + 6CO$

3. Степень окисления ванадия в карбониле равна 0.

4. Объём одной шарообразной наночастицы равен

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi R^3$$

Объём *N* наночастиц равен

$$V = V_1 N$$

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 N$$

С другой стороны, объём синтезированных металлических наночастиц равен

$$V = \frac{m}{\rho}$$

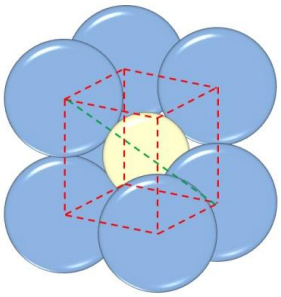
Значит,

$$\frac{4}{3}\pi R^3 N = \frac{m}{\rho}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho N}}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1{,}00\,г}{4\pi \cdot 6{,}11\,\frac{г}{см^3} \cdot 3{,}13 \cdot 10^{17}}} = 5 \cdot 10^{-7}\,см = 5\,нм$$

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 2. Шаровая упаковка



Максимальный радиус встроенного атома ограничен шариками, расположенными вокруг него. Это значение может быть достигнуто в том случае, когда дополнительный атом касается всех остальных восьми шариков, то есть когда пространственная диагональ куба (зелёная линия) выходит из центра одного шарика, проходит через центр встроенного шарика и попадает в центр другого шарика, как показано на рисунке (один из синих шариков удалён для наглядности). Таким образом, пространственная диагональ куба равна

$$D = R + 2r + R = 2R + 2r$$

Так как пространственная диагональ куба равна

$$D = a\sqrt{3},$$

то

$$2R + 2r = a\sqrt{3}$$
$$r = \frac{a\sqrt{3} - 2R}{2}$$

Так как

$$a = 2R,$$

то

$$r = \frac{2R\sqrt{3} - 2R}{2} = \frac{2R(\sqrt{3} - 1)}{2} = R(\sqrt{3} - 1)$$
$$r = 0{,}14 \cdot (\sqrt{3} - 1) \approx 0{,}102\,\text{нм}$$

Поместятся Li^+ (R = 0,074 нм), Na^+ (R = 0,102 нм) и Ca^{2+} (R = 0,100 нм).

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 3. Красное и черное

1. Решение задачи удобно начать с последней реакции. Требуется рассчитать ее выход.

$$w = \frac{3{,}97\ \text{г}}{4{,}0\ \text{г}} = 0{,}9925 \text{ или } 99{,}25\%$$

Из условия известно, что при взаимодействии вещества ***А*** с разбавленной азотной кислотой выделяется бесцветный газ ***Б***, окисляющийся на воздухе, это – NO.

Выделяющийся газ имеет объем 1,51 л, что при нормальных условиях соответствует:

$$n\ (\text{NO}) = \frac{1{,}513\ \text{л}}{22{,}4\ {}^{\text{л}}/_{\text{моль}}} = 0{,}06754\ \text{моль}$$

Рассчитаем молярную массу вещества ***А***.

$$M(\text{A}) = \frac{4{,}0\ \text{г}}{0{,}067545\ \text{моль}\ \cdot 0{,}75} 78{,}9\ \text{г/моль}$$

Эта молярная масса соответствует селену, имеющему окрашенный в красный цвет модификацию, известную как «красный селен». Красный кристаллический селен имеет три моноклинные модификации, содержащие кольцевые молекулы Se_8 и другие структурные фрагменты.

При нагревании красного селена, происходит его превращение в серый селен (продукт ***Г***). Серый кристаллический селен обладает металлическим блеском и является наиболее устойчивой модификацией селена.

2. Протекающие превращения можно описать следующими реакциями:

$$3\ \text{Se} + 4\ \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\ \text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\ \text{NO} \qquad (1)$$

$$5\text{NO} + 3\ \text{KMnO}_4 + 2\ \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\ \text{KNO}_3 + \text{Mn(NO}_3)_2 + 2\ \text{MnSO}_4 + 2\ \text{H}_2\text{O} \qquad (2)$$

$$\text{H}_2\text{SeO}_3 + 2\ \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Se}\downarrow + 2\ \text{H}_2\text{SO}_4 \qquad (3)$$

3. Селен имеет несколько аллотропных модификаций, физические свойства которых различаются. Наиболее устойчивой модификацией является серый селен (продукт ***Г***). Ширина запрещенной зоны материала составляет 1,7 – 1,8 эВ, что соответствует полупроводниковым свойствам. Электрическое сопротивление серого селена зависит от освещённости, материал является фотопроводником.

Вещество ***А*** соответствует аморфному красному селену, так как именно такая форма селена образуется по реакции (3). Вещество является аморфным и обладает свойствами изолятора.

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 4. Соединения серебра

1. **А** – Ag_2S, **Б** – Ag_2O_2 $\omega(Ag) = 2*108 / 248 = 0,871$

   В – NO_2 ($D_2 = 46/2 = 23$), **Г** – O_2 ($D_{H2} = 32/2 = 16$).

2. $Ag_2S + 10HNO_3 = 2AgNO_3 + 8NO_2\uparrow + H_2SO_4 + 4H_2O$

   $2Ag_2O_2 + 4HNO_3 = 4AgNO_3 + O_2\uparrow + 2H_2O$

3. В Ag_2S степень окисления Ag^{+1}, а Ag_2O_2 – смешанный оксид серебра(I,III), т.е. $Ag^{+1}Ag^{+3}O_2$.

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 5. Связь с золотом

1. Для определения брутто-формулы соединения ***A*** необходимо определить его брутто-формулу.

   Для этого запишем уравнения протекающих реакций:

   Считая, что горение соединения приводит к образованию трех газообразных продуктов, уравнение реакции может быть записано следующим образом:

   $$C_nH_mN_kS_l + O_2 \rightarrow n\,CO_2 + \frac{k}{2}N_2 + l\,SO_2 + \frac{m}{2}H_2O \qquad (1)$$

   При этом, известно, что выделяются три газообразных продукта. Один из них – диоксид углерода. Другими газообразными продуктами могут быть молекулярный азот, диоксид серы, хлороводород. При этом, обесцвечивать раствор дихромата калия способен лишь диоксид серы.

   Взаимодействие диоксида серы с дихроматом калия протекает по следующей реакции:

   $$K_2Cr_2O_7 + 2\,H_2SO_4 + 3\,SO_2 \rightarrow 2\,KHSO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O \qquad (2)$$

   Это позволяет найти количество серы в 1,9 г соединения ***A***.

   $$n(SO_2) = \frac{3 \cdot 0{,}507\ \text{М}}{0{,}01\ \text{л}} = 0{,}0152\ \text{моль}\ SO_2$$

   Из условия очевидно, что два других газообразных продукта не обладают свойствами восстановителя и известна масса осадка, образующегося при пропускании через раствор известковой воды. В растворе протекает следующая реакция:

   $$CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O \qquad (3)$$

   Расставив коэффициенты в уравнении (2), возможно найти количество углерода в составе соединения ***A***.

   $$n(CO_2) = \frac{1 \cdot 9{,}12\ \text{г}}{100\ \text{г/моль}} = 0{,}0912\ \text{моль}\ CO_2$$

   Зная общий объем выделившегося инертного газа, несложно найти количество выделившегося азота.

   $$n(N_2) = \frac{2{,}5536\ \text{л}}{22{,}4\ \text{л/моль}} - 0{,}0912 - 0{,}0152 = 0{,}0076\ \text{моль}\ N_2$$

   Суммируя результаты, находим мольное соотношение трех элементов в составе соединения ***A.***

   C : N : S = 6 : 1 : 1

Если число моль соединения ***A*** соответствует количеству серы (соединение содержит единственную серосодержащую функциональную группу), то молярная масса соединения А может быть рассчитана следующим образом:

$$M = \frac{1{,}9\ \text{г}}{0{,}0152\ \text{моль}} = 125\ {}^{\text{г}}/_{\text{моль}}$$

При неизвестном составе соединения ***A***, можно найти количество водорода в составе соединения, считая общий состав соединения C_6H_mNS.

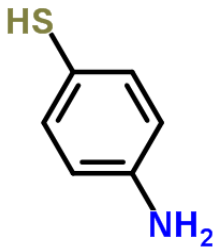
$$m = \frac{1{,}9\ \text{г} - [0{,}0152\ \text{моль}\ \cdot (12 \cdot 6 + 14 + 32)\ \text{г/моль}]}{1\ \text{г/моль}} = 7$$

Таким образом, простейшая брутто-формула соединения ***A*** следующая: C_6H_7NS.

Неизвестное вещество – ***аминотиофенол***, имеющий брутто-формулу C_6H_7NS, удовлетворяющую условию задания.

Его молярная масса составляет 125 г/моль.

Строение молекулы аминотиофенола с пара-расположением заместителя показано на рисунке.



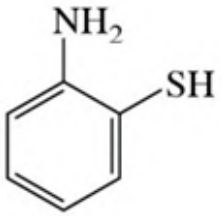
2. Уравнение реакции сгорания:

$$2\ C_6H_7NS\ +\ 17{,}5\ O_2\ \rightarrow\ 12\ CO_2 +\ N_2 +\ 2\ SO_2 +\ 7\ H_2O \qquad (1)$$

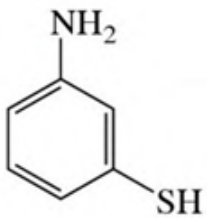
Уравнения (2) и (3) с расставленными коэффициентами приведены выше.

3. Для синтеза химически стабилизированных наночастиц золота или серебра, для последующей иммобилизации их поверхности, применяют различные структурные изомеры соединения ***аминотиофенола***.

Структура 4-аминотиофенола показана выше. Изомеры с орто- и мета-положением заместителей представлены на рисунке.

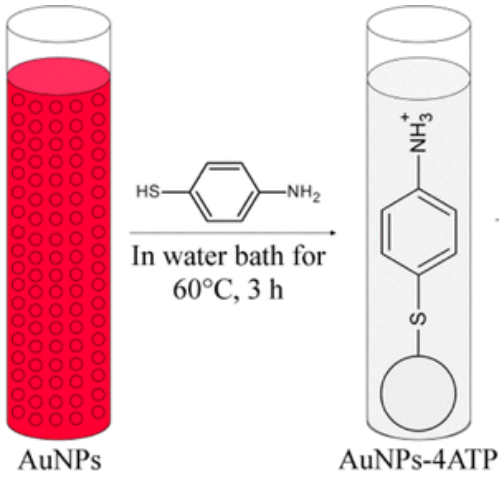


2-аминотиофенол

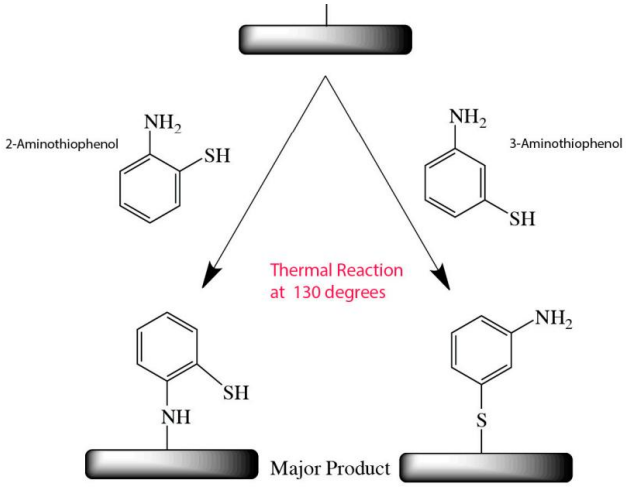


3-аминотиофенол

4. Схемы образования связи структурных изомеров аминотиофенола с поверхностью наночастиц золота, серебра, кремния легко найти в научной литературе.



Üzer A. et al. Anal. Chem. 2014, 86, 1, 351–356



Lee C.-H. et al. Molecules. 2018, 23, 2712

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 6. «Угадайка»

Найдём молярную массу газа, выделяющегося при действии соляной кислоты:

$$M = 13 * 2 = 26 \text{ г/моль.}$$

Этой массе соответствует только ацетилен C_2H_2.

Безводный сульфат меди является хорошим поглотителем воды, которая образовалась при восстановлении вещества **X** водородом. Найдем

$$n(H_2O) = 10.8/18 = 0.6 \text{ моль}$$

По закону сохранения массы рассчитаем массу прореагировавшего водорода

$$m(H_2) = 6.4 + 10.8 - 16 = 1.2 \text{ г}$$

$$n(H_2) = 1.2/2 = 0.6 \text{ моль}$$

Можем предположить, что вещество **Y** – это ацетиленид и в его структурной единице есть 2 атома углерода

$$M_xC_yO_z + zH_2 = MC_2 + zH_2O$$

M+24 18z

6.4 10.8

Решая пропорцию, получаем M = 10.67z - 24

перебором z от 3 до 8 получаем при z = 6, M = 40, металл кальций

В **X** x:y:z = 0.1:0.2:0.6 = 1:2:6 тогда простейшая формула **X** – CaC_2O_6

Уравнения реакций:

1) $CaC_2O_6 + 6H_2 = CaC_2 + 6H_2O$
2) $CuSO_4 + 5H_2O = CuSO_4*5H_2O$
3) $CaC_2 + 2HCl = CaCl_2 + C_2H_2$
4) $CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$

Газ **L** – C_2H_2.

Нанотрубки **M** – углерод.

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 7. Графен для сорбции

1. Нужно определить массу сухого образца графена, затем поместить образец в атмосферу азота, подержать некоторое время и снова взвесить образец. Определить увеличение массы образца Δm.

2. При температуре ниже комнатной, чтобы улучшить сорбцию. Однако, давление азота должно быть ниже давления насыщенного пара, чтобы не произошла конденсация.

3. Расчетная формула:

$$S = \frac{\Delta m}{M_{N_2}} \times N_A \times s;$$

N_A – число Авогадро; M_{N_2} – мол. масса азота.

4. Предполагаем, что азот покрыл поверхность графена равномерно, одним слоем.

5,6. Графен состоит из правильных шестиугольников. В вершинах – атомы углерода. Возьмем один моль углерода и придадим ему форму графена. Тогда количество шестиугольников

$$N_A \times \frac{3}{6} = \frac{N_A}{2}$$

Площадь одного шестиугольника равна

$$\frac{3\sqrt{3}}{2} \times a^2.$$

Полная площадь в расчете на один моль

$$\frac{N_A}{2} \times \frac{3\sqrt{3}}{2} \times a^2 = 7{,}8 \times 10^{23} \times a^2 = 7{,}8 \times 10^{23} \times 2{,}0 \times 10^{-20} = 15{,}6 \times 10^3\ м^2 моль^{-1} = 1300\ м^2 г^{-1}$$

Можно умножить эту площадь на 2 для расчета сорбции с двух сторон.

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 8. Химия моллюсков

1. X – FeOOH

   Y – $FeCl_3$

   $FeOOH + 3/2\ H_2 \xrightarrow{t} Fe + 2H_2O$

   $m(Fe) / m(FeOOH) = 55{,}8 / 88{,}8 = 0{,}628$.

2. Уравнения реакций:

   Получение Y:

   $FeOOH + 3HCl = FeCl_3 + 2H_2O$

   Эксперименты:

   $FeCl_3 + 3AgNO_3 = 3AgCl\downarrow + Fe(NO_3)_3$ (1)

   $Cu + FeCl_3 = CuCl\downarrow + FeCl_2$ (2)

   $2KI + 2FeCl_3 = I_2\downarrow + 2KCl + 2FeCl_2$ (3)

   $FeCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$ (4)

   $Fe(OH)_3 \xrightarrow{t} FeOOH + H_2O$

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 9. Пористый оксид алюминия

1. $\rho = m / V$, $V = Sh$.

   $Q = KSh$, где K = 2 Кл/(мкм*см^2)

   $V = Q / K$

   Из графика (рис. 2) Q_1 = 1/2 * 5 А * 2700с = 6750 Кл.

   V_1 = 6750 / 2 = 3375 мкм*см^2 = 0,3375 см^3.

   $\rho_1(Al_2O_3)$ = 1,08 г / 0,3375 см^3 = 3,20 г/см^3.

2. Из графика (рис. 3) Q_2 = 1/2 * 7 А * 1900с = 6650 Кл.

   V_2 = 6650 / 2 = 3325 мкм*см^2 = 0,3325 см^3.

   $\rho_2(Al_2O_3)$ = 1,08 г / 0,3325 см^3 = 3,25 г/см^3.

   Плотность изменилась, так как рост пор зависит от силы тока. Другая программа анодного окисления определила иную пористость образца.

Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 10. Материал для ап-конверсии

1. Z, M и L – это родственные металлы, образующие оксиды $Э_2O_3$. Используя приведенные в условии факты, выбираем пару элементов-лантаноидов: Z – Yb, M – Tm. Соединение X содержит в своем составе натрий, фтор и элемент L, который образует оксид L_2O_3. Возможно предположить, что это фторометаллат натрия, содержащий 4 или 6 атомов фтора, то есть имеющий формулу $NaLF_4$ или Na_3LF_6. Расчет показывает, что в первом случае атомная масса L равна 89, что соответствует иттрию. В случае второй формулы химически верного решения нет.

   X – $NaYF_4$

   L – Y

2. Эту процедуру проводят для роста наночастиц X в пластине. При комнатной температуре рост наночастиц затруднен из-за высокой вязкости.

3. После длительного вторичного нагревания получена стеклокерамика.

4. При первом нагревании элементы покрываются слоем оксида кремния, который выполняет защитную функцию. Но при плавлении смесей, содержащих фториды, образуется фтороводород, который разрушает нагревательные элементы.

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 1

Для определения коэффициента трения нового покрытия проводят следующий эксперимент: бруску, находящемуся на наклонной плоскости, сообщают начальную скорость V_0 = 15,2 м/с вверх вдоль наклонной плоскости. Через τ = 2 сек брусок останавливается и далее соскальзывает вниз. Угол наклона плоскости к горизонту α = 30°. Ускорение свободного падения g = 10,0 м/с^2. Определить коэффициент сухого трения.

Всего – 8 баллов

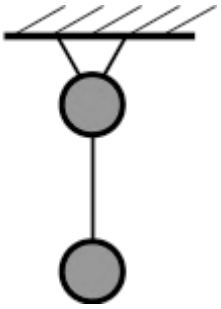
Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 2

Два моля идеального одноатомного газа при нормальных условиях находятся в вертикальном цилиндрическом контейнере с невесомым поршнем, который может свободно без трения перемещаться вверх и вниз вдоль оси контейнера. Диаметр контейнера и поршня d = 15 см. На поршень поместили груз массой m = 50 кг. На сколько (ΔV) изменился объем газа под поршнем? g = 9,8 м/с^2.

Всего – 8 баллов

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 3

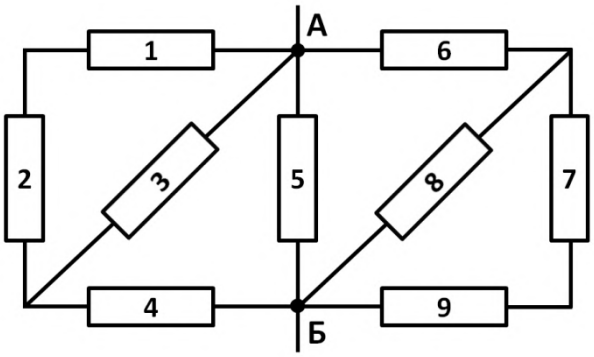
Два одинаковых шарика связаны нитью и висят, как показано на рисунке. Им сообщают одинаковые разноименные заряды. Далее их погружают в керосин с диэлектрической проницаемостью ε = 2,1. Найти отношение силы Архимеда к силе Кулона в керосине, если известно, что сила натяжения нити, связывающая шарики, не изменилась.



Всего – 8 баллов

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 4

Все резисторы, изображённые на схеме, имеют одинаковое сопротивление R, однако резистор №3 сделан из сверхпроводящего материала, способного в определённых условиях переходить в состояние с нулевым сопротивлением. В начальный момент, когда резистор №3 ещё не перешёл в сверхпроводящее состояние, сопротивление между точками А и Б равно 650 Ом. Определите сопротивление между этими точками после перехода резистора №3 в сверхпроводящее состояние.



Всего – 8 баллов

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 5

В опыте Торричелли вместо ртути используют горячую воду при температуре t = 80°C. На какую высоту поднимется водяной столб, если его плотность ρ = 970 кг/м^3? Атмосферное давление $p_{атм}$ = 95,6 кПа, а давление паров воды при этой температуре p_1 = 47,3 кПа.

Всего – 8 баллов

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 6

В результате воздействия на алюминиевую и платиновую пластинки излучением с длиной волны λ оказалось, что скорости фотоэлектронов отличаются в 2 раза. Определите длину волны λ, если работа выхода для алюминия равна 4,08 эВ, а для платины она составляет 6,35 эВ.

Всего – 8 баллов

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 7

Показатель преломления биологических тканей и жидкостей можно рассчитать с помощью эксперимента, схема которого представлена на рисунке 1. Монохроматический пучок света с длиной волны λ = 632,8 нм от источника проходит через полуцилиндрическую линзу, и часть света отражается от границы раздела линзы и биологического образца. Отраженный свет регистрируется детектором. Изменяя угол падения α, экспериментаторы получили зависимость коэффициента отражения от угла падения, которая представлена на рисунке 2. Определите показатель преломления n_2 биологического образца, если коэффициент преломления стеклянной линзы на данной длине волны n_1 = 1,499.

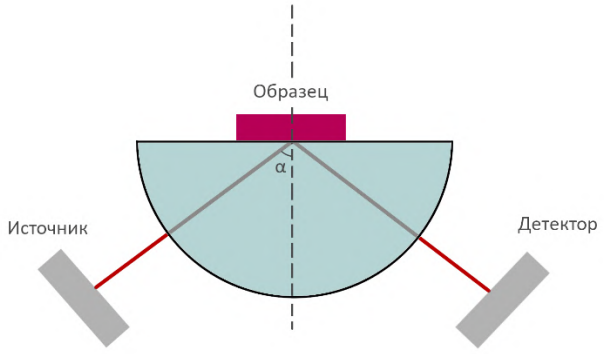


Рис. 1. Схема эксперимента

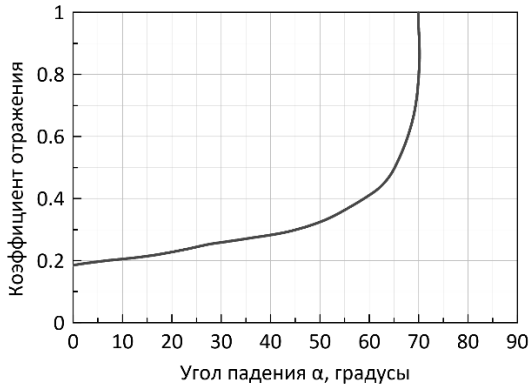


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения от угла падения

Всего – 8 баллов

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 8

Какой должна быть скорость электрона, чтобы его длина волны де Бройля была равна 4,2 пм? Масса электрона m_e = 9,11·10^{-31} кг, постоянная Планка h = 6,626·10^{-34} Дж·с, скорость света c = 3·10^{8} м/с.

Всего – 8 баллов

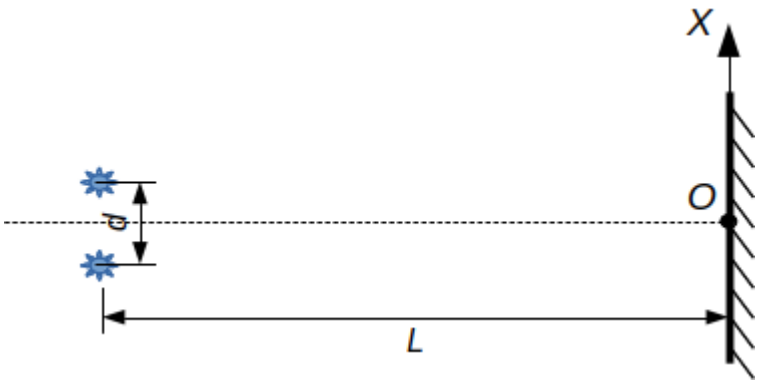
Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 9

Известно, что ионосфера отражает радиоволны с частотой до 30 МГц, что значительно увеличивает пределы радиосвязи за счет многократных отражений радиосигналов от ионосферы. Какое минимальное количество отражений должен испытать радиосигнал, чтобы полностью обогнуть земную поверхность? Какое время для этого потребуется? Нижнюю границу ионосферы принять равной h = 80 км над поверхностью Земли. Радиус Земли: $R_З$ = 6 371 км.

Всего – 8 баллов

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 10

Два точечных когерентных источника испускают монохроматический свет (длина волны $\lambda = 650$ нм), падающий на экран, расположенный параллельно линии, соединяющей источники, на расстоянии L = 1,5 м от них. На каком расстоянии X от точки O будет находиться первый максимум освещенности на экране, если известно, что источники испускают свет с начальной разностью фаз $\Delta\phi = \pi/2$? Расстояние между источниками d = 0,6 мм.



Всего – 8 баллов

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 1

Движение бруска равнозамедленное. Конечная скорость в момент остановки равна нулю. Зная время до остановки, можно выразить ускорение:

$$a = \frac{V_0}{\tau}.$$

С другой стороны, по 2-ому закону Ньютона при движении вверх:

$$ma_x = mgsin\alpha + F_{\text{тр}}$$

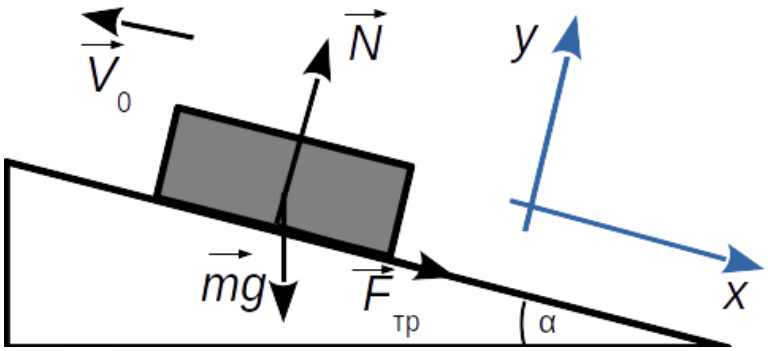
$$N - mgcos\alpha = 0$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$a = g\big(sin(\alpha) + \mu cos(\alpha)\big).$$

Окончательно:

$$\mu = \frac{V_0}{g\tau cos(\alpha)} - tan(\alpha) = 0.3.$$



Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 2

В этом случае имеем дело с изотермическим процессом. Уравнение состояния идеального газа для 2-х случаев:

$$P_0 V_{\text{нач}} = \nu RT$$

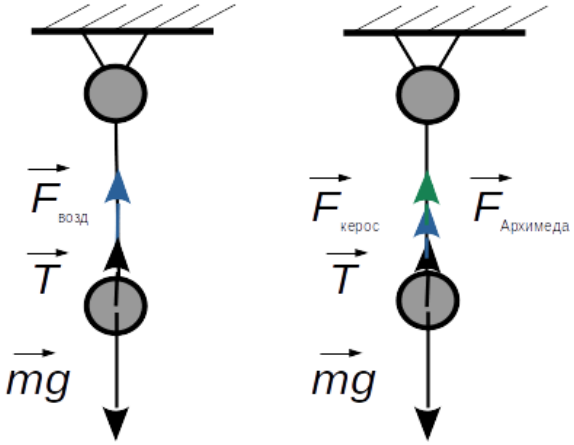
и

$$\left(P_0 + \frac{mg}{S}\right) V_{\text{кон}} = \nu RT.$$

Откуда:

$$\Delta V = V_{\text{кон}} - V_{\text{нач}} = \nu RT \left(\frac{1}{P_0 + \frac{mg}{S}} - \frac{1}{P_0}\right) \approx 9618 \text{ см}^3 = 0{,}009618 \text{ м}^3.$$

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 3



Приравняем сумму всех сил, действующих на нижний шарик, нулю.

До погружения в керосин:

$$mg = T + F_{возд}$$

и после погружения:

$$mg = T + F_{керос} + F_{Архимеда}.$$

Откуда:

$$F_{возд} = F_{керос} + F_{Архимеда}.$$

Учитывая, что

$$\frac{F_{возд}}{F_{керос}} = \varepsilon,$$

получим:

$$\frac{F_{Архимеда}}{F_{керос}} = \varepsilon - 1 = 1{,}1.$$

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 4

В исходной схеме резисторы 1 и 2 соединены последовательно, поэтому их суммарное сопротивление равно

$$R + R = 2R.$$

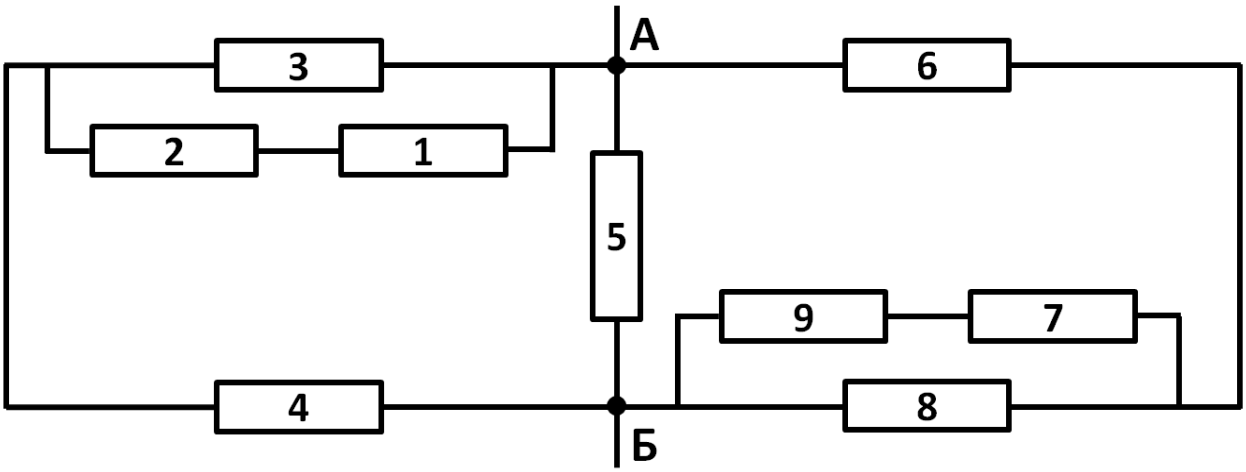


Рис. 1. Эквивалентная схема до перехода резистора 3 в сверхпроводящее состояние.

С резистором 3 они соединены параллельно, поэтому их суммарное сопротивление равно

$$\frac{1}{\frac{1}{2R} + \frac{1}{R}} = \frac{2R}{3}.$$

Резистор 4 соединён последовательно с этими резисторами, поэтому их суммарное сопротивление равно

$$\frac{2R}{3} + R = \frac{5R}{3}.$$

Для резисторов 6 – 9 аналогично можно получить $\frac{5R}{3}$. Участки 1 – 3, 6 – 9 и резистор 5 соединены параллельно, поэтому их суммарное сопротивление равно

$$\frac{1}{\frac{3}{5R} + \frac{1}{R} + \frac{3}{5R}} = \frac{5R}{11}.$$

По условию это значение равно 650 Ом. Следовательно, сопротивление R равно 1430 Ом.

