

Марина Молчанова



Лайнус Карл Полинг
(Linus Carl Pauling)
28.02.1901 – 19.08.1994



Лайнус Полинг (слева).
Калтех, 1939 г.

За всё время существования Нобелевской премии лишь четыре человека получили её дважды. Это биохимик Фредерик Сенгер (см. «Квантик» №9 за 2019 год), физик Джон Бардин, Мария Кюри и Лайнус Полинг. Правда, вторая Нобелевская премия Полинга была премией мира – то есть, по мнению учёных, не совсем настоящей. Но и она была присуждена Полингу за действительно важную и результативную борьбу. А количество его достижений в химии потянуло бы не на одну, а на несколько премий – трудно уверенно сказать, кто более и кто менее великий, но Полинг был уж точно самым разносторонним химиком XX века. И ещё он единственный, кто получил обе Нобелевские премии единолично, без обычного деления между двумя-тремя лауреатами.

Лайнус родился в американском городе Портленде, штат Орегон. Он блестяще учился в школе и очень рано поступил в колледж, где получил высшее образование. Любопытно, что в школе он не успел сдать пару курсов истории, и школьный диплом ему решились выдать уже после Нобелевских премий. После колледжа учился в аспирантуре Калифорнийского технологического института, знаменитого Калтеха, ставшего местом его работы на десятки лет. В конце 20-х годов он съездил в Европу, где как раз начиналось бурное развитие «новой физики» (квантовой) – а значит, и «новой химии». И это определило основное направление его научных интересов на многие годы вперёд.

АТОМЫ, СВЯЗИ, МОЛЕКУЛЫ

Говорят, что если идеи учёного удостоились строчки в школьном учебнике, то он наверняка гений. Тогда Полинга можно назвать многократным гением, поскольку не одна и не две строчки, а значительная часть школьных учебников по химии – это именно те представления, которые он ввёл в науку. Конечно, тут некоторые подростки захотят Полинга проклясть: школьная химия не слишком популярна, и многие считают её сложноватой. Но могло быть гораздо хуже: скажем, метод молекулярных орбиталей, развитый

СРЕДИ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

ВЕЛИКИЕ УМЫ

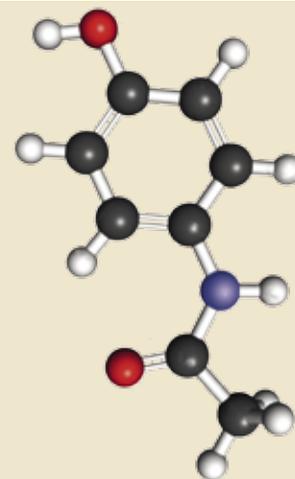
Малликеном для описания молекул, точнее и полнее, но и понять его намного сложнее.

Теория Полинга, хотя и основана на квантовых расчётах, оставляет нам возможность пользоваться удобными и привычными для нас моделями молекул – как будто собранными из конструктора.¹ Атомы – узлы конструкции, а некоторые пары атомов соединены «стержнями» – химическими связями. Химическая связь между двумя атомами образуется за счёт их электронов: либо один атом отдаёт свой электрон другому (*ионная связь*), либо каждый из них «вкладывает» по одному электрону и у атомов получается общая пара электронов (*ковалентная связь*).

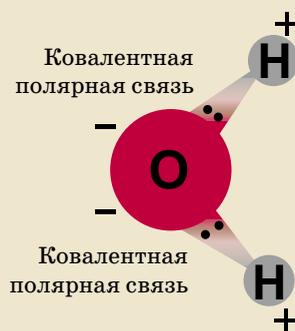
И вот тут сразу первая важная вещь, введённая Полингом: чисто ионная и чисто ковалентная связи – это крайние случаи, а чаще бывает их смесь, когда образуется общая электронная пара, но один из атомов частично оттягивает общие электроны на себя (*ковалентная полярная связь*). А вот кто и насколько сильно «тянет одеяло на себя» – это зависит от ещё одной характеристики атомов, которую также определил Полинг: от *электроотрицательности*. Само понятие, правда, существовало уже давно, но именно Полинг первый придумал для него удобный метод расчёта и создал шкалу, которая используется по сей день. Простейший пример: электроотрицательность кислорода намного больше, чем водорода ($3,44 > 2,20$), – значит, в молекуле воды H_2O именно кислород перетягивает на себя электроны, и на его атоме поэтому формируется отрицательный электрический заряд, а на атомах водорода – положительный. Это определяет многие важные свойства воды.

