

Задача 1. «Вытеснительный ряд».

«Рассматривая случаи вытеснения одного элемента другим, невольно, можно сказать, поражаешься одним почти постоянным условием реакции, именно тем, что менее плотное тело вытесняет более плотное».

Н.Н. Бекетов. «Исследования над явлениями вытеснения одних элементов другими», 1865 г.

В 2017 г. исполнилось 190 лет со дня рождения Николая Николаевича Бекетова – русского физико-химика, записавшего "вытеснительный ряд металлов", который известен Вам как электрохимический ряд напряжений. Для любознательного школьника не является секретом, что этот ряд позволяет предсказывать направление протекания некоторых окислительно-восстановительных процессов с участием металлов.

Для проверки закономерностей ряда Юный химик (ЮХ) в четырех пузырьках приготовил по 60 мл растворов солей с концентрацией 0,100 моль/л: нитрата серебра (раствор 1), сульфата меди (раствор 2), бромата марганца(II) (раствор 3) и – для сравнения – перхлората железа(III) (раствор 4). Затем в каждый раствор он опустил по тщательно очищенной железной пластинке массой около 10 г, плотно закрыл пузырьки и оставил. Через неделю ЮХ с ужасом обнаружил, что забыл подписать пузырьки. Помогите ему решить проблему, считая, что реакция металла с катионом соли за это время успевает пройти полностью, а анионы солей не подвергаются никаким изменениям.

1. Напишите химические формулы солей, из которых ЮХ готовил свои растворы. Какие цвета были у этих растворов перед началом эксперимента?
2. Напишите уравнения реакций, происходящих в пузырьках в течение недели (можно в сокращенном ионном виде).
3. Какие цвета имеют растворы и металлические пластинки в конце эксперимента? Как изменилась масса пластинок в каждом из пузырьков (качественно, т.е. стала >, < или = - не изменилась)?
4. Рассчитайте изменения масс пластинок в результате проведенного эксперимента.

Задача 2. «Железосерные минералы».

«Минерал – это химически и физически индивидуализированный продукт природной физико-химической реакции, находящийся в кристаллическом состоянии».

Годовиков А. А. «Минералогия». М.: «Недра», 1983.

Самым известным сульфидным минералом железа является *пирит*, имеющий состав FeS_2 . Долгое время пирит использовался человеком в промышленных процессах получения железа и серной кислоты. Достаточно известен и *халькопирит* (CuFeS_2), который, помимо железа и серы, содержит еще и медь – крайне важный для человека металл. Однако этими двумя известными минералами разнообразие сульфидных минералов железа не ограничивается.



Например, в 1725 г. в Рудных горах в Чехии впервые был обнаружен довольно тяжелый (плотность $5,09 \text{ г/см}^3$) минерал *борнит*. В 1843 г. на Кубе был открыт и описан *кубанит*, достаточно редкий минерал, встречающийся в высокотемпературных гидротермальных источниках в виде мелких кристаллов вместе с пиритом, халькопиритом, *аргентопиритом*, *троилитом* и другими сульфидами. В 1970 г на Кольском полуострове в горных породах, богатых солевыми минералами, содержащими натрий и калий, был впервые обнаружен чрезвычайно редкий минерал *расвумит*.

Содержание Fe и S в чистых образцах перечисленных минералов представлено в таблице:

Минерал	<i>Троилит</i>	<i>Аргентопирит</i>	<i>Кубанит</i>	<i>Расвумит</i>	<i>Борнит</i>
Массовая доля Fe, %	63,52	35,37	41,15	45,22	11,13
Массовая доля S, %	36,48	30,47	35,44	38,95	25,56

Помимо этого известно, что в состав каждого из минералов входит не более трех элементов, причем в кубаните, борните и халькопирите эти элементы одинаковые.

1. Рассчитайте массы образцов чистых халькопирита и борнита, каждый из которых содержит по одному килограмму меди. Какой из этих образцов будет меньше по объему, и во сколько раз? Плотность халькопирита $4,30 \text{ г/см}^3$.

2. Напишите уравнения реакций, описывающих схему получения серной кислоты из пирита (с указанием условий их проведения).

В железнодорожную цистерну залили 30 м^3 96 %-го раствора серной кислоты (плотность такого раствора $1,836 \text{ г/см}^3$).

3. Вычислите количество молей серной кислоты, содержащейся в этой цистерне. Какая масса чистого пирита в тоннах потребовалась бы для ее получения со 100 % выходом?

