

«Замерзание» воды при комнатной температуре

(кристаллизация ацетата натрия)

В.Н. Витер

Ацетат натрия $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ представляет собой бесцветные кристаллы, легко растворимые в воде. Как видно из формулы, соль образует кристаллогидрат с тремя молекулами воды.

Если кристаллогидрат ацетата натрия осторожно нагреть – он расплавится. Но это плавление не совсем обычное – соль растворяется в собственной кристаллогидратной воде. При охлаждении такой раствор застывает, превращаясь в белую массу, похожую на лед – произойдет кристаллизация, которая к тому же сопровождается значительным выделением тепла.

Подобным образом ведут себя и некоторые другие соли, например – алюмокалиевые квасцы $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Однако ацетат натрия склонен образовывать пересыщенные растворы – т.е. растворы, которые содержат вещества больше, чем может раствориться при данной температуре. Если твердый ацетат натрия (с небольшими добавками воды) нагреть на водяной бане в закрытой колбе, он постепенно расплавится, образуя насыщенный раствор. Насыщенный – при температуре горячей водяной бани.

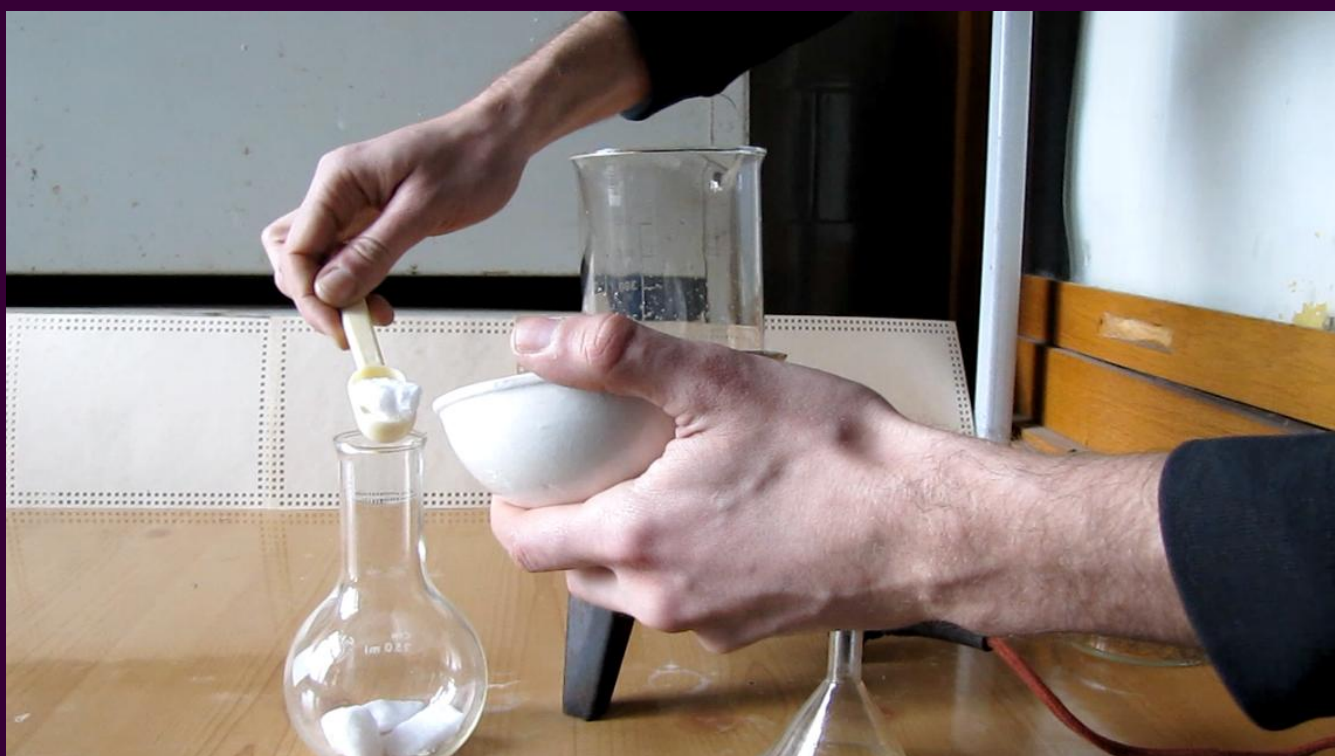
Теперь снимем колбу с водной бани и оставим охлаждаться. Раствор постепенно остынет до комнатной температуры, растворимость соли значительно понизится, но кристаллизации не произойдет – образуется пересыщенный раствор. В закрытой колбе пересыщенный раствор может храниться днями, неделями и даже месяцами. Но стоит внести затравку – небольшой кристаллик ацетата натрия – и, сразу же, произойдет кристаллизация.

