

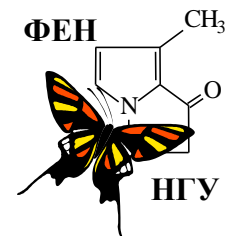


58-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Первый отборочный этап 2019-2020 уч. года

Задания по химии

10 класс



Задание 1. «Улица Пирогова».

*«А на Пирогова приходит снова весенний гомон,
И по лужам грязным бегут потоки девчонок разных.
А на Пирогова стоит мой город трех тысяч судеб
И огромных сосен, вечнозеленых, вечно прекрасных».*

Из гимна студентов Новосибирского государственного университета.

Два месяца назад один из лучших университетов России, разместившийся в 2019 г на 63 месте по естественным наукам в рейтинговой таблице лучших мировых университетов, масштабно отметил 60-летие со дня своего основания. Шаговая доступность ведущих исследовательских институтов Новосибирского научного центра позволяет студентам университета учиться у настоящих ученых, работающих на передовом крае науки и блестяще реализовывать свой высокий научный потенциал в лабораториях, известных всему миру.

Студенческий кампус НГУ уютно расположился на улице, получившей свое имя в честь великого русского врача Николая Ивановича Пирогова. Замечательный естествоиспытатель и педагог, создатель первого атласа топографической анатомии, один из основоположников хирургической анатомии и анатома-экспериментального направления в хирургии, военно-полевой хирургии, организации и тактики медицинского обеспечения войск, основатель анестезии, - вот далеко не полный перечень его заслуг перед обществом.

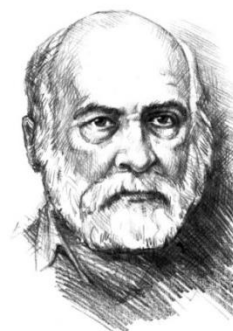
Как педагог, Пирогов считал, что система образования, обеспечивающая развитие личности, должна строиться на научной основе, от начальной до высшей школы, и обеспечивать преемственность всех шагов. Он указывал, что основанием последующего профессионального образования должно быть широкое общее образование, предлагал привлечь к преподаванию в высшей школе крупных учёных, рекомендовал усилить беседы профессоров со студентами, призывал уважать личность ребёнка, боролся за автономию высшей школы. Просто поразительно, насколько все его чаяния оказались близки идеалам молодого сибирского университета, все 60 лет славящегося своей демократичностью и принципиальностью.

В июле-августе 1847 г. Н. И. Пирогов, командированный на Кавказский театр военных действий, впервые применил эфирный наркоз в условиях действующих войск, проведя около 10000 операций под таким наркозом. Результат был невиданный в истории войн: операции проходили без стонов и криков раненых. Там же он впервые в военно-полевой практике использовал неподвижную крахмальную повязку при сложных переломах конечностей, которая оказалась намного удобнее и прочнее, чем применявшиеся ранее лубки. В период Крымской войны он также впервые (1854 г.) наложил в полевых условиях еще более прочную фиксирующую повязку, основанную на свойстве вещества **А** твердеть под действием воды. Использование таких повязок избавило многих военных от ампутации раненых конечностей и невыносимых болей при перемещениях. Повязка Пирогова дошла до наших дней без существенных изменений и по-прежнему успешно применяется в травматологическом отделении Центральной клинической больницы Новосибирского Академгородка по адресу ул. Пирогова, 25/3.

1. Приведите структурную формулу и название эфира, использованного Пироговым для наркоза.
2. Что такое «лубок» и как его можно использовать при повреждениях конечностей?

