



## Яйцо и кислота

В.Н. Витер



### Растворение скорлупы яйца в кислоте

В широкий стакан на 500 мл (или больший) налейте 100 мл азотной кислоты, разбавленной водой 1 : 4 – 1 : 2. Бросьте в стакан сырое куриное яйцо. При контакте скорлупы с кислотой начнется активная реакция.

Скорлупа яйца состоит в основном из карбоната кальция, поэтому она легко растворяется в соляной или азотной кислоте. В результате выделяется углекислый газ и образуется раствор соли кальция. По ходу опыта образуется много довольно устойчивой пены, поэтому эксперимент желательно проводить в широком и высоком стакане (или банке). Видимо, при разрушении скорлупы в раствор переходит вещества, обладающие поверхностно-активными свойствами. Если реакция идет не достаточно активно, добавьте в стакан немного концентрированной кислоты.

После растворения скорлупы (когда перестанет выделяться газ) аккуратно слейте кислоту и промойте яйцо несколько раз водой. Яйцо стало упругим подобно мячику, как будто его сварили и почистили от скорлупы. Яйцо прогибается если надавить на него шпателем или осторожно сжать в руках. При постукивании шпателем яйцо больше не издает хорошо знакомый характерный звук. Для сравнения возьмите необработанное яйцо и постучите по нему шпателем.

Жесткая оболочка из карбоната кальция растворилась, а расположенный под ней белок денатурировал (свернулся), но только возле поверхности. Если яйцо проткнуть, оно полностью вытечет, поскольку внутрь кислота не проникла, и содержимое осталось жидким. Обратите внимание: оболочка яйца разрывается, а не трескается.