Ещё одна существенная вещь, введённая Полингом, – понятие *гибридизации*. Атомы углерода способны образовывать четыре совершенно одинаковые химические связи (как в молекуле природного

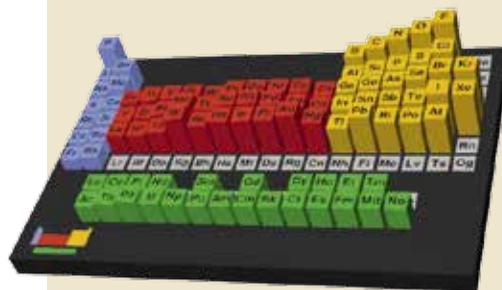
¹ Заметим: даже те цвета, которые многие поколения химиков используют в условных моделях молекул (чёрный для атомов углерода, белый для водорода, красный для кислорода, синий для азота, и так далее), восходят именно к Полингу и его соавторам.



Модель молекулы парацетамола – известного лекарства

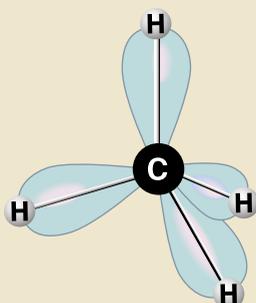


Ковалентные полярные связи в молекуле воды

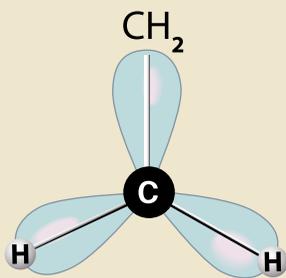


Шкала электроотрицательности по Полингу – чем выше столбик, тем больше электроотрицательность

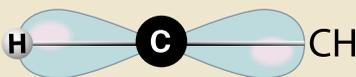
ГИБРИДИЗАЦИЯ В РАЗНЫХ МОЛЕКУЛАХ



sp^3 -гибридизация
в метане CH_4



sp^2 -гибридизация
в этилене C_2H_4



sp -гибридизация
в ацетилене C_2H_2

газа, метана CH_4 , изображённой здесь в верхней части рисунка). При этом специалисты по квантовой химии знают, что те четыре электрона, которые атом углерода может «вложить» в образование связей, на самом деле неодинаковы. Но, по Полингу, при образовании химических связей может происходить смешение и усреднение – это и есть гибридизация. Когда в смешении участвуют все четыре электрона (sp^3 -гибридизация), итоговые связи как будто направлены из центра тетраэдра к его вершинам, когда три (sp^2 -гибридизация) – как будто из центра правильного треугольника к его вершинам, когда два (sp -гибридизация) – вдоль одной линии в противоположных направлениях. На этой основе мы можем легко предсказывать и наглядно представлять пространственные структуры многих молекул.

Концепции Полинга описаны в его книге 1939 года «Природа химической связи». За 80 лет она не утратила своего значения и остаётся, пожалуй, самой знаменитой химической книгой всех времён.

КЛЕТКИ В ФОРМЕ ПОЛУМЕСЯЦА

Полинга нередко называют и одним из основателей молекулярной биологии. Ведь он первым показал молекулярную природу известной болезни.

Серповидноклеточная анемия практически не встречается в России: это болезнь африканцев и выходцев из Африки. И это одна из самых распространённых наследственных болезней в мире. У таких больных уже в возрасте нескольких месяцев возникает не только анемия (малокровие), но и боли, частые инфекции, отёки, воспаления, проблемы с сердцем, лёгкими и суставами. Под микроскопом в крови больных видны красные клетки крови (эритроциты) странной формы: не обычные круглые диски с углублением в середине, а нечто изогнутое, действительно напоминающее серп или полумесяц.

Генетическая природа этой болезни была продемонстрирована в 1949 году. И в том же году Полинг с соавторами выяснили, что именно происходит

в организме больных на молекулярном уровне. Оказывается, у людей с серповидноклеточной анемией гемоглобин крови имеет не совсем такие молекулы, как у здоровых людей. Причём люди, имеющие как «нормальный», так и «аномальный» гемоглобин (носители болезни), чувствуют себя хорошо и обычно ни на что не жалуются. А вот если есть только аномальный гемоглобин (такой ребёнок может родиться, если оба родителя являются носителями), то болезнь протекает тяжело. Полинг показал существование разных вариантов гемоглобина с помощью электрофореза – одного из методов, который позволяет разделять разные белки. И впервые стало понятно, что отклонение в строении молекул одного-единственного белка в организме может иметь самые серьёзные последствия.

Сейчас мы уже довольно много знаем о серповидноклеточной анемии. Знаем, как именно «ошибка» в синтезе гемоглобина влияет на развитие болезни. Знаем, почему эта болезнь так распространена (оказывается, её носители сравнительно устойчивы к малярии и в условиях тропиков имеют преимущество). Знаем, как облегчить состояние больных – хотя с излечением всё сложно. Но исходным пониманием природы этой болезни мы обязаны Полингу.

