

ДЕЯТЕЛЬНОСТНО-ЦЕННОСТНАЯ ЗАДАЧА «МЕГАМОЛЕКУЛА». ПОЛИЭТИЛЕН

Имя задачи: Мегамолекула

Автор: Грига Виктория Владимировна, учитель химии
общеобразовательной школы I–III ступеней № 65 г. Мариуполя

Предмет: Химия

Класс: 9-й

Тема: Полиэтилен: получение, строение, свойства

Профиль: Общеобразовательный

Уровень: Общий или Продвинутый

Текст задачи

В книге Г. – Г. Элиаса «Мегамолекулы» написано: «Многие историки считают, что не солдаты и не генералы выиграли битву за Британию во второй мировой войне; их успех стал возможен благодаря полиэтилену. Этот пластик является чудесным изолятором для высокочастотных устройств. Такой материал был крайне необходим при конструировании только что изобретённых радаров, благодаря которым можно было бы следить за курсом немецких бомбардировщиков и поднимать по тревоге истребители. Без полиэтилена не было бы радаров, без радаров не было бы заблаговременного сигнала воздушной тревоги, не было бы успешной обороны».

Благодаря каким же учёным и каким образом удалось синтезировать такую чудесную молекулу и какими ещё замечательными свойствами она обладает? Дайте ответ с точки зрения химика.

а) *Выделите ключевые слова для информационного поиска.*

б) *Найдите и соберите необходимую информацию.*

в) *Обсудите и проанализируйте собранную информацию.*

г) *Сделайте выводы.*

д) *Сравните Ваши выводы с культурным образцом.*

Возможные информационные источники

Книги:

Карцова А.А. Покорение вещества. Органическая химия: пособие. – СПб.: Химиздат, 1999. – 272 с.

Web-сайты:

1. <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-52/3.htm>

2. http://roksana.com.ua/ru/svojstva_polietilena.html

3. <http://www.koros-plast.ru/svoystva-polietilena>

4. <http://www.popmech.ru/history/17221-kto-i-kak-primeneni-polietilen/#full>

Культурный образец

Копылов В.В. Полиэтилен [статья] / Копылов В.В. // *Химия и жизнь*. – 1977. – № 11. – С. 41–45

Копылов В.В. Полиэтилен [статья]: [Электронный ресурс] / Копылов В.В. Полиэтилен // Единая коллекция Цифровых Образовательных Ресурсов. – Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/catalog/search/?text=%EF%EE%EB%E8%FD%F2%E8%EB%E5%ED&submit=%CD%E0%E9%F2%E8&interface=catalog&subject%5B%5D=31>. – 27.02.15

Сам термин «мегамолекула» является не слишком распространённым и совпадает с понятием «макромолекула» (от греч. makros – большой и молекула), который употребляют, если речь заходит об огромных молекулах с повторяющимися участками (мономерами). Причём, интересно, что удаление одного или нескольких таких участков никак не влияет на свойства всей макромолекулы.

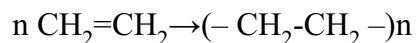
Термин «макромолекула» был введён нобелевским лауреатом Генрихом Штаудингером в 1922 году.

Открытие полиэтилена связано с именами нескольких учёных. Немецкий химик Ганс фон Лехман получил его в 1899 году совершенно случайно и открытию этому не придали должного значения. Второе рождение полиэтилен получил благодаря инженерам Эрику Фосету и Ред-

жинальду Гибсону в 1933 году. Уже в 50-х полиэтилен начали использовать для изготовления телефонных кабелей.

Природа богата на макромолекулы: крахмал, целлюлоза, цепочки белковых молекул, ДНК и РНК. Однако образуются они путём поликонденсации, а не полимеризации, как полиэтилен. Ещё недавно процесс получения полиэтилена ни один учёный не мог представить, даже сама возможность этого представлялась сомнительной. Сейчас полиэтилен можно увидеть и на кухне, и на военных объектах. В отличие от природных полимеров, полимеризация этилена без вмешательства человека не происходит никогда.

В общем виде уравнение полимеризации можно представить так:



Этилен – газ, получившийся полиэтилен – твёрдое вещество.

По принципам термодинамики образование новых веществ должно быть энергетически выгодно. Значит, получение полиэтилена должно происходить с выделением тепла. Но известны и другие экзотермические реакции, в которых участвует этилен. Например, он превращается в графит и водород с выделением 11,14 ккал/моль. А реакция превращения этилена в метан и графит ещё более выгодна, т.к. экзотермический эффект составляет 30,44 ккал/моль. Так зачем же этилену превращаться в полиэтилен? На этот вопрос можно ответить с точки зрения принци-

па Ле Шателье. Согласно этому принципу, всякое внешнее воздействие на систему приводит к таким изменениям в ней, которые ослабляют это внешнее воздействие. Если этилен поместить в аппарат высокого давления, то в результате реакции давление должно упасть, т.е. объёмы образующихся веществ должны быть гораздо меньше исходного объёма газообразного этилена. Из трёх возможных реакций, рассмотренных выше, лишь полимеризация идёт с резким уменьшением объёма газовой фазы: превращение этилена в метан и углерод не изменит объёма (сколько молей газа было, столько и останется), а третья реакция увеличит объём вдвое. Таким образом, высокие давления должны способствовать реакции получения полиэтилена, вопрос только в том, как добиться, чтобы реакция началась.