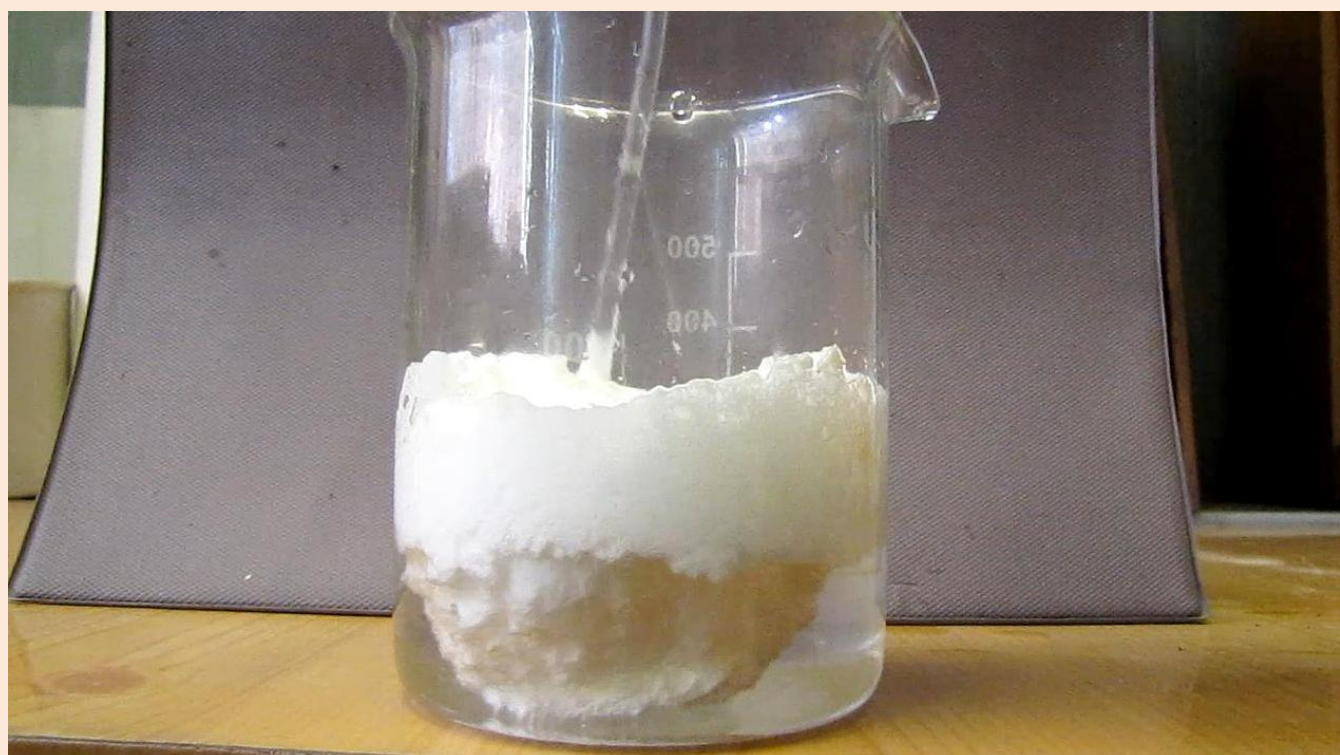
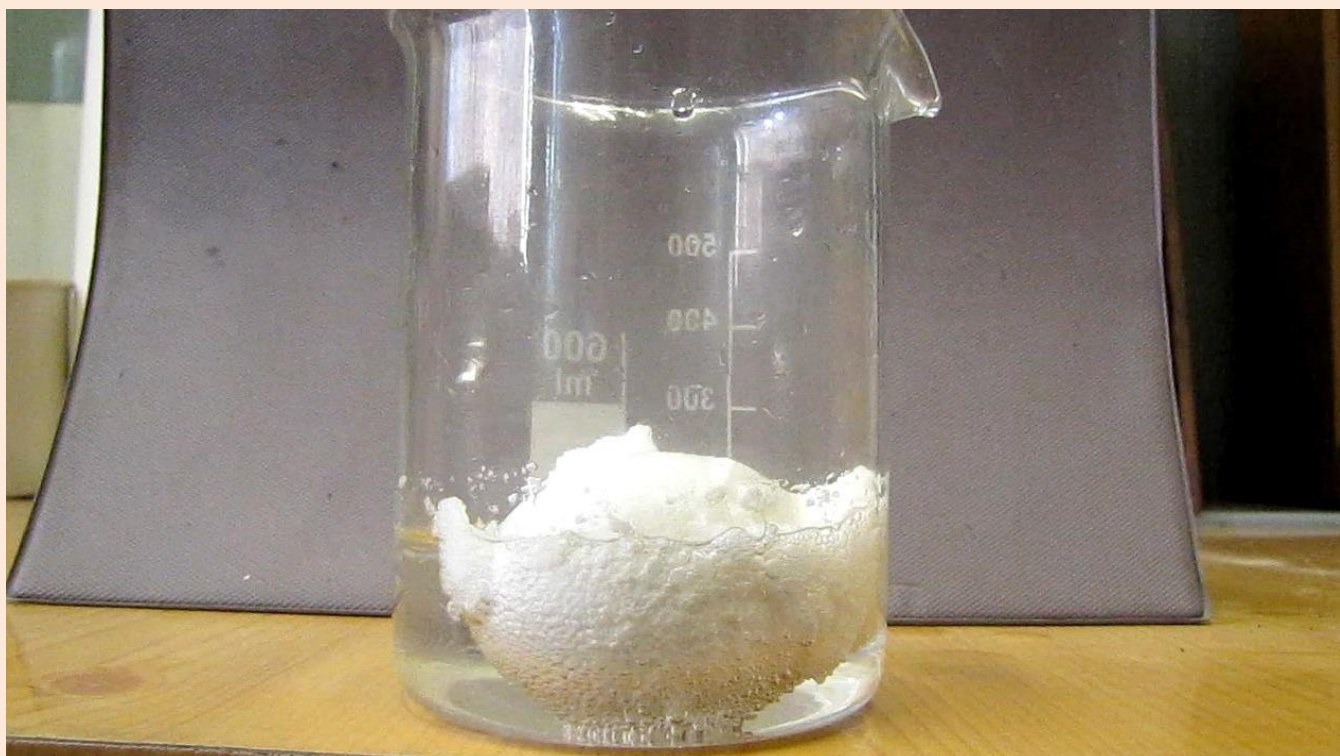
Интересно, что в отличие от птичьих яиц, яйца рептилий (змеи, ящерицы, крокодилы, черепахи и др.) имеют эластичную оболочку.