Фиксирующие повязки наносятся следующим образом: Порошок вещества **А** размешивают в воде до состояния однородной вязкой взвеси, после чего обмакивают в полученную смесь пористую ткань или бинты, вынимают их и оборачивают в несколько слоев вокруг сломанной конечности. Вещество **А** присоединяет дополнительное количество молекул кристаллизационной воды, переходит в **Б** и затвердевает. Процесс перехода **А** в **Б** обратим: при нагревании **Б** до 150⁰С оно теряет часть кристаллизационной воды и превращается в порошок **А**, а вот если прокалить **А** при температуре выше 220⁰С то оно полностью теряет кристаллизационную воду и необратимо переходит в вещество **В**. Все три вещества являются кальциевыми солями двухосновной сильной кислоты и различаются только количеством кристаллизационной воды.

3. Установите точные составы веществ **А-В**, если известно, что массовая доля кальция составляет: в **А** 27,6 %, в **Б** 20,0 %, в **В** 10,0 %.



в **Б** 23,3 %, в **В** 29,4 %. Приведите собственные (не номенклатурные) названия веществ **А-В**.

Вещество **Б** встречается в природе в виде минерала, название которого и дало имя фиксирующей повязке. После добычи и переработки в вещество **А** этот минерал широко используется в промышленности, строительстве, ремонте, медицине, как скульптурный материал и т. д. Ежегодное мировое производство вещества **А** составляет около 150 млн тонн.

4. Оцените массу минерала **Б**, которую ежегодно перерабатывает мировая промышленность для получения нужного количества вещества **А**, если считать, что минерал не содержит примесей.

Химическим способом вещество **Б** может быть получено взаимодействием водного раствора той самой кислоты с оксидом [реакция 1], гидроксидом [2], карбонатом [3], фторидом кальция [4]. Вещество **В** иногда называют «мертвым **Б**», поскольку оно не имеет способности обратимо присоединять/отщеплять воду. Тем не менее, при сильном нагревании **В** может реагировать с такими инертными веществами, как уголь [5] и песок [6], причем последнюю реакцию иногда используют для получения ангидрида сильной кислоты.

5. Приведите собственные названия 4 перечисленных соединений кальция и напишите уравнения реакций [1]-[6].

В 1855 году по просьбе петербургского врача Н. Ф. Здекауэра Николай Иванович Пирогов принял и осмотрел старшего учителя Симферопольской гимназии Д. И. Менделеева, с юности испытывавшего проблемы со здоровьем (подозревали даже, что у него чахотка). Констатируя удовлетворительное состояние пациента, Пирогов заявил: «Вы нас обоих переживёте». И предначертание это не только сбылось, но и вселило в будущего великого учёного уверенность в благосклонности к нему судьбы, чему дополнительным подтверждением служит наше следующее задание.

Задание 2. «Экаалюминий».

«Я думаю ..., нет необходимости указывать на исключительное значение, которое имеет плотность нового элемента в отношении подтверждения теоретических взглядов Менделеева».

Поль Эмиль Лекок де Буабодран

В 1869 г. великий русский ученый Д.И. Менделеев открыл и сформулировал периодический закон, наглядным выражением которого является Периодическая система химических элементов, которую

современные ученые называют просто «периодическая таблица». В честь полуторавекового юбилея этого события Генеральная ассамблея ООН посвятила 2019 г. Периодической системе химических элементов.

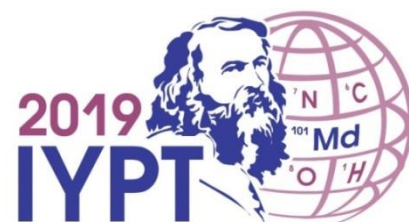
При создании периодической таблицы Д. И. Менделеев, основываясь на открытом им законе, оставил вакантные места для некоторых неизвестных элементов и достаточно точно описал не только их важнейшие физические и химические свойства, но и метод, которым они будут открыты – спектроскопия. В частности, в статье в «Журнале Русского химического общества» в 1871 г. Менделеев указал примерный атомный вес и плотность металла **Х**, который он называл экаалюминием, а также то, что в металлическом состоянии металл будет легкоплавок (на фото изображен процесс плавления металла под действием тепла человеческих рук).