Итак, проведем эксперимент. Возьмите колбу на 200-300 мл и насыпьте в нее ацетат натрия $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – приблизительно на 2/3 объема. Добавьте примерно 7-10 мл дистиллированной воды. При этом постарайтесь смыть вниз кристаллы, прилипшие к горлышку колбы. Колбу плотно закройте резиновой или корковой пробкой и поставьте на водяную баню. По мере того, как вода будет нагреваться, ацетат натрия начнет растворяться в собственной кристаллизационной воде. Аккуратно перемешивайте содержимое колбы. Необходимо добиться полного растворения соли –

чтобы внутри колбы не осталось кристаллов. Если на поверхности раствора образуется пленка или в нем плавают кристаллы, которые не желают растворяться – откройте колбу и добавьте немного воды (примерно 5-10 мл). После полного растворения соли снимите колбу с водяной бани и дайте ей остыть до комнатной температуры. Этот процесс можно ускорить, поставив колбу под струю холодной воды.

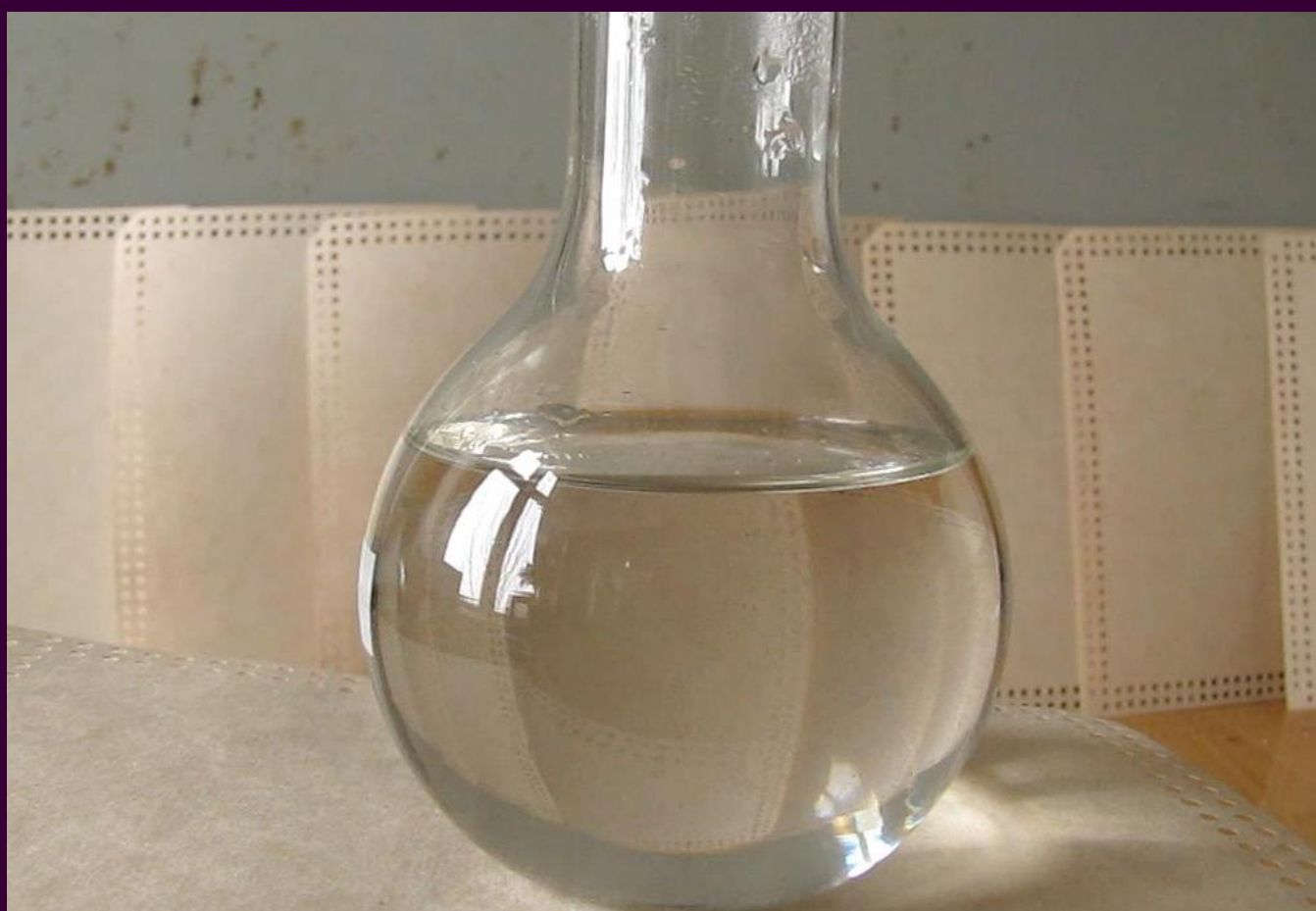
В результате у нас есть колба с пересыщенным раствором ацетата натрия. Поставьте колбу на стол, можно предложить нескольким желающим убедиться, что она имеет комнатную температуру. Слегка смочите водой кончик пальца и прилепите к нему несколько кристалликов ацетата. Откройте колбу и незаметно для зрителей стряхните кристаллики в раствор.

