

УДК 536.483 + 66.095.26 + 536.483

Студ. Н.А. Снарский, А.А. Дубовец, Д.В. Шушкевич
Науч. рук. доц. Г.П. Дудчик
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ. ВОЗМОЖНОСТЬ СИНТЕЗА СЛОЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, УЧАСТВУЮЩИХ В БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Данное сообщение представляет собой краткое изложение вопроса, связанного с одним из важных направлений физической химии, имеющего отношение к закономерностям протекания химических реакций при сверхнизких температурах. Открытие явления химического взаимодействия веществ при температурах ниже 70 К является одним из фундаментальных открытий в области химии за последние 50 лет. Оно изменило взгляд на классическую теорию Аррениуса, утверждающую, что при низких температурах химические реакции не идут.

Началу исследования проблемы положили квантово-механические расчеты, выполненные группой физиков Института химической физики АН СССР под руководством академика В.И. Гольданского. В 1959 г. ими было показано, что при температурах, близких к абсолютному нулю (4, 10, 70 К) скорость твердофазных экзотермических реакций уменьшается до известного предела, а затем остается постоянной, не стремясь к нулю. Это явление связано с тем, что при определенных условиях реагирующие молекулы приобретают принципиально новые, квантово-механические свойства, позволяющие им оказываться за пределами силового поля, препятствующего химическому превращению.

Подобное явление было открыто в начале прошлого столетия при изучении радиоактивного распада ядер и получило название туннельного эффекта. С конца 60-х годов прошлого столетия в научных лабораториях ряда стран были проведены эксперименты, подтвердившие теоретические расчеты. Была исследована полимеризация формальдегида вплоть до температуры 4 К:



Было установлено, что при температурах ≤ 12 К достигается низкотемпературный предел скорости реакции, который определяется туннельным эффектом, а скорость реакции оказывается на много порядков выше той, которую можно было бы ожидать в соответствии с законом Аррениуса. Если бы реакция подчинялась классическому закону, то при гелиевых температурах среднее время присоединения одного звена

формальдегида составило бы 10^{100} лет! На самом деле при $T = 70$ К время присоединения одного звена к полимерной цепи равно примерно 10^{-2} с и дальше не уменьшается.

Явление туннелирования дает возможность обсудить некоторые заключения, имеющие важные следствия для химии получения сложных полимерных соединений (типа аминокислот, современных лекарственных препаратов и т. п.). Какие более широкие возможности появляются для химического взаимодействия веществ, при сверхнизких температурах по сравнению с температурами обычными и повышенными? Синтезы сложных соединений с большой молекулярной массой являются экзотермическими ($\Delta H < 0$) и идут с уменьшением энтропии ($\Delta S < 0$). Анализ фундаментального термодинамического выражения $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ показывает, что при высоких температурах положительная величина ($-T\Delta S$) может превалировать над отрицательной величиной ΔH , при этом $\Delta G > 0$ и реакция становится термодинамически невозможной. Напротив, очень низкие температуры делают произведение ($-T\Delta S$) очень небольшой положительной величиной, которая при добавлении к ΔH не изменяет его отрицательного знака. В результате величина ΔG также становится отрицательной, что обеспечивает термодинамическую возможность протекания реакции.

Получаем чрезвычайно важный для биохимиков и биотехнологов вывод: если мы хотим синтезировать сложное органическое соединение взаимодействием более простых молекул, синтез следует проводить при сверхнизких температурах.

Второе следствие, вытекающее из явления туннелирования – это теория Хойла об образовании аминокислот, вирусов и бактерий в космосе, где температура межзвездного пространства составляет 4 К. По мнению Хойла, идеальная среда для превращения «неживой» молекулы в «живую», – это облака космического вещества, которые остаются после своего разрушения кометы.

Теория разработана более 30 лет тому назад, но привлекла в настоящее время к себе пристальное внимание и обсуждается в связи с изучением причин вирусных эпидемий и поиском средств борьбы с инфекционными заболеваниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольданский В.И. Современные представления о туннелировании. Итоги науки и техники. М. 1985 г.
2. Гольданский В.И., Трахтенберг Л.И., Флёрв В.Н. Туннельные явления в химической физике. М.: Наука. 1986. – 296 с.