В 1875 г. французский химик Поль Эмиль Лекок де Буабодран исследовал спектр цинковой обманки и обнаружил в нем две новые фиолетовые линии, свидетельствующие о присутствии в минерале неизвестного элемента. Ему удалось выделить этот элемент в виде простого вещества массой около 0,1 г и исследовать его. 20 сентября 1875 г. на заседании Парижской академии наук было зачитано письмо де Буабодрана об открытии нового элемента и изучении свойств металла, образованного этим элементом. Менделеев, узнав об открытии из опубликованного доклада, обнаружил, что описание нового металла почти в точности совпадает с описанием предсказанного им ранее экаалюминия. Он отправил письмо французскому ученому, указав, однако, что плотность нового металла определена неверно и должна быть 5,9-6,0, а не 4,7 г/см³, как писал де Буабодран. После тщательной проверки французский химик признал полную правоту Менделеева (см. эпиграф).

В настоящее время соединения этого мягкого пластичного металла серебристо-белого цвета, относящегося к р-элементам, широко используются в электронике в качестве полупроводников, а самим металлом **Х** заполняют высокотемпературные термометры.

1. Расшифруйте аббревиатуру «ИУРТ», изображенную на рисунке, предваряющем условие задачи. Приведите английский и русский варианты Вашего «декодирования».

2. Вслед за де Буабодраном признайте верным значение плотности, предложенное русским ученым, и вычислите объём (с точностью до тысячных долей см³), который занимал полученный им кусочек металла **Х**. Переведите эту величину в мл и мм³.



3. Весьма вероятно, что основной причиной ошибки де Буабодрана явилось неточное измерение объёма маленького кусочка металла неправильной формы (не факт даже, что он определял объём и массу всего металла, имеющегося у него в руках). А как бы действовали Вы, если бы перед Вами стояла задача определения объёма такого кусочка?

К 150 г 10% раствора соединения **A**, представляющего собой трехэлементную соль металла **X** ($\omega(\text{X}) = 32,6\%$ масс.), добавили 100 г 10% раствора NaOH, в результате чего выпал белый осадок **D**. Осадок отфильтровали и прокалили при 600°C , получив только 3,2 г двухэлементного соединения **B** с массовой долей **X** 74,4% и воду. Соединение **B** также образуется и при нагревании соли **A** до 700°C , но в этом процессе выделяется бесцветная смесь газов **Z** и **Y** в объёмном соотношении 1:2 соответственно. Относительная плотность этой смеси газов по водороду равна 26,65. Газ **Z**, входящий в состав воздуха, – парамагнетик, сильный окислитель, при температуре 91 К представляет собой бледно-голубую жидкость. Газ **Y**, напротив, чаще проявляет восстановительные свойства (обесцвечивает раствор перманганата калия и бромную воду), а его водный раствор окрашивает лакмус в красный цвет.

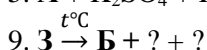
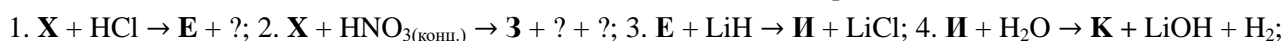
4. Рассчитайте выход соединения **B** в % от теоретически возможного (если бы весь металл **X** из соли **A** вошел в состав **B**) и установите его химическую формулу. Поясните, с чем связано то, что этот выход оказался далек от 100 %.

5. Назовите газ **Z**, вычислите молярную массу газа **Y**, назовите его и напишите уравнения реакций, с помощью которых охарактеризованы его восстановительные свойства.

6. Установите химическую формулу вещества **A**, напишите уравнения реакций, проведенных с веществом **A** и белым осадком **D**.

7. Один из изотопов **X** (атомная масса в 2,29 раза больше заряда ядра его атома) используется как детектор нейтрино. Установите количество нейтронов, входящих в состав этого изотопа. Содержание в природе другого изотопа элемента **X** составляет более половины от общего числа атомов, т.е. более 50 атомов из 100. Установите массовое число этого изотопа.