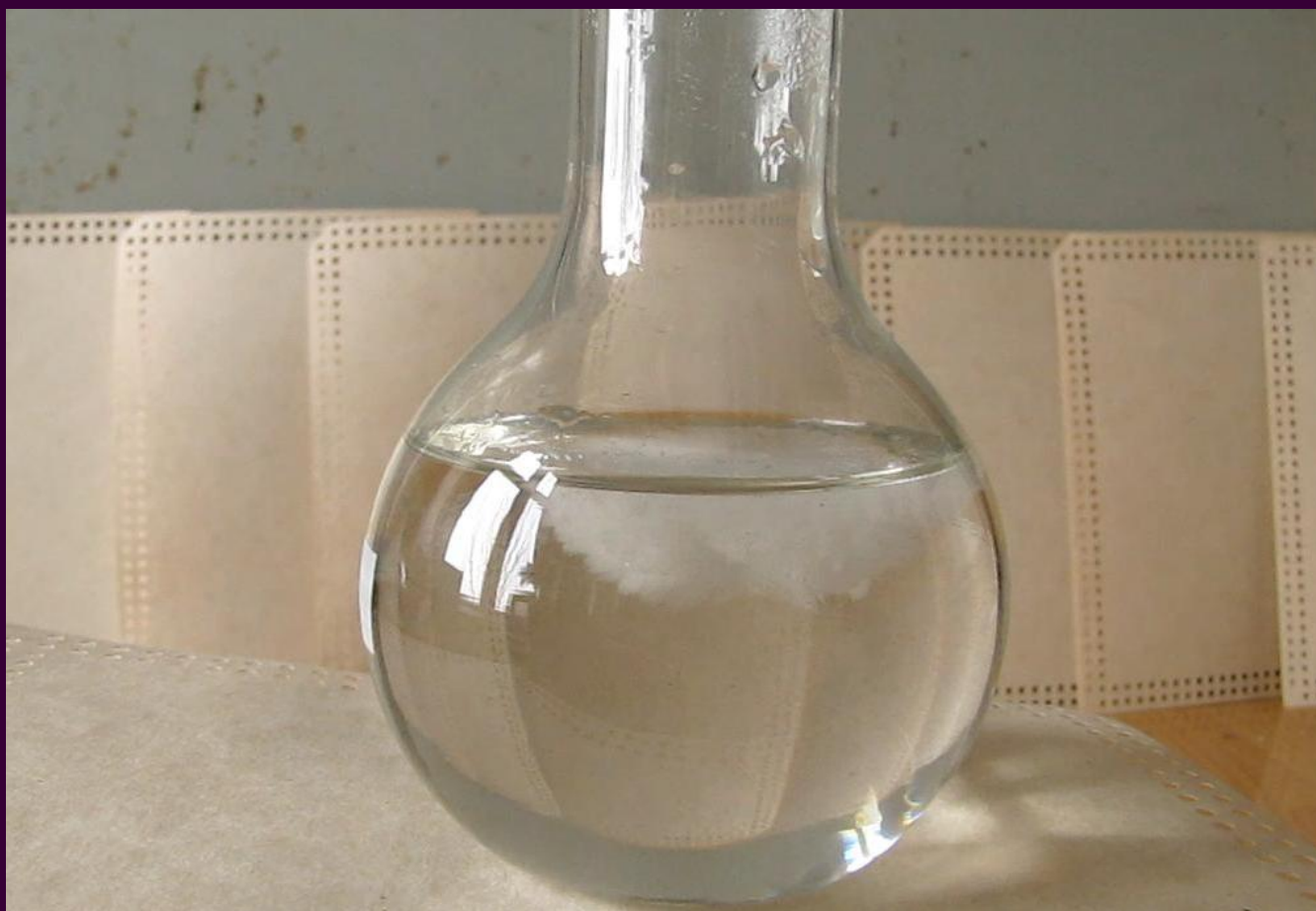
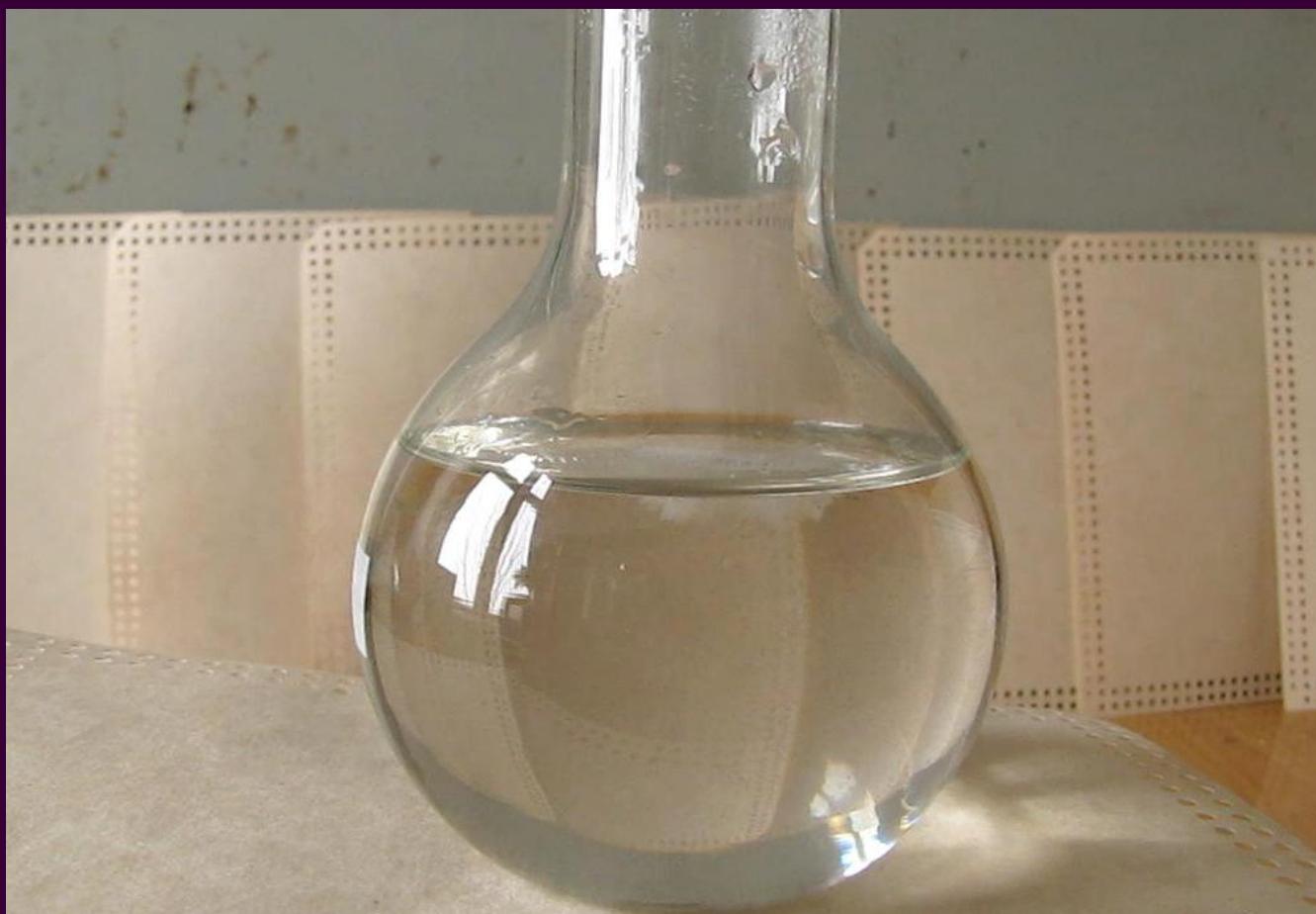
В месте, где затравки попадут на поверхность раствора, начнется быстрая кристаллизация. Весь раствор в колбе за несколько секунд превратится в белую массу, похожую на лед. Затвердеет даже пленка раствора на стенках колбы – образуя подобие морозных узоров. Колбу можно перевернуть вверх дном – из нее не вытечет ни капли. За счет тепла кристаллизации колба нагреется, в чем могут убедиться все желающие. Это явление используют в «соляных грелках». Иногда кристаллизация начинается в момент открытия колбы – к пробке могли прилипнуть кристаллики, которые при ее открытии падают в раствор. Роль затравки могут играть не только кристаллы ацетата натрия, но и пыль или другие посторонние частицы, поэтому соблюдайте чистоту.