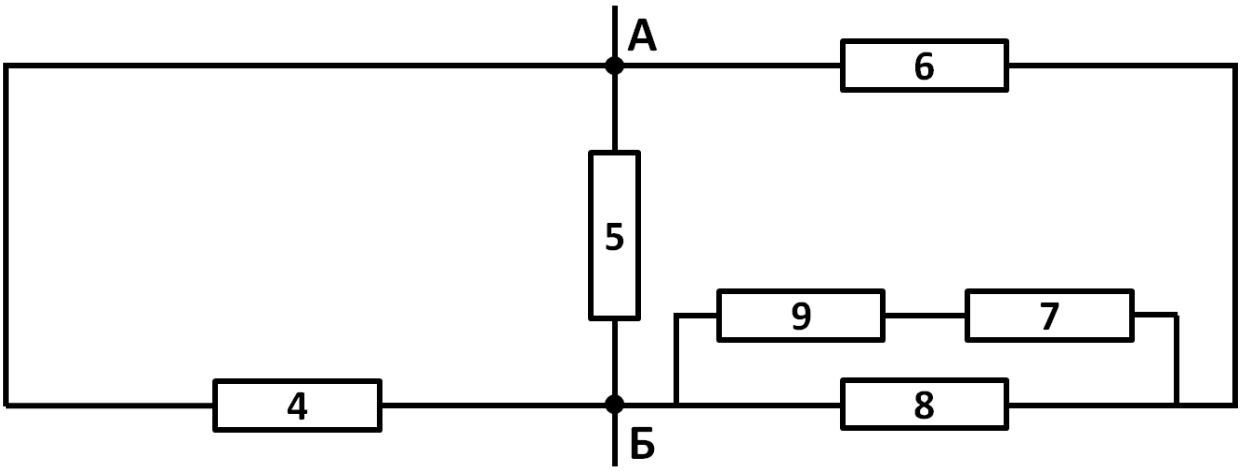


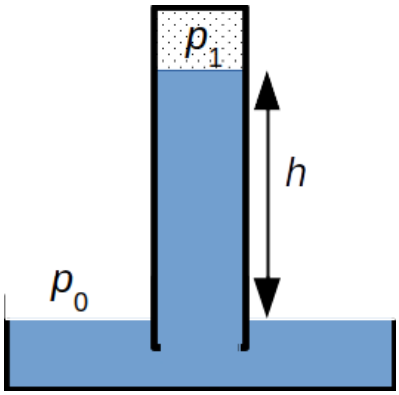
Рис. 2. Эквивалентная схема после перехода резистора 3 в сверхпроводящее состояние.

После того как резистор 3 перейдёт в сверхпроводящее состояние, сопротивление участка 1 – 4 складывается только из сопротивления резистора 4, так как на участке 1 – 3 ток потечёт через резистор 3, обладающий нулевым сопротивлением. Значит, сопротивление участка 1 – 4 равно R. Сопротивление участка 6 – 9 не изменилось и равно $\frac{5R}{3}$. Сопротивление резистора 5 остаётся равным R.

Полное сопротивление равно

$$\frac{1}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{3}{5R}}=\frac{5R}{13}=550\ \text{Ом}.$$

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 5



С учетом давления водяного пара над поверхностью столба воды:

$$p_0 = p_1 + \rho g h.$$

Для высоты столба:

$$h = \frac{p_0 - p_1}{\rho g} = 5 \text{ м}.$$

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 6

Запишем уравнение фотоэффекта для 2-х случаев:

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

Откуда можно найти кинетическую энергию, например, для 2-ого случая:

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{A_2 - A_1}{3}.$$

Откуда

$$\lambda = \frac{hc}{\left(A_2 + \frac{A_2 - A_1}{3}\right)} = 174 \text{ нм}.$$

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 7

Имеет место полное внутреннее отражение (R = 1) при угле падения α= 70˚.

Закон преломления

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1},$$

где $\beta = 90°$, откуда

$$n_2 = n_1 \sin\alpha \approx 1{,}409.$$

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 8

Энергия релятивистской частицы равна

$$E = \sqrt{2E_kE_0 + E_k^2} = \sqrt{2 \cdot m_0c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1\right) \cdot m_0c^2 + \left(m_0c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1\right)\right)^2}.$$

С другой стороны, энергия равна

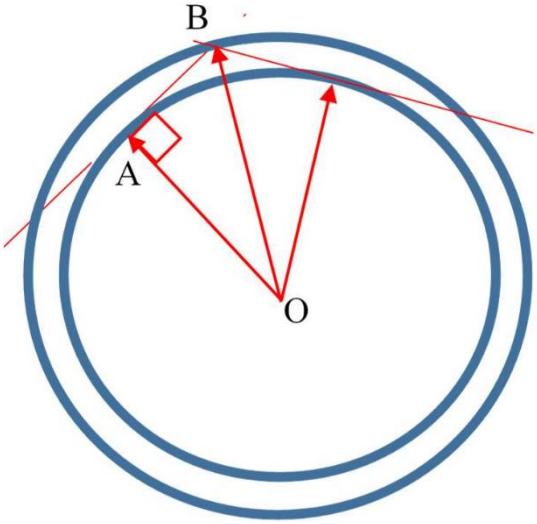
$$E = \frac{hc}{\lambda}.$$

Отсюда

$$\frac{hc}{\lambda} = \sqrt{2 \cdot m_0c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1\right) \cdot m_0c^2 + \left(m_0c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1\right)\right)^2}.$$

Значит, v = 0,5·c.

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 9



Минимальное число отражений – при направлении радиосигнала вдоль поверхности Земли. Первое отражение – после поворота радиус-вектора, проведенного из центра Земли в точку отправления сигнала, на угол равный:

$$\arccos (R/(R + h)) \approx 9°.$$

После поворота радиус-вектора на удвоенный угол (18°) отраженный сигнал «коснется» поверхности и далее ситуация повторяется.

Число отражений: 360/18 = 20.

Чтобы оценить время, необходимо знать пройденное расстояние. Расстояние от места отправки до первого отражения можно найти из прямоугольного треугольника OAB: S ≈ 1013 км. Таких промежутков на всем пути будет 20*2 = 40. Общее расстояние: ≈ 40511924 м. Время: ≈ 0.14 с.

Физика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 10

Поместим начало отсчета координаты *X* вдоль экрана в точку, находящуюся на экране на равном удалении от источников (*O*). Разность хода лучей, приходящих от источников в произвольную точку *x* на экране:

$$\Delta = l_1 - l_2$$

$$l_1^2 = l^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2$$

$$l_2^2 = l^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2$$

Откуда:

$$l_1^2 - l_2^2 = 2xd$$

С другой стороны:

$$l_1^2 - l_2^2 = (l_1 - l_2)(l_1 + l_2) \approx 2l(l_1 - l_2),$$

(при условии малости d по сравнению с l).

Следовательно:

$$\Delta = (l_1 - l_2) = \frac{2xd}{2l} = \frac{xd}{l}$$

Для разности фаз $\Delta\phi$ имеем:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta \pm \Delta\phi_0$$

Условие максимума интерференции:

$$\Delta\phi = 2\pi m, m = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

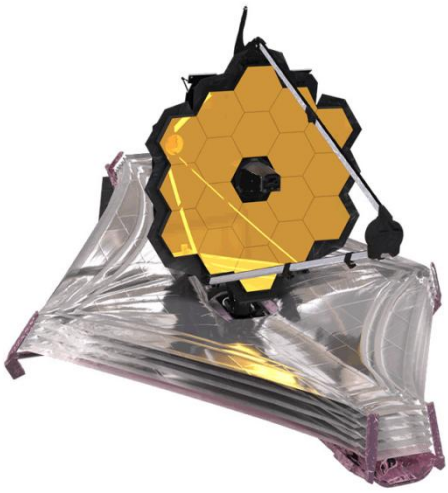
Для первого максимума $m = 0$, следовательно:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\frac{xd}{l} \pm \frac{\pi}{2} = 0,$$

откуда:

$$x = \pm\frac{\lambda l}{4d} \approx \pm 0.4 \text{ мм}.$$

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 1. Телескоп «Джеймс Уэбб»



Главное зеркало крупнейшего космического телескопа «Джеймс Уэбб» является сегментированным и состоит из отдельных зеркал, имеющих форму правильных шестиугольников (см. рисунок).

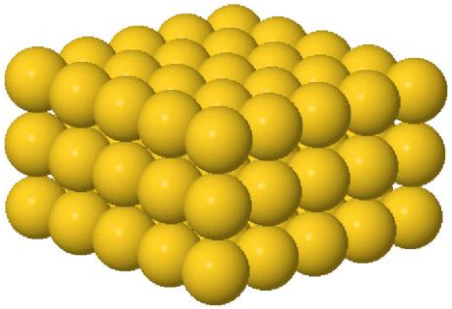
1. Рассчитайте диаметр окружности, описанной вокруг главного зеркала, если длина стороны сегмента составляет 76 см. **(3 балла)**

2. Сколько грамм золота понадобилось для покрытия всей площади главного зеркала, если каждый из его сегментов покрыт слоем металла толщиной 100 нм? **(3 балла)** Оцените диаметр золотого слитка в форме шара, имеющего данную массу. **(2 балла)**

Плотность золота равна 19,25 г/см^3, кривизной зеркал при расчетах пренебречь.

Всего – 8 баллов

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 2. Призма



1. Рассчитайте число атомов металла в нанокластере, если известно, что

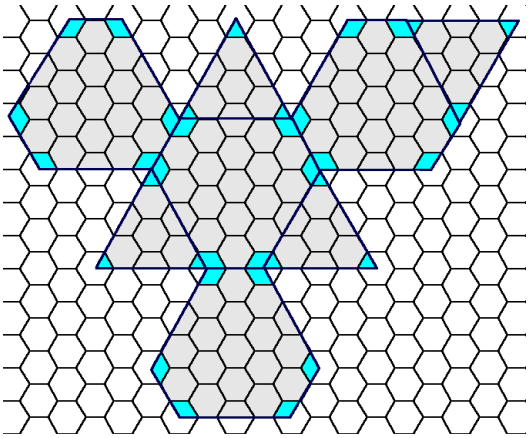
   - атомы в нем упакованы так, как показано на рисунке, в форме правильной четырехугольной призмы;
   - его высота составляет **x** атомов, а длина ребра квадратного основания – **y** атомов;
   - все атомы основания можно без остатка разложить на два квадратных нанокластера, на стороны которых приходится **x** + 1 и 2**x** + 1 атомов металла, соответственно;
   - **y** атомов ребра основания также можно разложить без остатка на два квадратных нанокластера, на стороны которых приходится **a** и **b** атомов металла, соответственно;
   - **a** + **b** = 5.

   (6 баллов)

2. Является ли полученный ответ единственным? Ответ подтвердите расчетом. **(2 балла)**

Всего – 8 баллов

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 3. Неканонический фуллерен



На рисунке представлена развертка некоторого фуллерена на графеновой плоскости (голубым цветом отмечены области, формирующие пятиугольники этого фуллерена, серым – шестиугольники).

1. Из скольких атомов углерода состоит его каркас? Сколько шестиугольников имеется в его структуре? **(3 балла)**

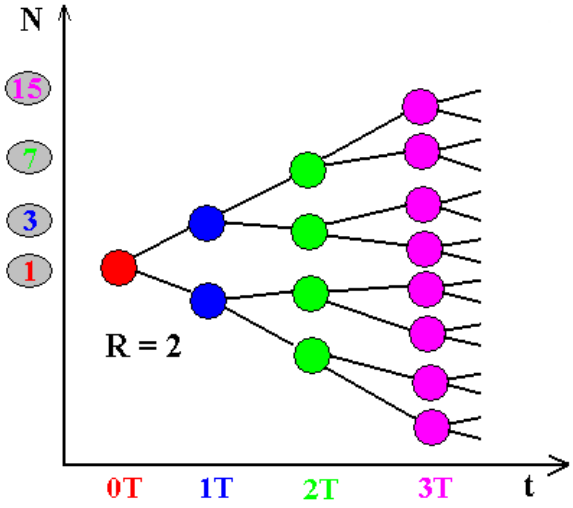
Если представленную на рисунке развертку вырезать по контуру, а затем сложить по выделенным линиям и склеить по линиям разреза, то получится многогранник.

2. В вершинах какого многогранника лежат центры пятиугольников? **(1 балл)**

3. Оцените размер фуллерена как диаметр описанной вокруг него сферы, если длина связи С–С составляет 0,14 нм. Атомы считать точечными, фрагменты графенового листа, формирующие грани развертки – плоскими. **(4 балла)**

Всего – 8 баллов

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 4. Конкурирующие штаммы



Для упрощенного моделирования эпидемии может быть использована дискретная модель неограниченного роста, основанная на следующих допущениях и упрощениях:

- все время наблюдения за заболеваемостью делится на дискретные отрезки длиной **T** дней, называемые *периодами заражения*;
- в рамках каждого периода заражения *болеющими* и *заразными* являются только те люди, которые были заражены в предыдущем периоде;
- каждый болеющий за время **T** заражает **R** человек, и выздоравливает по окончании этого периода.

В рамках этой модели рассмотрим эпидемию, при которой циркулируют одновременно два штамма вируса, **А** и **Б**. Оцените, через какое время число болеющих штаммом **Б** превысит число болеющих штаммом **А** в 10 раз, если в начальный момент наблюдения соотношение болеющих **А** и **Б** составляет 10 к 1, $\mathbf{R_Б} = 5$, $\mathbf{R_А} = 4$, а **T** = 6 дней?

Всего – 8 баллов

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 5. В поисках нанотрубки

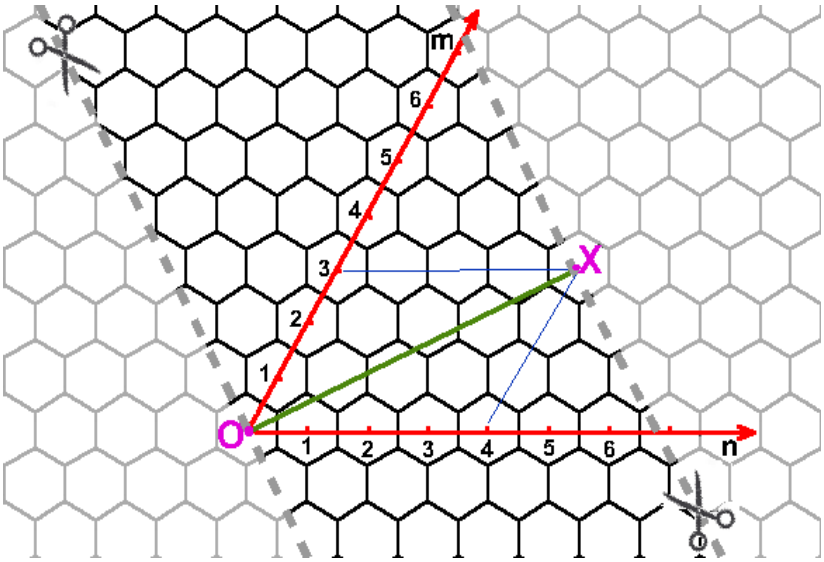


*Рис. 1. Углеродную нанотрубку (УНТ) можно задать одной парой шестиугольников на листе графена, для чего необходимо через центры этих шестиугольников (точки **O** и **X**, взаимное расположение которых в «скошенной» системе координат задается двумя целыми неотрицательными числами, **n** и **m** – индексами 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.*

Рассмотрим УНТ диаметром от 2 нм до 3 нм.

1. Чему равны минимальное и максимальное значения **n** для этих УНТ? **(3 балла)**

2. На любом языке программирования напишите программу, которая позволит найти общее число УНТ **N**, удовлетворяющее условию. Приведите ее текст. **(4 балла)** Найдите **N** при помощи программы. **(1 балл)**

Считать, что

- длина связи С-С равна 0,14 нм,
- диаметром УНТ является диаметр цилиндра, «склеенного» из ленты шириной **OX**,
- УНТ (**n**, **m**) и УНТ (**m**, **n**) – одна и та же трубка.

Всего – 8 баллов.

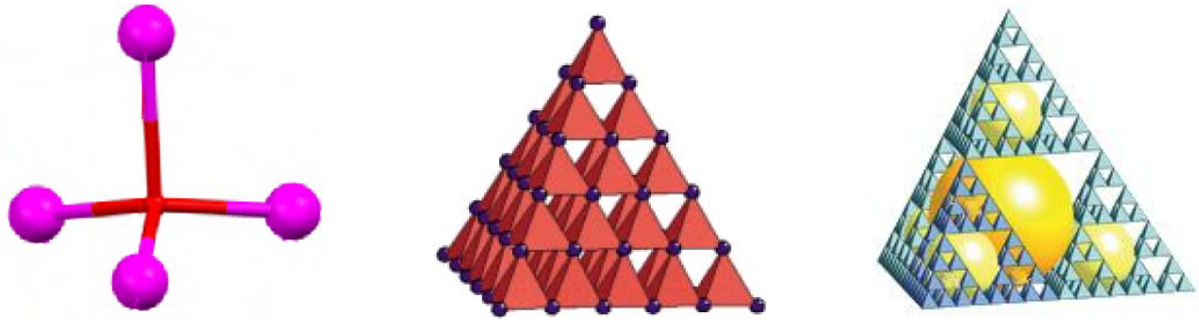
Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 6. Тетрикс

Рис. 1.

Американскими учеными был синтезирован полый кластер $In_xCd_yS_z$, имеющий форму сложенного из тетраэдров MS_4 тетрикса (тетраэдра Серпинского), схематично представленную на рис. 1 (синим цветом обозначены тетраэдры MS_4, для которых M = In, красным – M = Cd).

1. Определите значения **n** и **m** (см. подсказку) для тетрикса, отвечающего приведенному на рисунке кластеру $In_xCd_yS_z$, в котором все атомы Cd заменены на In. **(3 балла)**

2. Установите состав этого кластера исходя из принципа его построения. **(5 баллов)**



а *б* *в*

*Рис. 2. а) Единичный тетраэдр **MS_4**. б) Супертетраэдр **T5**. в) Тетраэдр Серпинского **S3**(**T2**). Желтыми сферами отмечены центральная полость кластера, а также еще четыре полости, следующие за ней по размеру.*

Подсказка. Супертетраэдр **Tn** поколения **n** (где **n** – число единичных тетраэдров, приходящееся на ребро **Tn**) – это структура в форме тетраэдра, составленного из единичных тетраэдров (рис. 2а), пересекающихся по вершинам (рис. 2б). Если единичные тетраэдры представлены **MS_4**, то состав такого супертетраэдра будет отвечать формуле $M_{\left(n^3+3n^2+2n\right)/6}S_{\left(n^3+6n^2+11n+6\right)/6}$.

Тетраэдр Серпинского **Sm**(**Tn**) поколения **m** (где **m** – общее число шагов усложнения структуры) – это структура, имеющая иерархическую организацию (рис. 2в): на первом шаге для построения **S1**(**Tn**) четыре **Tn** складываются в форме супертетраэдра второго поколения, на втором шаге, для построения **S2**(**Tn**), уже четыре **S1**(**Tn**) аналогично складываются в форме супертетраэдра второго поколения, и так далее.

Всего – 8 баллов

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 7. Геокупол

Рассмотрим каркасную структуру, наверняка знакомую Вам по игровой площадке во дворе (см. рис.).

1. Если мысленно «достроить» ее до высокосимметричного выпуклого многогранника **X** так, что вершины, в которых сходится по 5 ребер, будут вершинами икосаэдра, то сколько вершин ребер и граней будет в **X**? **(3 балла)**

2. Если построить новый многогранник **Y** так, чтобы его вершины лежали в центрах треугольников **X**, будет ли **Y** отвечать какому-либо фуллерену? Если да, то какому? Ответ обоснуйте. **(2 балла)**

3. «Удалим» из **X** все вершины, в которых сходится по 5 ребер (получим многогранник **X'**). Можно ли из **X'** дополнительно «изъять» вершины так, чтобы итоговый многогранник **Z** отвечал фуллерену? Свой ответ обоснуйте. **(2 балла)** Во сколько раз число вершин **Z** будет отличатся от числа вершин **Y**? **(1 балл)**

Всего – 8 баллов

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 8. Лабиринты Нафиона

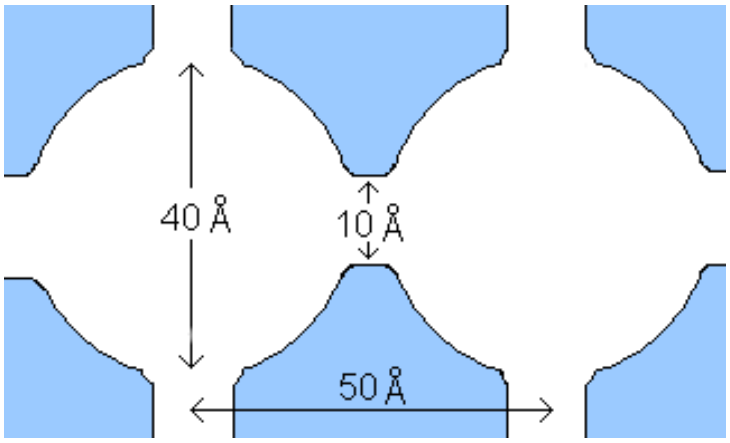


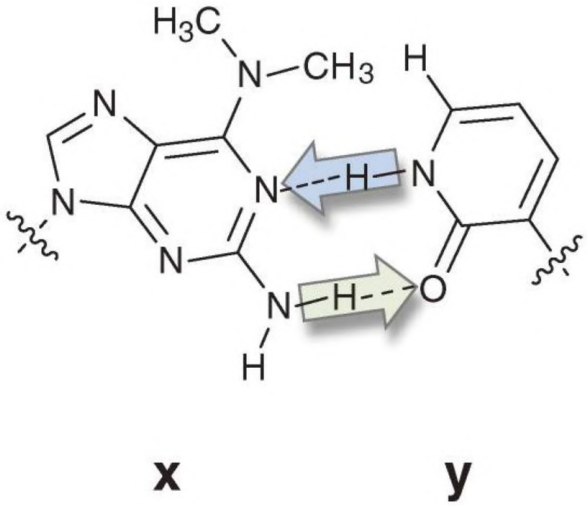
Рис. Модельное представление микроструктуры полимерного электролита Нафиона. Сферические полости диаметром 4 нм образуют периодическую трехмерную сеть: центры этих полостей расположены друг относительно друга как вершины куба с ребром 5 нм; ближайшие друг к другу полости соединены между собой цилиндрическими порами диаметром 1 нм.

Полимерные электролитические мембраны – одна из главных составляющих водородных топливных элементов, экологичных источников тока, уже сегодня питающих не только небольшие зарядные устройства, но и огромные локомотивы, тянущие поезда в разных точках нашей планеты.

На рисунке представлена модель микроструктуры для одного из полимерных электролитов, фторуглеродного Нафиона. Рассчитайте совокупную площадь поверхности полостей и каналов этого полимера (в м^2), отнесенную к 1 см^3 объема мембраны, изготовленной из него. **(7 баллов)** Сравните полученную площадь с площадью стандартной волейбольной площадки (размер 9 на 18 метров). **(1 балл)**

Всего – 8 баллов

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 9. Расширенный алфавит



Пусть в некотором мире наследственная информация записывается в геноме не при помощи классического алфавита из четырех нуклеотидных букв (**A**, **G**, **T**, **C**), а при помощи расширенного алфавита из шести – **A**, **G**, **T**, **C**, **X** и **Y**. При этом белковые молекулы, как и на Земле, строятся из 20 аминокислот.

1. Какое минимальное число нуклеотидных букв потребуется в кодоне[1] расширенного алфавита, чтобы он мог кодировать все аминокислоты? Как отличается избыточность[2] такой кодировки от избыточности кодировки для классического алфавита? **(4 балла)**

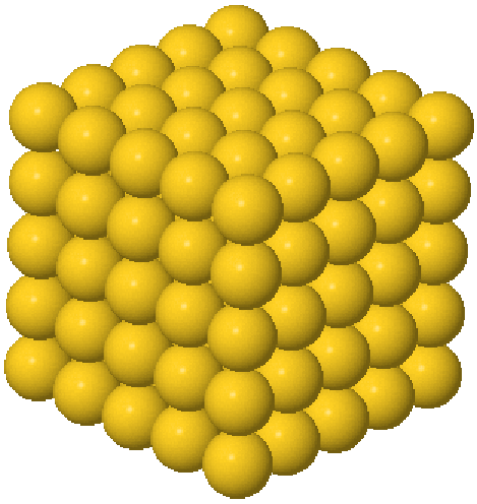
2. Во сколько раз отличается объем информации, которая может быть закодирована в последовательности нуклеотидов фиксированной длины при использовании расширенного и классического алфавита? **(4 балла)**

[1]Кодон – единица генетического кода, кодирует одну аминокислоту.

[2]Избыточностью кодировки считать отношение числа всех вариантов значений одного кодона, к числу вариантов, которые он должен зашифровать.

Всего – 8 баллов

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 10. Кубы и кубики



Если взять металлический нанокластер **А**, имеющий форму куба (пример кубического нанокластера приведен на рисунке), и последовательно дважды удалить все атомы металла, находящиеся на его поверхности, то получится нанокластер **Б**. В тоже время, из атомов, удаленных с поверхности **А**, можно без остатка собрать еще два кубических нанокластера – **В** и **Г**.

Найдите, чему равно число атомов металла, приходящихся на ребро каждого из четырех нанокластеров, а также общее число атомов в исходном кубе, если известно, что

- число атомов, приходящихся на ребро нанокластера **А** (**y**), выражается через число атомов, приходящимся на ребро нанокластера **В** (**x**), как **y** = 2**x** + 10;
- кластер **Г** можно получить, удалив все атомы металла, находящиеся на поверхности нанокластера **В**.

Всего – 8 баллов

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 1. Телескоп «Джеймс Уэбб»

1. Наиболее точной оценкой диаметра окружности, описанной вокруг плоской структуры из 18 равносторонних шестиугольников, будет длина диагонали прямоугольника, одна из сторон которого равна стороне шестиугольника, а вторая – пяти длинам малой диагонали шестиугольника:

$$\sqrt{A^2+\left(5A\sqrt{3}\right)^2}=\sqrt{(0{,}76)^2+\left(5\cdot 0{,}76\sqrt{3}\right)^2}=6{,}63 \text{ м.}$$

2.

1) Рассчитаем площадь, покрытую золотом:

$$\mathbf{S} = 18\cdot\mathbf{S}_{\text{буг}} = 18\cdot\frac{3\sqrt{3}}{2}A^2 = 27\sqrt{3}\cdot 76^2 = 270117 \text{ см}^2 = 27 \text{ м}^2.$$

Тогда объем золота составляет

$$\mathbf{V} = 27\cdot 100\cdot 10^{-9} = 2{,}7\cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 2{,}7 \text{ см}^3$$

Что отвечает массе

$$\mathbf{m} = \mathbf{V\rho} = 2{,}7\cdot 19{,}25 = 52{,}11 \text{ г.}$$

2) Объему 2,7 см^3 отвечает шар диаметром 1,73 см.

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 2. Призма

1.

1) В качестве первого шага решения выразим длины сторон первой группы квадратов, $\mathbf{x} + 1$ и $2\mathbf{x} + 1$, через длины сторон второй группы квадратов, **a** и **b**, соответственно. Для этого введем следующие обозначения: $\mathbf{d} = \mathbf{x} + 1$, $\mathbf{e} = 2\mathbf{x} + 1$. С одной стороны, $\mathbf{y}^2 = \mathbf{d}^2 + \mathbf{e}^2$,

а с другой –

$$\mathbf{y}^2 = (\mathbf{a}^2 + \mathbf{b}^2)^2 = \mathbf{a}^4 + 2\mathbf{a}^2\mathbf{b}^2 + \mathbf{b}^4 = 4\mathbf{a}^2\mathbf{b}^2 + \mathbf{a}^4 - 4\mathbf{a}^2\mathbf{b}^2 + \mathbf{b}^4 = (2\mathbf{ab})^2 + (\mathbf{a}^2 - \mathbf{b}^2)^2$$
$$(\mathbf{a} > \mathbf{b})$$

Тогда возможны два случая: $\mathbf{d} = 2\mathbf{ab}$, $\mathbf{e} = \mathbf{a}^2 - \mathbf{b}^2$ либо $\mathbf{d} = \mathbf{a}^2 - \mathbf{b}^2$, $\mathbf{e} = 2\mathbf{ab}$.

2) Запишем систему уравнений, отвечающую первому случаю.

$\mathbf{x} + 1 = 2\mathbf{ab}$

$2\mathbf{x} + 1 = \mathbf{a}^2 - \mathbf{b}^2$

$\mathbf{a} + \mathbf{b} = 5$

Выражая **b** через **a**, получаем

$\mathbf{x} + 1 = 2\mathbf{a}(5 - \mathbf{a})$	$\mathbf{x} + 1 = 10\mathbf{a} - 2\mathbf{a}^2$	$\mathbf{x} = 10\mathbf{a} - 2\mathbf{a}^2 - 1$
$2\mathbf{x} + 1 = \mathbf{a}^2 - (5 - \mathbf{a})^2$	$2\mathbf{x} + 1 = 10\mathbf{a} - 25$	$\mathbf{x} = 5\mathbf{a} - 13$

Составим квадратное уравнение относительно **a**:

$$5\mathbf{a} - 13 = 10\mathbf{a} - 2\mathbf{a}^2 - 1$$

$$2\mathbf{a}^2 - 5\mathbf{a} - 12 = 0$$

Решая, получаем:

$$\mathbf{a} = \frac{5 \pm \sqrt{25 + 4 \cdot 2 \cdot 12}}{4} = \frac{5 \pm 11}{4}$$

Поскольку длина ребра кластера не может быть отрицательной, то

$$\mathbf{a} = (5 + 11)/4 = 4.$$

Тогда

$$\mathbf{b} = 5 - 4 = 1$$

$$\mathbf{x} = 5 \cdot 4 - 13 = 7$$

$$\mathbf{y} = 4^2 + 1^2 = 17$$

и общее число атомов в кластере составляет $\mathbf{N} = 7 \cdot 17^2 = \underline{2023}$.

2. Запишем систему уравнений, отвечающую второму случаю.

$\mathbf{x} + 1 = \mathbf{a}^2 - \mathbf{b}^2$

$2\mathbf{x} + 1 = 2\mathbf{ab}$

$\mathbf{a} + \mathbf{b} = 5$

Выражая **b** через **a**, получаем

$\mathbf{x} + 1 = \mathbf{a}^2 - (5 - \mathbf{a})^2$	$\mathbf{x} + 1 = 10\mathbf{a} - 25$	$\mathbf{x} = 10\mathbf{a} - 26$
$2\mathbf{x} + 1 = 2\mathbf{a}(5 - \mathbf{a})$	$2\mathbf{x} + 1 = 10\mathbf{a} - 2\mathbf{a}^2$	$\mathbf{x} = 5\mathbf{a} - \mathbf{a}^2 - 0{,}5$

Составим квадратное уравнение относительно **a**:

$$10\mathbf{a} - 26 = 5\mathbf{a} - \mathbf{a}^2 - 0{,}5$$

$$\mathbf{a}^2 + 5\mathbf{a} - 25{,}5 = 0$$

Найдем значение дискриминанта:

$$\mathbf{D} = 25 + 4 \cdot 25{,}5 = 127,$$

что не является квадратом натурального числа, следовательно, данное квадратное уравнение не имеет решения в целых числах.

Таким образом, задача имеет единственное решение: **N** = 2023.

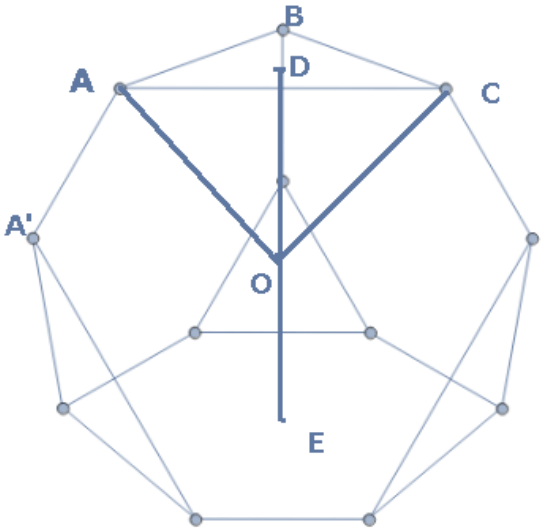
Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 3. Неканонический фуллерен

1. 4·(30 + 18/2) (шестиугольные грани) + 4·(6 + 12/2) (треугольные грани) = 204.

   4·(16 + 3/2) (шестиугольные грани) + 4·(4 + 3/2) (треугольные грани) = 92.

2. Центры пятиугольников образуют усеченный тетраэдр.

3. Рассмотрим многогранник, вершины которого лежат в центрах пятиугольников (обозначим его как **X**). Для решения задачи сделаем в нем некоторые дополнительные построения: проведем отрезок **DE**, соединяющий центр тяжести **ΔABC** с центром тяжести противолежащего ему шестиугольника:



Радиус сферы, описанной вокруг него, равен длине отрезка **OA** (см. рис.). Для нахождения этой величины рассмотрим прямоугольный ΔAOD и рассчитаем длины его катетов исходя из известных нам значений – длин рёбер **X**.

