

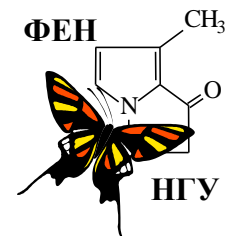


## 58-я Всесибирская открытая олимпиада школьников

Первый отборочный этап 2019-2020 уч. года

Задания по химии

9 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.

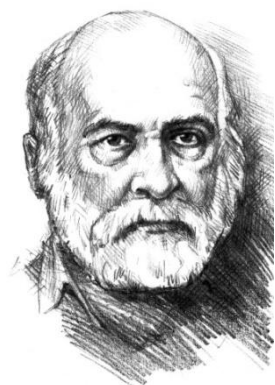
Студенческий кампус НГУ уютно расположился на улице, получившей свое имя в честь великого русского врача Николая Ивановича Пирогова. Замечательный естествоиспытатель и педагог, создатель первого атласа топографической анатомии, один из основоположников хирургической анатомии и анатомо-экспериментального 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. Что такое «лубок» и как его можно использовать при повреждениях конечностей?
2. Какой из весьма распространенных в России овощей содержит наибольшее количество крахмала? Какую массу крахмала можно получить из 3 тонн этого овоща при массовой доле крахмала в овоще 17 %?
3. Как называются фиксирующие повязки, приготовленные из водной взвеси порошка **А**?

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 [реакция 1]. Реакция перехода **А** в **Б** обратима: при нагревании **Б** до 150<sup>0</sup>С оно теряет 75% кристаллизационной воды и превращается в порошок **А** [2], а вот если прокалить **А** при температуре выше 220<sup>0</sup>С то оно полностью теряет кристаллизационную воду и необратимо переходит в вещество **В** [3]. Все три вещества являются кальциевыми



солями двухосновной сильной кислоты и различаются только количеством кристаллизационной воды.

4. Установите точные составы веществ **A-B** и напишите уравнения реакций [1]-[3], если известно, что массовая доля кальция составляет: в **A** 27,6 %, в **B** 23,3 %, в **B** 29,4 %.

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

5. Оцените массу минерала **B**, которую ежегодно перерабатывает мировая промышленность для получения нужного количества вещества **A** в результате реакции [2], если считать, что минерал не содержит примесей.

Химическим способом вещество **B** может быть получено взаимодействием водного раствора той самой кислоты с оксидом [4], гидроксидом [5], карбонатом [6], фторидом кальция [7]. Вещество **B** иногда называют «мертвым **B**», поскольку оно не имеет способности обратимо присоединять/отщеплять воду. Тем не менее, при сильном нагревании **B** может реагировать с такими инертными веществами, как уголь [8] и песок [9], причем последнюю реакцию иногда используют для получения ангидрида сильной кислоты.

6. Приведите собственные названия четырех перечисленных соединений кальция, напишите уравнения реакций [4]-[9] и рассчитайте массу вещества **B**, которая может быть получена из 100 г карбоната кальция.

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

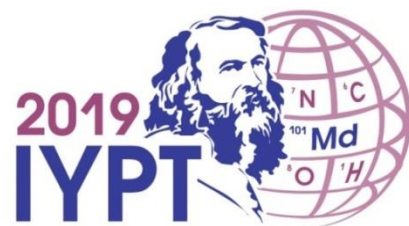
В 1869 г. великий русский ученый Д.И. Менделеев открыл и сформулировал периодический закон, наглядным выражением которого является Периодическая система химических элементов, которую современные ученые называют просто «периодическая таблица». В честь полуторавекового юбилея этого события Генеральная 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 **X**, 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/см<sup>3</sup>, 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 **X** заполняют высокотемпературные термометры.

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



2. Оцените, какую минимальную массу цинковой обманки должен был переработать де Буабодран, чтобы получить 0,1 г металла X, если известно, что содержание нового элемента в руде было меньше 0,2 % по массе.
3. Вслед за де Буабодраном признайте верным значение плотности, предложенное русским ученым, и вычислите объём (с точностью до тысячных долей см<sup>3</sup>), который занимал полученный им кусочек металла X. Переведите эту величину в мл и мм<sup>3</sup>.

4. 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 вещества А ( $\omega(X) = 39,6\%$  масс.), образующегося в реакции металла X с простым газообразным веществом Y зеленого цвета [реакция 1], добавили раствор NaOH, в результате чего выпал белый осадок Б [2]. Осадок полностью отфильтровали и прокалили при 600 °С [3], получив только 3,2 г вещества В (оксид металла с массовой долей X 74,4%) и воду.

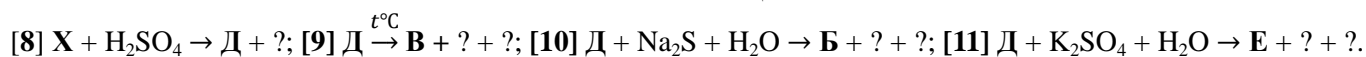
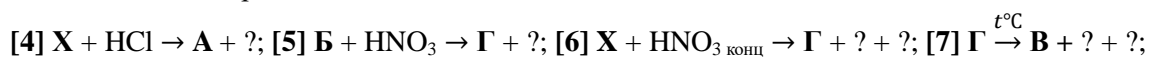
5. Вычислите массу вещества А, содержавшегося в растворе, общую массу металла X в его составе и максимальную массу В, которую можно было получить из этого количества вещества А (если бы весь металл X из вещества А вошел в состав В). Рассчитайте выход соединения В в % от теоретически возможного. Приведите две возможных причины, по которым этот выход оказался далек от 100 %.

6. Назовите металл X, неметалл Y, поясните происхождение их названий.

7. Установите химические формулы веществ А-В, напишите уравнения реакций [1]-[3].

8. В природе X встречается в виде двух изотопов. Один из этих изотопов (атомная масса в 2,29 раза больше заряда ядра его атома) используется как детектор нейтрино. Установите количество протонов, нейтронов и электронов, 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 некоторые превращения и способы получения соединений А-В (буквами зашифрованы соединения металла X). Дополнительно известно, что массовая доля X в соединении Е равна 13,5 %.



9. Приведите названия соединений А, Г, Д, Е, напишите уравнения реакций [4]-[11].

### 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  $ИМТ = 76/1,64^2 = 28$ , 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.

Для расчета тепловых эффектов реакций используют следствие из закона Гесса, которое звучит следующим образом: тепловой эффект химической реакции равен разности сумм теплот образования (обозначается  $Q^{\circ}_{обр}$ ) продуктов реакции и сумм теплот образования исходных веществ, умноженных на соответствующие стехиометрические коэффициенты:  $Q^{\circ}_{реакции} = \sum Q^{\circ}_{обр}(\text{продукты}) - \sum Q^{\circ}_{обр}(\text{реагенты})$ . Стоит отметить, что для простых веществ в основном агрегатном состоянии в стандартных условиях  $Q^{\circ}_{обр} = 0$ .

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.** Напишите уравнение реакции сжигания триглицерида олеиновой кислоты в кислороде с образованием углекислого газа и воды, аккуратно расставьте стехиометрические коэффициенты. Рассчитайте теплоту сгорания этого жира (тепловой эффект реакции сгорания 1 моль жира) в кДж/моль и ккал/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).

**2.** Какая масса жира (г) будет запасаться в организме ежедневно, 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.

**3.** За сколько дней в организме может накопиться 10 кг жира? 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?