На зашифрованных ниже уравнениях реакций представлены превращения различных соединений металла **X**. Дополнительно известно, что массовая доля **X** в соединениях **И**, **Л** равна 86,4 и 13,5 % соответственно.



6. Приведите названия соединений **И**, **Л**, напишите уравнения реакций 1-9.

Задание 3. «Не худая задача!».

«Первое, что теряешь, садясь на диету, – это терпение»

Роберт Орбен

Согласно статистике 2019 г., примерно 55% населения России обладает избыточной массой тела. Кроме того, неуклонно растет доля детей, имеющих лишний вес. Одним из наиболее популярных методов оценки избыточного веса является индекс массы тела (ИМТ). Он рассчитывается следующим образом: массу человека в килограммах необходимо разделить на квадрат роста в метрах. Например, при весе 76 кг и росте 1,64 м $\text{ИМТ} = 76/1,64^2 = 28$, что соответствует небольшой избыточной массе (предожирение). При достижении показателя ИМТ выше 30 наступает 1



степень ожирения. Лишний вес способствует прогрессированию таких опасных заболеваний как сахарный диабет, атеросклероз, гипертония, сердечно-сосудистые патологии. Среди основных причин появления избыточного веса можно выделить следующие: уменьшение физической активности, увеличение аппетита из-за использования усилителей вкуса, доступность высококалорийной пищи и газированных напитков. Таким образом, основная причина избыточного веса – энергетический дисбаланс, когда калорийность рациона превышает потребности организма. Соответственно, избыток «энергии» организм запасает в виде жиров. В то же время израсходовать накопленные запасы «энергии» не так просто, как кажется.

В этой задаче мы постараемся оценить с точки зрения химии, сколько лишнего веса можно набрать за счет употребления вкусной пищи и газированных напитков, и сколько затем потребуется времени, чтобы от лишних килограммов избавиться. Стоит отдельно отметить, что полученные данные не будут являться точными, но в то же время дадут возможность оценить порядок представленной проблемы.

С точки зрения химии жиры – это сложные эфиры глицерина и насыщенных и/или ненасыщенных жирных органических кислот (стеариновой, пальмитиновой, линолевой, линоленовой). Чем больше в жире остатков ненасыщенных кислот, тем ниже его температура плавления. Например, в оливковом масле около 85 % ненасыщенных кислот, а в говяжьем жире менее 50 %.

Для оценочных расчетов примем, что основным жиром, образующимся в организме человека, является триглицерид олеиновой кислоты (сложный эфир, образующийся из молекулы глицерина и трех молекул олеиновой кислоты). Глицерин – это трехатомный спирт (1,2,3-тригидроксипропан), олеиновая кислота – это мононенасыщенная кислота, которая имеет систематическое название (*цис*)-октадецен-9-овая кислота.

Справочные данные: молекулярная формула триглицерида олеиновой кислоты $C_{57}H_{104}O_6$. Теплота образования триглицерида олеиновой кислоты равна 880 кДж/моль, теплота образования углекислого газа равна 394 кДж/моль, теплота образования жидкой воды равна 286 кДж/моль. Энергетическая ценность пищевых продуктов обычно измеряется в ккал/100 г. 1 ккал = 4,2 кДж, 1 кВт·ч = 3600 кДж.

Руководствуясь изложенной выше информацией, попробуйте выполнить следующие задания.

1. Изобразите структурные формулы глицерина и олеиновой кислоты. Напишите уравнение реакции окисления олеиновой кислоты водным раствором перманганата калия, подкисленным серной кислотой.
2. Напишите уравнение реакции сжигания триглицерида олеиновой кислоты в кислороде (в общем виде, без структурных формул). Рассчитайте теплоту сгорания этого жира в кДж/моль. Вычислите количество тепла (в ккал), которое выделится при сжигании 100 г этого жира.