Длина ребра треугольной грани **X** составляет **AB** = **a** = 6·0,14 = 0,84 нм (шесть длин связей C–C, две стороны правильного шестиугольника и две больших диагонали), длина малого ребра шестиугольной грани **X** составляет **AA'** = **b** = 3·0,14 = 0,42 нм (три длины связи C–C, сторона правильного шестиугольника и его большая диагональ).

Тогда отрезок **AD** равен радиусу окружности, описанной вокруг ΔABC:

$$\mathbf{AD} = \frac{\sqrt{3}}{3}a = \frac{\sqrt{3}}{3}\cdot 0{,}84 = 0{,}49 \text{ нм}.$$

Многогранник **X** можно представить как тетраэдр **Y** с ребром **c** = 2**a** + **b** = 2,1 нм, от которого отсекли четыре тетраэдра **Z** с ребром **a**. Следовательно, высоту **X** можно вычислить как разность высот **Y** и **Z**:

$$\mathbf{DE} = \sqrt{2/3}\times c - \sqrt{2/3}\times a = \sqrt{2/3}\left(2{,}1 - 0{,}84\right) = 1{,}03 \text{ нм}.$$

В то же время, длина отрезка **OE** равна радиусу сферы, вписанной в **Y** (**O** – точка, равноудаленная от шестиугольных граней **X**)

$$\mathbf{OE} = \frac{c}{\sqrt{24}} = \frac{2,1}{\sqrt{24}} = 0,43 \text{ нм.}$$

Тогда **OD** = **DE** – **OE** = 1,03 – 0,43 = 0,6 нм.

Рассчитаем **AO** по теореме Пифагора:

$$AO = \sqrt{AD^2 + OD^2} = \sqrt{0,49^2 + 0,6^2} = 0,77 \text{ нм.}$$

Следовательно, размер **X** можно оценить как 2**AO** = 1,54 нм.

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 4. Конкурирующие штаммы

Для начала выведем в общем виде зависимость числа болеющих **M** от времени **t**:

В рамках рассматриваемой модели общее число людей, уже столкнувшихся с этим заболеванием, растет как геометрическая прогрессия, в которой общее число членов составляет (**n** + 1), где **n** = **t/T**.

Тогда **M**(**n**) – это (**n** + 1)-й член данной прогрессии:

M(0) = **Y** – число болеющих в начальный момент наблюдения.

$$\mathbf{M}(1) = \mathbf{Y}\cdot\mathbf{R} = \mathbf{YR}$$

$$\mathbf{M}(2) = \mathbf{Y}\cdot\mathbf{R}\cdot\mathbf{R} = \mathbf{YR}^2$$

...

$$\mathbf{M}(\mathbf{n}) = \mathbf{YR}^{\mathbf{n}} \text{ и } \mathbf{M}(\mathbf{t}) = \mathbf{YR}^{\mathbf{t/T}}$$

Тогда для каждого из штаммов:

$$\mathbf{M_A}(\mathbf{t}) = \mathbf{Y_A R_A}^{\mathbf{t/T}} \text{ и } \mathbf{M_Б}(\mathbf{t}) = \mathbf{Y_Б R_Б}^{\mathbf{t/T}}$$

и соотношение болеющих составляет

$$\frac{M_А(t)}{M_Б(t)} = \frac{Y_А R_А^{t/T}}{Y_Б R_Б^{t/T}} < \frac{1}{10}.$$

По условию, $\mathbf{Y_A}:\mathbf{Y_Б}$ = 10:1, а $\mathbf{R_A}/\mathbf{R_Б}$ = 4/5.

Тогда

$$\frac{Y_А}{Y_Б}\left(\frac{R_А}{R_Б}\right)^{t/T} < \frac{1}{10}$$

$$\frac{10}{1}\cdot\left(\frac{4}{5}\right)^{t/6} < \frac{1}{10}$$

$$1{,}25^{t/6} > 100$$

$$\mathbf{t} > 6\log_{1{,}25}100$$

$$\mathbf{t} > 6\cdot 20{,}64$$

$$\mathbf{t} \geq 126 \text{ дней}$$

(поскольку в рамках дискретной модели **t** кратно 6).

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 5. В поисках нанотрубки

1.

1) Найдем, взаимосвязь между диаметром и индексами хиральности, (**n**, **m**).

По условию, отрезок **OX** равен длине окружности УНТ, следовательно, ее диаметр можно найти по формуле **D** = **OX/π**.

В свою очередь, длина отрезка **OX**, по теореме косинусов, составляет

$$\mathbf{OX}^2 = (\mathbf{nr})^2 + (\mathbf{mr})^2 - 2\mathbf{nr}\cdot\mathbf{mr}\cdot\cos(120°) = \mathbf{r}^2(\mathbf{n}^2 + \mathbf{m}^2 - 2\mathbf{nm}(-0{,}5)) = \mathbf{r}^2(\mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2),$$

где **r** – длина единичного отрезка, равного расстоянию между центрами соседних шестиугольников:

$$\mathbf{r} = 2\mathbf{a}\cos(30°) = \mathbf{a}\sqrt{3} = 0{,}14\sqrt{3}.$$

Следовательно, диаметр УНТ можно рассчитать по формуле

$$\mathbf{D} = \frac{0{,}14\sqrt{3}}{\pi}\sqrt{n^2 + nm + m^2} = 0{,}077186\sqrt{n^2 + nm + m^2}$$

То есть,

$$\mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2 = \left(\frac{D}{0{,}077186}\right)^2.$$

Тогда

$$\mathbf{D} = 2 \text{ нм}, \ \mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2 = 671{,}4,$$

$$\mathbf{D} = 3 \text{ нм}, \ \mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2 = 1510{,}6.$$

Таким образом, все значения пар (**n**, **m**) (таких, что **n** ≥ **m**), должны удовлетворять условию

$$672 \le \mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2 \le 1510.$$

2) Минимальное значение индекса **n** соответствует случаю **m** = **n** (для одного и того же диаметра УНТ величина индексов хиральности тем меньше, чем ближе их значения друг к другу) и $\mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2 \ge 672$ (минимальный диаметр):

$$\mathbf{n}^2 + \mathbf{n}\cdot\mathbf{n} + \mathbf{n}^2 \ge 672$$

$$\mathbf{n} \ge 14{,}97$$

Тогда

$$\mathbf{n}_{min} = 15.$$

3) Максимальное значение индекса **n** соответствует случаю **m** = 0 (для одного и того же диаметра УНТ величина одного из индексов хиральности тем больше, чем ближе значение второго к нулю) и $\mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2 \leq 1510$ (максимальный диаметр):

$$\mathbf{n}^2 + \mathbf{n}\cdot 0 + 0^2 \leq 1510$$

$$\mathbf{n} \leq 38{,}86$$

Тогда

$$\mathbf{n}_{max} = 38.$$

2. Очевидно, что нахождения всех пар индексов хиральности (**n**, **m**), удовлетворяющих условию, необходимо осуществить перебор всех возможных значений выражения $\mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2$ в цикле по **n** от $\mathbf{n}_{min}$ до $\mathbf{n}_{max}$ и во вложенном цикле по **m** от 0 до **n**, и посчитать, сколько из них удовлетворяют условию $672 \leq \mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2 \leq 1510$.

Текст программы на языке Pascal

```
var
  n,m,d,tubes: integer;

begin
  tubes := 0;
  for n := 15 to 38 do
  begin
    for m := 0 to n do
    begin
      d := n*n + n*m + m*m;
     if (d >= 672) and (d <= 1510) then
       tubes := tubes + 1;
    end;
  end;
  writeln ('number of tubes: ', tubes);
end.
```

Всего 264 УНТ.

```
Окно вывода
number of tubes: 264
```

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 6. Тетрикс

1. Единичные тетраэдры, содержащие **Cd** в центре, заполняют центральные полости четырех **S1**(**T2**), дополняя их до **T4**, то есть, всю структуру полого кластера $In_xCd_yS_z$ можно рассматривать как **S1**(**T4**).

2.

   1) Обозначим общее число атомов металла в супертетраэдре как $\mathbf{N_M}$, атомов **S** – $\mathbf{N_S}$. Выведем зависимость общего числа атомов **M** и **S** в зависимости от номера поколения супертетраэдров **n**, формирующих тетрикс, а также от номера поколения последнего.

      При переходе от поколения к поколению в **Sm**(**Tn**) количество атомов **M** в тетриксе ($\mathbf{N_{MT}}$) каждый раз увеличивается в 4 раза (исходя из принципов построения), следовательно,

      $$\mathbf{N_{MT}(m, n)} = 4^{\mathbf{m}}\mathbf{N_M(n)} = 4^{\mathbf{m}}(\mathbf{n}^3 + 3\mathbf{n}^2 + 2\mathbf{n})/6.$$

      В то же время, число атомов **S** в тетриксе ($\mathbf{N_{ST}}$) при переходе от поколения к поколению в **Sm**, с одной стороны, увеличивается в 4 раза, а с другой – необходимо учитывать, что в точках касания супертетраэдры имеют общие атомы **S**, по одному на каждом из ребер **Sm**:

      $$\boldsymbol{N_{ST}(1, n) = 4N_S(n) - 6.}$$

      Повторяя рассуждения, получаем

      $$\mathbf{N_{ST}(2, n)} = 4\mathbf{N_{ST}(1, n)} - 6 = 4(4\mathbf{N_S(n)} - 6) - 6$$

      $$\mathbf{N_{ST}(3, n)} = 4\mathbf{N_{ST}(2, n)} - 6 = 4(4(4\mathbf{N_S(n)} - 6) - 6) - 6$$

      ...

      $$\mathbf{N_{ST}(m, n)} = 4^{\mathbf{m}}\mathbf{N_S(n)} - 6\sum_{0}^{m} 4^{a-1} = 4^{\mathbf{m}}\mathbf{N_S(n)} - 6(4^{\mathbf{m}} - 2)/3 = 4^{\mathbf{m}}(\mathbf{N_S(n)} - 2) + 2$$

      $$\mathbf{N_{ST}(m, n)} = 4^{\mathbf{m}}((\mathbf{n}^3 + 6\mathbf{n}^2 + 11\mathbf{n} + 6)/6 - 2) + 2 = 4^{\mathbf{m}}(\mathbf{n}^3 + 6\mathbf{n}^2 + 11\mathbf{n} - 6)/6 + 2$$

   2) Единичные тетраэдры, содержащие **In** в центре, образуют тетрикс **S2**(**T2**):

      $$\mathbf{x} = \mathbf{N_{InT}}(2, 2) = 4^2\mathbf{N_{In}}(2) = 16\cdot(2^3 + 3\cdot 2^2 + 2\cdot 2)/6 = 64$$

   3) Тогда

      $$\mathbf{y} = \mathbf{N_{(In+Cd)T}}(1, 4) - \mathbf{N_{InT}}(2, 2) = 4\cdot\mathbf{N_{(In+Cd)T}}(4) - \mathbf{x} = 4\cdot(4^3 + 3\cdot 4^2 + 2\cdot 4)/6 - 64 = 16.$$

   4) Общее число атомов **S** в **S1**(**T4**), соответственно, равно

      $$\mathbf{z} = \mathbf{N_{ST}}(1, 4) = 4(4^3 + 6\cdot 4^2 + 11\cdot 4 - 6)/6 + 2 = 134.$$

      $$In_{64}Cd_{16}S_{134}$$

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 7. Геокупол

1. Вершины многогранника **X**, в которых сходится по пять ребер (одновременно являются вершинами икосаэдра), образуют треугольники, каждый из которых составлен из 9 малых треугольников – граней **X**. Всего в икосаэдре 20 таких больших треугольников, следовательно, общее число треугольных граней в **X** равно

$$\mathbf{F} = 20 \cdot 9 = 180.$$

В свою очередь, общее число ребер составляет

$$\mathbf{E} = 180 \cdot 3/2 = 270$$

(каждая треугольная грань имеет три ребра, но каждое ребро принадлежит двум граням).

Общее число вершин можно рассчитать, воспользовавшись теоремой Эйлера для выпуклых многогранников:

число вершин (**V**) – число ребер (**E**) + число граней (**F**) = 2.

Тогда

$$\mathbf{V} = 2 - \mathbf{F} + \mathbf{E}$$

$$\mathbf{V} = 2 - 180 + 270 = 92.$$

2. В многограннике **Y** вершины будут формировать пятиугольные и шестиугольные грани, сходящиеся в вершинах по 3, что полностью совпадает с определением фуллереновой молекулы.

Общее число атомов углерода в фуллереновой молекуле, которой отвечает многогранник **Y**, равно числу треугольных граней в **X**, то есть, в результате описанного преобразования получается фуллерен C_{180}.

3. У представленного в условии каркаса можно выделить три типа вершин:

- **А** – сходятся 5 ребер (они же – вершины икосаэдра в **X**, удаляются при преобразовании в **X'**);
- **Б** – сходятся 6 ребер; лежат на отрезке, соединяющем две ближайшие друг к другу вершины **А** (то есть, на ребре икосаэдра в **X**); в многограннике **X'** в них остается по 5 ребер, а, следовательно, они не могут быть удалены при преобразовании в **Z**;
- **В** – сходятся 6 ребер; лежат в центре треугольных граней икосаэдра в **X**, следовательно, могут удаляться при преобразовании в **Z**.

Чтобы получить многогранник, составленный из пяти- и шестиугольных граней, необходимо из **X'** удалить все вершины типа **В**. При этом оставшиеся в каркасе

вершины типа **Б** дополнительно потеряют по два ребра, и в них будет сходится по три ребра, что отвечает определению фуллеренового многогранника.

То есть, вершинами **Z** будут вершины типа **Б** в **X**. Общее их количество равно числу ребер икосаэдра, умноженному на 2 (так как на каждое ребро икосаэдра приходится две таких вершины):

$$30 \cdot 2 = 60.$$

Таким образом, многограннику **Z** отвечает фуллерен C_{60}. Он содержит в три раза меньше атомов, чем отвечающий многогранинку **Y** C_{180}.

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 8. Лабиринты Нафиона

Рассмотрим куб, вершины которого лежат в центрах ближайших полостей. Длина ребра такого куба равна 5 нм, объем **V** = 5^3 нм^3 = 125 нм^3 = $1{,}25\cdot10^{-19}$ см^3.

В свою очередь, площадь поверхности сферических полостей, приходящихся на этот куб, равна

$$\mathbf{S_{сф}} = 1/8\cdot8\cdot4\pi(4/2)^2 - 1/4\cdot12\cdot2\cdot\pi(1/2)^2 = 16\pi - 3/2\pi = 45{,}6 \text{ нм}^2 = 4{,}56\cdot10^{-17} \text{ м}^2$$

(одна полость диаметром 4 нм приходится на 8 таких кубов, на один куб приходится восемь таких полостей, области, пересекающиеся с цилиндрическими каналами, необходимо вычесть из площади сферических полостей, каждый канал приходится на 4 куба, на один куб приходится 12 таких каналов, каждый канал имеет две торцевых стороны).

В то же время на боковую поверхность цилиндрических каналов приходится площадь

$$\mathbf{S_{цил}} = 1/4\cdot12\cdot\pi\cdot1\cdot1 = 9{,}42 \text{ нм}^2 = 9{,}42\cdot10^{-18} \text{ м}^2$$

Тогда удельная площадь, отнесенная к объему, составляет

$$S_{уд/об} = \frac{S_{сф} + S_{цил}}{V} = \frac{4{,}56\cdot10^{-17} + 9{,}42\cdot10^{-18}}{1{,}25\cdot10^{-19}} = 439{,}82 \text{ м}^2/\text{см}^3.$$

Площадь волейбольной площадки составляет $\mathbf{S_{вол}}$ = 9·18 = 162 м^2.

Тогда

$$\mathbf{N} = \mathbf{S_{уд/об}}/\mathbf{S_{вол}} = 439{,}82/162 = 2{,}71.$$

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 9. Расширенный алфавит

1. Избыточность природного кода $4^3/20 = 64/20 = 3{,}2$ (число вариантов трехбуквенного слова, записанного алфавитом из четырех букв, отнесенное к числу шифруемых аминокислот).

   Для того, чтобы зашифровать 20 аминокислот расширенным кодом, хватит всего двух букв, поскольку число вариантов двухбуквенного слова, записанного алфавитом из шести букв, больше, чем число кодируемых аминокислот: $6^2 = 36 > 20$. При этом избыточность составляет $36/20 = 1{,}8$, что в $3{,}2/1{,}8 \approx 1{,}8$ раз меньше, чем для природного кода.

2. При стандартном способе кодирования используются 4 нуклеотидных буквы, то есть, для произвольной последовательности длиной **n** букв возможно $4^{\mathbf{n}}$ вариантов текста, что отвечает объему информации, равному $\mathbf{I_4} = \log_2 4^{\mathbf{n}} = 2\mathbf{n}$ бит информации.

   В то же время, при записи последовательности такой же длины с использованием расширенного алфавита из шести нуклеотидов мы получаем один из $6^{\mathbf{n}}$ вариантов. В этом случае объем информации равен $\mathbf{I_6} = \log_2 6^{\mathbf{n}} = \log_2 2^{\mathbf{n}} 3^{\mathbf{n}} = \mathbf{n} + \mathbf{n}\log_2 3 \approx 2{,}58495\mathbf{n} \approx 2{,}58\mathbf{n}$.

   Тогда увеличение объема записанной информации будет в $\mathbf{I_6}/\mathbf{I_4} = 2{,}58\mathbf{n}/2\mathbf{n} = 1{,}29$ раз.

Математика для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 10. Кубы и кубики

Для каждого из четырех кластеров запишем длину ребра, выразив ее через **x**:

- **А**: **y** = 2**x** + 10,
- **Б**: **y** – 2·2 = 2**x** + 10 – 4 = 2**x** + 6 (поскольку, сняв внешний слой толщиной в один атом с кубического кластера, мы получаем новый кубический кластер, на ребро которого приходится на 2 атома меньше, чем на ребро исходного кластера, соответственно, при последовательном снятии двух слоев разница составит 4 атома),
- **В**: **x**,
- **Г**: **x** – 2.

Составим кубическое уравнение:

$$(2\mathbf{x} + 6)^3 + \mathbf{x}^3 + (\mathbf{x} - 2)^3 = (2\mathbf{x} + 10)^3$$

Раскрывая скобки и приводя подобные члены, получаем

$$\mathbf{x}^3 - 27\mathbf{x}^2 - 186\mathbf{x} - 396 = 0$$

Найдем делители свободного члена данного уравнения:

396 = 2·2·3·3·11,

1, 2, 3, 4, 6, 9, 11, 12, 18, 22, 33, 36, 44, 66, 99, 132, 198, 396

По очереди проверяя каждую из величин, находим, что данное уравнение имеет единственное решение:

$$(\mathbf{x} - 33)(\mathbf{x}^2 + 6\mathbf{x} + 12) = 0$$

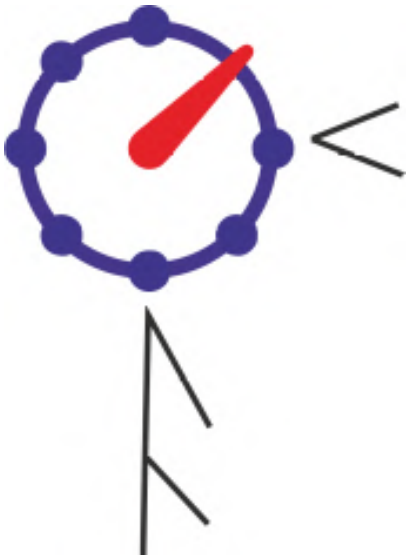
Таким образом, **x** = 33.

Тогда,

- **А**: 2**y** + 10 = 76,
- **Б**: 2**y** + 6 = 72,
- **В**: **y** = 33,
- **Г**: **y** – 2 = 31.

Общее число атомов в исходном кубе равно 76^3 = 438976.

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 1. Молекулярные часы



Существует метод датирования расхождений видов или других таксонов во времени, который называется «Молекулярные часы». Метод тесно связан с нейтральной теорией молекулярной эволюции и основан на гипотезе, согласно которой мутации (замены нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК) происходят с постоянной скоростью, т.н. скорость мутагенеза, v_m. Данный подход имеет массу разновидностей, ограничений и уточнений, постоянно подвергается критике (во многом обоснованной). Тем не менее, в настоящий момент альтернативы ему, как методу, приблизительно оценивающему датировку филогенетических событий, не существует.

Ниже вам предлагается задача на расчет расхождения времени двух популяций.

Сделаем ряд допущений. Скорость мутагенеза принимаем равной 1,2 мутации на 100 000 000 пар оснований (индивид и популяция мутируют с одинаковой скоростью) в поколение (20 лет). Считаем, что в геноме человека 6 000 000 000 пар оснований. Скорость мутагенеза связана с количеством нейтральных расхождений (нейтральных мутаций) между видами, N_D, и временем до расхождения (жизни последнего предка), t, соотношением:

$$V_m = N_D/2t$$

Рассчитайте время до расхождения популяций, если N_D=1440. **(2 балла)** Результат объясните. **(максимум 6 баллов)**

Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 2. Скажи мне, кто твой друг?

Создайте 4 пары из объектов, приведенных на рисунке, исходя из принципа аналогии. Пара может включать как живой и неживой объекты, так и два живых объекта, но не может включать два неживых объекта. Обязательно объясните, чем вы руководствовались при составлении пары.

а) Гвоздика полевая (Dianthus campestris)

б) Штепсель

в) Мышь компьютерная

г) Мангольд (Beta vulgaris)

д) Ящерица прыткая (Lacerta agilis)

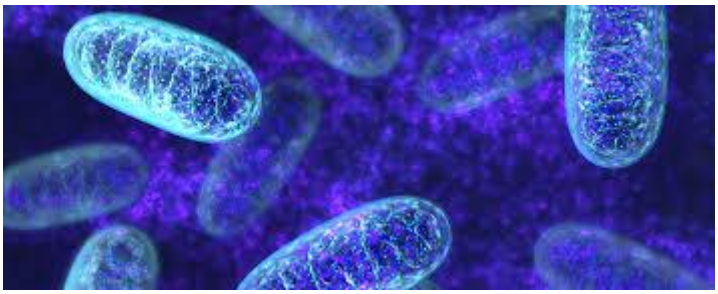
е) Медуница лекарственная (Pulmonaria officinalis)

ж) pH-метр

з) Мышь домовая (Mus musculus)

Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 3. Мидихлорианы в клетках



Согласно вселенной «Звездных войн», мидихлорианы — это некоторая разумная микроскопическая форма жизни, позволяющая живым существам управлять «Силой». Количество мидихлорианов определяет «Силу» их носителя и лежит в основе качеств джедая. В основе концепции мидихлорианов лежат митохондрии — органоиды, обеспечивающие синтез АТФ в результате окислительного фосфорилирования. Гликолиз — другой процесс синтеза АТФ, протекающий в цитоплазме клеток, не требующий молекул кислорода и дающий существенно меньшее количество АТФ, чем митохондрии.

В последние годы появляется все больше данных о том, что митохондрии динамично подстраиваются под текущие энергетические нужды клеток, обеспечивая усиленный синтез АТФ в тех клеточных компартментах, в которых в данный момент увеличено использование АТФ.

1. Назовите клеточные процессы, которые идут с затратами большого количества АТФ, синтез которого могут обеспечить митохондрии, но не гликолиз. **(1 балл, по 0,5 балла за процесс)**

2. Синтез АТФ в результате окислительного фосфорилирования сопровождается образованием некоторых побочных продуктов, которые могут быть опасными для самих клеток. Что это за вещества? **(1 балл)** Как клетки могут защищаться от них? **(1 балл)**

3. Предложите способы, при помощи которых митохондрии могут увеличить количество синтезируемых молекул АТФ. **(2 балла)**

4. Установлено, что в колбочках — светочувствительных клетках сетчатки — количество митохондрий циклически изменяется в течение суток, достигая своего максимума в ночное время. Также в ночное время увеличивается количество синтезируемых молекул АТФ в митохондриях колбочек, хотя, казалось бы, колбочки не активны ночью. Предложите объяснения этого феномена. **(3 балла)**

Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 4. Горный воздух

Если задержать дыхание или долго находиться в душной комнате (или, еще хуже, на тонущей подводной лодке, при механическом удушье) возникает неприятное ощущение и желание сделать глубокий вдох. А возникает ли это ощущение в высокогорье (например, на высоте 5 тыс.м.) и почему?

Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 5. Лягушачья кожа

– Ах, Иван Царевич, зачем ты сжег мою лягушачью кожу!

– Потому, Василиса, что ксенографт вызывает иммунный ответ и не может быть использован в качестве постоянного трансплантата. Лягушачьей кожей нельзя заменить поврежденные участки человеческой кожи навсегда, однако ксенографт на основе лягушачьей кожи используют для того, чтобы временно закрыть поверхность раны при обширных повреждениях и дождаться частичного заживления.

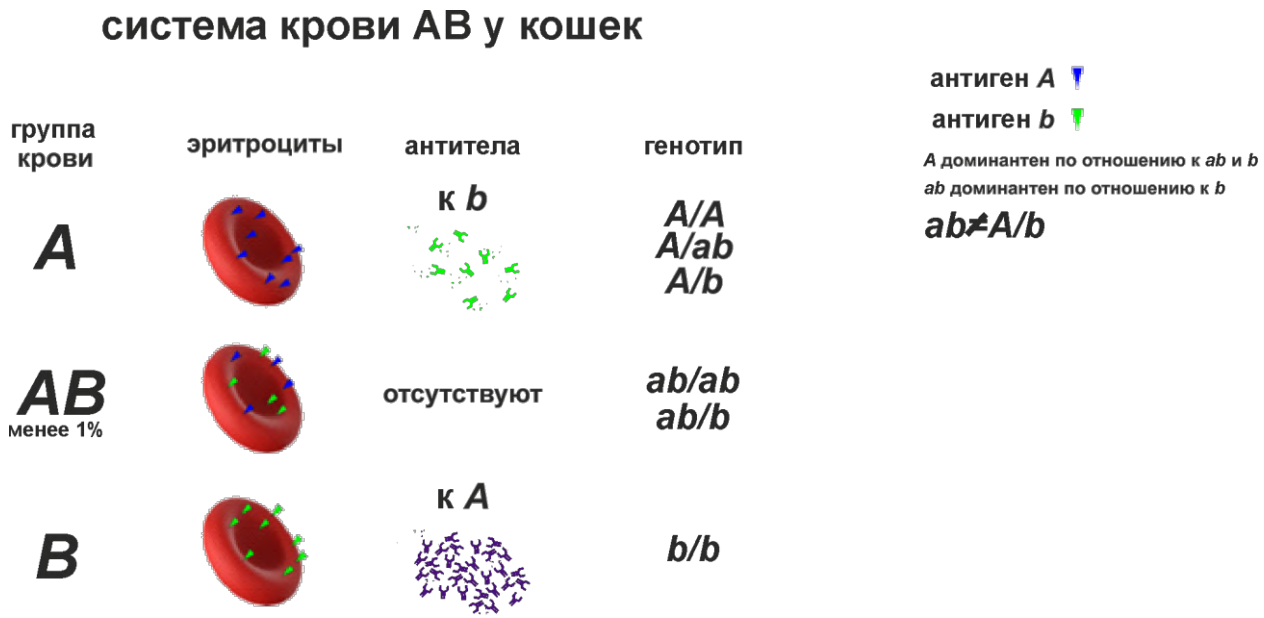
1. Как вы думаете, откуда происходит название «ксенографт»? **(1 балл)**

2. Не только фрагменты тканей животных пересаживают человеку, но и наоборот, иногда фрагмент человеческих тканей вживляют в организм лабораторной мыши, не для того, чтобы вылечить мышь, но для того, чтобы спасти человека. Как именно такие эксперименты могут помочь человеку? **(3 балла)**

3. Как правильно заметил Иван Царевич, ксенографт вызывает иммунный ответ в организме реципиента. Предложите варианты, как можно достичь отсутствия иммунного ответа у мышей-реципиентов? **(4 балла)**

Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 6. Группы крови у кошек



У кошек выделяют три группы крови: **А**, **В** и **АВ**, которые определяются тремя аллелями: ***A***, ***ab*** и ***b***. При этом ***A*** доминантный аллель и доминирует над ***ab*** и ***b*** (соответственно, генотипы ***A/A, A/ab*** и ***A/b*** относятся к группе **А**), ***ab*** доминирует над ***b*** (соответственно, генотипы ***ab/ab*** и ***ab/b*** относятся к группе крови **АВ**, а генотип ***b/b*** к группе крови **В**).

Антитела в крови у кошек появляются при рождении. Кошки с **АВ** группой имеют А и В антигены, не имеют антител к ним и являются универсальными реципиентами. Кошки с группой **А** (самая распространенная) обладают антигеном **А**, менее половины кошек имеют антитела к **В** (очень мало, низкий титр). Все кошки с группой **В** имеют антитела **А** (большое количество, высокий титр).

Антигены могут попасть к котятам с материнским молоком.

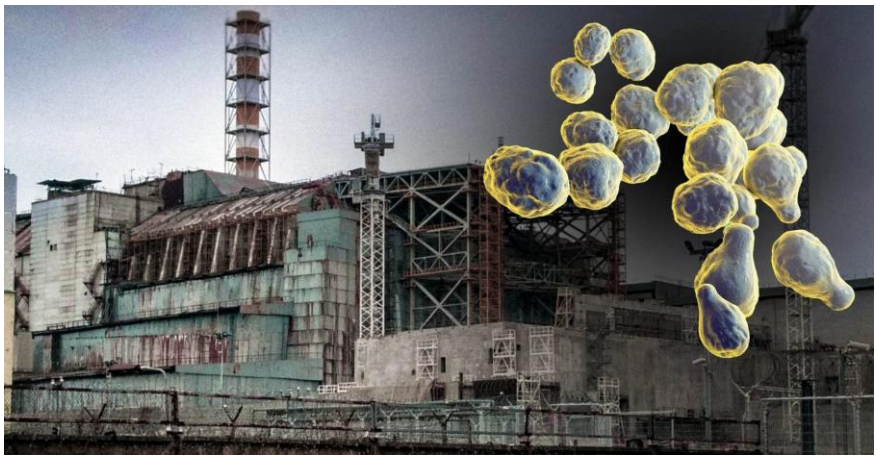
Переливание крови возможно допускается только от кошек с той же группой крови (исключение группа крови **АВ**). Нельзя вязать кошек с группой крови **В** с котами, имеющими другие группы крови, иначе в потомстве кошки с группой крови **В** могут появляться котята с другими группами крови, что в большинстве случаев приводит к "синдрому внезапной смерти котят" (они рождаются, но не выживают).

На данный момент существует генетический тест, позволяющий оценить: гомозиготного носителя ***b*** (***b/b***), гетерозиготного носителя ***b*** (****/b***), и отсутствие аллеля ***b*** (****/****).

Была проведена вязка кошки и кота, все родившиеся котята погибли вскоре после рождения в результате синдрома внезапной смерти котят. Какие возможные генотипы были у кошки (а) **(1 балл**) и кота (б) **(2 балла)**? Объясните решение. **(максимум 5 баллов)**

Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 7. Радиоплесень



На выездной сессии международной конференции, во время кофебрейка два ученых страстно поспорили. Один из них, Иван Васильевич, восклицал:

– Радиофагия!!! Академик Легасов* лично наблюдал живую плесень Cladosporium sphaerospermum на стене разрушенного энергоблока!!! Эта плесень выжила! И не просто выжила, а эволюционировала. Она научилась питаться энергией гамма лучей! Это невероятно, но она изобрела принципиально новый фотосинтез... Не фотосинтез, а радиосинтез... Тоже неудачное слово. Но удачное название этому явлению – радиофагия! При сильном облучении гамма лучами скорость роста грибка может увеличиться в несколько раз.

– Ерунда! – это Никифор Петрович прожевал свой бутерброд и вступил в дискуссию. – Радиоактивное излучение – прежде всего сигнал о том, что соперники этого грибка погибли, и для плесени это шанс беспрепятственно расти. Да, она умеет защищать себя от губительного действия гамма лучей, но не больше. Питаться гамма лучами – это просто нонсенс!

Дискуссия продолжилась с утроенной силой.

Но мы же не остались в стороне, правда? Мы же быстро записывали в блокнотик аргументы обоих ученых, и вот часом позже мы сидим на конференции и от скуки листаем свой блокнот. Давайте, раз уж всё равно нечем заняться, рассортируем беспорядочно записанные аргументы на те, которые поддерживают теорию Ивана Васильевича про радиофагию, те, которые поддерживают теорию Петра Никифоровича, и те, которые очень интересные, но к предмету спора не относятся.