Инициировать реакции полимеризации довольно просто. Стоит добавить к жидкому мономеру органическую перекись, слегка нагреть и начнётся разложение перекиси. Образуются свободные радикалы, которые будут реагировать с мономером, возбуждая его молекулы. И реакция полимеризации пойдёт сама собой. Но для этилена этот путь осложнён двумя обстоятельствами.

Во-первых, у этого газа критическая температура – $9,9^{\circ}\text{C}$. При обычной температуре, какие бы давления мы ни прилагали, превратить этилен в жидкость невозможно. А во-вторых, при высоких давлениях температура разложения перекиси повыша-

ется: ведь при таком разложении выделяется кислород, объём увеличивается, и принцип Ле Шателье начинает действовать против нужного нам процесса.

Выход мог быть только один: ещё больше повысить давление (чтобы получить более высокую концентрацию этилена) и температуру (ради разложения перекиси), а кроме того, подобрать такую перекись, которая эффективно инициировала бы полимеризацию в этих условиях. Именно таким катализатором полимеризации оказалась его собственная перекись, образующаяся из мономера и кислорода воздуха.

Чтобы узнать все эти в общем-то простые вещи, понадобилось немало лет. Практический результат этих исследований был получен весной 1936 года в Государственном институте высоких давлений. В специальной установке при температуре 300°C и давлении 3000–4000 атмосфер из этилена в присутствии ничтожного количества кислорода воздуха группа советских учёных во главе с профессором *А.И. Динцесом* получила эластичные матовые кусочки нового необычного материала. Он ни в чём не растворялся, на него не действовали даже крепкие кислоты, а при нагревании они вытягивались в тонкие, достаточно прочные нити.

Но, пожалуй, самым ценным свойством полиэтилена оказались его электроизоляционные характеристики. Первыми потребителями полиэтилена стали радиолокационная техника и производство изоляции для кабеля.

Приблизительно в то же время полиэтилен был получен и в Англии. Его – в виде белого воскообразного материала – получили при давлении в 3000 атмосфер.

Теоретически разрывная прочность полимерных цепей огромна – до 1400 кг/мм². Объяснить разницу в прочности полиэтилена, полученного в промышленности, и теоретической помогла теория надмолекулярных структур академика *В.А. Каргина* и профессора *Г.Л. Слонимского*. Полиэтилен может быть действительно прочнее стали, но лишь тогда, когда его молекулы распрямлены, расположены параллельно, без складок, а микрокристаллы точно так же ровно уложены в крупный монокристалл устойчивой гексагональной структуры. В обычном же полиэтилене микрокристаллики срастаются хаотично. Заставить полиэтилен кристаллизоваться особым образом достаточно трудно. Но самая большая трудность состоит в том, что для идеальной кристаллизации все молекулы должны быть сами строго линейными. Но при свободнорадикальной полимеризации образуются разветвлённые макромолекулы.

Строго линейный полиэтилен удалось получить только в пятидесятых годах после открытия *Карлом Циглером* и *Джулио-Натта* ионнокоординационной полимеризации. В этом случае каждая следующая молекула мономера «пришивается» катализатором строго по месту назначения.

Полиэтилен промышленный высокого давления имеет плотность от 0,84 г/см³ до 1,014 г/см³ (из-за аморфных участков с разветвлённой структурой). Полиэтилен, полученный по методу Циглера-Натта, имеет плотность 0,95 г/см³. Его называют полиэтиленом высокой плотности и низкого давления. С изменением плотности меняются прочность, эластичность и другие свойства полиэтилена. Следовательно, варьируя условия синтеза, можно получать несколько разных полиэтиленов с довольно сильно отличающимися свойствами.

Методический комментарий

Решение задачи позволяет учащимся подробно рассмотреть строение полимерных молекул, повторить принцип Ле Шателье, тепловой эффект химических реакций с точки зрения практического применения. Кроме того, провести параллель между внутренним строением вещества и его свойствами, что позволит вспомнить одно из положений теории строения органических веществ А.М. Бутлерова. Необходимо обратить внимание при ответах на записи уравнений реакций, в особенности полимеризации этилена.

Решение задачи «Мегамолекула» я предложила своим девятиклассникам на двух уроках химии согласно расписанию, что вполне оказалось достаточным для первого опыта применения технологии ТОГИС.