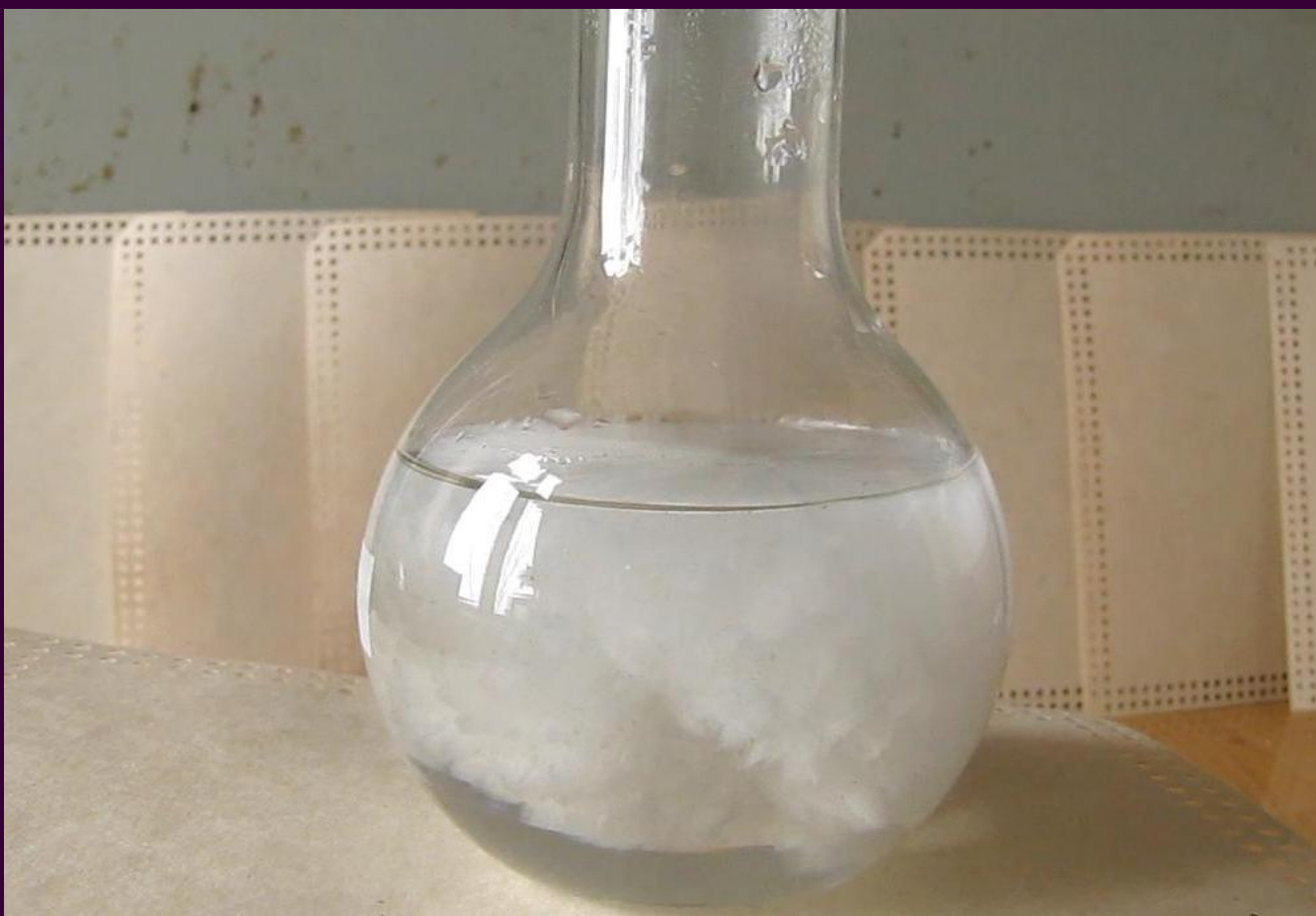
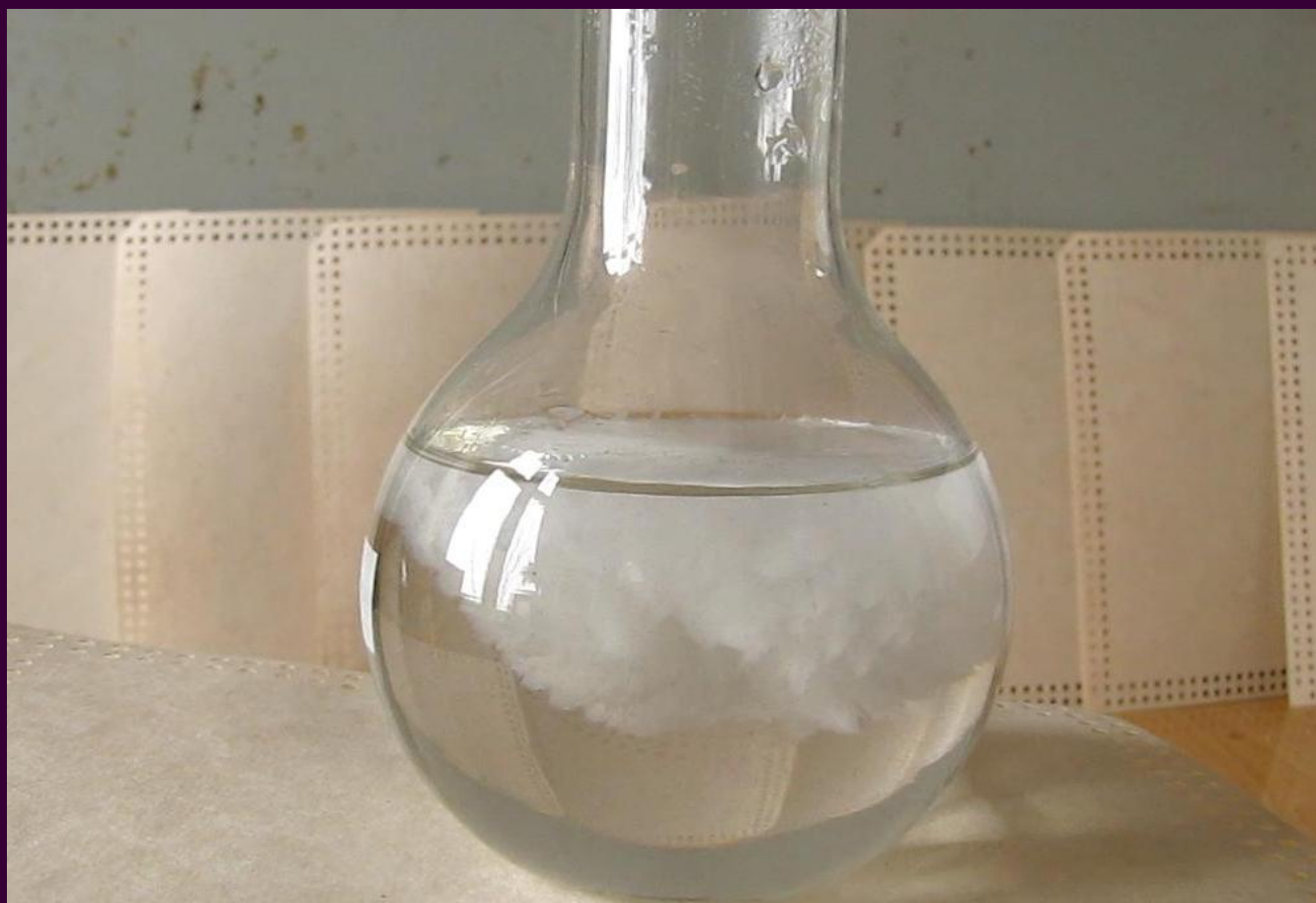