1) В условиях высокого радиоактивного фона могут выживать три вида грибов.

2) Cladosporium sphaerospermum, Wangiella dermatitidis и Cryptococcus neoformans под воздействием гамма излучения ускоряют свой рост в 2–4 раза.

3) Плесень черная потому, что накапливает много меланина.

4) Штамм Cladosporium sphaerospermum, лишенный меланина, погибает при облучении.

5) Штаммы Cladosporium sphaerospermum, богатые меланином, в обычных условиях растут медленнее обычных штаммов.

6) Радиоактивное излучение делает органику более питательной для плесени.

7) Меланосомы происходят из аппарата Гольджи и не имеют отношения к митохондриям.

8) Меланин поглощает ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма излучение.

9) Cladosporium sphaerospermum на МКС успешно поглощал космическую радиацию, опасную для людей.

10) В условиях ионизирующего излучения на мембране клеток радиотрофных грибов накапливаются электрические заряды.

11) Cryptococcus neoformans вызывает менингит. Погибшие от радиации организмы отличная пища для тех, кто выжил.

12) Американские исследователи ввели в выделенный и очищенный меланин селен и получили значительное возрастание протективных свойств меланина.

13) Меланин под воздействием радиации постоянно разлагается в клетке с образованием уксусной кислоты, которая весьма питательна.

1. Для каждого из вышеприведенного утверждения поставьте буквенное соответствие: А, Б или В, если:

   А. утверждения, поддерживающие версию Ивана Васильевича;
   Б. утверждения, поддерживающие версию Петра Никифоровича;
   В. утверждения, не относящиеся конкретно к спору.

   Вопрос оценивается максимум в **4 балла**: 1 балл — за 3 правильно соотнесенных утверждений, 2 балла — за 6 правильно соотнесенных утверждений, 3 балла — за 9 и 4 балла — за 12 или 13 правильно соотнесенных утверждений.

2. Если известно, что для полной защиты МКС от радиации понадобится слой Cladosporium sphaerospermum, толщиной 2,3 метра, рассчитайте, сколько будет весить квадратный метр такой защиты? **(2 балла)**

   А. 2–3 килограмма
   Б. 2–3 грамма
   В. 2–3 тонны
   Г. 200–300 грамм

3. И наконец, давайте предположим, что Иван Васильевич прав, и плесень действительно приобрела новую способность использовать энергию гамма излучения для своих нужд. Из указанных ниже вариантов выберите вариант, как бы это могло происходить в клетке? Как эта энергия запасается, куда передается, как используется клеткой? **(2 балла)**

А. Энергия поглощается меланином (меланин – нерегулярный гетерополимер, мало ли), образуется возбужденный электрон, который затем переходит на НАД$^+$, который затем попадает в митохондрии и разряжается в дыхательной цепи.

Б. Энергия поглощается меланином в меланосомах, возбужденные меланосомы сливаются с митохондриями, и меланин получает возможность контактировать непосредственно с компонентами дыхательной цепи.

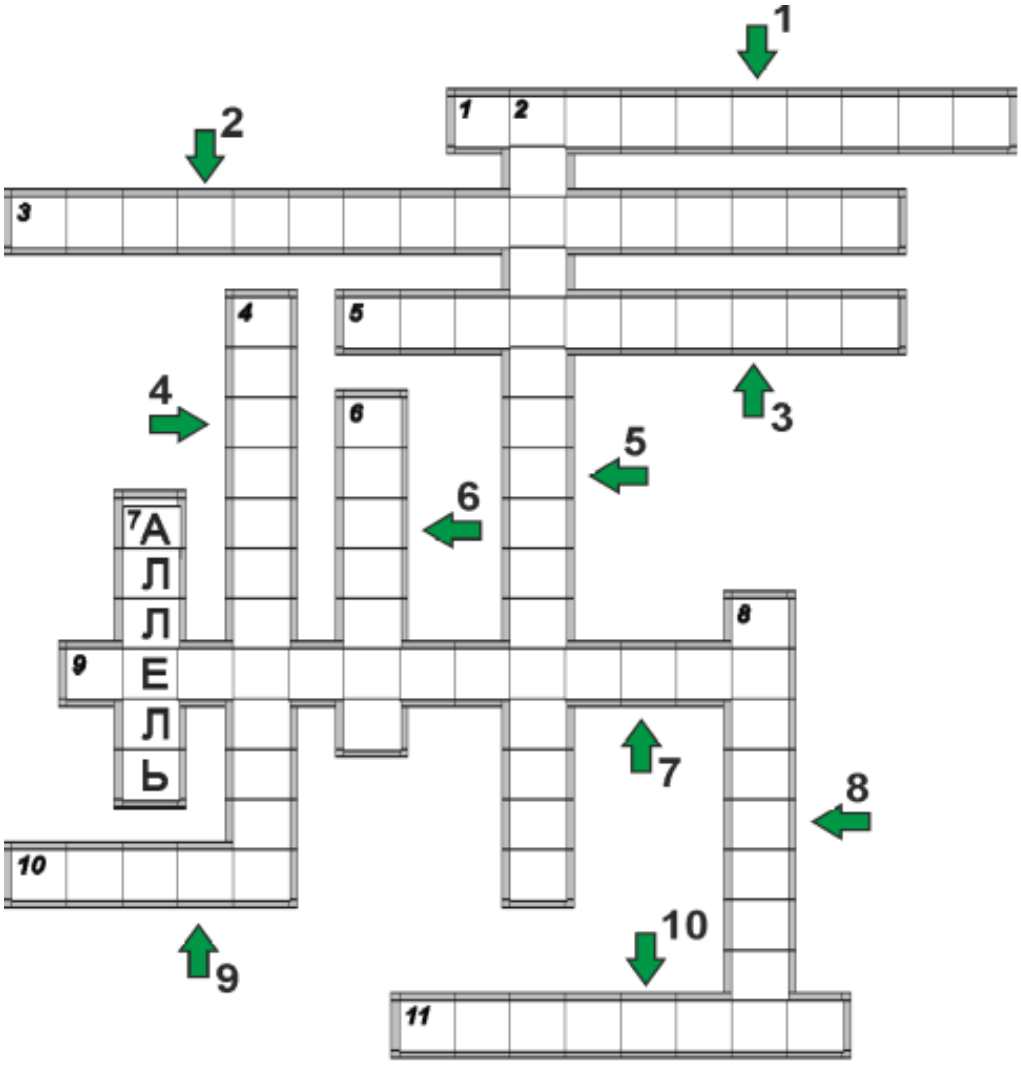
В. Энергия поглощается меланином в меланосомах, которые затем возвращаются в аппарат Гольджи, который перестраивается и становится носителем электрон–транспортной цепи.

Г. Энергия поглощается меланином, образуется возбужденный электрон, который переходит на 3–фосфоглицерат, который за счет этого электрона превращается обратно в глицеральдегидфосфат. То есть возвращается на два этапа гликолиза назад и может снова поспособствовать образованию АТФ.

* Не Легасов, но наблюдали.

Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 8. Кроссворд «Аллель»



Заполните все недостающие слова. Отдельно выпишите в строчку буквы, указанные стрелками, в порядке, соответствующем числам над стрелками.

По горизонтали

1. В результате этого процесса на основе информации, содержащейся в гене, синтезируется РНК или белок.

3. Определение нуклеотидной последовательности образца в случае если информация о нем частично известна, для обнаружения его индивидуальных отличий.

5. Организм с одинаковыми аллелями в гомологичных хромосомах.

9. Присоединении метильной группы к цитозину.

10. Экзоны без интронов.

11. Парная хромосома, одинаковая у мужских и женских организмов.

По вертикали

2. Цитогенетическое исследование.
4. Совокупность всех молекул РНК, синтезируемых организмом.
6. Стойкое изменение генома.
8. Набор генов всех организмов, находящихся в образце среды.

Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 9. Молекулярный конструктор

Как известно, для терапии опухолей применяются различные химические вещества, которые могут быть токсичны не только для раковых клеток, но и для всего организма в целом, что приводит к побочным эффектам от химиотерапии. Для того, чтобы снизить нагрузку на организм, учёные разрабатывают специальные нанотранспортеры для таргетной доставки лекарств. Они могу включать в себя много различных фрагментов, каждый из которых каким-то образом улучшает проникновение лекарственного препарата в клетки или эффективность лечения. Такие фрагменты можно собирать в большие комплексы, как детали конструктора. Часто в составе таких «грузовиков» доставляются фотосенсибилизаторы – молекулы, которые при облучении подходящим излучением приводят к генерации активных форм кислорода, наиболее опасных для нуклеиновых кислот. Из предложенного списка выберите несколько компонентов, которые вы бы включили в свой нанотранспортер. Поясните свой выбор.

Пример: а) лиганд рецептора EGFR; пояснение: повышенная экспрессия данного рецептора характерна для раковых клеток, и его лиганд в составе нанотранспортера улучшит таргетирование препаратов на клетки опухоли.

а) Натриевый канал

б) Сигнал ядерной локализации

в) H4-гистаминовый рецептор

г) Пепсин

д) Лиганд инсулинового рецептора

е) Сигнальные молекулы, меняющие конформацию при кислом pH и способствующие формированию пор

ж) Аденовирусные векторы

з) Рецептор нуклеиновых кислот

и) Цитохром С

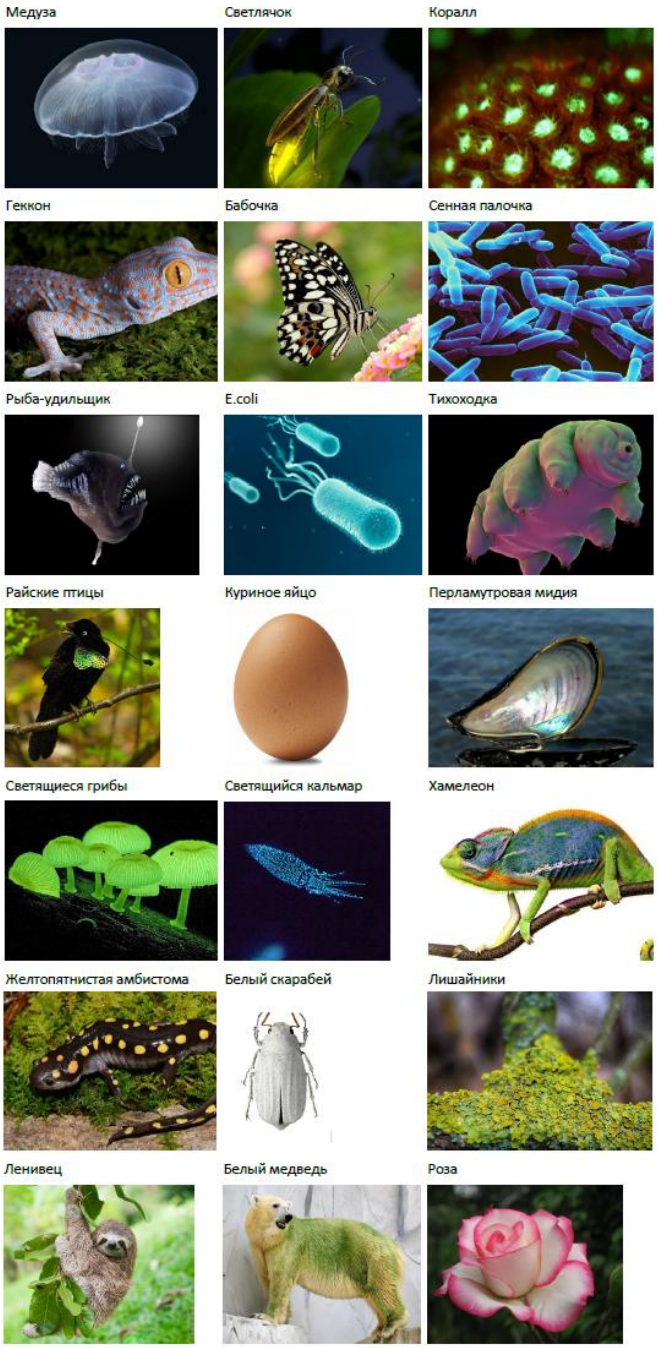
Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Задача 10. У нас троих есть что-то общее

Выберите тройки участников, которые используют общие механизмы или явления:

1. Биолюминесценция **(2 балла)**
2. Структурная окраска **(2 балла)**
3. Эффект лотоса **(2 балла)**
4. Имеют симбиоз с водорослями **(2 балла)**

Примечание: животное или растение может относиться только к **одной** группе!



Всего – 8 баллов

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 1. Молекулярные часы

Рассчитаем количество мутаций на геном в поколение. Варианты расчета могут быть разные (например, пропорция), главное верные. Всего 72 изменения на геном в поколение. Время определяется как: $t = N_D / 2V_m$. Соответственно, количество поколений равно (1440/(2*72)) = 10 поколений, или 20*10 = 200 лет.

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 2. Скажи мне, кто твой друг?

а) гвоздика полевая – г) мангольд – их окраска определяется антоцианами **(2 балла)**

б) штепсель – д) ящерица прыткая – структуры внутри хвоста ящерицы образуют подобие разъема-штепселя, на котором хвост держится в нормальной жизни **(2 балла)**

в) мышь компьютерная – з) мышь домовая – их объединяет название **(2 балла)**

е) медуница лекарственная – ж) pH метр – цветы медуницы имеют разный цвет в зависимости от pH внутри их клеток **(2 балла)**

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 3. Мидихлорианы в клетках

1. Проведение нервного импульса, синаптическая передача, сокращение кардиомиоцитов, длительное и интенсивное сокращение скелетных миоцитов, акты восприятия света в клетках сетчатки и др.

2. Это супероксид анион-радикал O_2^-, который в дальнейшем может переходить в перекись водорода и другие активные формы кислорода (АФК). Также появились данные о том, что на дыхательной цепи митохондрий из нитрита может образовываться оксид азота (II). Клетки защищают себя от АФК за счет ферментов, взаимодействующих с различными активными формами кислорода, а также за счет молекул-антиоксидантов, например, различных каротиноидов, которые реагируют с O_2^-, H_2O_2 и другими радикалами.

3. Митохондрии могут увеличить количество крист и число электронтранспортных цепей и АТФ-синтаз (но это относительно медленный процесс), могут увеличить количество молекул цитохрома С, переносящего электрон между комплексами III и IV и часто лимитирующего скорость работы ЭТЦ и синтез АТФ. Кроме того, ускорение работы ЭТЦ и увеличение активности АТФ-синтазы достигается образованием так называемых респирасом – суперкомплексов, состоящих из комплексов II,III, IV, обеспечивающих быстрый перенос электрона на O2 и быструю генерацию протонного градиента, используемого АТФ-синтазой.

4. В ночное время в колбочках протекают многочисленные процессы восстановления: замены поврежденных светочувствительных белков новыми, восстановление поврежденных клеточных мембран и т. д. Для этих процессов необходимо много молекул АТФ, в результате чего увеличивается количество митохондрий, активируются процессы окислительного фосфорилирования и увеличивается синтез АТФ.

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 4. Горный воздух

В высокогорье пониженное давление воздуха, при этом снижается давление не только кислорода, но и углекислого газа. Частота и глубина дыхания у человека регулируется в том числе хемочувствительными центрами в каротидном синусе и в дыхательном центре в продолговатом мозге. При этом большее влияние оказывает именно содержание углекислого газа в крови. Более точно: снижение концентрации кислорода в крови вызывает увеличение частоты дыхания, а увеличение содержания углекислого газа — глубокие вдохи, и именно оно вызывает ощущение удушья. Если задержать дыхание или в душном помещении (где увеличена концентрация CO_2), концентрация углекислого газа в крови увеличится, что вызовет увеличение глубины дыхания. В высокогорье концентрация углекислого газа тоже понижена, и регуляция дыхания осуществляется концентрацией кислорода в крови, как правило это вызывает частое поверхностное дыхание.

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 5. Лягушачья кожа

1. Ксенографт — пересаженный фрагмент тканей от организма другого вида, «чужеродный».

2. Ксенографты фрагментов опухоли человека вживляют в организм мышей для того, чтобы подобрать наиболее действенное лекарство, убивающее опухолевые клетки. Тот препарат, который эффективно излечивает опухоль у мыши затем применяют для лечения человека. Это подход персонализированной медицины. То же самое можно делать в исследовательских целях.

3. Чтобы фрагмент опухолевой ткани не вызвал иммунного ответа для экспериментов используют специальных мышей, у которых иммунный ответ подавлен, которые не имеют Т и/или В лимфоцитов или так называемых «гуманизированных мышей», генномодифицированные линии мышей, у которых иммунная система является «человеческой».

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 6. Группы крови у кошек

а) ***b/b***

б) ***A/A***

Если у кошки и котят разные группы крови, то котята с молоком могут получить антитела, приводящие к слипанию и разрушению эритроцитов котенка, таким образом у матери не было группы **AB**. Кроме того поскольку синдром проявился у всех котят и привел к их смерти, а значит антител было много, то есть у кошки была группа крови **B** (***b/b***).

У кота могла быть любая группа крови, кроме B, а генотип мог быть как гомо- так и гетерозиготным (***A/A, A/ab, A/b, ab/ab, ab/b***), но у котят отсутствовала группа **B** и **AB** (все котята погибли) и, соответственно, генотипы ***b/b*** и ***ab/ab*** и ***ab/b***, при этом в генотипе котят обязательно должен содержаться аллель ***b*** (от матери). Это значительно сокращает выбор генотипов котят (см. таблицу) и у нас в результате остается только один генотип ***A/b***. Соответственно, сокращаются и варианты генотипа кота. Таким образом, в отсутствие в его генотипе аллелей ***ab*** и ***b***, генотип кота может быть только ***A/A***.

	Генотипы кота									
	A/A		***A/ab***		***A/b***		***ab/ab***		***ab/b***	
	A	***A***	***A***	***ab***	***A***	***b***	***ab***	***ab***	***ab***	***b***
b	***A/b***	***A/b***	***A/b***		***A/b***					
b	***A/b***	***A/b***	***A/b***		***A/b***					

Разумеется, подобная логика применима скорее к популяции кошек (или, точнее, выборке кошек у которых погибли все котята). В случае одной кошки возможны другие, дополнительные варианты. Однако вышеприведённое решение считается основным и правильным. Другой ответ Участника может быть засчитан только в случае логического обоснования им своего ответа, не противоречащего современным научным представлениям (инопланетяне и привидения засчитаны не будут), а также понимания причин отличия его ответа от приведенного здесь.

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 7. Радиоплесень

1.

А. 1, 2, 8, 14.
Б. 6, 12.
В. 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13.

Или

А. 1, 2, 8, 14.
Б. 6, 12.
В. 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13.

2. В.

3. А, Г.

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 8. Кроссворд «Аллель»

По горизонтали

1. **ЭКСПРЕССИЯ** – в результате этого процесса на основе информации, содержащейся в гене, синтезируется РНК или белок.

3. **РЕСЕКВЕНИРОВАНИЕ** – определение нуклеотидной последовательности образца в случае если информация о нем частично известна, для обнаружения его индивидуальных отличий

5. **ГОМОЗИГОТА** – организм с одинаковыми аллелями в гомологичных хромосомах

9. **МЕТИЛИРОВАНИЕ** – присоединение метильной группы к цитозину.

10. **ЭКЗОМ** – экзоны без интронов.

11. **АУТОСОМА** – парная хромосома, одинаковая у мужских и женских организмов Парная хромосома, одинаковая у мужских и женских организмов.

По вертикали

2. **КАРИОТИПИРОВАНИЕ** – цитогенетическое исследование.
4. **ТРАНСКРИПТОМ** – совокупность всех молекул РНК, синтезируемых организмом.
6. **МУТАЦИЯ** – стойкое изменение генома.
8. **МЕТАГЕНОМ** – набор генов всех организмов, находящихся в образце среды.

Ответ: ееоаптнгос

б) Сигнал ядерной локализации – чтобы попадать в ядро и наносить больше ущерба нуклеиновым кислотам. **(2 балла)**

д) Лиганд инсулинового рецептора – чтобы запускать эндоцитоз через интернализуемый рецептор. **(2 балла)**

е) Сигнальные молекулы, меняющие конформацию при кислом pH и способствующие формированию пор – чтобы нанотранспортер не переварился в эндосоме, а вышел из неё. **(2 балла)**

ж) Аденовирусные векторы – чтобы выходить из эндосомы и попадать в ядро. **(2 балла)**

Биология для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)
Решение задачи 10. У нас троих есть что-то общее

1. Биолюминесценция: медуза, светлячок, светящиеся грибы. **(2 балла)**
2. Структурная окраска: перламутровая мидия, райская птица, белый скарабей. **(2 балла)**
3. Эффект лотоса: геккон, сенная палочка, роза. **(2 балла)**
4. Имеют симбиоз с водорослями: лишайник, желтопятнистая амбистома, ленивец. **(2 балла)**

Пояснения, почему ответы не верны:

Коралл – флуоресценция.

Тихоходка – нет приспособлений.

Светящийся кальмар – заглатывает под кожу бактерий. Симбиоз, но не биолюминесценция.

Удильщик – живет в симбиозе со светящимися бактериями. Не биолюминесценция.

Белый медведь – из-за полой структуры волоса, в нем накапливаются водоросли. Не симбиоз.

Хамелеон – изменение цвета тела не за счет структуры кожи, а за счет пигментов – хроматофоров.

E.coli – для вращения жгутика у бактерий есть специальное устройство, которое ученые назвали «протонным мотором» (иногда его называют «молекулярным мотором»), другими словами, хвост, при помощи которого перемещается бактерия

Райские птицы – перо птиц состоит не только из цветных пигментов, уложенных в стопки, но и покрыто «дырками» разного нано размера, благодаря чему оперенье птиц не тускнеет с возрастом и может иметь окраску, даже если пигментов в его структуре нет.

Бабочка – относится сразу к двум группам – структурная окраска и эффект лотоса, который определяется структурой чешуек на крыльях. Поэтому, согласно Примечанию, не может использоваться в качестве ответа участниками.

10-11 классы. Комплекс предметов "химия, физика, математика, биология". Отборочный этап. Простые задания

Комплекс предметов

Категория участников: школьники 10-11 классов

Вопрос №1

Выберите вещество, которое НЕ может образовывать наночастицы со структурой алмаза.

Si
WC
SiC
BN
SiO_2

Вопрос №2

Какой из перечисленных металлов при сгорании на воздухе превращается в высший оксид?

K
Mn
Ca
Fe
Ag
Cr

Вопрос №3

Ряд исследователей предлагают добавлять в смазочные масла небольшие порции некоторого наноуглеродного материала. Какой материал добавляется в масла и зачем?

наноалмазы, для того чтобы уменьшить вязкость масел
графен, чтобы дополнительно уменьшить трение
фуллерены, для того чтобы предотвратить окисление масел кислородом воздуха
нанотрубки, для того чтобы сделать масла более экологически чистыми и устранить запахи
нанотрубки, для того чтобы понизить температуру затвердевания масел
оксид графена, чтобы ускорить окисление масла

Вопрос №4

Вещество X представляет собой нанопорошок, устойчивый к окислению на воздухе. Выберите X.

Fe_3C
SiO
CO
FeO
BaO
Al_2O_3

Вопрос №5

Окраска стекол может быть достигнута путем обработки их поверхности специальной пастой, содержащей ионы этого металла. После нагревания образца с нанесенный на него пастой в восстановительной атмосфе кло окрашивается в красный цвет. Эта паста содержит в своем составе химическ мент

селен

хром
медь
железо
алюминий
фосфор

Вопрос №6

Две наночастицы с массой $m = 5 \cdot 10^{-18}$ кг и зарядом $q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл каждая находятся на расстоянии $r = 1$ см в вакууме. Во сколько раз сила кулоновского отталкивания между ними больше силы гравитационного притяжения?

$1{,}02 \cdot 10^{-3}$
$3{,}2 \cdot 10^{-2}$
31,25
976,56
$2{,}27 \cdot 10^{5}$
$3{,}14 \cdot 10^{9}$
$1{,}38 \cdot 10^{17}$

Вопрос №7

В вакуумном диоде анодное напряжение $U = 120$ В. Какова скорость электрона, подлетающего к аноду?

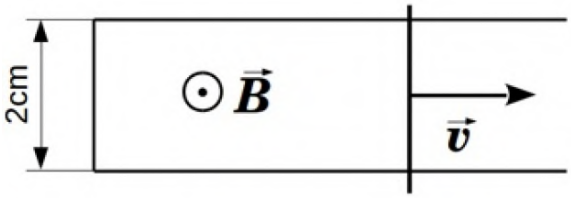
$6{,}5 \cdot 10^{7}$ м/с
$7{,}5 \cdot 10^{20}$ мм/с
$7{,}5 \cdot 10^{2}$ м/с
$6{,}5 \cdot 10^{6}$ км/ч
$6{,}5 \cdot 10^{3}$ км/с
120 м/с
$1{,}2 \cdot 10^{5}$ м/с

Вопрос №8

Относительная влажность воздуха φ = 80%. Как надо изменить объем, занимаемый воздухом, чтобы влажность стала равной 100%?

увеличить на 20%
увеличить на 80%
уменьшить на 20%
уменьшить на 80%
увеличить на 180%
увеличить в 5 раз
уменьшить в 5 раз

Вопрос №9



По проводящим шинам скользит металлическая перемычка, как показано на рисунке. Перемычка движется в перпендикулярном однородном магнитном поле с индукцией ***B*** = 1 мТл. Длина перемычки *l* = 2 см. Скорость перемычки ***v*** = 10 м/с. Чему равна Э.Д.С., индуцируемая в контуре?

20 мВ
200 мкВ
0,2 В
0,5 В
2 В
5 В
50 В

Вопрос №10

Линзу расположили на расстоянии 10 см от экрана и получили на нем увеличенное в 2 раза изображение. Чему равна оптическая сила линзы?

0,3 дптр
15 дптр

30 дптр
-0,3 дптр
-15 дптр
-30 дптр
1,5 дптр

Вопрос №11

Может ли многогранник, отвечающий фуллерену, иметь:
а) 2023 вершины?
б) 2023 шестиугольных грани?
в) 2023 ребра?

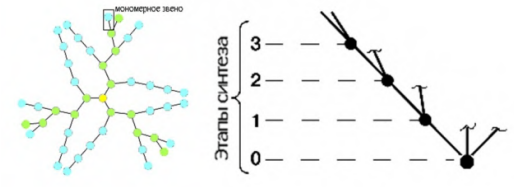
все ответы – да
все ответы – нет
а) да, б) нет, в) нет
а) нет, б) да, в) нет
а) нет, б) нет, в) да
а) да, б) да, в) нет
а) да, б) нет, в) да
а) нет, б) да, в) да

Вопрос №12

Геном человека можно рассматривать как строчку текста длиной примерно $3 \cdot 10^9$ букв, которыми записана информация в молекуле ДНК. Рассчитайте, за какое время весь геном будет скопирован одним ферментом, если при копировании он движется со скоростью 0,5 мкм/мин, а на каждые 3,4 нм генома приходится 10 букв.

3,4 часа
34 часа
340 часов
3400 часов
34000 часов
340000 часов
3400000 часов

Вопрос №13



Рассмотрим синтез некоторого разветвленного полимера, в котором к центральному звену типа **A** на первом этапе присоединяется три мономерных звена типа **B**. На всех последующих этапах к звену типа **B** может присоединяться два новых звена, равновероятно, либо типа **B**, либо типа **C**, а к звену типа **C** может присоединяться только одно звено, типа **C**. Присоединение возможно только к звеньям, присоединившимся на предыдущем шаге синтеза. Начиная с какого этапа доля звеньев типа **B** среди присоединяемых на этом этапе будет меньше 5%?

данное условие невыполнимо, доля B всегда больше 5%
19
20
21
22
23
среди ответов нет правильного

Вопрос №14

Рассмотрим три наночастицы, которые имеют форму: шара радиусом $\mathbf{a_1}$, куба с длиной ребра $\mathbf{a_2}$ и цилиндра с высотой равной его радиусу $\mathbf{a_3}$. При равной плотности и величине удельной площади поверхности (площади поверхности, отнесенной к единице массы материала) для таких наночастиц выполняются следующие соотношения:

$a_1 > a_2 > a_3$
$a_1 > a_3 > a_2$
$a_2 > a_1 > a_3$
$a_2 > a_3 > a_1$
$a_3 > a_1 > a_2$
$a_3 > a_2 > a_1$
$a_1 = a_2 > a_3$
$a_2 = a_3 > a_1$
$a_1 = a_3 > a_2$
$a_1 = a_2 = a_3$
среди ответов нет правильного

Вопрос №15

Общее число атомов металла, соответствующее двум вложенным друг в друга полым металлическим кластерам (ПМК) в форме полого тетраэдра, равно числу атомов в ПМК в форме полого октаэдра. Найдите **x**, если на ребра тетраэдров приходится по **x** и 2**x** атомов металла, соответственно, а на ребро октаэдра – (2**x** – 2) атома металла. Общее число атомов в ПМК в форме полого тетраэдра $2\mathbf{n}^2 - 4\mathbf{n} + 4$, общее число атомов в ПМК в форме полого октаэдра $4\mathbf{n}^2 - 8\mathbf{n} + 6$, где **n** – число атомов, приходящееся на ребро ПМК.

задача не имеет решения
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
среди ответов два правильных
среди ответов нет правильного

Вопрос №16

Непереносимость лактозы (неспособность усваивать молоко) обусловлена снижением активности (количества) фермента лактазы. Лактаза кодируется геном LCT, а его активность регулируется геном MCM6. Существуют две формы гена MCM6 C и T. Гомозиготы CC не способны к усвоению лактозы. У гетерозигот CT – уровень активности лактазы варьирует, как правило, с возрастом развивается лактазная недостаточность. Гомозиготы TT – хорошо переносят молоко и молочные продукты, лактоза легко усваивается. В небольшом сельском регионе существует небольшая устойчивая популяция, в которой доля людей, страдающих различными формами непереносимости лактозы составляет 30%. Определите частоту встречаемости гена C в этой популяции.

10%
16%
25%
30%

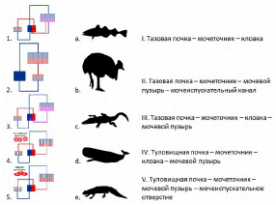
44%
67%
100%

Вопрос №17

Вода – удивительное, самое распространенное на поверхности Земли вещество, без воды невозможна жизнь. Определите, какие из утверждений о воде верны.
1. Вода всегда проводит электрический ток.
2. Биомолекулы носят «шубу» из воды.
3. Вода – один из главных «строителей» клеточных мембран.
4. Для функционирования ферментов не нужна вода.
5. Если воду заморозить, ее объем уменьшится.
6. Ионы серебра вызывают образование кластеров воды, которые препятствуют движению жгутиковых бактерий.

1,2
3,4,6
3,6
2,3
2,6
2,3,4

Вопрос №18



Установите соответствие между схемой кровеносной системы (помеченных арабскими цифрами), силуэтом животного (помеченного латинскими буквами) и кратким описанием выделительной системы (помеченных римскими цифрами). Ответ выглядит в виде последовательности арабской цифры, буквы и латинской цифры (например, 1aI). Задание считается решенным правильно, если верно указаны все соответствующие тройки.

1bI, 5cIII, 2aV, 3eII, 4dIV
1cI, 2aIV, 3eV, 4dII, 5bIII
1cIII, 2aV, 3eIV, 4dII, 5bI
1aIII, 2cV, 3dII, 4eIV, 5bI

Вопрос №19

Появившаяся на элеваторе кошка, питаясь только живущими там мышами, за неделю увеличила вес на 105 граммов, кроме того, она за это время поймала еще 35 мышей, есть которых не стала. Сколько ***килограммов*** (*обновлено 09.01.2023*) зерна спасет кошка за год (365 дней) если дальше будет охотиться такими же темпами? За день мышь способна съесть 4 грамма зерна. Вес одной мыши 15 граммов. Считаем, что каждая мышь прожила бы один год.