4. Сколько руды, содержащей 30 масс. % пирита, пришлось бы переработать для получения этого количества кислоты, если реальный выход кислоты в таком процессе составляет 90 %?

5. Установите общие формулы минералов, перечисленных в таблице.

6. Укажите степени окисления элементов в пирите. Представьте формулы аргентопирита и борнита в виде комбинации реально существующих сульфидов металлов, например $\text{Na}_2\text{S} \cdot 2\text{CuS} \cdot 3\text{FeS}_2$.

7. Напишите уравнения реакций растворения троилита, пирита, аргентопирита и борнита в концентрированной азотной кислоте.

Задача 3. «Термодинамика процесса употребления мороженого».

Давно закончилось лето, а у нас в Сибири, по сути, закончилась уже и осень, и на улицах лежит устойчивый снежный покров. Но есть один продукт, который всегда напоминает нам о лете – это мороженое. Зачем мы его едим? Это вкусно! Но, как думают многие, мороженое едят для того, чтобы в жаркий солнечный день немного охладиться. Давайте попробуем разобраться, действительно ли можно «унять» летнюю жару с помощью мороженого. Сразу оговоримся, что это будет лишь оценка, поскольку биохимические процессы в нашем организме значительно сложнее, чем предлагаемая модель. Кроме того, массо- и теплоперенос требует времени.



В процессе решения задачи нам предстоит ответить на главный вопрос: можно ли понизить температуру тела с помощью мороженого?

Для начала примем следующие допущения, которые позволят упростить вычисления, но в то же время дадут нам представление о термодинамике процесса «поглощения» мороженого:

- удельные теплоемкости тела человека, воды и мороженого равны и составляют $4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$;
- после поедания мороженого все тело человека охлаждается очень быстро и равномерно;
- масса человека, съевшего мороженое, была равна 50 кг, а температура его тела $36,6 \text{ }^\circ\text{C}$;

- порция 100 г классического пломбира содержит 4 г белков (средний состав $C_{81}H_{125}O_{39}N_{22}$), 14 г жиров ($C_{55}H_{104}O_6$) и 30 г углеводов ($C_{12}H_{22}O_{11}$), остальное – вода;

- удельные теплоты полного сгорания ($Q_{\text{сгор.}}$) компонентов мороженого в теле человека и в избытке кислорода равны и составляют: белков 4 ккал/г, углеводов 4 ккал/г, жиров 9 ккал/г.

- 1 кал = 4,2 Дж.

Итак, будем считать, что человек съел 100 г пломбира, имевшего температуру «-20 °С».

1. Оцените, на сколько градусов (с точностью до десятых) понизится температура тела этого человека без учета калорийности составных частей продукта (без "переваривания" мороженого).
2. Рассчитайте суммарную калорийность порции 100 г классического пломбира в кДж.
3. Оцените, на сколько градусов может подняться температура тела человека только за счет калорийности продукта, считая, что все биохимические процессы и теплоперенос происходят мгновенно, а теплообмена с окружающей средой нет.
4. Оцените, какой в этом случае стала бы температура тела человека после поедания мороженого.
5. Оцените, на сколько градусов понизится температура тела этого человека, если он выпьет 250 мл воды с температурой +4 °С (температура в холодильных установках супермаркетов).
6. Напишите уравнения реакций полного сгорания в избытке кислорода белка, углевода и жира, формулы которых приведены в условии задачи.
7. Используя следствие из закона Гесса и удельную теплоту сгорания жира, рассчитайте теплоту образования жира в кДж/моль (теплота образования жидкой воды равна 286 кДж/моль, а углекислого газа 394 кДж/моль).

Жиры являются сложными эфирами глицерина (это спирт, в состав молекулы которого входят три гидроксильных группы, связанных с разными атомами углерода) и карбоновых кислот. Сложные эфиры – продукты взаимодействия спиртов с кислотами, сопровождающегося отщеплением воды. Также известно, что в состав молочного жира $C_{55}H_{104}O_6$ входят остатки стеариновой (октадекановой, C_{18}), пальмитиновой (гексадекановой, C_{16}) и олеиновой (цис-октадецен-9-овой, C_{18}) кислот.