Для оценочных расчетов учтем, что средний человек в сутки расходует на жизнеобеспечение 2000 ккал и примем, что все съеденные продукты усваиваются полностью. Будем считать, что все излишки энергии преобразовываются в жир в процессе, противоположном процессу его сжигания (то есть примем, что для накопления 100 г жира требуется столько же тепла, сколько выделяется при сгорании этой массы жира).

3. За сколько дней в организме может накопиться 10 кг жира, если завтракать, обедать и ужинать стандартным набором быстрой еды (один гамбургер массой 300 г, одна большая картошка «фри» массой 150 г и 500 г сладкой газировки). Энергетическая ценность гамбургера и картошки примерно одинакова и составляет около 300 ккал/100 г, газировки 50 ккал/100 г. Оцените приблизительную стоимость каждого лишнего набранного килограмма, если средняя стоимость стандартного набора составляет 250 руб.

4. Одним из способов избавления от избыточного веса являются физические упражнения. Рассчитайте, сколько потребуется времени и средств, чтобы избавиться от 10 кг накопленного жира, если ходить в тренажерный зал 3 раза в неделю и заниматься по 1 ч в день. Примем, что один час занятия на беговой дорожке сжигает 500 ккал, а стоимость такого занятия составляет 200 руб.

5. А на сколько дней Вам бы пришлось совсем отказаться от еды, чтобы 10 кг жира полностью израсходовались в организме?

6. Еще одним популярным физическим упражнением являются занятия на велотренажере. Если к велотренажеру подключить генератор, который вырабатывает электричество, то можно получать электроэнергию, сжигая лишние калории. Оцените, сколько дней Новосибирская область может обеспечиваться электроэнергией, если 1,5 млн. жителей Новосибирской области (55% от населения региона) будут вырабатывать электроэнергию на таком велотренажере, если учесть, что избыточный вес каждого составляет 15 кг. Потребность в электроэнергии Новосибирской области можно принять 15 млрд. кВт·ч в год (365 дней).

После проведенных расчетов задумайтесь, стоит ли искушать себя лишним сладким десертом, газированным напитком или булочкой с котлетой?

Задание 4. «Немного полимеров и медицинских препаратов».

Вашему вниманию предлагается кроссворд, в котором зашифрованы названия различных медицинских препаратов, а также веществ, из которых получают промышленно важные полимеры. В тексте описаны некоторые свойства этих веществ.

По горизонтали:

1. Название неопределенного соединения (по IUPAC), которое образует термически устойчивый полимер, широко используемый в быту. Из него изготавливают трубы для воды, посуду, упаковку, пленку. Имеет обозначение PP.

3. Из этого соединения получают полимер, используемый для изготовления одноразовой посуды и контейнеров,

не предназначенных для нагрева. Наиболее известным полимерным продуктом является пенопласт или стрипопор. Этот полимер обозначается аббревиатурой PS.

5. Это соединение образует азеотроп с водой (4% воды) и широко применяется в медицине для обеззараживания места укола на коже. Очень часто используется для создания настоек и экстрактов из растительного сырья. Является универсальным растворителем при изготовлении духов, одеколонов и аэрозолей.