8990
7994
6500
7500
9678

Вопрос №20

Это класс органических соединений, в молекулах которого одновременно содержатся карбокси- и аминогруппы, из остатков этих соединений построены молекулы белков.
Из букв, составляющих название класса, можно составить:

Название клада четвероногих:
1. синопсид
2. завропсид
3. амниот
4. амфибия
5. тетрапод

Род лютиковых:
1. аконит
2. адонис
3. анемона
4. лютик
5. клематис

Вещество, недостаток, которого вызывает авитаминоз:
1. биотин
2. рибофлавин
3. тиамин
4. ретинол

5. холин

Стелющая форма деревьев, растущих в неблагоприятных условиях:
1. бонсай
2. кустарник
3. стланик
4. кедровник
5. мангры

завропсид, анемона, ретинол, кедровник
амфибия, лютик, рибофлавин, кустарник
синопсид, клематис, холин, мангры
амниот, аконит, тиамин, стланик
тетрапод, адонис, биотин, бонсай

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 10 – 11 классов. Простые задания (отборочный этап) Решение

1. **Ответ: WC**

   Все остальные вещества, кроме WC, имеют полиморфные модификации со структурой алмаза.

2. **Ответ: Ca**

   При сгорании на воздухе K → KO_2, Mn → MnO_2, Fe → Fe_3O_4, Cr → Cr_2O_3, а серебро на воздухе не окисляется.

3. **Ответ: фуллерены, для того чтобы предотвратить окисление масел кислородом воздуха**

   Фуллерены – антиоксиданты. Они присоединяют свободные радикалы, препятствуют окислению масел по цепным механизмам.

4. **Ответ: Al_2O_3**

   Все остальные вещества (даже если они не образуют наночастиц) реагируют с кислородом.

5. **Ответ: медь**

   Среди вариантов ответа – 4 металла, из них медь легче всего образуется при восстановлении ионов металла. Окраска вызвана наночастицами Cu, на поверхности которых находятся частицы оксида Cu_2O.

6. **Ответ: $1{,}38\cdot10^{17}$**

$$\frac{F_{\text{кул}}}{F_{\text{грав}}}=\frac{k_e q^2}{Gm^2}=\frac{8.988\cdot10^9\cdot(1.6\cdot10^{-19})^2}{6.67\cdot10^{-11}\cdot(5\cdot10^{-18})^2}=1.38\cdot10^{17}$$

7. **Ответ: $6{,}5\cdot10^3$ км/с**

$$\frac{mV^2}{2}=eU\ ,\ V=\left(\frac{2eU}{m}\right)^{1/2}=\left(\frac{2\cdot1.6\cdot10^{-19}\cdot120}{9.1\cdot10^{-31}}\right)^{1/2}=6.5\cdot10^6\ \frac{\text{м}}{\text{с}}=6.5\cdot10^3\ \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

8. **Ответ: уменьшить на 20%**

$$PV = P_{\text{насыщ}}V_{\text{насыщ}},$$

$$P = 0.8P_{\text{насыщ}},$$

следовательно, $V_{\text{насыщ}} = 0.8V$,

т.е. объём надо уменьшить на 20%.

9. <u>Ответ:</u> 200 мкВ

$$\mathcal{E} = vBl = 10\ \text{м/с}\ 0.02\ \text{м}\ 10^{(-3)}\ \text{Тл} = 0.2\ \text{мВ} = 200\ \text{мкВ}$$

10. <u>Ответ:</u> 30 дптр

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} f = \frac{d}{2} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{3}{d} = \frac{3}{0.1\text{м}} = 30\ \text{диоптрий}$$

11. <u>Ответ:</u> а) нет, б) да, в) нет

а) Любой фуллерен имеет четное число атомов, следовательно, фуллереновый многогранник не может иметь 2023 вершин.

б) Фуллереновый многогранник может иметь любое число шестиугольников, кроме одного, в том числе, 2023.

в) 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 делится на 3. Поскольку 2023 на три не делится, данное утверждение неверно.

12. <u>Ответ:</u> 34000 часов

На одну пару нуклеотидов приходится 3,4 нм/10 = 0,34 нм.

Тогда весь геном имеет длину **L** = $3 \cdot 10^9 \cdot 0{,}34 \cdot 10^{-9}$ = 1,02 метра.

На полную его репликацию потребуется время, равное

t = $1{,}02/(0{,}5 \cdot 10^{-6})$ = 2040000 минут = 34000 часов = 3,88 года. Именно поэтому копирование в живой клетке ведется в несколько потоков одновременно.

13. <u>Ответ:</u> 21

2 этап: к трем звеньям типа **B** присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **B** и три звена **C**.

3 этап: к трем звеньям типа **B** присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **B** и три звена **C**, к трем звеньям **C** присоединяются три звена **C**. Всего 3**B** + 6**C**.

n этап: к трем звеньям типа **B** присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **B** и три звена **C**, к 3(**n** – 2) звеньям **C** присоединяются 3(**n** – 2) звена **C**. Всего 3**B** + 3(**n** – 1)**C**.

В этом случае доля звеньев **B** среди всех присоединяемых на **n**-м этапе синтеза равна

$$\omega = \frac{3}{3 + 3(n-1)} = \frac{1}{n}.$$

Составим неравенство:

$$1/\mathbf{n} < 0{,}05,$$

$$\mathbf{n} > 20,$$

$$\mathbf{n} = 21.$$

14. <u>Ответ:</u> $a_2 > a_3 > a_1$

Запишем формулы для расчета удельной площади поверхности для наночастиц каждой формы:

- шар $S_{уд.шар} = \frac{S_{шар}}{m} = \frac{S_{шар}}{V_{шар}\rho} = \frac{4\pi a_1^2}{(4/3)\pi a_1^3\rho} = \frac{3}{a_1\rho}$
- куб $S_{уд.куб} = \frac{S_{куб}}{m} = \frac{S_{куб}}{V_{куб}\rho} = \frac{6a_2^2}{a_2^3\rho} = \frac{6}{a_2\rho}$
- цилиндр $S_{уд.цил} = \frac{S_{цил}}{m} = \frac{S_{цил}}{V_{цил}\rho} = \frac{2\pi a_{3^2} + 2\pi a_3 a_3}{\pi a_{3^2} a_3\rho} = \frac{2a_3^2 + 2a_3^2}{a_3^3\rho} = \frac{4}{a_3\rho}$

Выражая из этих формул линейные размеры, получаем:

$$\mathbf{S_{уд,шар} = S_{уд,куб} = S_{уд,цил}}$$

$$\frac{3}{a_1\rho} = \frac{6}{a_2\rho} = \frac{4}{a_3\rho}$$

$$4\mathbf{a}_1 = 2\mathbf{a}_2 = 3\mathbf{a_3}$$

$$2\mathbf{a}_1 = \mathbf{a}_2 = 1{,}5\mathbf{a_3}$$

Таким образом, $\mathbf{a_2} > \mathbf{a_3} > \mathbf{a_1}$.

15. <u>Ответ:</u> 5

Запишем квадратное уравнение, отвечающее условию

$$2\mathbf{x}^2 - 4\mathbf{x} + 4 + 2(2\mathbf{x})^2 - 4(2\mathbf{x}) + 4 = 4(2\mathbf{x} - 2)^2 - 8(2\mathbf{x} - 2) + 6$$

$$2\mathbf{x}^2 - 4\mathbf{x} + 4 + 8\mathbf{x}^2 - 8\mathbf{x} + 4 = 16\mathbf{x}^2 - 32\mathbf{x} + 16 - 16\mathbf{x} + 16 + 6$$

$$6\mathbf{x}^2 - 36\mathbf{x} + 30 = 0$$

$$\mathbf{D} = 1296 - 720 = 576 = 24^2$$

$$\mathbf{x} = (36 \pm 24)/12$$

$$\mathbf{x} = 1 \text{ или } \mathbf{x} = 5$$

Поскольку при **x** = 1 на ребро октаэдрического ПМК приходится 0 атомов, что не имеет смысла, то ответ **x** = 5.

16. <u>Ответ:</u> 16%

Если у 30% людей в популяции есть проблемы с усвоением молока, то у (100 – 30) 70% его нет. Воспользуемся уравнением Харди-Вайнберга:

$$CC^2 + 2CT + TT^2 = 1$$

При наличии генотипа ТТ проблемы с усвоение лактозы отсутствуют, то есть $TT^2 = 0{,}7$, а частота встречаемости *Т* равна 0,837, тогда частота встречаемости С равна (1 – 0,837) = 0,163 = 16%.

17. <u>Ответ:</u> 2,3

Утверждение 1 неверно, так как вода – хороший изолятор (рассматривается очищенная вода без примесей).

Утверждение 2 верно, так как вода играет важную роль в структуре и функционировании белков и других биомолекул, потому что образует вокруг них специальную оболочку из молекул воды – «шубу».

Утверждение 3 верно. Клеточные мембраны состоят из двойного слоя фосфолипидов, такая структура образуется в результате гидрофобных взаимодействий. В водном окружении молекулы фосфолипидов ориентируются так, чтобы гидрофобные «хвосты» были расположены внутри мембраны, где нет молекул воды, а полярные головки — снаружи. Именно гидрофобные взаимодействия являются основными, определяющими бислойную структуру мембран, поэтому можно считать, что вода — один из важных «строителей» клеточных мембран.

Утверждение 4 неверно. Для работы большинства ферментов, особенно, водорастворимых белков (цитоплазматических) вода необходима, так как входит в активные центры и/или располагается между разными частями молекулы, обеспечивая их взаимодействие и движение друг относительно друга.

Утверждение 5 неверно. Если воду заморозить, её объем увеличится.

Утверждение 6 неверно. Существуют различные данные о свойствах «серебряной воды». Наиболее вероятное негативное действие ионов серебра на бактерии заключается в том, что ионы серебра ингибируют работу ряда ферментов бактерий, замедляя или полностью останавливая деление клеток. Однако при этом ионы серебра не вызывают образование кластеров воды, влияющих на подвижность жгутиков.

18. <u>Ответ:</u> 1cIII, 2aV, 3eIV, 4dII, 5bI

В задании три колонки пронумерованные сверху вниз арабскими цифрами (левая), латинскими буквами (центральная) и римскими цифрами (левая). В левой колонке изображены схемы кровеносной системы: 1 – рептилий (крокодилов); 2 – рыб; 3 – амфибий; 4 – млекопитающих; 5 – птиц (от млекопитающих принципиально отличается формой эритроцитов). В центральной – силуэты различных животных: a – рыбы (кто-то из тресковых); b – птицы (казуара); c – рептилии (крокодила); d – млекопитающего (кашалота); e – амфибии (тритона). В правой – схематически обобщенно описаны различные типы выделительных систем: I – птиц; II –

млекопитающих; III – рептилий (не крокодилов!); IV – амфибий; V – рыб. Для получения 4 баллов необходимо правильно указать схему кровеносной системы, силуэт и схему выделительной системы (арабская цифра, латинская буква и римская цифра) для каждого таксона. Правильным является третий вариант сверху.

19. Ответ: 7994

У нас есть пищевая цепь зерно-мышь-кошка. Согласно правилу экологической пирамиды, на следующий уровень переходит только 10%, то есть было съедено мышей общим весом 1050 грамм или (1050/15) 70 мышей за неделю. Итого, включая пойманных, но не съеденных мышей – 105 мышей за неделю или 15 мышей в день. То есть, такими темпами кошка способна уничтожить (105/7 = 15x365) 5475 мышей в год, которые за свою жизнь (365 дней) способны съесть (4x365x5475/1000) 7994 кг зерна.

20. Ответ: амниот, аконит, тиамин, стланик

Органическое соединение – аминокислота. Из букв, составляющих это слово, можно составить: название класса четвероногих – амниот; род лютиковых – аконит; вещество, недостаток которого вызывает авитаминоз – тиамин; стелющая форма деревьев – стланик.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Задача 1. Осенние березы

Наступили осенние каникулы, и Саша Почемучкин наконец-то выспался. Выглянув в окно, он обратил внимание, что березы, которые 30 лет назад высадил у дома его дедушка, выглядят по-разному. Одна береза, стоящая между соседними домами около фонарного столба, по-прежнему, радовала взгляд по-летнему сочной зеленой листвой. Другая березка была в осеннем наряде из желтых листьев, а третье дерево полностью сбросило листву. И Почемучкин занялся своим любимым делом – начал сам себе задавать вопросы.

1. Какие факторы могли повлиять на то, что листва у одной из березок до сих пор зеленая? На это могло повлиять несколько причин, и Саша, посмотрев на свой двор, нашел наиболее очевидные. Как вы думаете, какие? **(4 балла)**

2. Глядя на желтые листья берез, он вспомнил рассказ дедушки про разные сорта моркови, отличающиеся по цвету. Почему у него возникли такие странные на первый взгляд ассоциации? **(2 балла)**

3. Расставьте березки, указывая их цвет и наличие листвы в ряд, где в начале будут деревья с самой низкой интенсивностью дыхания, а в конце с самой большой. От каких органелл зависит интенсивность дыхания растений? **(2 балла)**

Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Задача 2. Дружелюбный сосед Человек-паук

Человек-паук когда-то был обычным человеком, который получил сверхспособности после укуса радиоактивного генномодифицированного паука. Вероятно, ДНК паука изменило ДНК человека в соответствии со своими предпочтениями, но могло ли так случиться на самом деле?

Среди приобретенных способностей были: острое зрение, способность лазать по стенам. Его скелет и мышцы значительно улучшились. Память стала гораздо лучше. На запястьях у Человека-Паука расположены небольшие контейнеры, заполненные специальной жидкостью, по своему химическому составу похожей на паутину. При контакте с воздухом эта жидкость превращается в липкое и необычайно прочное волокно.

Как вы думаете, какие из перечисленных приобретённых способностей Человек-паук мог получить благодаря наноприспособлениям? Какие изменения физиологии могли бы привести к увеличению скорости реакции? Ответ обоснуйте. Вопрос творческий, засчитываются только обоснованные ответы.

Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Задача 3. Правильный выбор

Ниже представлены набор цветов и набор предметов. Для каждого набора сделайте правильный выбор и обоснуйте его.

Укажите цветы, которые жуки выберут для опыления. **(4 балла)**

А)  Магнолия

Б)  Клевер

В)  Иван-чай

Г)  Льнянка

Д)  Бузина

Биосенсоры – это системы, которые используют компоненты живых организмов или проходящие в них реакции для определения химических соединений. Определите, что из нижеприведенного можно отнести к биосенсорам. **(4 балла)**

Е)  Счетчик Гейгера

Ж)  Канарейка в клетке

З) 

Манометр

И) 

Глюкометр

К) 
Термометр

Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Задача 4. Кубик золота

Имеется кубик золота с длиной ребра 2 нм.

1. Рассчитайте число атомов в кубике (с точностью до атома). **(4 балла)**

2. Считая, что атомы имеют форму шара, определите радиус атома золота. **(4 балла)**

Известно, что:

- плотность золота равна 19,3 г/см^3,
- объем шаров при плотной упаковке составляет 74% от объема пространства.

Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)

Задача 5. Мыльные пузыри

1. Сколько мыльных пузырей диаметром 3,75 см можно получить из 1 мл мыльного раствора? Толщину стенки мыльного пузыря считать равной 30 нм. **(4 балла)**

2. Рассчитайте объем воздуха, суммарно заключенный во всех этих пузырях. **(4 балла)**

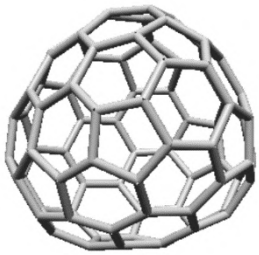
Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Задача 6. Адсорбент

Поверхность монолитного кубика адсорбента объемом 27 см^3 может поглотить 75 мкг токсина. Сколько граммов этого токсина сможет поглотить адсорбент, полученный разделением первоначального кубика на кубики со стороной 15 нм?

Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Задача 7. Фуллереновая матрешка



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

$$\mathbf{N} = 4(\mathbf{n}^2 + \mathbf{nm} + \mathbf{m}^2) - 24,$$

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 для него **n** = 2**x** – 1 и **m** = 2, а матрешку составляют фуллерены с параметрами (**x**, 1) и (**x** + 2, 2).

Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Задача 8. Загадки про кристалл

1. Даже если каждый атом
   Место занял чётко,
   Вряд ли станет результатом
   Сразу вся …

   (2 балла)

2. Дело вовсе не в текстуре, –
   Вам подскажет каждый мастер, –
   Десять атомов в структуре
   Не кристалл, всего лишь …

   (2 балла)

3. Чтобы он кристаллом звался,
   Нам куда принципиальней,
   Чтобы точно содержался
   В веществе порядок …

   (2 балла)

4. Потому частиц скопленье,
   Прочно севших рядом,
   Станем по определенью
   Звать …

   (2 балла)

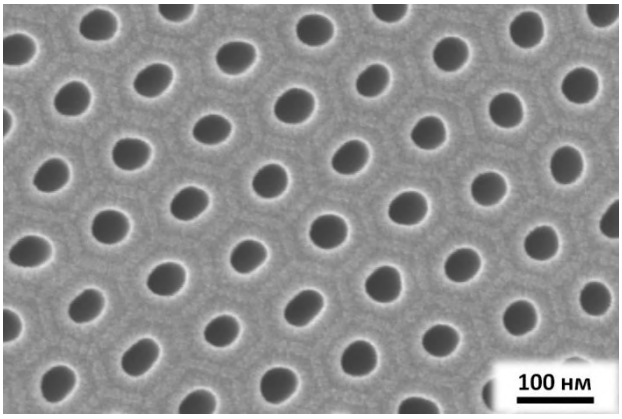
Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Задача 9. Пористый материал

На микрофотографии изображена пористая плёнка из оксида алюминия.

Оцените по картинке:

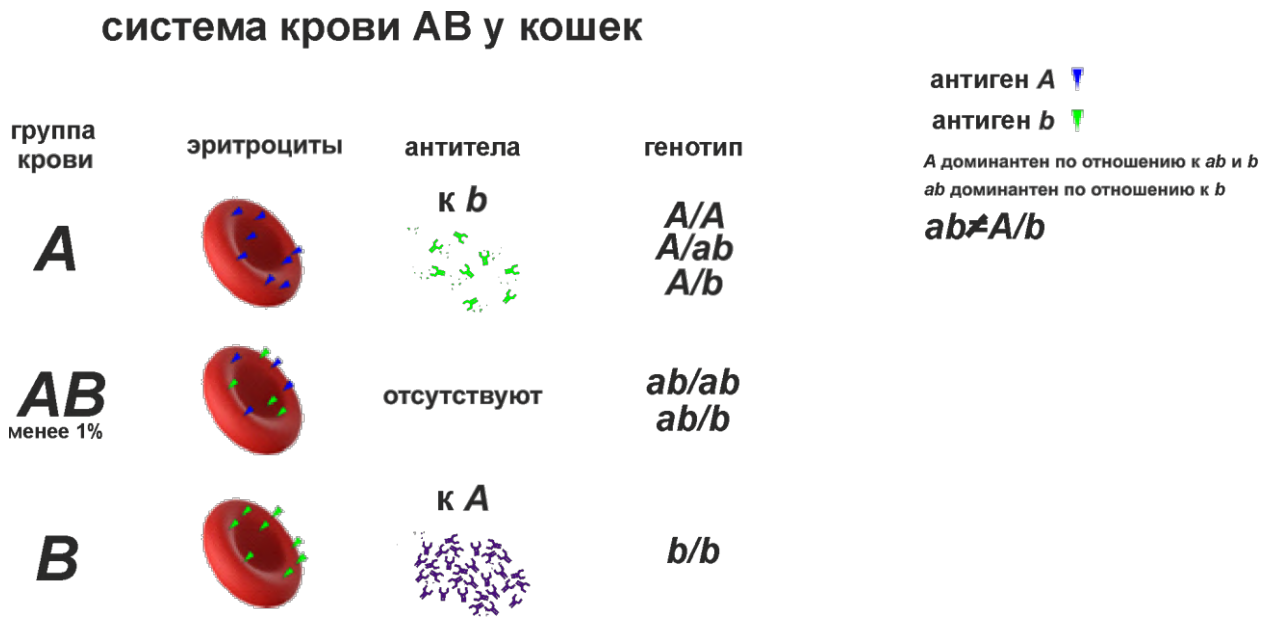
1. диаметр пор, **(2 балла)**
2. какую долю от общей площади поверхности занимают поры. **(6 баллов)**



Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)

Задача 10. Группы крови у кошек



У кошек выделяют три группы крови: **А**, **В** и **АВ**, которые определяются тремя аллелями: ***A***, ***ab*** и ***b***. При этом ***A*** доминантный аллель и доминирует над ***ab*** и ***b*** (соответственно, генотипы ***A/A, A/ab*** и ***A/b*** относятся к группе **А**), ***ab*** доминирует над ***b*** (соответственно, генотипы ***ab/ab*** и ***ab/b*** относятся к группе крови **АВ**, а генотип ***b/b*** к группе крови **В**).

Антитела в крови у кошек появляются при рождении. Кошки с **АВ** группой имеют А и В антигены, не имеют антител к ним и являются универсальными реципиентами. Кошки с группой **А** (самая распространенная) обладают антигеном **А**, многие содержат антитела к **В**. Все кошки с группой **В** имеют антитела к **А**.

Переливание крови допускается только от кошек с той же группой крови (исключение группа крови **АВ**). Также есть ограничения на вязку котов и кошек с разными группами крови.

На данный момент существует генетический тест, позволяющий оценить: гомозиготного носителя ***b*** (***b/b***), гетерозиготного носителя ***b*** (****/b***), и отсутствие аллеля ***b*** (****/****).

Была проведена вязка кошки, гетерозиготной по ***b*** (****/b***), и кота, у которого отсутствовал ***b*** (****/****). Какова вероятность появления котят с генотипом ****/b***? Ответ дайте в процентах.

Всего – 8 баллов

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 1. Осенние березы

1. Наиболее важные факторы окружающей среды, которые влияют на сроки вегетационного периода у растений, – это температура окружающей среды и грунта, полив, освещенность. Береза с зелеными листьями очевидно растет в более комфортной для вегетации зоне по сравнению с другими. Это может быть связано с тем, что:

   а) она лучше укрыта от ветра из-за стоящих рядом зданий

   б) фонарь увеличивает продолжительность светового дня

   в) температура грунта вокруг дерева выше, из-за проходящей около теплотрассы.

2. Возможно несколько вариантов, главное – обосновать. Разные по цвету сорта моркови содержат разное количество пигментов, каротиноидов и антоцианов. В желтых листьях, после разрушения хлорофилла становятся видны каротиноиды.

3. Интенсивность дыхания зависит от количества митохондрий в тканях. Интенсивность дыхания увеличивается в ряду: Береза без листьев ← Береза с желтыми листьями ← Береза с зелеными листьями.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 2. Дружелюбный сосед Человек-паук

ДНК паука могло встроиться в структуру ДНК человека. Если бы паучья слюна была богата вирусами, она бы изменила РНК человека (пример – короновирусные белки), либо его ДНК (пример – вирус герпеса).

К способностям, приобретенным благодаря наноприспособлениям, можно отнести карабканье по стенам. Например, на его пальцах могли отрасти нанотрубочки, как у геккона. Увеличение памяти могло произойти, например, благодаря увеличению количества нейронов и глиальных клеток и/или увеличению количества синаптических контактов между нейронами. Можно предположить, что увеличение количества зеркальных нейронов увеличит у человека скорость имитации наблюдаемого действия. Увеличение количества нейронов приведет к увеличению скорости обработки информации.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 3. Правильный выбор

В первой таблице правильные ответы А и Д, магнолия и бузина, потому что жуки для опыления выбирают цветы с выразительным запахом, так как у них лучше развито обоняние, чем зрение.

Во второй таблице правильные ответы Ж и И: канареек использовали в шахте, чтобы определить наличие токсичных для человека газов, метана, угарного и углекислого газов, а в ряде глюкометров (прибор для измерения уровня глюкозы в крови) используется фермент глюкозоксидаза, который расщепляет глюкозу, присутствующую в крови, и электроны образующиеся в процессе этой редокс-реакции детектируются электродом.

По **2 балла** за каждый правильный выбор.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 4. Кубик золота

1. Масса кубика равна $m = \rho V = 19{,}3$ г/см^3·(2·10^{-7} см)^3 = 1,544·10^{-19} г.

   Количество золота равно $\nu = m/M$ = 1,544·10^{-19} г / (196,97 г/моль) = 7,839·10^{-22} моль.

   Число атомов золота равно $N = \nu \cdot N_A$ = 7,839·10^{-22} моль·6,02·10^{23} моль$^{-1}$ = 472 атома.

2. Радиус равен 0,144 нм.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 5. Мыльные пузыри

1. Рассчитаем объем мыльного раствора, идущий на формирование одного пузыря, обозначив его диаметр как **D**, а толщину стенки как **d**:

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{D^3}{8} - \left(\frac{D}{2} - d\right)^3\right) = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{3{,}75^3}{8} - \left(\frac{3{,}75}{2} - 30\cdot 10^{-7}\right)^3\right) \approx 1{,}32536\cdot 10^{-4}\ \text{мл.}$$

Тогда из 1 мл мыльного раствора можно получить

$$\mathbf{N} = 1/\mathbf{V_1} = 1/1{,}32536\cdot 10^{-4} = 7545 \text{ мыльных пузырей.}$$

2. Объем воздуха, заключенного внутри одного пузыря:

$$V_2 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{D}{2} - d\right)^3 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{3{,}75}{2} - 30\cdot 10^{-7}\right)^3 \approx 27{,}61 \text{ мл.}$$

Тогда общий объем воздуха

$$\mathbf{V_{возд}} = \mathbf{V_2}\cdot\mathbf{N} = 27{,}61\cdot 7545 = 208317{,}45 \text{ мл} = 208{,}3 \text{ литра.}$$

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 6. Адсорбент

Чтобы найти, как измениться масса поглощенного токсина, для начала рассчитаем, как увеличится площадь поверхности адсорбента при дроблении.

Площадь поверхности исходного кубика составляет

$$6\left(\sqrt[3]{27\cdot 10^{-6}}\right)^2 = 6\cdot 3^2\cdot 10^{-4} = 5{,}4\cdot 10^{-3}\ \text{м}^2.$$

Площадь поверхности маленького кубика равна

$$6\cdot(15\cdot 10^{-9})^2 = 1{,}35\cdot 10^{-15}\ \text{м}^2.$$

Всего маленьких кубиков будет

$$\frac{27\cdot 10^{-6}}{\left(15\cdot 10^{-9}\right)^3} = 8\cdot 10^{18}.$$

Тогда общая площадь маленьких кубиков равна

$$8\cdot 10^{18}\cdot 1{,}35\cdot 10^{-15} = 10800\ \text{м}^2.$$

Значит, масса поглощенного токсина составит:

$$75\cdot 10^{-6}\cdot\frac{10800}{5{,}4\cdot 10^{-3}} = 150\ \text{г}.$$

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 7. Фуллереновая матрешка

Запишем уравнение, связывающее параметры всех трех фуллеренов:

$$4(\mathbf{x}^2 + \mathbf{x} + 1^2) - 24 + 4((\mathbf{x} + 2)^2 + 2(\mathbf{x} + 2) + 2^2) - 24 = 4((2\mathbf{x} - 1)^2 + 2(2\mathbf{x} - 1) + 2^2) - 24$$

$$\mathbf{x}^2 + \mathbf{x} + 1 - 6 + \mathbf{x}^2 + 4\mathbf{x} + 4 + 2\mathbf{x} + 4 + 4 - 6 = 4\mathbf{x}^2 - 4\mathbf{x} + 1 + 4\mathbf{x} - 2 + 4 - 6$$

$$2\mathbf{x}^2 - 7\mathbf{x} - 4 = 0$$

$$\mathbf{D} = 49 + 32 = 81$$

$$\mathbf{x} = (7 \pm 9)/4$$

$$\mathbf{x} = 4.$$

Тогда $\mathbf{n} = 2\mathbf{x} - 1 = 7$.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 8. Загадки про кристалл

1. решетка.
2. кластер.
3. дальний.
4. агломератом.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 9. Пористый материал

1. Из картинки видно, что средний диаметр поры – около половины от единицы масштаба, т.е. 50 нм.

2. Площадь прямоугольника – примерно 800*550 = 440 000 нм^2. Он содержит примерно 45 пор общей площадью $45*\pi*(50/2)^2$ = 88 000 нм^2. Доля площади, занятой порами:

$$88\,000 / 440\,000 = 0{,}2 = 20\%.$$

Примерно такой же результат получается, если заметить, что каждая пора находится в центре шестиугольника ребром около 60 нм.

$$S_{поры} / S_{шестиуг} = \pi*(50/2)^2 / (3^{3/2}/2*60^2) = 0{,}21 = 21\%.$$

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (отборочный этап)
Решение задачи 10. Группы крови у кошек

Если вы посмотрите чуть внимательнее на генотипы отца и матери и/или нарисуете решетку Пеннета то, наверняка заметите, что вопрос слабо связан с особенностями групп крови у кошек, а ответ 50 (%).

	*****	***b***
*****	***/***	***/b***
*****	***/***	***/b***

5-9 классы. Комплекс предметов "химия, физика, математика, биология". Отборочный этап. Простые задания

Комплекс предметов

Категория участников: школьники 5-9 классов

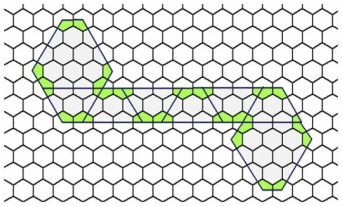
Вопрос №1

Стих о химии

На окрас pH влияет –
Он pH-сигнализатор.
В разных средах цвет меняет
И зовётся …

имитатор
конденсатор
индикатор
активатор
коммутатор
катализатор

Вопрос №2



Развертка фуллерена

На рисунке представлена развертка некоторого фуллерена на графеновой плоскости. Зеленым цветом отмечены области, формирующие пятиугольники этого фуллерена, серым – шестиугольники. Из скольких атомов углерода состоит его каркас?

60
84
92
116
120
124
128
132
среди ответов нет правильного

Вопрос №3

Наномасло

Ряд исследователей предлагают добавлять в смазочные масла небольшие порции некоторого наноуглеродного материала. Какой материал добавляется в масла и зачем?

наноалмазы, для того чтобы уменьшить вязкость масел
графен, чтобы дополнительно уменьшить трение
фуллерены, для того чтобы предотвратить окисление масел кислородом воздуха
нанотрубки, для того чтобы сделать масла более экологически чистыми и устранить запахи
нанотрубки, для того чтобы понизить температуру затвердевания масел
оксид графена, чтобы ускорить окисление масла

Вопрос №4

Эритроциты человека – много или мало?

Сравните высоту сложенных в стопку всех эритроцитов одного человека и радиус Земли, если толщина одного эритроцита составляет 2,5 микрометра, а общее число эритроцитов в организме человека равно 2,5 триллиона.

примерно совпадают
радиус Земли больше примерно на порядок
радиус Земли меньше примерно на порядок
радиус Земли больше примерно на два порядка
радиус Земли меньше примерно на два порядка
радиус Земли больше на много порядков

радиус Земли меньше на много порядков

Вопрос №5

Еще один стих о химии

Распознать её сумеет
Кто угодно без труда.
Если лакмус покраснеет,
Значит это ...

пустота
частота
красота
кислота
теплота
ерунда

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов. Простые задания (отборочный этап) Решение

1. **Ответ: индикатор**

2. **Ответ: 92**

   Надо посчитать число вершин внутри выделенной области. Два больших шестиугольника (левый и правый) включают 2*30 = 60 вершин, 4 трапеции, расположенные в линию, – еще 4*8 = 32, всего – 92 вершины.

3. **Ответ: фуллерены, для того чтобы предотвратить окисление масел кислородом воздуха**

   Фуллерены – антиоксиданты. Они присоединяют свободные радикалы, препятствуют окислению масел по цепным механизмам.

4. **Ответ: примерно совпадают**

   Высота стопки эритроцитов равна суммарной высоте всех эритроцитов человека

   $$\mathbf{h} = 2{,}5\cdot10^{12}\cdot2{,}5\cdot10^{-6} = 6{,}25\cdot10^{6}\ \text{м}.$$

   Радиус Земли составляет 6371 км или $6{,}371\cdot10^{6}$ м.

   Данные величины примерно совпадают.

5. **Ответ: кислота**

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 10 – 11 классов (заключительный этап)
Химия. Вариант II

Задача 1. Колоссальное магнетосопротивление (5 баллов)

Колоссальное магнетосопротивление – эффект, состоящий в резком изменении сопротивления материала во внешнем магнитом поле. В качестве такого материала может выступать соединение $La_{0.7}X_{0.3}MnO_3$, то есть манганат лантана, в котором 30% катионов лантана замещены на катионы элемента X.