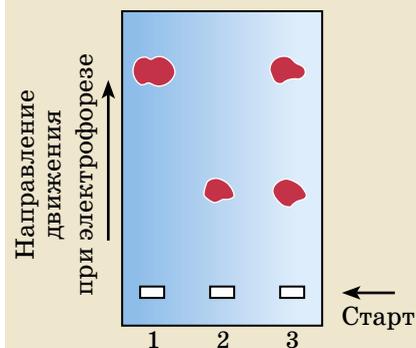
СВЕРНУТЬ БЕЛОК

Главные «рабочие лошадки» в любом живом организме – молекулы белков. Это и основной строительный материал клеток, и регуляторы скорости большинства процессов, и сигнальные и транспортные молекулы. Словом, без белков никуда.

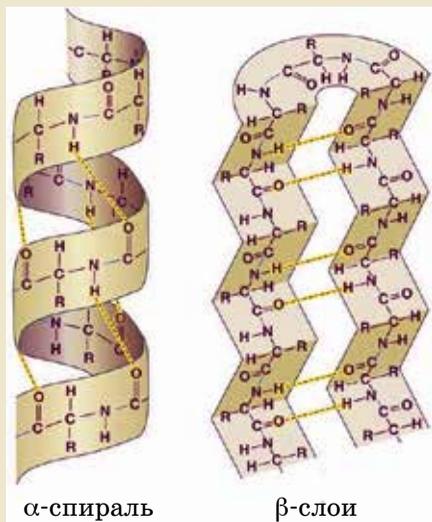
Молекула каждого белка включает в себя одну или несколько цепочек из звеньев-аминокислот. И у этих молекул есть удивительное свойство: они могут выполнять свою работу, только если цепочки приняли правильную форму в пространстве. Скажем, молекулы многих белков сворачиваются в клубочек, а некоторые образуют тонкие волокна или трубочки. Нужную форму белки в клетке принимают самостоятельно – а значит, информация о том, как именно



Нормальные эритроциты и серповидная клетка



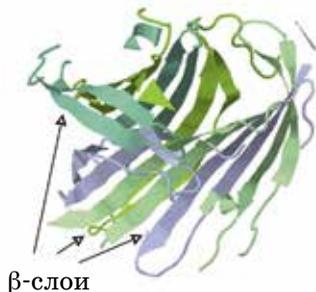
Электрофорез гемоглобина
1 – гемоглобин здорового человека,
2 – гемоглобин больного человека,
3 – гемоглобин носителя болезни.



Жёлтым цветом обозначены водородные связи, которые стабилизируют структуру



Миоглобин



Фиброин

свернётся цепочка в условиях живой клетки, уже «защита» в самой последовательности аминокислот.

Задача о пространственной укладке молекул белков не полностью решена до сих пор. Однако Полингу с соавторами удалось сделать первый и, может быть, наиболее значительный шаг. Они нашли способы, которыми укладываются в пространстве отдельные кусочки белковых цепей – и оказалось, что эти способы встречаются в огромном количестве самых разных белков.

Во-первых, некоторые фрагменты белковой цепи скручиваются в спираль определённого вида – биохимики называют её α -спиралью. Так, например, в молекуле мышечного белка миоглобина есть восемь α -спиральных участков. Во-вторых, цепь белковой молекулы может быть уложена слоями, взаимодействующими между собой; они называются β -слоями. На рисунке изображены α -спирали в миоглобине и β -слои в молекуле фиброина – это белок шёлка и паутины.²

Идеи α -спирали и β -слоёв существовали ещё до Полинга. Но он впервые построил точные и корректные модели. Говорят, что моделирование α -спирали он проводил в 1948 году во время сильной простуды, от нечего делать рисуя молекулы на листе бумаги. Потом оставалось совершенствовать расчёты и уточнять детали, и главная статья о структуре белков была опубликована в 1951 году в день его пятидесятилетия.

Сразу после успеха с белками Полинг взялся за ДНК. Но здесь его модель оказалась неверной – к огромному облегчению всех, кто занимался структурой ДНК в те же годы. Говорят, что Уотсон и Крик (будущие открыватели двойной спирали), узнав об ошибке Полинга, на радостях пошли в бар и пропустили по стаканчику: теперь у них был шанс успеть первыми. И действительно, до их основополагающего открытия оставались считанные месяцы.

² Может быть, вы слышали про необычную болезнь «коровье бешенство». При этой болезни (и родственных ей) некоторые белки организма приобретают аномальную пространственную структуру – например, α -спирали превращаются в β -слои – и не могут функционировать.

Окончание в следующем номере