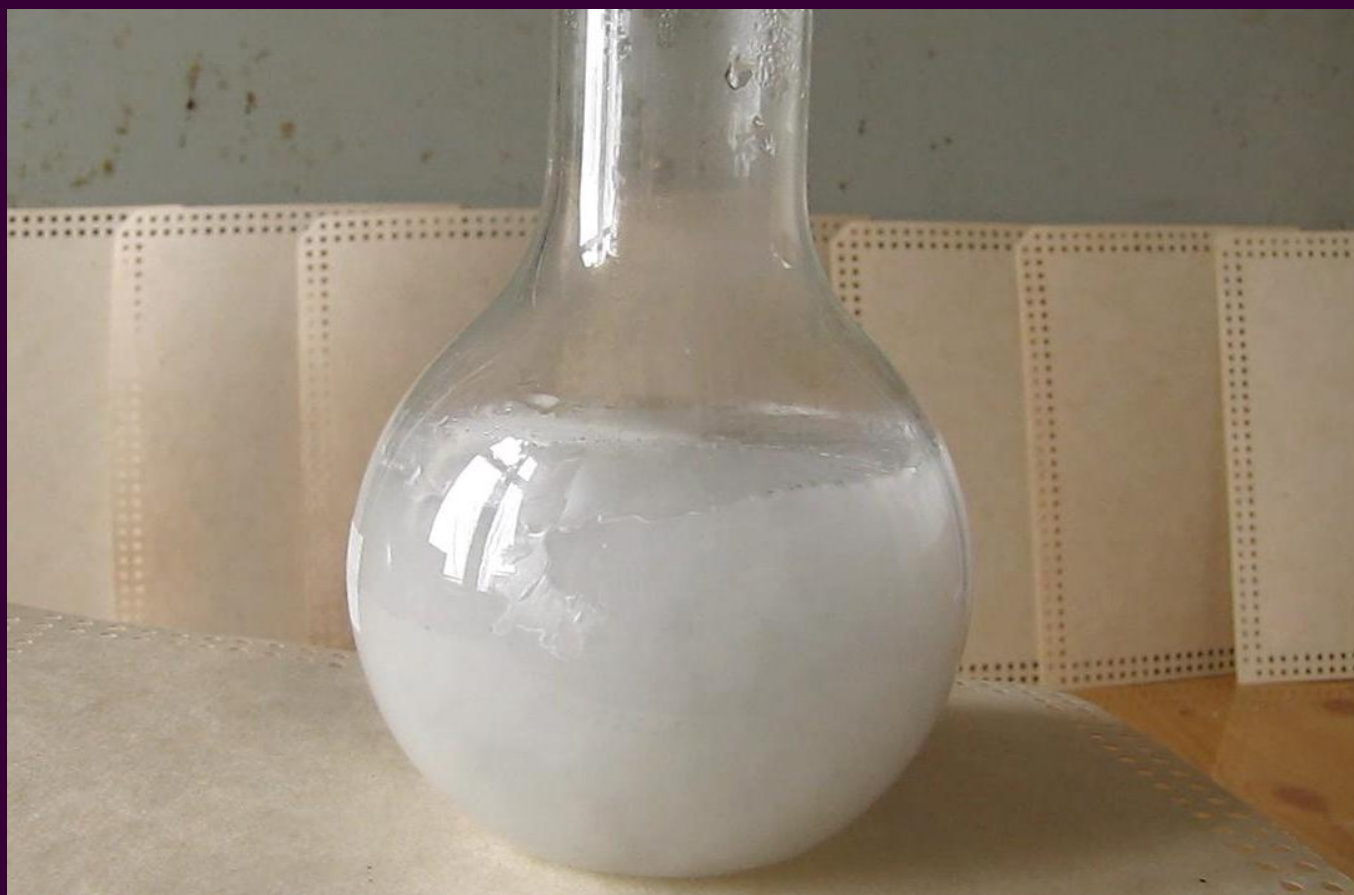
Приготовление пересыщенного раствора ацетата натрия фото В.Н. Витер