1. Определите неизвестный элемент X, если молярная масса $La_{0.7}X_{0.3}MnO_3$ на 6.36% меньше молярной массы незамещённого манганата (III) $LaMnO_3$. Ответ подтвердите расчётом. **(3 балла)**

2. Каковы степени окисления марганца в соединении $La_{0.7}X_{0.3}MnO_3$? Ответ поясните. **(2 балла)**

Задача 2. Пленки диоксида кремния (5 баллов)

Один из способов получения пленок диоксида кремния – химическое осаждение из газовой фазы. Твердый SiO_2 образуется при нагревании кремнийсодержащих веществ в газовой фазе. Одна из таких реакций – разложение тетраэтоксисилана $Si(OC_2H_5)_4$ – является реакцией нулевого порядка, т.е. протекает с постоянной скоростью.

1. Напишите уравнение реакции. **(2 балла)**

2. За 5 минут концентрация вещества в газовой фазе уменьшилась с $6.0\cdot10^{-4}$ моль/л до $5.0\cdot10^{-4}$ моль/л. За какое время реакция завершится полностью, если начальная концентрация равна $6.0\cdot10^{-4}$ моль/л? **(3 балла)**

Задача 3. Синтез наночастиц золота (5 баллов)

Для получения наночастиц золота поступили следующим образом. Растворением золота в царской водке получили вещество A_1, через который пропустили силан SiH_4. Наблюдали образование окрашенного раствора, содержащего наночастицы, и выпадение белого осадка A_2 массой 234 мг.

1. Напишите формулы веществ A_1 и A_2. **(2 балла)**

2. Составьте уравнение реакции с силаном. **(1 балл)**

3. Рассчитайте количество полученных наночастиц золота (в молях), считая, что все они сферические и имеют радиус 3.0 нм, радиус атома золота примите равным 0.15 нм. **(2 балла)**

Задача 4. Два полезных металла (10 баллов)

Важная деталь современных планарных газовых сенсоров – микронагреватель – получается методом магнетронного напыления из сплава металлов **А** и **Б**, известных также своими каталитическими свойствами. В лаборатории было решено уточнить массовые доли металлов в сплаве. Для этого через плёнки сплава массой 1.00 г пропускали фтор при температуре 700°C. При этом образовались вещества **В** и **Г** (*реакции 1, 2*), в каждом из которых мольная доля соответствующего металла составила 14.3%. Масса **В** составила 1.41 г. Вещества разделили и через вещество **В** пропустили кислород, в результате чего образовалось ионное вещество **Д** (*реакция 3*), катион которого состоит только из атомов кислорода.

1. Определите вещества **А** – **Д**, если известно, что массовая доля кислорода в **Д** составляет 9.38%, а массовая доля металла в **Г** равна 47.44%. Ответ подтвердите расчётами. Напишите уравнения реакций (1) – (3) **(5 баллов)**

2. Найдите массовые доли металлов **А** и **Б** в исходном сплаве. **(1 балл)**

Через вещество **Г** в присутствии воды пропустили жёлто-зелёный газ **Е** с резким запахом, результате образовался газ **Ж**, являющийся сильным окислителем. При пропускании **Ж** через горячую воду (*реакция 4*) выделились два газа (один из них – **Е**) в мольном соотношении 2:1, и образовался раствор HF. Средняя молярная масса газовой смеси составила 58 г/моль.

3. Определите вещества **Е** и **Ж**, ответ подтвердите расчётами. Напишите уравнение реакции (4). **(2 балла)**

Исходный сплав наносят на контактные сетки, устанавливаемые и используемые в процессе получения важного продукта химической промышленности.

4. Рассчитайте площадь поверхности такой сетки, если её можно представить в виде трубки диаметром 2 мм и длиной 4000 м. В какой важнейшей промышленной реакции сплав этих металлов является катализатором? Напишите уравнение этой реакции (*реакция 5*). **(2 балла)**

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 10 – 11 классов (заключительный этап)
Химия. Вариант II. Решения

Решение задачи 1. Колоссальное магнетосопротивление (5 баллов)

1. Пусть молярная масса элемента X равна *x* г/моль. Тогда с одной стороны, молярная масса $La_{0.7}X_{0.3}MnO_3$ равна

$$M(\mathrm{La_{0.7}X_{0.3}MnO_3}) = 0.7\cdot 138.91 + 0.3\cdot x + 1\cdot 54.94 + 3\cdot 16.00 = 200.177 + 0.3x\ \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Молярная масса незамещенного манганата(III):

2.
$$M(\mathrm{LaMnO_3}) = 138.91 + 54.94 + 3\cdot 16.00 = 241.85\ \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

По условию,

$$\frac{200.177 + 0.3x}{241.85} = 0.9364,$$

x = 87.64 г/моль, X – стронкий.

Соединение – $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$.

2. В соединении $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$ марганец присутствует в двух степенях окисления: 70% атомов марганца в степени окисления +3 и 30% атомов марганца в степени окисления +4. Это позволяет обеспечить электронейтральность соединения, в котором часть трёхзарядных катионов лантана заместили двухзарядными катионами стронция.

Решение задачи 2. Пленки диоксида кремния (5 баллов)

1. Возможное уравнение: $Si(OC_2H_5)_4 = SiO_2 + 4C_2H_4 + 2H_2O$.

   Принимается любое разумное уравнение.

2. Реакция 0-го порядка протекает с постоянной скоростью, в нашем случае $1.0\cdot 10^{-4}$ / 5 = = $2.0\cdot 10^{-5}$ моль/л/мин. Время полного разложения: $6.0\cdot 10^{-4}$ / $2.0\cdot 10^{-5}$ = 30 мин.

Решение задачи 3. Синтез наночастиц золота (5 баллов)

1. A_1 – $HAuCl_4$ **(1 балл)**, A_2 – H_2SiO_3 **(1 балл)**

2. Уравнение реакции: $8HAuCl_4 + 3SiH_4 + 9H_2O = 8Au + 3H_2SiO_3 + 32HCl$

3. $\nu(H_2SiO_3) = 234 / 78 = 3$ ммоль, отсюда $\nu(Au) = 8$ ммоль **(1 балл)**

   $V = 4/3*\pi R^3$

   N(атомов в одной НЧ) = V(НЧ) / V(ат) = (R(НЧ)/R(ат))^3 = $(3/0.15)^3 = 8000$. **(1 балл)**

   ν(НЧ) = 8 ммоль / 8000 = 1 мкмоль. **(1 балл)**

Решение задачи 4. Два полезных металла (10 баллов)

1-2. Мольные доли металлов в **В** и **Г** χ = 14.3%, значит, **В** и **Г** имеют состав AF_6 и $БF_6$. Вещество **Д** содержит в себе катион, полностью состоящий из кислорода, это – O_2^+. Тогда M(**Д**) = $\frac{2\times16\text{ г/моль}}{0.0938} \approx 341$ г/моль. Учитывая, что в молекуле **В** 6 атомов фтора, получим M(**А**) = 195 г/моль, следовательно, **А** = Pt, **В** = PtF_6, **Д** = $O_2^+PtF_6^-$.

Вещества **В** образовалось 1.41 г, значит, $\nu(PtF_6) = \frac{1.41\text{ г}}{309\text{ г/моль}} \approx 4.5$ ммоль = ν(Pt), следовательно, m(Pt) = 4.5 ммоль × 195 г/моль = 0.88 г. Сплав содержит 88% платины.

Массовая доля металла **Б** в **Г** составляет 47.44%, значит, $\omega(F) = 0.5256$. Зная, что молекула **Г** содержит 6 атомов F, получим M(**Б**) = $\frac{6\times19\text{ г/моль}}{0.5256} - 6 \times 19$ г/моль = = 102.9 г/моль ⇒ **Б** = Rh, **Г** = RhF_6. Родий составляет 12% массы сплава.

3. Очевидно, что желто-зелёный газ с резким запахом – хлор. При реакции с высшим фторидом металла, образуется интергалогенид ClF_n, где n =1, 3, 5. Далее интергалогенид реагирует с водой с образованием газовой смеси. $M_{ср}$ = 58 г/моль соответствует смеси $2Cl_2 + O_2$. Такая смесь образуется при гидролизе ClF.

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
Pt	Rh	PtF_6	RhF_6	$O_2^+PtF_6^-$	Cl_2	ClF

Уравнения реакций:

1) $Pt + 3F_2 = PtF_6$

2) $Rh + 3F_2 = RhF_6$

3) $O_2 + PtF_6 = O_2^+PtF_6^-$

4) $4ClF + 2H_2O = 2Cl_2\uparrow + O_2\uparrow + 4HF$

4. Площадь поверхности рассчитаем, как площадь боковой поверхности цилиндра: $S = 2\pi rL = \pi dL$; $S = \pi \times 2 \times 10^{-3}$ м $\times$ 4000 м = 25 м^2.

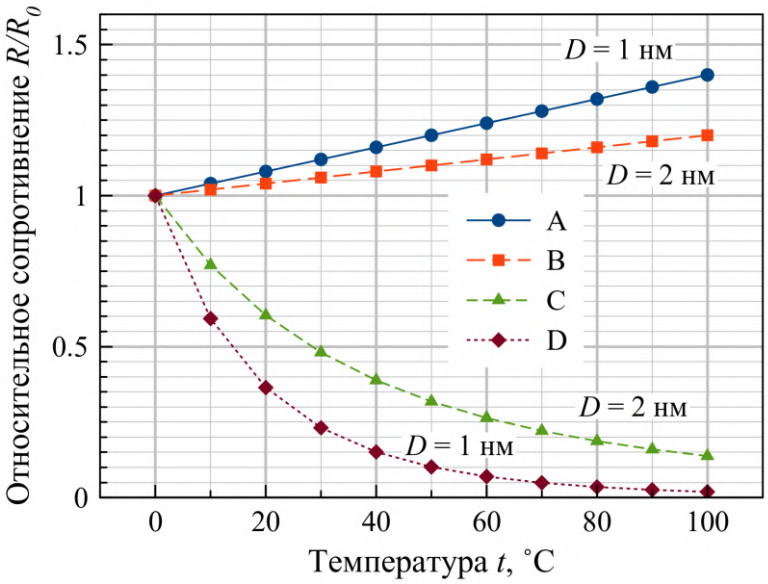
Сплав Pt/12%Rh используется в качестве катализатора в реакции окисления аммиака в процессе получения азотной кислоты:

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O \text{ (Kat=Pt/Rh)}$$

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 10 – 11 классов (заключительный этап)
Физика. Вариант IV

Задача 1. Углеродные нанотрубки (5 баллов)

В зависимости от конфигурации атомов углерода, нанотрубки могут обладать металлическим или полупроводниковым типом проводимости. Они характеризуются разными температурными зависимостями сопротивления. На рисунке представлены зависимости относительного сопротивления от температуры для четырех нанотрубок (две диаметром D = 1 нм и две диаметром D = 2 нм).



1. Для каждой зависимости A, B, C и D определите тип проводимости. **(1 балл)**

2. Для нанотрубки диаметром D = 2 нм с металлическим типом проводимости рассчитайте температурный коэффициент сопротивления α. **(2 балла)**

3. Какие нанотрубки (какой тип проводимости и диаметр) следует взять, чтобы построить на их основе максимально чувствительный детектор изменения температуры в области низких и высоких температур? Ответ подкрепите численными оценками. **(2 балла)**

Задача 2. Ионное травление (5 баллов)

Известно, что ускоренные ионы ксенона способны выбивать атомы с определённого участка на поверхности обрабатываемого материала. Такой метод наноструктурирования поверхности называется травлением ионным пучком.

1. Определите кинетическую энергию (в Дж) и скорость (в м/с) ионов Xe^+, ускоренных разностью потенциалов U = 2.3 кВ. Масса иона ксенона m = 131 а.е.м.
   1 а.е.м. = $1.66 \cdot 10^{-27}$ кг **(2 балла)**

2. Определите кинетическую энергию теплового движения (в Дж) и скорость (в м/с) ионов Xe^+ при температуре T = 298 К. **(2 балла)**

3. Для чего ионы ксенона необходимо ускорять электрическим полем? Дайте аргументированный ответ, сравнив скорости ионов Xe^+ из вопросов 1 и 2. **(1 балл)**

Задача 3. Лазерное плавление (5 баллов)

Сфокусированное импульсное лазерное излучение может быть использовано для локального плавления тонких металлических пленок.

1. При какой минимальной средней мощности P импульсного лазера с частотой следования импульсов f = 100 кГц будет достигаться режим полного плавления единичным импульсом для алюминиевой пленки толщиной h = 200 нм при диаметре облучаемой области D = 200 мкм? Коэффициент отражения R = 0.8. Потерями энергии на нагрев окружающей пленки, подложки и воздуха пренебречь. **(4 балла)**

2. Как изменится объем расплавленной области по сравнению с объемом той же части пленки до облучения? **(1 балл)**

Плотность алюминия $\rho = 2.7\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, удельная теплота плавления $\lambda = 390\ \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, удельная теплоемкость $c = 897\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$, температура плавления $T_{\text{пл}} = 660$ °C. Начальная температура пленки: 25 °C.

Задача 4. Кто быстрее? (10 баллов)

С небольшой горы с постоянным углом наклона α на лыжах съезжают взрослый и ребенок. Кто из них быстрее достигнет основания горы при одновременном старте с нулевой начальной скоростью и одинаковом коэффициенте трения между лыжами и снегом? При решении рассмотреть следующие случаи:

1) силой сопротивления воздуха можно пренебречь; **(2 балла)**

2) считать, что сила сопротивления воздуха зависит только от скорости (прямо пропорционально); **(4 балла)**

3) считать, что сила сопротивления воздуха зависит как от скорости, так и от площади поперечного сечения лыжника (прямо пропорционально). **(4 балла)**

Ответы поясните.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 10 – 11 классов (заключительный этап)
Физика. Вариант IV. Решения

Решение задачи 1. Углеродные нанотрубки (5 баллов)

1. Сопротивление металлов с ростом температуры линейно растет, а полупроводников – экспоненциально падает. Поэтому кривые A и B соответствуют металлическому типу проводимости, а кривые C и D – полупроводниковому.

2. Температурная зависимость сопротивления:

$$R = R_0(1 + \alpha t), \alpha = \left(\frac{R}{R_0} - 1\right)/t$$

Таким образом, температурный коэффициент сопротивления - это тангенс угла наклона прямой на рисунке.

$$\alpha = \frac{0.2}{100} = 2 * 10^{-3}\ \frac{1}{°C}$$

3. Чувствительность детектора тем больше, чем больше относительное изменение сопротивления $\frac{\Delta R}{R}$ при одинаковом изменении температуры Δt. По графику видно, что при изменении температуры в области 0-10 °C самое большое относительное изменение сопротивления имеет нанотрубка с полупроводниковой проводимостью и диаметром $D = 1$ нм (кривая D): $\frac{|\Delta R|}{R} \approx 0.6$. В области высоких температур (90-100 °C) - нанотрубка с металлической проводимостью и диаметром $D = 1$ нм (кривая A):

$$\frac{|\Delta R|}{R} \approx 0.04.$$

Решение задачи 2. Ионное травление (5 баллов)

1. Потенциальная энергия частицы с зарядом q в электрическом поле с разностью потенциалов U равна

$$E_p = qU$$

Кинетическая энергия частицы массой m, движущейся со скоростью v, равна

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

По закону сохранения энергии максимальная кинетическая энергия должна быть равна потенциальной энергии, то есть

$$qU = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

Следовательно,

$$E_k = 1.6 \cdot 10^{-19}\ \text{Кл} \cdot 2300\ \text{В} = 3.68 \cdot 10^{-16}\ \text{Дж}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3.68 \cdot 10^{-16}\ \text{Дж}}{131 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}}} = 58002\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2. Кинетическая энергия теплового движения равна

$$E_k = \frac{3}{2} kT$$

$$E_k = \frac{3}{2} \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}\ \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 298\ \text{К} = 6.17 \cdot 10^{-21}\text{Дж}$$

Скорость такого иона ксенона равна

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6.17 \cdot 10^{-21}\ \text{Дж}}{131 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}}} = 237\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Скорость иона ксенона, ускоренного разностью потенциалов 2.3 кВ, в $\frac{58002}{237} = 245$ раз больше скорости теплового движения.

3. Ускорять ионы необходимо для повышения их кинетической энергии и, следовательно, увеличения силы удара ионов о поверхность материала. Это позволит эффективно выбивать (стравливать) атомы с поверхности материала.

Решение задачи 3. Лазерное плавление (5 баллов)

1. Масса облучаемой области металлической пленки:

$$m = V\rho = \frac{\pi D^2}{4} h\rho$$

Теплота, необходимая для полного плавления облучаемой области металлической пленки:

$$Q = cm\Delta T + \lambda m = \frac{\pi D^2}{4} h\rho(c\Delta T + \lambda)$$

Эта теплота должна быть равна энергии в одном импульсе лазера *E*, связанной со средней мощностью излучения *P* через частоту следования импульсов *f*:

$$P(1 - R) = Ef = Qf = \frac{\pi D^2}{4} h\rho(c\Delta T + \lambda)f$$

Минимальная средняя мощность *P* импульсного лазера, необходимая для полного плавления облучаемой области:

$$P = \frac{\pi D^2}{4(1-R)} h\rho(c\Delta T + \lambda)f = \frac{3.14 \cdot 4 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-7} \cdot 2700 \cdot (897 \cdot 635 + 390000) \cdot 10^5}{4 \cdot 0.2}$$
$$\approx 8.15 \text{ Вт}$$

2. Плотность алюминия при плавлении уменьшается, как и для большинства металлов, следовательно, объем – увеличивается.

Решение задачи 4. Кто быстрее? (10 баллов)

1. Для решения задачи важно в первую очередь учесть, что взрослый и ребенок различаются по своей массе. При отсутствии силы сопротивления и равных значениях коэффициента трения μ ускорение не будет зависеть от массы лыжника и будет определяться выражением:

$$a = g(sin\alpha - \mu cos\alpha)$$

Время спуска по склону длиной L связано с ускорением формулой (при условии нулевой начальной скорости):

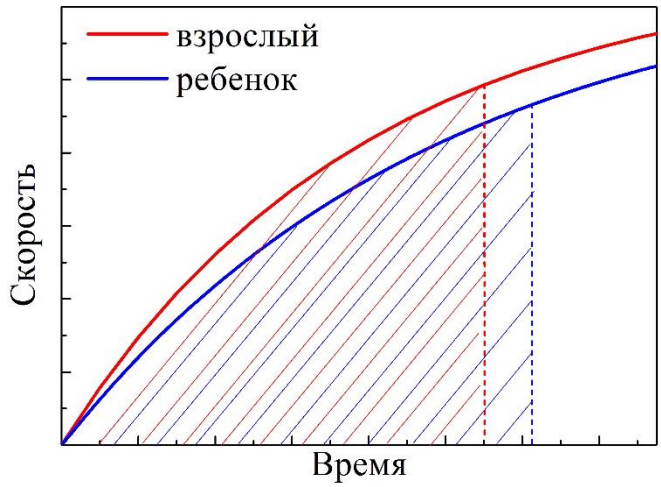
$$t = \sqrt{\frac{2L}{a}}$$

Таким образом, оба лыжника достигнут основания горы одновременно, поскольку их ускорения равны.

2. В случае, если сила сопротивления воздуха зависит только от скорости (k – коэффициент пропорциональности), ускорение лыжника будет определяться выражением:

$$a = g(sin\alpha - \mu cos\alpha) - \frac{k}{m}v$$

Из этой формулы следует, что ускорение максимально в начальный момент времени (когда скорость равна нулю) и уменьшается в дальнейшем с ростом скорости лыжника. При этом мгновенное значение ускорения будет всегда больше у лыжника с большей массой при условии равенства их скоростей. При неограниченной длине спуска ускорение в определенный момент обратится в ноль, а скорость, возраставшая изначально, выйдет на установившееся значение. График зависимости скорости от времени для ограниченного по длине склона схематично представлен на рисунке.



Кривая скорости взрослого находится выше кривой скорости ребенка, что отражает факт зависимости мгновенного ускорения от массы: угол наклона касательной в точке с определенным значением скорости будет больше для кривой скорости взрослого лыжника по сравнению с углом наклона касательной в точке с тем же значением скорости для ребенка. Пройденный путь есть площадь под кривой $v(t)$. Из равенства площадей для спуска по склону конечной длины L (заштрихованные области на рисунке) следует, что время, затраченное на спуск взрослым лыжником, будет меньше, чем время, затраченное на спуск ребенком.

3. В случае, если сила сопротивления воздуха зависит как от скорости, так и от площади поперечного сечения лыжника S (n – результирующий коэффициент пропорциональности), ускорение лыжника будет определяться выражением:

$$a = g(sin\alpha - \mu cos\alpha) - \frac{n}{m}Sv$$

В последнее слагаемое входит отношение площади поперечного сечения лыжника к его массе. Массу можно выразить через плотность ρ и объем, а объем в свою очередь приближённо можно представить как произведение площади поперечного сечения и некой средней «толщины» лыжника h. Таким образом, ускорение приближённо будет определяться выражением:

$$a \approx g$$

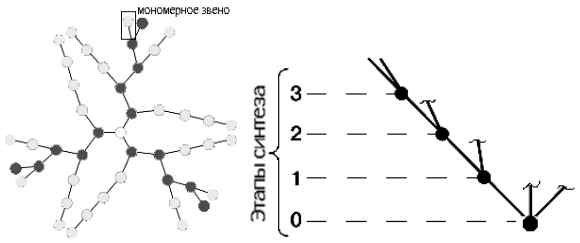
Учитывая, что средняя «толщина» взрослого больше, чем средняя «толщина» ребенка (а их плотности можно считать одинаковыми), мгновенное ускорение взрослого лыжника будет больше мгновенного ускорения ребенка при условии равенства их скоростей. Применяя далее рассуждения для графика $v(t)$, приведенные в п.2, снова приходим к выводу, что взрослый лыжник достигнет основания горы быстрее, чем ребенок.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 10 – 11 классов (заключительный этап)
Математика. Вариант III

Задача 1. РНК и вероятность (5 баллов)

В ходе эксперимента были синтезирован набор из всех теоретически возможных линейных фрагментов РНК, состоящих из 2 нуклеотидов **C,** 4 нуклеотидов **U** и 3 нуклеотидов **G**. Какова вероятность, что случайно выбранный из такого набора фрагмент РНК будет иметь структуру CCUUUUGGG? Последовательность нуклеотидов несимметрична, то есть имеет начало и конец.

Задача 2. Гибридный дендример (5 баллов)

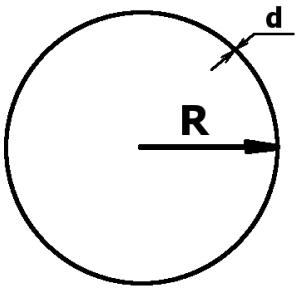


Рассмотрим синтез некоторого разветвленного полимера, в котором к центральному звену **A** на первом этапе присоединяется три мономерных звена **B**. На всех последующих этапах к звену **B** может присоединяться два новых звена, равновероятно, либо **B**, либо **C**, а к звену **C** может присоединяться только звено **C**. Присоединение возможно только к звеньям, присоединившимся на предыдущем этапе синтеза.

1. Выведите зависимость общего числа звеньев **B** и общего числа звеньев **C** в зависимости от числа этапов синтеза. **(3,5 балла)**

2. До какого номера этапа включительно доля звеньев **B** среди всех звеньев, составляющих полимер, будет больше 5%? **(1,5 балла)** При расчете доли звеньев **B** в полимере наличием центрального звена **A** пренебречь.

Задача 3. Липосомы (5 баллов)



Липосомы – сферические «пузырьки», заполненные жидкостью, стенки которых состоят из липидов. Для получения липосом в две одинаковые колбы с водой объемом $\mathbf{V_0}$ = 100 мл добавили по $\mathbf{V_L}$ = 0,2 мл некоторого липида. После обработки ультразвуком в первой колбе образовались липосомы радиуса $\mathbf{R_1}$ = 40 нм, а во второй – $\mathbf{R_2}$ = 80 нм.

Рассчитайте объемную долю липосом в первой $\boldsymbol{\omega_1}$(%) и во второй $\boldsymbol{\omega_2}$(%) колбе, а также соотношение этих объемных долей, если толщина стенок липосом составляет **d** = 4 нм (рис.). При расчетах считать $\boldsymbol{\pi}$ = 3,1.

Задача 4. Развертка фуллерена (10 баллов)

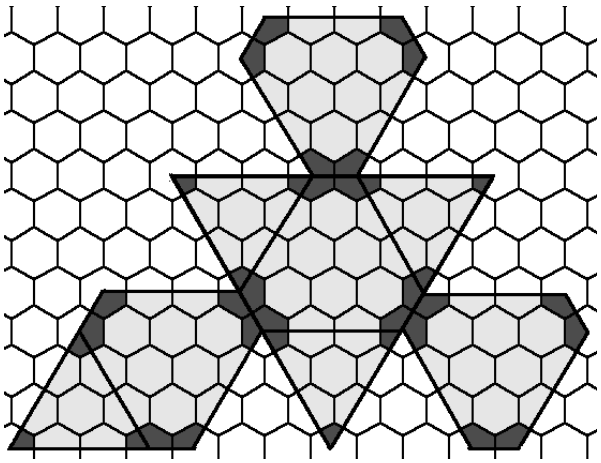


*Рис. 1. Развертка фуллерена[1] **X** на графеновой плоскости. Более темным цветом отмечены области, формирующие пятиугольники.*

Рассмотрим развертку **A** (рис. 1), отвечающую некоторому фуллерену[1] **X**, все пятиугольники в котором сгруппированы попарно. Края такой развертки перпендикулярны ребрам шестиугольников.

1. Из скольких атомов углерода состоит **X**? Сколько шестиугольников в его структуре? **(2 балла)**

[1]Фуллерен – каркасная углеродная молекула, которую можно представить как выпуклый многогранник, состоящий из правильных пяти- и шестиугольников, в вершинах которого сходятся по три ребра.

Если **A** вырезать по контуру и склеить по линиям разреза, то получится многогранник **Y**, у которого имеется два типа граней (треугольные и шестиугольные) и два типа ребер: тип I – принадлежащие только шестиугольным граням многогранника **Y** и тип II – общие как для треугольных, так и для шестиугольных граней.

2. Чему равно число граней и ребер каждого из типов в **Y**? **(1,5 балла)** Усечением какого Платонова тела он может быть получен? **(0,5 балла)**

3. Какой многогранник получится, если соединить между собой середины ребер I типа? **(2 балла)**

Рассмотрим ряд фуллеренов, каждый из которых можно представить на графеновой плоскости в виде развертки, отличающейся от **A** только длиной ребер II типа. Эти развертки можно однозначно задать, определив пару чисел (**n**, **m**), отвечающую такому ребру (рис. 2).

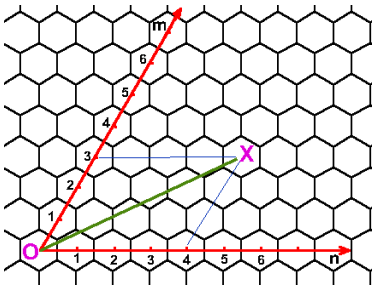


*Рис. 2. Взаимное расположение пары шестиугольников (отмечены точками **O** и **X**) на графеновом листе описывается двумя целыми неотрицательными числами (**n**, **m**), которые являются координатами центра одного из шестиугольников относительно центра другого в «скошенной» системе координат. На рисунке приведен пример для (4, 3).*

4. Выведите зависимость общего числа атомов **N** в фуллеренах этого ряда от (**n**, **m**). **(3 балла)**

5. Установите (**n**, **m**) для фуллерена **X**. **(0,5 балла)**

6. Рассчитайте **N** для самого маленького фуллерена этого ряда. **(0,5 балла)**

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 10 – 11 классов (заключительный этап) Математика. Вариант III. Решения

Решение задачи 1. РНК и вероятность (5 баллов)

Общее число синтезированных фрагментов равно произведению числа способов выбрать положение двух нуклеотидов **C** во фрагменте РНК длиной 2 + 4 + 3 = 9 нуклеотидов и числа способов выбрать положение четырех нуклеотидов **U** на оставшихся 9 − 2 = 7 позициях:

$$\mathbf{N} = C_9^2 \cdot C_7^4 = \frac{9!}{2!(9-2)!} \cdot \frac{7!}{4!(7-4)!} = \frac{9!}{2!3!4!} = \frac{1\cdot2\cdot3\cdot4\cdot5\cdot6\cdot7\cdot8\cdot9}{1\cdot2\cdot1\cdot2\cdot3\cdot1\cdot2\cdot3\cdot4} = 5\cdot7\cdot4\cdot9 = 1260$$

Следовательно, вероятность выбрать из **N** вариантов структуры одну конкретную составляет:

$$\mathbf{P} = 1/\mathbf{N} = 1/1260 = 10000/1260\cdot10^{-4} = 7{,}9\cdot10^{-4}$$

Решение задачи 2. Гибридный дендример (5 баллов)

1. Рассмотрим синтез полимера поэтапно.

   1 этап: как описано в условии, к центральному звену **A** присоединяется три звена **B**.

   Общее число звеньев каждого типа при этом

   $$\mathbf{N_{B1}} = 3,\ \mathbf{N_{C1}} = 0.$$

   2 этап: к трем звеньям **B**, присоединенным на этапе 1, присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **B** и 3 звена **C**. Общее число звеньев каждого типа при этом

   $$\mathbf{N_{B2}} = 3 + 3 = 6,\ \mathbf{N_{C2}} = 0 + 3 = 3.$$

   3 этап:

   - к трем звеньям **B**, присоединенным на этапе 2, присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **B** и 3 звена **C**;
   - к 3 звеньям **C**, присоединенным на этапе 2, присоединяются еще 3 звена **C**.

   Общее число звеньев каждого типа при этом

   $$\mathbf{N_{B3}} = 6 + 3 = 9,\ \mathbf{N_{C3}} = 3 + (3 + 3) = 9.$$

   Всего на третьем этапе присоединяется

   $$\mathbf{M_3} = 3 + 6 = 3\cdot3 = 9 \text{ звеньев.}$$

4 этап:

- к трем звеньям **B**, присоединенным на этапе 3, присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **B** и 3 звена **C**;
- к шести звеньям **C**, присоединенным на этапе 3, присоединяются еще 6 звеньев **C**.

Общее число звеньев каждого типа при этом

$$N_{B4} = 9 + 3 = 12,\ N_{C4} = 9 + (3 + 6) = 18.$$

Всего на четвертом этапе присоединяется

$$M_4 = 3 + 9 = 3\cdot 4 = 12 \text{ звеньев.}$$

n этап:

- к трем звеньям **B**, присоединенным на этапе **n** – 1, присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **B** и 3 звена **C**;
- всего на этапе присоединяется $M_n = 3n$ звеньев,
- таким образом, общее число звеньев **C**, присоединенных на данном этапе, равно
  $M_n - 3 = 3n - 3$ (разность общего числа звеньев и числа звеньев **B**).

Общее число звеньев каждого типа при этом

$$N_{Bn} = 3n,\ N_{Cn} = \sum_1^n (3k-3) = 3\sum_1^n k - 3n = 3n(n+1)/2 - 3n = 1{,}5n(n-1).$$

2. До какого номера этапа включительно доля звеньев **B** среди всех звеньев, составляющих полимер, будет больше 5%? **(1,5 балла)** При расчете доли звеньев **B** в полимере наличием центрального звена **A** пренебречь.