8. Изобразите структурные формулы карбоновых кислот, остатки которых входят в состав молочного жира. Приведите пример структурной формулы жира, содержащего в одной молекуле остатки стеариновой, пальмитиновой и олеиновой кислот.
9. Гидролиз жиров водным раствором гидроксида натрия - промышленный способ получения твердых сортов мыла. Напишите уравнение этой реакции для молочного жира.
10. На физико-химические свойства жира непосредственное влияние оказывает содержание в нем непредельных кислот: чем их больше, тем ниже температура плавления (например, говяжий жир твердый, а подсолнечное масло жидкое). Непредельность жиров можно показать качественно. Приведите уравнение реакции олеиновой кислоты с бромной водой (с использованием структурных формул).

Задача 4. «ДЭТА».

«Гнус – общее название летающих кровососущих двукрылых насекомых, в массе нападающих на человека и животных; в состав гнуса входят комары, мошки, мокрецы, москиты, слепни, некоторые виды мух».

Большой медицинский словарь

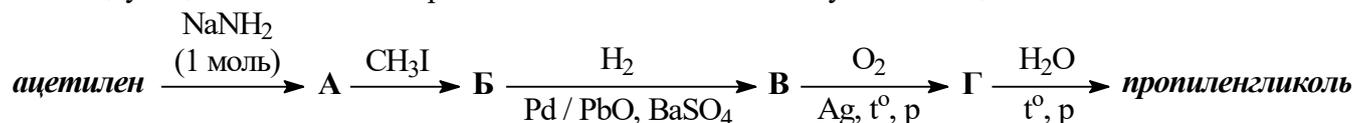
Что ни говори, а с летом расставаться грустно. И мороженое уже не радует, и на пляж попадешь не скоро, и на улице долго не погуляешь. Однако, у зимы есть одно весомое преимущество над остальными временами года – на улице вместе с теплом пропал и гнус. Помните, как на летнем отдыхе приходилось отмахиваться от назойливых насекомых, считать укусы и пшикать на себя репеллентом из баллончиков – и порадитесь зиме!



Это, конечно, шутка, но аэрозольный баллончик с репеллентом (веществом, отпугивающим насекомых), и в самом деле способен сделать наш летний отдых намного более комфортным. Содержимое таких баллончиков обычно включает следующие компоненты: *пропан*, *изобутан*, *этанол*, *пропиленгликоль* и вещество, обозначаемое четырьмя буквами «ДЭТА».

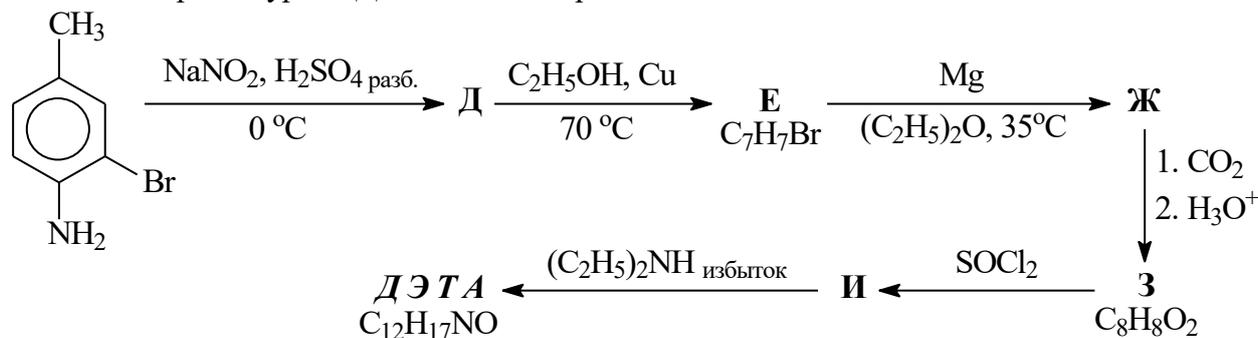
1. Приведите структурные формулы первых трех упомянутых составных частей аэрозольного баллончика (пропан, изобутан и этанол).

Следующий компонент – пропиленгликоль – можно получить из ацетилена по схеме:



2. Приведите структурные формулы ацетилена, соединений А–Г и пропиленгликоля.

И все же основным действующим веществом большинства репеллентов является именно соединение с аббревиатурой «ДЭТА». Ниже приведена возможная схема его синтеза.



3. Приведите структурные формулы соединений Д–И, а также вещества «ДЭТА».

4. Попробуйте расшифровать аббревиатуру «ДЭТА».