Кристаллизация ацетата натрия фото В.Н. Витер





После окончания эксперимента закройте колбу и поставьте ее на водяную баню. Включите плитку. Ацетат натрия снова расплавится. Эксперимент можно повторять много раз.

Есть и другие варианты этого опыта.

Вариант. 2. Аккуратно налейте пересыщенный раствор ацетата натрия в чашку петри или стеклянную кювету (все должно быть чистым). Смочите внутреннюю сторону указательного пальца водой и прилепите к ней несколько кристалликов. Быстро прикоснитесь пальцем к поверхности раствора – жидкость сразу же застынет, вы почувствуете тепло. Через несколько секунд чашку петри можно будет перевернуть – из нее не вытечет ни капли.



Кристаллизация пересыщенного раствора ацетата натрия в чашке петри

фото В.Н. Витер











Раствор ацетата натрия полностью застывает и не выливается, даже если наклонить чашку

Вариант. 3. В центр чашки петри положите немного кристалликов ацетата натрия. Откройте колбу с пересыщенным раствором и налейте тонкой струйкой небольшое количество раствора на кристаллы. Жидкость сразу же превратится в белую массу. Осторожно продолжайте лить раствор в центр этой массы, в результате все новые порции раствора будут кристаллизоваться, в чашке петри вырастет перевернутая сосулька. В нашем случае удалось вырастить сталагмит высотой примерно 35 см, после чего вся конструкция красиво рухнула.