3. Доля звеньев **B** на **n**-м этапе синтеза равна

$$\omega = \frac{N_{Bn}}{N_{Bn} + N_{CBn}} = \frac{3n}{1{,}5n(n+1)} = \frac{2}{n+1}.$$

Составим неравенство:

$$2/(n + 1) \geq 5/100$$

$$n + 1 \leq 200/5$$

$$n \leq 40 - 1$$

$$n \leq 39$$

$$n = 39.$$

Решение задачи 3. Липосомы (5 баллов)

Рассчитаем объем липида, идущий на формирование одной липосомы радиуса **R** и толщиной липидной стенки **d**:

$$\mathbf{V}_{L1} = \frac{4}{3}\pi\left(R^3-(R-d)^3\right)=\frac{4}{3}\pi\left(3R^2d-3Rd^2+d^3\right)$$

Тогда для липосом в первой и во второй колбе

$$\mathbf{V}_{L1}(1) = \frac{4}{3}\cdot 3{,}1\left(3\cdot 40^2\cdot 4-3\cdot 40\cdot 4^2+4^3\right) = 7{,}2\cdot 10^4 \text{ нм}^3,$$

$$\mathbf{V}_{L1}(2) = \frac{4}{3}\cdot 3{,}1\left(3\cdot 80^2\cdot 4-3\cdot 80\cdot 4^2+4^3\right) = 3{,}0\cdot 10^5 \text{ нм}^3.$$

Следовательно, из $\mathbf{V}_L$ = 0,2 мл липида можно получить

$$\mathbf{N} = \mathbf{V}_L/\mathbf{V}_{L1} = \frac{V_L}{\frac{4}{3}\pi\left(3R^2d-3Rd^2+d^3\right)} \text{ липосом.}$$

В первой колбе **N** (1) = $0{,}2/7{,}2\cdot 10^4 = 2{,}8\cdot 10^{15}$ липосом.

Во второй колбе **N** (2) = $0{,}2/3{,}0\cdot 10^5 = 6{,}6\cdot 10^{14}$ липосом.

По определению, объемная доля **N** липосом радиуса **R** в суммарной смеси равна

$$\omega = \frac{NV'_L}{V_0+V_L}\cdot 100\% = \frac{\frac{4}{3}\pi NR^3}{V_0+V_L}\cdot 100\% = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3}{V_0+V_L}\cdot\frac{V_L}{\frac{4}{3}\pi\left(3R^2d-3Rd^2+d^3\right)}\cdot 100\%,$$

где $\mathbf{V'}_L$ – объем, занимаемый одной липосомой в растворе.

Объем, занимаемый одной липосомой в первой колбе $\mathbf{V'}_L(1) = \frac{4}{3}\pi R_1^3 = 2{,}6\cdot 10^5$ нм^3.

Объем, занимаемый одной липосомой во второй колбе $\mathbf{V'}_L(2) = \frac{4}{3}\pi R_2^3 = 2{,}1\cdot 10^5$ нм^3.

и

Объемная доля липосом в первой колбе $\boldsymbol{\omega}_1 = 2{,}8\cdot 10^{15}\cdot 2{,}6\cdot 10^5/(100{,}2\cdot 10^{21}) = 0{,}73$,

объемная доля липосом во второй колбе $\boldsymbol{\omega}_2 = 6{,}6\cdot 10^{14}\cdot 2{,}1\cdot 10^6/(100{,}2\cdot 10^{21}) = 1{,}40$.

Тогда их соотношение составляет

$$\boldsymbol{\omega}_2/\boldsymbol{\omega}_1 = 1{,}40/0{,}73 = 1{,}9$$

Или, в общем виде,

$$\omega = \frac{V_L}{V_0 + V_L} \cdot \frac{R^3}{\left(3R^2 d - 3Rd^2 + d^3\right)} \cdot 100\%$$

Объемная доля липосом в первой колбе $\boldsymbol{\omega_1}$ = 0,74,

объемная доля липосом во второй колбе $\boldsymbol{\omega_2}$ = 1,40

и

их соотношение $\boldsymbol{\omega_2/\omega_1}$ = 1,40/0,74 = 1,9.

Решение задачи 4. Развертка фуллерена (10 баллов)

1. Число вершин в многограннике, отвечающем фуллерену **X**:

   4·22 (шестиугольник в **A**) + 4·9 (треугольник в **A**) = 124.

   Число шестиугольных граней в многограннике, отвечающем фуллерену **X**:

   4·(6 + 6/2) (шестиугольник в **A**) + 4·(1 + 6/2) (треугольник в **A**) = 52.

2. Многогранник **Y** имеет форму усеченного тетраэдра. У него

   - 4 треугольных грани (образованы на месте отсечения вершин «исходного» тетраэдра),
   - 4 шестиугольных грани (образованы на месте граней «исходного» тетраэдра),
   - 6 ребер типа I (ребра «исходного» тетраэдра),
   - 12 ребер типа II (ребра, образовавшиеся при формировании треугольных граней).

3. В многограннике **Y** шесть ребер типа I расположены в пространстве симметрично.

   При соединении центров этих ребер образуется многогранник, имеющий 6 вершин, 8 правильных треугольных граней и 12 ребер — это *октаэдр*.

4. По условию, развертка любого фуллерена из рассматриваемого ряда задается парой чисел, определяющих взаимное расположение концов ребер второго типа. Рассматривая рисунок 1 условия, можно установить, что любое такое ребро можно задать парой (**n**, 0), поскольку, исходя из ориентации развертки относительно графеновых шестиугольников, один из параметров для него всегда равен 0.

   Анализируя рисунок 1 условия, можно установить, что на треугольную грань многогранника **Y** приходится

$$\mathbf{N_3(n)} = \sum_{1}^{n}(2k-1) = n(n+1)-1 = \mathbf{n}^2 \text{ атомов углерода.}$$

Рассматривая шестиугольную грань **Y** как треугольник со стороной (**n** + 2) атомов углерода, у которого отсекли три малых треугольника со стороной (1, 0), получаем общую зависимость

$$\mathbf{N}(\mathbf{n}, 0) = 4\cdot\mathbf{N_6}(\mathbf{n}) + 4\cdot\mathbf{N_3}(\mathbf{n}) = 4\cdot(\mathbf{N_3}(\mathbf{n} + 2) - 3\cdot\mathbf{N_3}(1)) + 4\cdot\mathbf{N_3}(\mathbf{n}).$$

Подставляя полученное ранее выражение для $\mathbf{N_3}(\mathbf{n})$, получаем

$$\mathbf{N}(\mathbf{n}, 0) = 4\cdot((\mathbf{n} + 2)^2 - 3\cdot 1^2) + 4\cdot\mathbf{n}^2 = 4\cdot(2\mathbf{n}^2 + 4\mathbf{n} + 1) = 8\mathbf{n}^2 + 16\mathbf{n} + 4.$$

5. (3, 0).

6. Самым маленьким членом рассматриваемого ряда будет фуллерен, задаваемый парой (1, 0):

$$\mathbf{N}(1, 0) = 8 + 16 + 4 = 28.$$

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 10 – 11 классов (заключительный этап)
Биология. Вариант I

Задача 1. Зеленая викторина: свет и тьма (5 баллов)

В первом столбце описаны процессы, происходящие в хлоропластах при фотосинтезе, а во втором фазы, при которых происходят эти процессы. К каждой графе в первом столбце подберите фазы из второго столбца.

Процессы:

А. фотон попадает на хлорофилл

Б. фотолиз воды

В. восстановление углерода

Г. синтез АТФ

Д. синтез глюкозы

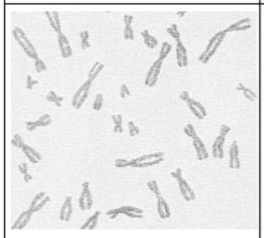
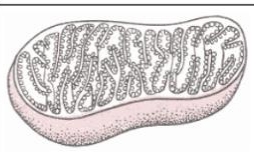
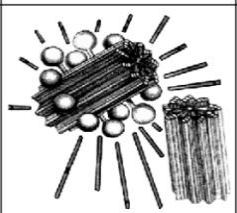
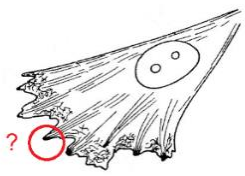
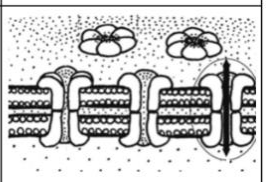
Фазы фотосинтеза:

1. световая
2. темновая

А	Б	В	Г	Д

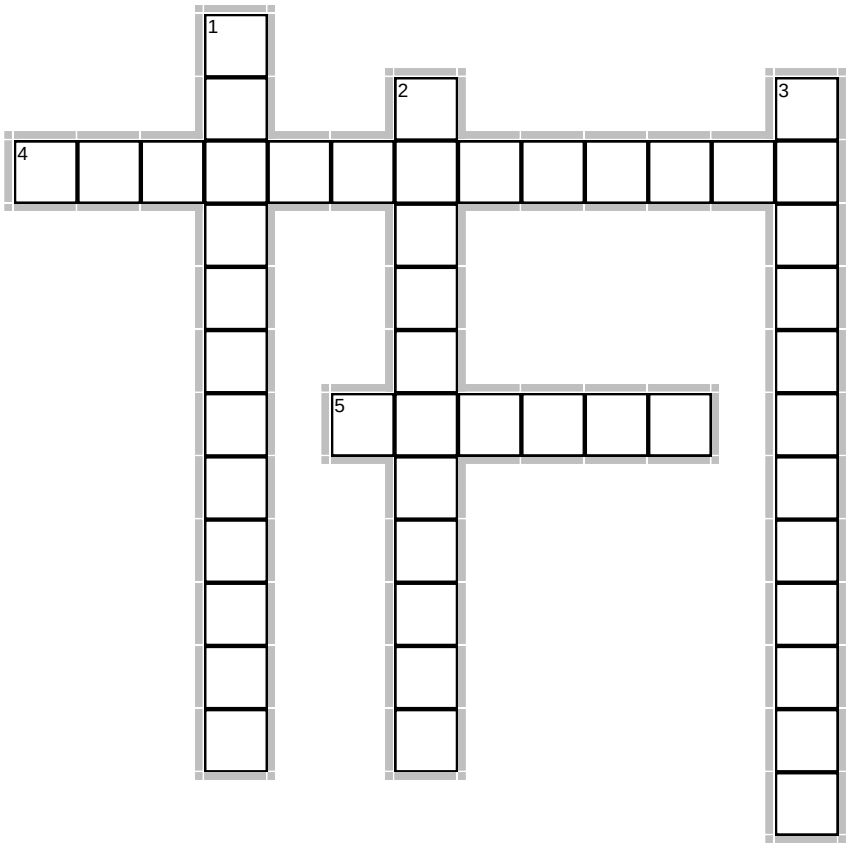
Задача 2. Белковый паззл (5 баллов)

На рисунках изображены структуры, входящие в состав клетки животных. Назовите их и выберите из списка белки, входящие в состав этих структур (для одной структуры может быть несколько характерных белков). Ответ поясните.

1	2	3	4	5
				

Белки: рецептор к ацетилхолину, гистоны, сывороточный альбумин, АТФ-синтаза, цитохромы, иммуноглобулин, гемоглобин, актин, коннексин, ацетилхолинэстераза, тубулин.

Задача 3. Кроссворд (5 баллов)



По горизонтали

4. Одна из наиболее характерных отличительных особенностей человека.

5. Пищеварительная система дождевого червя - это пищеварительная … .

По вертикали

1. Гиены часто питаются остатками трапезы львов, львы не получают от этого никакой выгоды. Как называется такое взаимодействие?

2. Взаимодействие популяций морских слонов и пингвинов - это … .

3. Предшественник современного человека.

Задача 4. Группы крови у инуитов (10 баллов)

В некоторой популяции инуитов Гренландии доля 0 группы крови по системе AB0 составляет 36%, доля группы крови A – 55%, B – 5%, AB – 4%.

1. Определите частоту встречаемости аллелей 0 (I), A (IA) и B (IB). **(8 баллов)**

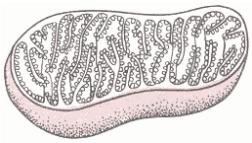
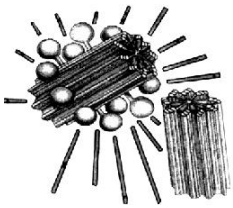
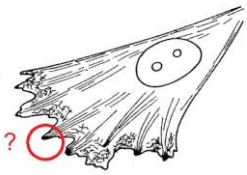
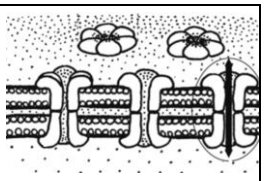
2. Процент скольких групп крови нужно знать, чтобы рассчитать частоту встречаемости этих аллелей? Ответ объясните. **(2 балла)**

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 10 – 11 классов (заключительный этап)
Биология. Вариант I. Решения

Решение задачи 1. Зеленая викторина: свет и тьма (5 баллов)

А	Б	В	Г	Д
1	1	2	1	2

Решение задачи 2. Белковый паззл (5 баллов)

				
Хромосомы гистоны	Митохондрия АТФ-синтаза, цитохромы	Центриоли тубулин	Филоподия актин (клеточная мембрана тоже подходит, тогда в ней может находиться рецептор к ацетилхолину)	Щелевой контакт (коннексоны) коннексин

Решение задачи 3. Кроссворд (5 баллов)

По горизонтали

4. **ПРЯМОХОЖДЕНИЕ** – Одна из наиболее характерных отличительных особенностей человека.

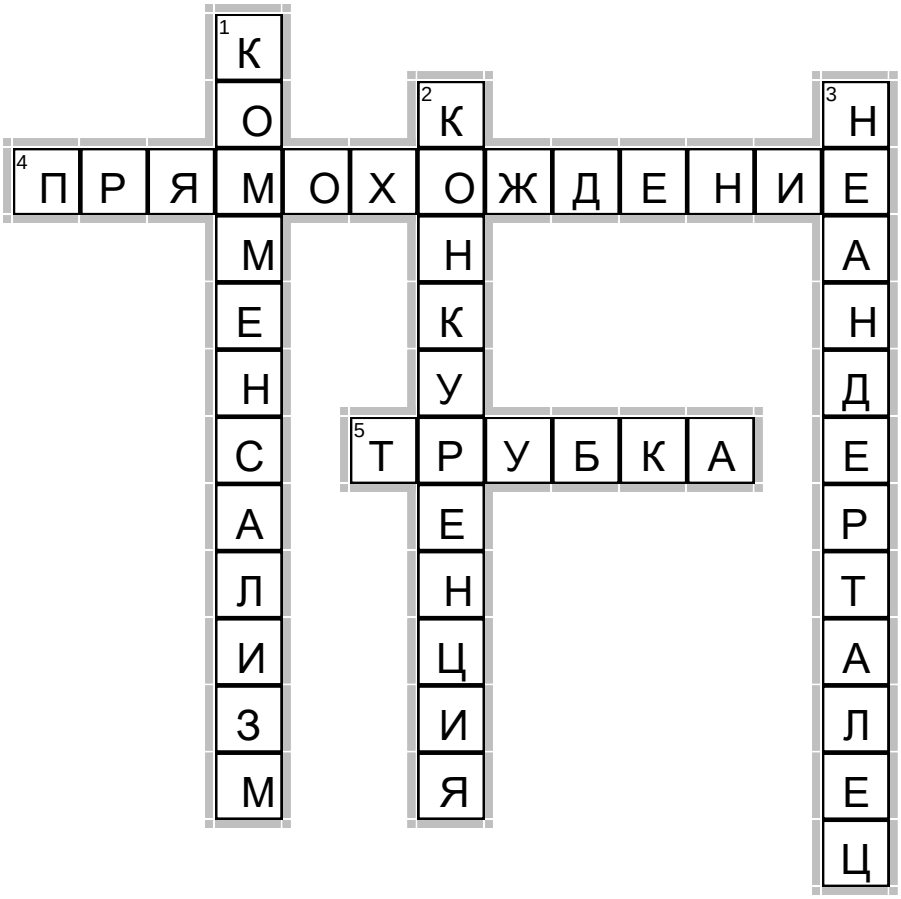
5. **ТРУБКА** – Пищеварительная система дождевого червя - это пищеварительная … .

По вертикали

1. **КОММЕНСАЛИЗМ** – Гиены часто питаются остатками трапезы львов, львы не получают от этого никакой выгоды. Как называется такое взаимодействие?

2. **КОНКУРЕНЦИЯ** – Взаимодействие популяций морских слонов и пингвинов - это … .

3. **НЕАНДЕРТАЛЕЦ** – Предшественник современного человека.



Решение задачи 4. Группы крови у инуитов (10 баллов)

1. Частота встречаемости аллелей I, I^A и I^B составляет 0,6, 0,35 и 0,05, соответственно.

   Развернутое решение

   1) Для решения необходимо воспользоваться уравнением Харди-Вайнберга (или результатом, полученным из решетки Пеннета) для этого случая.

      Уравнение Харди-Вайнберга в этом случае выглядит так:

      $$(I)^2+(I^A)^2+2I^AI+(I^B)^2+2I^BI+2I^AI^B=1$$

      $$I+I^A+I^B=1$$

      1 балл.

   2) В этом уравнении доля группы крови 0 выражается как $(I)^2$, доля группы крови А как $(I^A)^2+2I^AI$, В как $(I^B)^2+2I^BI$ и АВ как $2I^AI^B$. **+4 балла**

   3) Существует несколько вариантов решения, вот один из них:

      Доля группы крови 0 составляет 0,36, корень из этой величины даст нам значение I. I=0,6

Тогда можно представить выражение для группы крови А как: $(I^A)^2+2*0,6*I^A=0,55$

+1 балл

Решаем квадратное уравнение:

$$(I^A)^2+1,2*I^A-0,55=0$$

Дискриминант равен: $(1,2)^2-4*(-0,55)=3,64$, корень из дискриминанта ~1,9

Отсюда $I^A=0,35$ (отрицательное значение нас не устраивает), а $I^B=1-0,6-0,35=0,05$

+2 балла

В нашем случае можно решить эту задачу используя вместо доли группы крови А долю группы крови В. Остальные варианты решения (например, используя частоту встречаемости выразить I^A через I^B, а потом подставив их в уравнения для I^A и I^B, попытаться решить) выглядят менее оптимальными, хотя вполне возможны.

2. Как мы видим у нас есть два уравнения с тремя неизвестными. Одно из этих уравнений можно разделить на несколько (4), что и позволяет нам его численно решить. Проще всего решать такое уравнение если известна доля группы крови 0. Тогда зная его, можно рассчитать частоту встречаемости аллели I, а зная долю А или В и подставив I в соответствующее уравнение, можно рассчитать I^A или I^B, а затем оставшуюся частоту встречаемости. То есть достаточно долю 2 групп крови и мы рассчитаем остальные. К сожалению, если мы не знаем долю группы крови 0, то решение значительно усложняется. Так, зная долю группы крови АВ и одной из ненулывых (А или В) придется выразить I^A через I^B (или наоборот), а потом подставив их в уравнения для I^A и I^B, попытаться решить систему из квадратных уравнений (для I и I^B); а если мы знаем доли А и В нам также придется иметь дело с системой квадратных уравнений (для I^A и I^B); решать такие системы не очень просто, решение при этом не гарантируется что довольно непросто и не гарантирует решения (абитуриенты и школьники, по крайней мере, это не обязаны знать). Кроме того, может возникнуть ситуация, когда, решая квадратное уравнение мы можем, получить два равнозначных положительных значения одной из аллелей, а это чревато тем, что мы также не определить частоту встречаемости другой аллели и приходится менять подход к решению, рассчитывая уравнение для другой группы крови.

Поэтому правильный ответ здесь: Достаточно знать долю двух групп крови из 4, если одна из них 0 или А(В) и у нас существует только одно решение уравнения. Если нет, то нужно 3.

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Химия. Вариант II

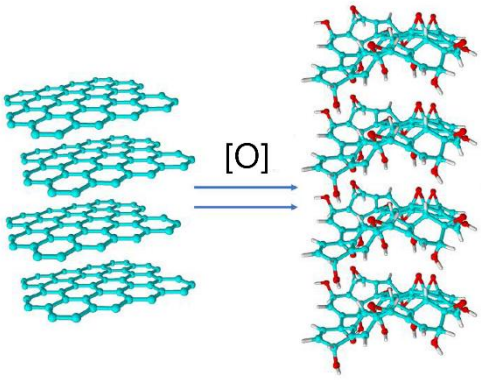
Задача 1. Сверхпроводник (5 баллов)

Одним из самых известных высокотемпературных сверхпроводящих материалов является соединение $YBa_2Cu_3O_{6,8}$, которое впервые было синтезировано взаимодействием карбонатов иттрия, бария и меди при нагревании в присутствии кислорода.

1. Рассчитайте молярную массу $YBa_2Cu_3O_{6.8}$. **(2 балла)**

2. Определите массу *m* сверхпроводящей плёнки из $YBa_2Cu_3O_{6.8}$, если её площадь S = 15 см^2 и толщина h = 400 нм. Плотность $YBa_2Cu_3O_{6.8}$ ρ = 6.3 г/см^3. **(3 балла)**

Задача 2. Оксид графита (5 баллов)



Графит Оксид графита

Оксид графита – материал, который получают окислением графита, например, концентрированной азотной кислотой. В отличие от графита, состоящего только из атомов углерода, оксид графита содержит некоторое число атомов кислорода, которое зависит от условий синтеза. Формулу оксида графита условно записывают как C_xO, где x – не обязательно целое число. В одном из образцов оксида графита, по данным анализа, отношение масс m(C) / m(O) = 1.86.

1. Найдите x с точностью до сотых. Приведите расчёт. **(3 балла)**

2. Считая, что кислород входит только в состав групп  , рассчитайте, сколько процентов атомов углерода связаны с атомами кислорода. **(2 балла)**

Задача 3. Наночастицы золота (5 баллов)

Наночастицы золота имеют множество потециальных медицинских приложений, от доставки лекарств до фотодинамической и радиационной терапии. Нанопорошок золота состоит из одинаковых сферических наночастиц радиусом 4.5 нм и имеет массу 5.91 г. Найдите число наночастиц в порошке. Радиус атома золота примите равным 0.15 нм.

Объем шара: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

Задача 4. Регенерация кислорода (10 баллов)

Один из способов регенерации кислорода в замкнутых пространствах состоит в применении твёрдого бинарного соединения X, связывающего углекислый газ в результате химического взаимодействия. Известно, что соединение X содержит 45 масс.% кислорода.

1. Определите формулу соединения X. Ответ подтвердите расчётом. **(3 балла)**
2. Предложите метод синтеза соединения X. Напишите уравнение реакции. **(1 балл)**
3. Напишите уравнение реакции взаимодействия соединения X с углекислым газом, в результате которого происходит регенерация кислорода. **(2 балла)**
4. Определите минимальную массу соединения X, которую надо взять на борт космической станции для работы пятерых космонавтов в течение трёх суток. Один космонавт в течение суток выдыхает 500 л CO_2, температура на борту станции 25°C, давление 1 атм. **(4 балла)**

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Химия. Вариант II. Решения

Решение задачи 1. Сверхпроводник (5 баллов)

1. Молярная масса $YBa_2Cu_3O_{6,8}$ равна

$$M = 88.906 + 2\cdot 137.33 + 3\cdot 63.546 + 6.8\cdot 15.999 = 662.9972\,\frac{\text{г}}{\text{моль}} \approx 663.0\,\frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

2. С одной стороны, объём плёнки равен

$$V = \frac{m}{\rho}$$

С другой стороны, он равен

$$V = Sh$$

Следовательно,

$$Sh = \frac{m}{\rho}$$

$$m = \rho Sh$$

$$m = 6.3\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}\cdot 15\ \text{см}^2\cdot 400\cdot 10^{-7}\ \text{см} = 3.78\cdot 10^{-3}\ \text{г} = 3.78\ \text{мг}$$

Решение задачи 2. Оксид графита (5 баллов)

1. Для вещества C_xO

m(C) / m(O) = 12x / 16 = 1.86, отсюда x = 16·1.86 / 12 = 2.48.

2. Возьмем 1 моль $C_{2.48}O$. 1 моль атомов O связан с 2 молями атомов C, а всего атомов C – 2.48 моль. Процент связанных атомов C = 2 / 2.48 · 100% = 80.6%.

Решение задачи 3. Наночастицы золота (5 баллов)

Общее количество атомов золота:

$N(\text{Au}) = \nu(\text{Au})N_A = m(\text{Au}) / M(\text{Au}) \cdot N_A = 5.91 / 197 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.806 \cdot 10^{22}$. **(2 балла)**

Число атомов золота в одной наночастице:

$$N_1(\text{Au}) = \frac{V(\text{наночастицы})}{V(\text{Au})} = \frac{\frac{4}{3}\pi \cdot 4.5^3}{\frac{4}{3}\pi \cdot 0.15^3} = 27000$$

(2 балла)

Число наночастиц:

$N(\text{наночастиц}) = N(\text{Au}) / N_1(\text{Au}) = 1.806 \cdot 10^{22} / 27000 = 6.9 \cdot 10^{17}$. **(1 балл)**

Решение задачи 4. Регенерация кислорода (10 баллов)

1. Пусть общая формула соединения X – A_nO_m, где A – неизвестный элемент, входящий в состав этого соединения. Содержание кислорода в нём можно выразить формулой

$$\omega(\text{O}) = \frac{\text{mM(O)}}{\text{nM(A)} + \text{mM(O)}} \cdot 100\%$$
$$\text{mM(O)} \cdot 100\% - \omega(\text{O})\text{mM(O)} = \omega(\text{O})\text{nM(A)}$$
$$\text{M(A)} = \frac{(100\% - \omega(\text{O})) \cdot \text{m} \cdot \text{M(O)}}{\text{n} \cdot \omega(\text{O})}$$
$$\text{M(A)} = \frac{(100 - 45) \cdot \text{m} \cdot 16}{\text{n} \cdot 45} = \frac{176\text{m}}{9\text{n}}$$

Составим таблицу для возможных значений n и m:

Значение n	Значение m	Молярная масса A	Элемент A	Соединение X
1	1	19.6	-	
1	2	39.1	K (калий)	KO_2
1	3	58.7	Ni (никель)	NiO_3
2	1	9.8	-	
2	2	19.6	-	
2	3	29.3	-	
3	4	26.1	-	

Поскольку соединения NiO_3 не существует, можно сделать вывод, что A – калий, а X – надпероксид калия KO_2.

2. Надпероксид калия образуется при окислении (сгорании) металлического калия на воздухе или в кислороде:

$$\text{K} + \text{O}_2 \rightarrow \text{KO}_2$$

3. Уравнение реакции:

$$4KO_2 + 2CO_2 \rightarrow 2K_2CO_3 + 3O_2$$

4. Определим количество углекислого газа ν_1, которое выдыхает один космонавт за сутки:

$$pV = \nu_1 RT$$
$$\nu_1 = \frac{pV}{RT}$$

Значит, пятеро космонавтов за трое суток выдыхают в 5·3 = 15 раз больше:

$$\nu = \frac{15pV}{RT}$$

По уравнению реакции взаимодействия углекислого газа и надпероксида калия

$$\nu(KO_2) = 2\nu(CO_2)$$

Следовательно,

$$\nu(KO_2) = \frac{30pV}{RT}$$

Масса надпероксида калия равна

$$m = \nu M$$
$$m(KO_2) = \frac{30pVM}{RT}$$
$$m(KO_2) = \frac{30 \cdot 101325\ \text{Па} \cdot 0.5\ \text{м}^3 \cdot 71.1 \cdot 10^{-3}\ \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8.31\ \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298\ \text{К}} = 43.64\ \text{кг}$$

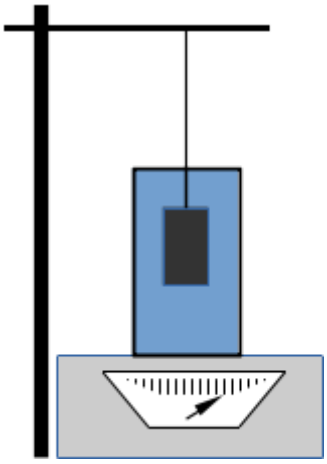
Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Физика. Вариант IV

Задача 1. Новый сплав (5 баллов)

В результате исследований был получен новый сплав и определена его удельная теплоёмкость c = 700 Дж/(кг·К). Далее берут кусочек сплава массой $m_в$ = 0.1 кг и опускают в горячую воду, которую предварительно нагревали на электроплитке мощностью P = 700 Вт в течение τ = 5 мин. До эксперимента вода и сплав находятся при комнатной температуре $t_к$ = 25°С. КПД электроплитки η = 20%. Удельная теплоёмкость воды $c_в$ = 4200 Дж/(кг·К). Масса воды $m_в$ = 0.2 кг.

1. До какой температуры $t_В$ нагреется вода? **(2 балла)**
2. Найти температуру t_0, до которой нагреется кусочек сплава. **(3 балла)**

Задача 2. Весы (5 баллов)



Сосуд с водой стоит на стрелочных весах. Под воду целиком погружен брусок, подвешенный на резинке. Её перерезают, и брусок опускается на дно. Объем бруска V_1 = 0.1 дм^3, плотность бруска $\rho_{бр}$ = 5 г/см^3, плотность воды $\rho_в$ = 1 г/см^3. Объем воды в сосуде V_2 = 1.0 дм^3

1. Что покажут весы до перерезания резинки? **(2 балла)**
2. На сколько изменятся показания весов после того, как брусок опустится на дно и стрелка весов придет в равновесие? **(3 балла)**

Задача 3. Многожильный провод (5 баллов)

Юный экспериментатор Петр разрезал медный многожильный провод с сопротивлением R = 12 Ом на две равные по длине части. Потом одну из частей распустил на две одинаковые по числу медных жил. Одну тонкую часть Петр спаял параллельно с более толстой, а оставшуюся припаял последовательно.

1. Нарисуйте электрическую схему нового соединения частей провода. **(1 балл)**

2. Какое сопротивление получилось у нового провода? **(3 балла)**

3. Можно ли было добиться такого изменения сопротивления, взяв золотой провод той же толщины? Удельное сопротивление золота ρ_{Au} = $2.4\cdot10^{-8}$ Ом·м, удельное сопротивление меди ρ_{Cu} = $1.7\cdot10^{-8}$ Ом·м. **(1 балл)**

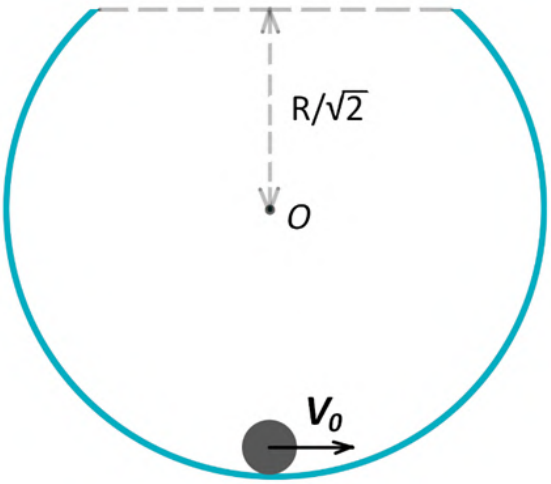
Задача 4. Шарик в сосуде (10 баллов)

Сосуд сферической формы радиусом R = 1 м обрезали сверху, как показано на рисунке. Расстояние от центра сферы до плоскости среза равно $R/\sqrt{2}$. На дно сосуда поместили небольшой шарик. Внутренняя поверхность сосуда обработана таким образом, что трение между шариком и стенками сосуда пренебрежимо мало.

1. Под каким углом к горизонту шарик вылетит из сосуда, если ему сообщить достаточную начальную скорость V_0 (см. рисунок)? **(2 балла)**

2. Найдите минимальное значение начальной скорости V_0 в нижней точке (см. рисунок), при которой шарик достигнет плоскости среза. **(3 балла)**

3. При какой максимальной начальной скорости V_0 в нижней точке шарик, вылетев из верней части сосуда, приземлится в него обратно? **(5 баллов)**



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Физика. Вариант IV. Решения

Решение задачи 1. Новый сплав (5 баллов)

1. При нагревании на плитке:

$$Q = \eta P\tau = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{к}})$$

Температура

$$t_{\text{В}} = \frac{\eta P\tau}{c_{\text{В}} m_{\text{В}}} + t_{\text{к}} = \frac{0.2 \cdot 700 \cdot 5 \cdot 60}{4200 \cdot 0.2} + 25\ \text{C} = 75\ \text{C}$$

2. После погружения кусочка сплава в воду:

$$c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_0) = c_{\text{сплав}} m_{\text{сплав}} (t_0 - t_{\text{к}})$$

Отсюда выражаем:

$$t_0 = \frac{\eta P\tau}{c_{\text{В}} m_{\text{В}} + c_{\text{сплав}} m_{\text{сплав}}} + t_{\text{к}} = \frac{0.2 \cdot 700 \cdot 5 \cdot 60}{4200 \cdot 0.2 + 700 \cdot 0.1} + 25\ \text{C} = 71\ \text{C}$$

Решение задачи 2. Весы (5 баллов)

1. Показания весов до перерезания нити:

$$P_1 = Mg + F_A = (V_1 + V_2)\rho_{\text{в}} g = 11\ \text{Н}$$

2. Показания весов после:

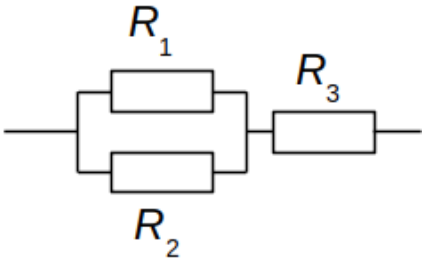
$$P_2 = Mg + mg$$

Разность:

$$\Delta P = mg - F_A = (\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{ж}}) V g = 4\ \text{Н}$$

Решение задачи 3. Многожильный провод (5 баллов)

1.