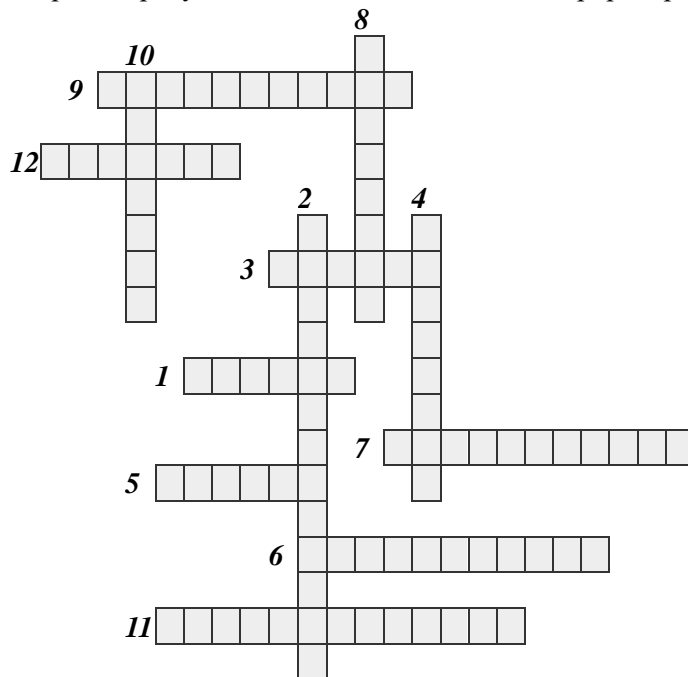
6. Из этого соединения синтезируют синтетический полиамид – капрон. В свою очередь само это вещество получают двухстадийным синтезом: на первой стадии из циклогексанона и гидроксилamina образуется оксим. В результате кислотно-катализируемой перегруппировки Бекмана из оксима образуется целевой продукт. Из капрона получают очень много промышленных важных материалов: рыболовные сети, гитарные струны, кордную ткань для автомобильных покрышек, ткани для одежды, чулки.

7. Из этого мономера изготавливают полимер, имеющий аббревиатуру ПВХ. Из него делают линолеум, грампластинки, натяжные потолки, искусственную кожу, пластиковые окна.

9. Это лекарственное средство (систематическое название *пара*-ацетиламинофенол) входит в состав многих медицинских препаратов (панadol, солпадеин, пенталгин и др.). Оно обладает анальгезирующим и жаропонижающим действием. Однако высокие дозы и длительное применение данного препарата могут вызвать поражение печени.

11. Это соединение представляет собой сложный эфир бензойной кислоты и бензилового спирта и используется в качестве медицинского препарата для лечения от чесотки.

12. Из этого 1,3-диена в результате полимеризации получают каучук, который применяется для производства автомобильных шин. Терпены считаются формальными производными этого соединения.



По вертикали:

2. Эта бесцветная вязкая жидкость имеет температуру кипения 197 °С. Она широко применяется в смеси с водой в качестве антифриза в автомобилях. Кроме того, из нее получают полимер ПЭТФ (английское обозначение PET) из которого изготавливают тару. Соединение 2 можно получить в результате двухстадийного синтеза с использованием следующих реагентов: этилен, бром, вода и гидроксид натрия.

4. Это органическое соединение широко применяется в медицине и парфюмерии для смягчения кожи. Оно представляет собой бесцветную вязкую жидкость, сладкую на вкус. Основным способом синтеза этого вещества является щелочной гидролиз жиров. Большое количество этого вещества используется для производства взрывчатого вещества для дробления горных пород – динамита.

8. Это ярко-желтое соединение со специфическим запахом раньше применялось в медицине как дезинфицирующее средство. В настоящее время его применяют лишь в стоматологии. Оно образуется в результате галоформной реакции между ацетоном и щелочным раствором йода. Данная реакция является качественной для метилкетонов.

10. Под этой торговой маркой фирмы «Байер» известно соединение «ацетилсалициловая кислота».

1. Используя подсказки, разгадайте кроссворд. Ответы перепишите на лист с Вашими решениями в формате «номер – слово».

2. Приведите структурные формулы веществ 1, 5, 7, 12.

3. Напишите уравнение реакций взаимодействия:

а) вещества 1 с HCl.

б) вещества 1 с HBr в присутствии органических пероксидов (ROOR).

в) вещества 3 с водным раствором перманганата калия, подкисленным серной кислотой.

г) соединения 7 с бромоводородом.

4. Напишите уравнения двух последовательных реакций, в результате проведения которых можно получить вещество 2 из этилена, брома, воды и гидроксида натрия.