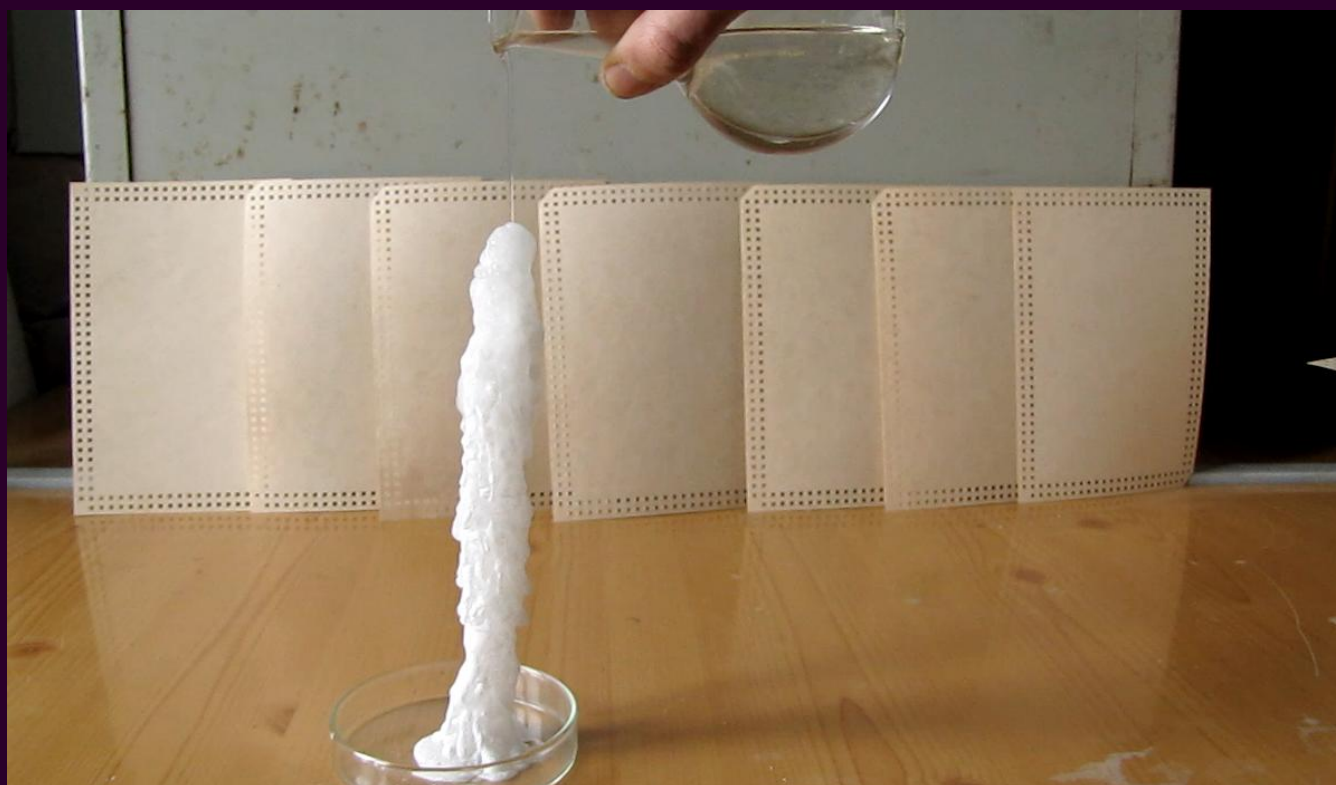
Если вы поднесете колбу достаточно близко к застывшей массе, фронт кристаллизации может подняться по струйке раствора и перекинуться в колбу. В результате вся жидкость в колбе через несколько секунд застынет.



Выращивание сталагмита («сосулька наоборот»)
фото В.Н. Витер







В нашем опыте удалось вырастить сталагмит высотой около 35 см



... после чего вся конструкция красиво рухнула подобно Пизанской башне



Если вы поднесете колбу достаточно близко к застывшей массе, фронт кристаллизации может подняться по струйке раствора в колбу







В результате все содержимое колбы затвердеет

Вариант. 4. Можно также нарисовать тонкой струйкой пересыщенного раствора фигуры или сделать надписи. Для этого нужна темная, ровная и чистая поверхность. Если коснуться края такой надписи палочкой с кристалликом, раствор застынет в белую массу, что выглядит очень эффектно.

Вариант. 5. Во время кристаллизации пересыщенного раствора происходит разогрев, что усиливает гидролиз соли и делает среду более щелочной. Поэтому если к ацетату натрия были добавлены универсальный индикатор и фенолфталеин, во время кристаллизации произойдет переход окраски из синей в малиновую.

Заключение

Как уже отмечалось, чтобы эксперимент получился, к ацетату натрия необходимо добавить немного воды. Сначала автор этого не сделал, в результате раствор ацетата начинал кристаллизоваться еще теплым. Поскольку раствор был теплым, он застывал медленно и не полностью. Возникло впечатление, что в растворе мало воды, на самом же деле все было с точностью до наоборот: содержание соли было слишком высоким, поэтому раствор не выдерживал охлаждения до комнатной температуры.





Кристаллизация ацетата натрия в присутствии смеси универсального индикатора и фенолфталеина

фото Всеволода Панова

Если у вас нет ацетата натрия, его можно приготовить из раствора уксусной кислоты и соды. Для этих целей подойдет даже обыкновенный уксус. Налейте примерно 0.5 л уксуса в железную или эмалированную кастрюлю (разумеется – не новую), и небольшими порциями добавляйте к нему соду (пищевую или кальцинированную). При этом будет выделяться углекислый газ. Соду добавляйте до тех пор, пока не прекратится выделение газа (не забывайте перемешивать раствор), после этого добавьте немного уксуса и поставьте раствор упариваться на медленном огне. Через некоторое время подуйте на раствор, если при этом на его поверхности образуется твердая корка, которая потом исчезнет – упаривание закончено. Если корка будет образовываться сама собой, а в объеме раствора появятся игольчатые кристаллы – значит, вы упарили раствор слишком сильно. Снимите кастрюлю с плитки и добавьте чуть-чуть воды.

Если в растворе слишком много воды – при полном охлаждении (до комнатной температуры!) он будет застывать не полностью. В таком случае слейте с кристаллов избыток жидкости, потом растопите кристаллы в колбе (как сказано выше). Приготовив раствор нужной концентрации, вы сможете повторять эксперимент много раз.