Полное сопротивление связано с удельным:

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Таким образом:

$$R_2 = \frac{R}{2}, R_1 = R_3 = R$$

Для параллельного соединения:

$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} + \frac{2}{R} \Rightarrow R_{12} = \frac{R}{3}$$

2. Для последовательного:

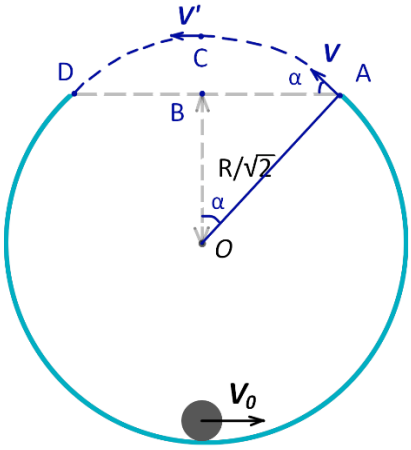
$$R_{\text{общ}} = R + \frac{R}{3} = \frac{4R}{3} = 16\text{Ом}$$

3. $\frac{R_{\text{после}}}{R_{\text{до}}} = \frac{16}{12} = \frac{\rho_{Au} l_{Au}}{\rho_{Cu} l_{Cu}} => \frac{l_{Al}}{l_{Cu}} = \frac{4\rho_{Cu}}{3\rho_{Au}} \approx 0{,}94$

Почти в 1,05 раза короче.

Решение задачи 4. Шарик в сосуде (10 баллов)

После вылета из сосуда в точке *A* шарик будет двигаться как тело, брошенное под углом к горизонту. Он попадет обратно в сосуд при условии, что «точка приземления» *D* будет внутри сферы. Предельный случай – это попадание шарика на противоположную стенку сосуда, т.е. случай, когда точка *D* лежит на сфере. Тогда точка наибольшей высоты подъема *C* находится на прямой *OB*, где точка *B* – середина отрезка *AD*. В точке *C* вертикальная составляющая скорости равна нулю.



Горизонтальное перемещение шарика из точки *A* в точку *C*:

$$AB = V_x t$$

Вертикальная составляющая скорости в точке *C*:

$$0 = V_y - gt$$

Выразим из второго уравнения время пролета из точки *A* в точку *C* и подставим в первое:

$$AB = V_x V_y / g$$

Угол α, под которым вылетает шарик, равен углу *AOB*. Косинус угла α:

$$cos\alpha = \frac{OB}{OA} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \alpha = 45^\circ.$$

Отсюда $AB = OB = R/\sqrt{2}$, $V_x = V_y = V/\sqrt{2}$. Тогда можем выразить скорость V:

$$V = \sqrt{\sqrt{2}Rg}$$

Поскольку трением можно пренебречь, запишем закон сохранения энергии, и подставим в него скорость V:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + mgh = \frac{m\sqrt{2}Rg}{2} + mgR\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = mgR\left(1 + \sqrt{2}\right)$$

Отсюда, искомая скорость:

$$V_0 = \sqrt{2gR\left(1 + \sqrt{2}\right)} \approx 6{,}9\ \text{м/с}$$

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Математика. Вариант I

Задача 1. Двумерный нитрид бора (5 баллов)

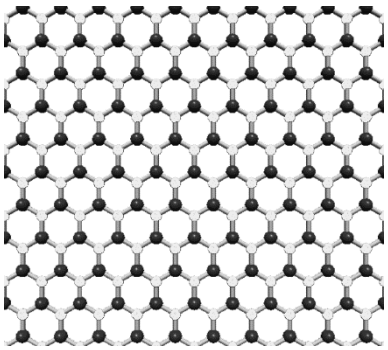


Рис. 1. Структура BN. Темными кругами отмечены атомы бора B, светлыми – азота N.

Оцените, сколько всего атомов бора содержит лист нитрида бора BN (рис. 1) в виде прямоугольника со сторонами **a** = 0,9 мкм и **b** = 1,8 мкм.

Длину связи B-N считать равной **c** = 0,14 нм.

Задача 2. Магнитная память (5 баллов)

Оцените размер однобитного домена (в нм^2) на поверхности устройства хранения информации («жесткого диска»), если

- емкость устройства равна $200 \cdot 10^{12}$ бит,
- устройство состоит из 10 одинаковых магнитных дисков,
- запись производится с двух сторон магнитного диска,
- внешний диаметр области записи данных на магнитном диске составляет 9 см, внутренний – 3 см.

Задача 3. Слоистый поглотитель (5 баллов)

Чему равна поглотительная емкость слоистого материала, **ω** (то есть, количество грамм фенола которое поглотит один грамм поглощающего материала), если один квадратный метр площади его поверхности способен поглотить $\mathbf{m_t}$ = 280 мг фенола, плотность вещества, составляющего отдельный слой материала, равна **ρ** = 2,8 г/см^3, а толщина этого слоя – **h** = 25 нм? Считать, что отдельные слои в структуре материала не соприкасаются между собой, и в поглощении участвуют обе стороны каждого слоя.

Задача 4. В поисках кубических кластеров (10 баллов)

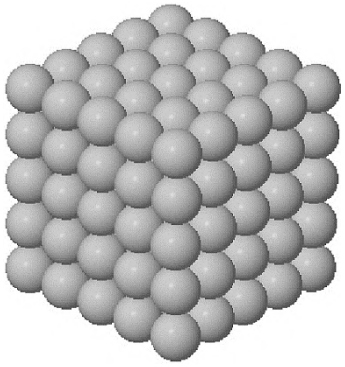


Рис. 1. Пример нанокластера в форме куба.
В этом примере на ребро нанокластера приходится пять атомов металла.

1. Найдите минимальное число атомов металла, которое должно приходиться на ребро нанокластера в форме куба (рис. 1), если общее число атомов, составляющих такой нанокластер, можно разделить нацело без остатка

   а) на 1575 равных частей, **(2 балла)**

   б) на 4032 равных частей, **(2 балла)**

   в) как на 1575, так и на 4032 равных частей. **(2 балла)**

   Решение обоснуйте.

2. Для самого маленького и самого большого из нанокластеров (а) – (в), найденных ранее, рассчитайте радиусы описанных вокруг них сфер (в нм). **(4 балла)** Атомы металла считать шарами радиусом 0,13 нм.

Дополнительные материалы

$\sqrt{2} \approx 1{,}4$, $\sqrt{3} \approx 1{,}7$, $\sqrt{5} \approx 2{,}2$, $\sqrt{7} \approx 2{,}7$.

π = 3,1

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап) Математика. Вариант I. Решения

Решение задачи 1. Двумерный нитрид бора (5 баллов)

Лист нитрида бора представляет собой плоскость, замощенную правильными шестиугольниками со стороной 0,14 нм.

Площадь такого шестиугольника равна площади равностороннего треугольника со стороной 0,14 нм, взятой 6 раз, и составляет $S_6 = 6S_3 = 6\sqrt{3} \cdot 0{,}14^2/4 = 0{,}04998 \approx 0{,}05$ нм^2.

На один такой шестиугольник приходится 3 атома бора и 3 атома азота, каждый из которых, в свою очередь, принадлежит трем соседним шестиугольникам. Следовательно, на один атом бора приходится площадь, равная площади шестиугольника

$$S_B = S_6 = 0{,}05 \text{ нм}^2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ мкм}^2.$$

Тогда число атомов в листе нитрида бора равно отношению площади листа к площади, приходящейся на один атом бора:

$$N_B = \frac{S}{S_B} = \frac{a \cdot b}{5 \cdot 10^{-8}} = \frac{0{,}9 \cdot 1{,}8}{5 \cdot 10^{-8}} = 3{,}24 \cdot 10^7.$$

Решение задачи 2. Магнитная память (5 баллов)

Каждый бит информации занимает один домен, то есть, число доменов, приходящихся на устройство хранения информации, равно **N** = $200 \cdot 10^{12}$.

При этом на одну сторону каждой из пластин “жесткого диска” приходится

$$\mathbf{N_1} = \mathbf{N}/(2 \cdot 10) = 10 \cdot 10^{12} \text{ доменов.}$$

Площадь области записи данных на одной из сторон пластины составляет

$$\mathbf{S} = \mathbf{S_{внеш}} - \mathbf{S_{внутр}} = \pi R^2_{внеш} - \pi R^2_{внут} = 3{,}1 \cdot ((9/2)^2 - (3/2)^2) = 55{,}8 \text{ см}^2 = 55{,}8 \cdot 10^{14} \text{ нм}^2.$$

Тогда на один домен приходится площадь, равная

$$\mathbf{S_d} = \mathbf{S}/\mathbf{N_1} = 55{,}8 \cdot 10^{14}/(10 \cdot 10^{12}) = 558.$$

Решение задачи 3. Слоистый поглотитель (5 баллов)

Рассмотрим отдельный слой материала в виде квадрата со стороной **D**, такой, что **D** >> **h**.

Его масса равна $\mathbf{m} = \rho \mathbf{D}^2\mathbf{h}$, а площадь составляет $\mathbf{S} = 2\mathbf{D}^2$ (так как у каждого слоя две стороны).

Тогда на один грамм материала приходится $\mathbf{S}/\mathbf{m} = 2\mathbf{D}^2/(\rho \mathbf{D}^2\mathbf{h}) = 2/(\rho \mathbf{h})$ м^2 поглощающей поверхности.

Эта поверхность, в свою очередь, способна адсорбировать

$$\omega = \mathbf{S}/\mathbf{m}\cdot\mathbf{m}_t = 2\cdot 0{,}28/(2{,}8\cdot 10^6\cdot 25\cdot 10^{-9}) = 8 \text{ г/г фенола.}$$

Решение задачи 4. В поисках кубических кластеров (10 баллов)

1.

а) Разложим 1575 на множители:

1575 оканчивается на 5, следовательно, оно кратно 5:

$$1575/5 = 315$$

$$315/5 = 63,$$

здесь $63 = 3\cdot 3\cdot 7$,

то есть, $1575 = 3^2\cdot 5^2\cdot 7$.

Ближайшим кубом натурального числа, кратного 1575, будет

$$3^3\cdot 5^3\cdot 7^3 = (3\cdot 5\cdot 7)^3 = 105^3.$$

Таким образом, на ребро искомого нанокластера должно приходится 105 атомов металла.

б) Разложим 4032 на множители:

4032 – четное число, и при делении его на 2 тоже получается четное.

Поделив его 6 раз на 2:

$$4032/2 = 2016$$

$$2016/2 = 1008$$

$$1008/2 = 504$$

$$504/2 = 252$$

$$252/2 = 126$$

$$126/2 = 63,$$

$$\text{здесь } 63 = 3\cdot3\cdot7,$$

$$\text{то есть, } 4032 = 2^6\cdot3^2\cdot7.$$

Ближайшим кубом натурального числа, кратного 4032, будет

$$2^6\cdot3^3\cdot7^3 = (2\cdot2\cdot3\cdot7)^3 = 84^3.$$

Таким образом, на ребро искомого нанокластера должно приходится 84 атома металла.

в) Найдем НОК (наименьшее общее кратное) для чисел 1575 и 4032:

$$1575 = 3^2\cdot5^2\cdot7$$

$$4032 = 2^6\cdot3^2\cdot7$$

$$\text{НОК}(1575, 4032) = 2^6\cdot3^2\cdot5^2\cdot7 = 100800.$$

Ближайшим кубом натурального числа, кратного 100800, будет

$$2^6\cdot3^3\cdot5^3\cdot7^3 = (2\cdot2\cdot3\cdot5\cdot7)^3 = 420^3.$$

Таким образом, на ребро искомого нанокластера должно приходится 420 атомов металла.

2. Из трех полученных ранее чисел – 105, 84 и 420 – минимальным является 84, а максимальным – 420.

Найдем длину ребра для каждого из случаев:

$$\mathbf{a}_{min} = 84\cdot2\mathbf{r} = 84\cdot2\cdot0{,}13 = 21{,}8 \text{ нм}.$$

$$\mathbf{a}_{max} = 420\cdot2\mathbf{r} = 420\cdot2\cdot0{,}13 = 109{,}2 \text{ нм}.$$

Найдем радиус сферы, описанной вокруг кубического нанокластера, на ребро которого приходится **n** атомов. Для этого сначала рассмотрим куб, вершины которого лежат в центрах атомов, являющихся вершинами кубического нанокластера. Радиус сферы, описанной вокруг такого куба, отличается от радиуса искомой сферы на величину радиуса атома и может быть рассчитан как половина объемной диагонали куба. Следовательно, радиус сферы, описанной вокруг кубического нанокластера, равен

$$\mathbf{R} = (\mathbf{n} - 1)2\mathbf{r}\cdot\sqrt{3}/2 + \mathbf{r}$$

Тогда:

$$\mathbf{R}_{min} = (\mathbf{n}_{min} - 1)2\mathbf{r}\cdot\sqrt{3}/2 + \mathbf{r} = (84 - 1)\cdot2\cdot0{,}13\cdot1{,}7/2 + 0{,}13 = 18{,}5 \text{ нм}.$$

$$\mathbf{R}_{max} = (\mathbf{n}_{max} - 1)2\mathbf{r}\cdot\sqrt{3}/2 + \mathbf{r} = (420 - 1)\cdot2\cdot0{,}13\cdot1{,}7/2 + 0{,}13 = 92{,}7 \text{ нм}.$$

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап) Биология. Вариант II

Задача 1. Школа юного вампира (5 баллов)

Кровь, как известно, состоит из плазмы и форменных элементов: эритроцитов, тромбоцитов и лейкоцитов. Ответьте на следующие вопросы. Выберите один или несколько правильных ответов.

1. Какой или какие компоненты крови человека не содержат в норме митохондрии?

   a) плазма
   b) эритроциты
   c) нейтрофилы
   d) лимфоциты

2. В митохондриях осуществляется:

   a) синтез белка
   b) синтез углеводов
   c) синтез АТФ
   d) синтез липидов

3. В какой из органелл кислая среда?

   a) эндоплазматический ретикулум
   b) лизосомы
   c) митохондрии
   d) комплекс Гольджи

Задача 2. Зеленая викторина: свет и тьма (5 баллов)

В первом столбце описаны процессы, часть которых происходит при фотосинтезе, а часть – при дыхании растений. Соотнесите процессы из первого столбца со вторым.

А. Поглощается кислород

Б. Выделяется кислород

В. Синтез глюкозы

Г. Происходит во всех органах растения

Д. Распад органических веществ

1. Дыхание
2. Фотосинтез

А	Б	В	Г	Д

Задача 3. Накормите самурая (5 баллов)

В средневековой Японии существовала единица измерения «коку». Вес 1 коку риса приблизительно равен 150 кг и определяется, как количество риса, потребляемое одним взрослым человеком в течение года (365 дней). Как вы думаете, достаточно ли 1 коку риса для питания современного человека в год?

1. Для этого рассчитайте, какую энергию (в кДж) в среднем можно получить в день, если употреблять только коку риса в год. **(4 балла)**

2. Рассчитайте минимальное количество коку риса, которое соответствует современным нормам. **(1 балл)**

Калорийность риса 330 ккал на 100 грамм. Среднюю норму энергии, необходимой для жизни в день, определим, как 9 200 кДж. 1 ккал = 4,2 кДж.

Результаты расчетов округлите до десятых.

Задача 4. Муравьи-зомби (10 баллов)

Вы, наверное, слышали или читали про паразитический гриб кордицепс, который поселяется в телах насекомых, разрастается за счет их ресурсов и в конце прорастает коробочкой со спорами над уже мертвым телом насекомого. Пока жертва жива, гриб подчиняет себе ее тело – заставляет делать то, что нужно грибу, вести себя так, как нужно грибу, прямо как зомби.

Но как он это делает? Разные грибы находят разные подходы к своим жертвам. Давайте рассмотрим один – гриб кордицепс однобокий (лат. Ophiocordyceps unilateralis), который поселяется в телах азиатского пробкоголового муравья Camponotus leonardi.

Кордицепсу надо расположить тело захваченного муравья недалеко от муравейника на травинке повыше, чтобы, когда созреют споры, они сыпались из плодового тела на других муравьев. Новыми жертвами станут муравьи-фуражиры, которые приносят в муравейник еду. Кто-нибудь из фуражиров заразится, в них начнет развиваться кордицепс, и они, в свою очередь, окажутся на травинке рядом с муравейником и будут распространять споры.

I. *Как заставить муравья подняться на травинку около муравейника?* Выберите правильный ответ и обоснуйте его. Объясните, почему другие версии неправильные.

1) Гифы кордицепса прорастают в нервную систему муравья и напрямую управляют его поведением с помощью электрических импульсов.

2) Кордицепс просто ждет, когда муравей сам поднимется на эту травинку, после этого приказывает муравью там и оставаться.

3) Кордицепс воздействует на мозг электрическими импульсами, которые заставляют муравья-фуражира думать, что он не фуражир, а солдат и должен занять наблюдательный пост.

4) Кордицепс выделяет в мозг муравья нейромедиаторы, которые заставляют муравья думать, что сейчас утро и надо подняться повыше и оценить погоду.

5) Кордицепс воздействует на мозг электрическими импульсами, которые заставляют муравья думать, что очень жарко и надо покинуть муравейник.

6) Кордицепс выделяет в мозг муравья нейромедиаторы, которые включают в мозге муравья сигналы голода, и муравей начинает отчаянно искать еду.

II. *Что потом?* Потом зараженный муравей челюстями вцепляется в лист и больше никогда не разжимает челюстей. До смерти и после смерти.

Как гриб это делает? Инстинкта мертвой хватки у муравья-фуражира нет. Выберите правильный ответ и обоснуйте его. Объясните, почему другие версии неправильные.

1) Гифы гриба обрастают мышцы муравья и сами выделяют нейромедиаторы, заставляющие мышцы челюстей сжаться.

2) Кордицепс выделяет в мозг муравья нейромедиаторы, которые заставляют муравья-фуражира думать, что он муравей-солдат.

3) Кордицепс воздействует на мозг электрическими импульсами, которые заставляют муравья думать, что лист - это что-то очень вкусное.

4) Муравей вцепляется во что-нибудь сам, когда плохо себя чувствует.

5) Кордицепс выделяет в мозг муравья токсины, которые вводят его в состояние неуправляемой агрессии, и муравей яростно кусает всё вокруг.

6) Кордицепс не делает ничего, муравей сам пробует на вкус все предметы вокруг себя.

III. *И наконец, почему после гибели муравей продолжает удерживать челюстями травинку?* Выберите правильный ответ и обоснуйте его. Объясните, почему другие версии неправильные.

1) Гифы гриба продолжают выделять нейромедиаторы, приказывающие мышцам челюстей сокращаться.

2) Для этого подходят только те виды муравьев, у которых челюсть может заклинить в закрытом состоянии, как у бульдогов, а другие муравьи не подходят для кордицепса.

3) Челюсти на самом деле со временем разжимаются, но это происходит медленно и гриб успевает отплодоносить.

4) На голове пораженного кордицепсом муравья выделяется клейкое вещество, которое приклеивает его к травинке.

5) Кордицепс "отключает" мышцы – размыкатели челюстей.

6) Муравей сидит на листе довольно долго, так что гриб успевает прорасти гифами в лист и "пришить" муравья к листу.

IV. Предположим, что часть муравьев устойчива к заражению кордицепсом, и эта устойчивость генетически обусловлена. Могут ли в одном муравейнике жить устойчивые и подверженные заражению муравьи? Обоснуйте ваш ответ.

V. Не все муравьи в муравейнике заражаются кордицепсом. Это не всегда связано с генетической устойчивостью. С чем ещё это может быть связано?

Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология» для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Биология. Вариант II. Решения

Решение задачи 1. Школа юного вампира (5 баллов)

1. a, b.
2. a, c.
3. b.

Решение задачи 2. Зеленая викторина: свет и тьма (5 баллов)

А	Б	В	Г	Д
1	2	2	1	1

Решение задачи 3. Накормите самурая (5 баллов)

1. Пересчитываем калории в джоули (1 ккал=4,2 кДж). В 1 коку риса будет (4,2x340x10x150) 2 142 000 кДж (на год), что составляет 5 868,5 кДж в день. Как мы видим эта величина значительно меньше чем рекомендуемое потребление для среднего человека в день.

2. Для того чтобы оценить сколько коку риса согласно современным нормам нужно употреблять в год просто разделите 9 200 на 5 868,5 (в столько раз больше риса в день нужно согласно современным нормам) и получим ~1,6 коку риса. Можно рассчитать и по-другому, например, так:

   В одном килограмме риса (4,2x340x10) 14 280 кДж, следовательно, согласно современным нормам, в день нужно употреблять (9 200/14 280) 0,6 кг риса или ~235,2 кг риса в год, что составляет, приблизительно (235,2/150), ~1,6 коку риса.

Решение задачи 4. Муравьи-зомби (10 баллов)

I. 4.

II. 1.

III. 2.

IV. Очевидный ответ – нет, потому что муравьи в одном муравейнике генетически идентичны.

Но верен и ответ да.

Пенетрантность – признак может проявляться не со 100% вероятностью. Как шизофрения или анорексия. Есть гены, повышающие вероятность заболеть, но можно и не заболеть. И наоборот – определенный генотип может повысить устойчивость к кордицепсу, а может и не повысить.

Экспрессивность – определенный генотип может проявляться в разной силой. И кто-то из муравьев умрет до того, как заползет на травинку, а кто-то будет болеть долго.

Мутации – делают муравьев из одной семьи генетически неидентичными.

В муравейнике может поменяться матка. Старая погибла, ее место заняла молодая, она генетически неидентична рабочим муравьям старого поколения. Она рожает новых муравьев с новым генотипом.

V. Вероятность быть обсыпанным спорами кордицепса у каждого муравья не 100%. Кому-то повезло, кому-то нет.

Иммунитет муравьев борется с патогенами, и у разных особей, даже генетически идентичных, он может быть неодинаковый.

Заражаются только муравьи-фуражиры. Муравьи-няньки и солдаты не покидают муравейник, поэтому не бывают обсыпаны спорами.

Конкурс проектных работ «Гениальные мысли»
Положение о конкурсе

Главное

Развитие проектной деятельности учащихся является тенденцией современного школьного образования. В рамках конкурса «Гениальные мысли» рассматриваются творческие, исследовательские работы школьников в области высоких технологий и материалов будущего, 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 никакие ходатайства, изменяющие исходную заявку по Конкурсу, не рассматриваются. В случае возникновения объективных и обоснованных возражений в отношений 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.

Во всех случаях подготовленный школьником автореферат проекта предоставляется только через сайт Олимпиады http://enanos.nanometer.ru в виде одного файла заявки в формате pdf в соответствии со специальной формой Конкурса, которая дана в Приложении и представлена в виде редактируемого шаблона в формате docx на странице конкурса https://enanos.nanometer.ru/contest/79. Автореферат является конечной и единственной работой на конкурс, призванной убедить Жюри в обоснованности, реалистичности, актуальности, новизне, оригинальности материала, предоставляемого школьником в кратком изложении.

Победители Конкурса награждаются дипломами и памятными подарками. Дополнительно будут объявлены победители в двух специальных номинациях:

1. Лучшая работа по общей и неорганической химии – номинация Института общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова Российской академии наук.

2. Инновационный продукт как проект – номинация Фонда инфраструктурных и образовательных программ.

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'2023) с отбором победителей и призеров.

Начало отборочного этапа конкурса: 01 декабря 2022 года.

Завершение отборочного этапа конкурса: 25 января 2023 года.

Предварительные даты проведения заключительного этапа конкурса в рамках ВПШ'2023: 06 – 07 марта 2023 года.

Критерии оценки автореферата (60 баллов):

1. Название работы, информация о руководителе и соавторах (если имеются) – 2 балла.
2. Краткая аннотация работы – 5 баллов.
3. Соответствие области высоких технологий и материалов будущего, включая обоснование этого автором – 3 балла.
4. Основная идея работы, цели, задачи – 3 балла.
5. Актуальность и новизна работы – 5 баллов.
6. Основные результаты – 30 баллов.
7. Выводы, заключение, перспективы – 5 баллов.
8. Список цитированных источников – 2 балла.
9. Список достижений участника – 5 баллов.

Дополнительное обоснование соответствия номинации «Лучшая работа по общей и неорганической химии» – 5 баллов и/или дополнительное обоснование соответствия номинации «Инновационный продукт как проект» – 5 баллов (в случае выбора конкретной номинации).

Всего – 70 баллов

Положение

о конкурсе проектных работ школьников «Гениальные мысли» в рамках
XVII Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего»

I. О конкурсе

Конкурс авторефератов проектных и творческих работ школьников «Гениальные мысли» (далее – Конкурс) организован в рамках XVII Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего» (далее – Олимпиада) Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова (далее – МГУ) и Институтом общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова Российской академии наук (далее – ИОНХ РАН).

Для участия в творческом конкурсе проектных работ «Гениальные мысли» необходимо изложить в соответствии с предложенным шаблоном «Автореферата школьного проекта» (Приложение 1) краткое содержание уже подготовленного (прошедшего апробацию, опубликованного) или готовящегося **школьного проекта научно-исследовательского характера**, имеющего отношение к высоким технологиям и материалам будущего, или свою **творческую работу,** также в данной области.

При подготовке работы необходимо обратить особое внимание на краткое и продуманное изложение теоретических основных идей проекта и полученных лично участником результатов (если они уже есть) в рамках естественнонаучных или гуманитарных школьных предметов (химии, физики, математики, биологии, информатики и других) по любым темам, имеющим отношение к высоким технологиям и материалам будущего. На конкурс принимаются не сами полнотекстовые проекты, а 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'2023), организованную в дистанционном формате в партнерстве с Фондом инфраструктурных и образовательных программ (далее – ФИОП). Победители и призеры заключительного этапа и дипломанты в специальных номинациях (далее – Победители Конкурса) будут награждены дипломами, ценными подарками и призами.

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 в области высоких технологий и материалов будущего.

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

Организаторами Конкурса являются Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова (МГУ) и Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН). На стадии отбора участников конкурса МГУ и ИОНХ выступают в качестве площадок для проведения Конкурса с широким привлечением участников из всех субъектов Российской Федерации в ходе реализации мероприятий Олимпиады школьников «Высокие технологии и материалы будущего» при участии независимых экспертов. На заключительной стадии Конкурса в партнерстве с Фондом инфраструктурных и образовательных программ (ФИОП) проводится Весенняя Проектная Школа-конференция (ВПШ'2023) 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 (автореферата, 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, заимствованием 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 будет дисквалифицирована. 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'2023.

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 призы и дипломы Конкурса.

VIII. Работы Конкурса

Тип работ, принимаемых на конкурс, – заявки по Приложению 1. 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'2023 и бороться за памятные подарки и призы Оргкомитета. Загрузка заявок авторефератов работ в формате *.pdf происходит через личный кабинет участника на сайте Конкурса (http://enanos.nanometer.ru). Объем – не более 10 страниц в установленном в Приложении 1 формате.

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 01 декабря 2022 года – 25 января 2023 года, последний день регистрации является датой окончания отборочного этапа конкурса. Объявление победителей отборочного этапа Конкурса производится 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'2023 в дистанционном формате. 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'2023 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 призами и сертификатами в случае победы в Конкурсе.
3. Упоминать 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 результатом 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 официальному 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.
Сайт Института общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова Российской академии наук – http://www.igic.ras.ru/.
Сайт Фонда инфраструктурных и образовательных программ – http://fiop.site.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Форма подачи работы на конкурс «Гениальные мысли»

Автореферат школьного проекта (творческой) работы (всего – 70 баллов)

Жюри оценивает новизну, смысл работы и ее близость к области высоких технологий и материалов будущего, оригинальность и качество подготовки автореферата.

Просьба не превышать общий размер работы – не более 10 страниц. *При подготовке автореферета просьба использовать шаблон *.docx, размещенный на странице конкурса https://enanos.nanometer.ru/contest/79. 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 приведет к снижению количества баллов за данный конкурс.

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'2023).

3. **Соответствие области высоких технологий и материалов будущего, включая обоснование этого автором. (3 балла)**
   Объясните кратко, почему эта работа относится именно к области высоких технологий и материалов будущего. 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. **Выводы, заключение, перспективы. (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.

8. **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.

9. **Список достижений участника. (5 баллов)**
   Представленный участником список достижений на других конкурсах (желательно привести подтверждающие гиперссылки), публикаций.

10. **Для номинации ИОНХ РАН «Лучшая работа по общей и неорганической химии». (5 баллов)**
    Претендентам на победу в данной номинации необходимо обосновать соответствие выполненной работы (методы, подходы, полученные результаты) области общей и неорганической химии. Объем – не более 1 страницы.

11. **Для номинации ФИОП «Инновационный продукт как проект». (5 баллов)**
    Претендентам на победу в данной номинации необходимо ответить на вопросы по 4 критериям, представленным ниже. Объем – не более 2 страниц.

    1) *Идея, аудитория, ценность*
       В чем заключается ваша проектная идея? Как эту идею превратить в конечный продукт или решение? Кто конечный потребитель (пользователь, получатель) данного продукта / решения? Какую задачу (проблему) пользователя решает данный продукт / решение?

    2) *Уникальность и актуальность*
       Существуют ли прямые и/или косвенные аналоги (конкурирующие продукты и/или решения)? В чем преимущество данного продукта/решения по сравнению с уже известными аналогами?

    3) *Статус проекта*
       Какие шаги уже предприняты в рамках проекта? Какие промежуточные результаты? Какие вы можете сделать выводы о перспективах реализации своей идеи?

4) *Будущее*
   Какие дальнейшие шаги вы предпримите для того, чтобы проект мог быть реализован? Кем видите себя в таком проекте?

Всего – 70 баллов

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 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.

**Время московское.*

В рамках отборочного этапа участники представляют на конкурс **заявку по форме.** Заявка должна содержать краткое изложение своих научных достижений, реальной научно-исследовательской работы или цикла работ (*автореферат работы*).

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 2022/2023 учебном году
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 предоставляется в виде автореферата научной работы. Форматирование всех частей текста – размер шрифта 12 pt (Arial, Times New Roman, Calibri и др.), одинарный межстрочный интервал, одна колонка, лист формата А4, отступы по 2 см от всех краев листа. Иллюстрации в разрешении 150 – 200 dpi необходимо вставлять непосредственно в нужное место текста (режим обтекания – «в тексте», in line with text, формат рисунка – сжатый JPEG, несжатые форматы могут существенно увеличить размер итогового файла). Таблицы вставлять в нужное место текста без текстовой рамки, как таблицу. Подписи рисунков снизу, таблиц – сверху. Ссылки на литературу в тексте давать в квадратных скобках [ ] в виде порядковых номеров сквозной нумерации, пронумерованный список литературы давать в конце части в формате «Авторы, Название статьи, Журнал, Год, том / номер, диапазон страниц», ссылки в виде гиперссылок допускаются. Файл – не более 10 Мб. Формат – pdf. Файл необходимо загрузить на сайт Олимпиады в раздел конкурса «Универсиада «Ломоносов» по химии, физике и механике материалов» https://enanos.nanometer.ru/contest/86, предварительно создав личный профиль на сайте или отредактировав (обновив) существующий.

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://universiade.msu.ru/rus/event/6518/***).

Структура изложения материала (объем – 10 – 15 страниц с иллюстрациями, таблицами, ссылками):

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

XVII ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ "ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО"

Организаторы

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

Партнеры

Фонд инфраструктурных и образовательных программ

благотворительный фонд "дар"