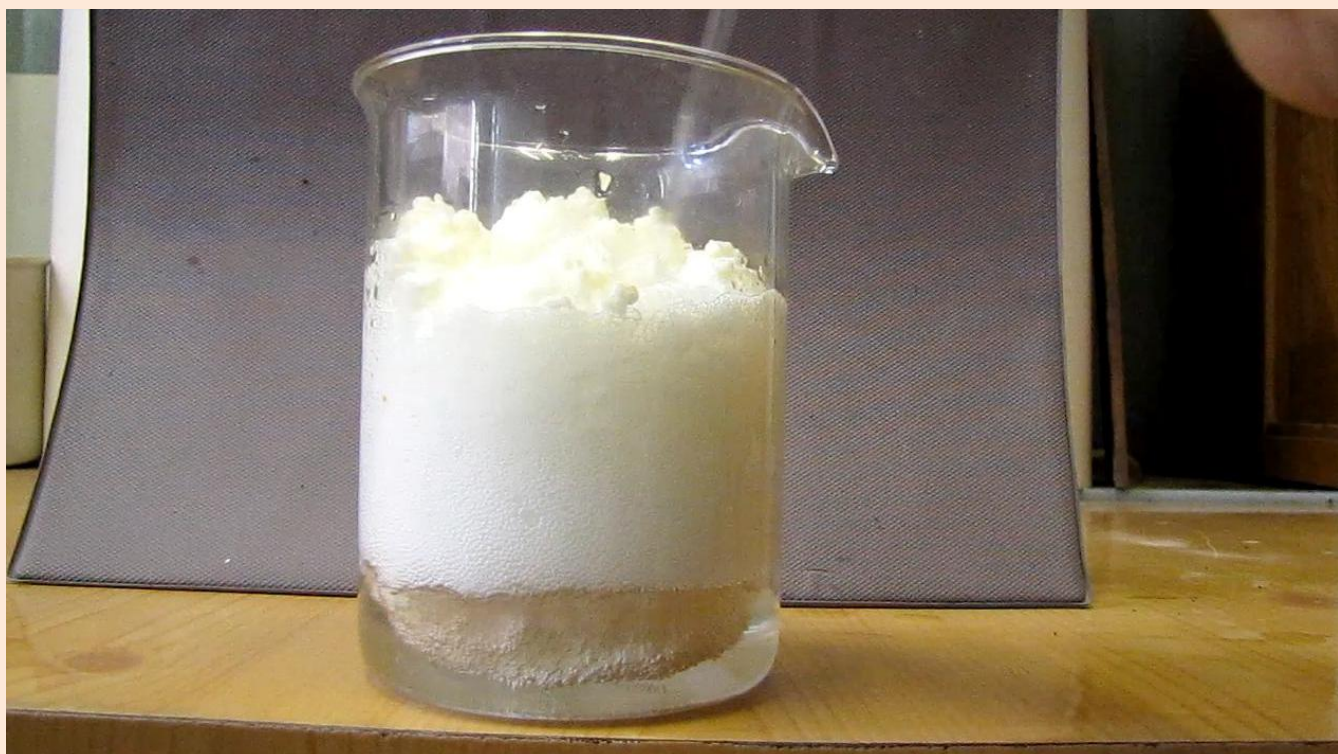


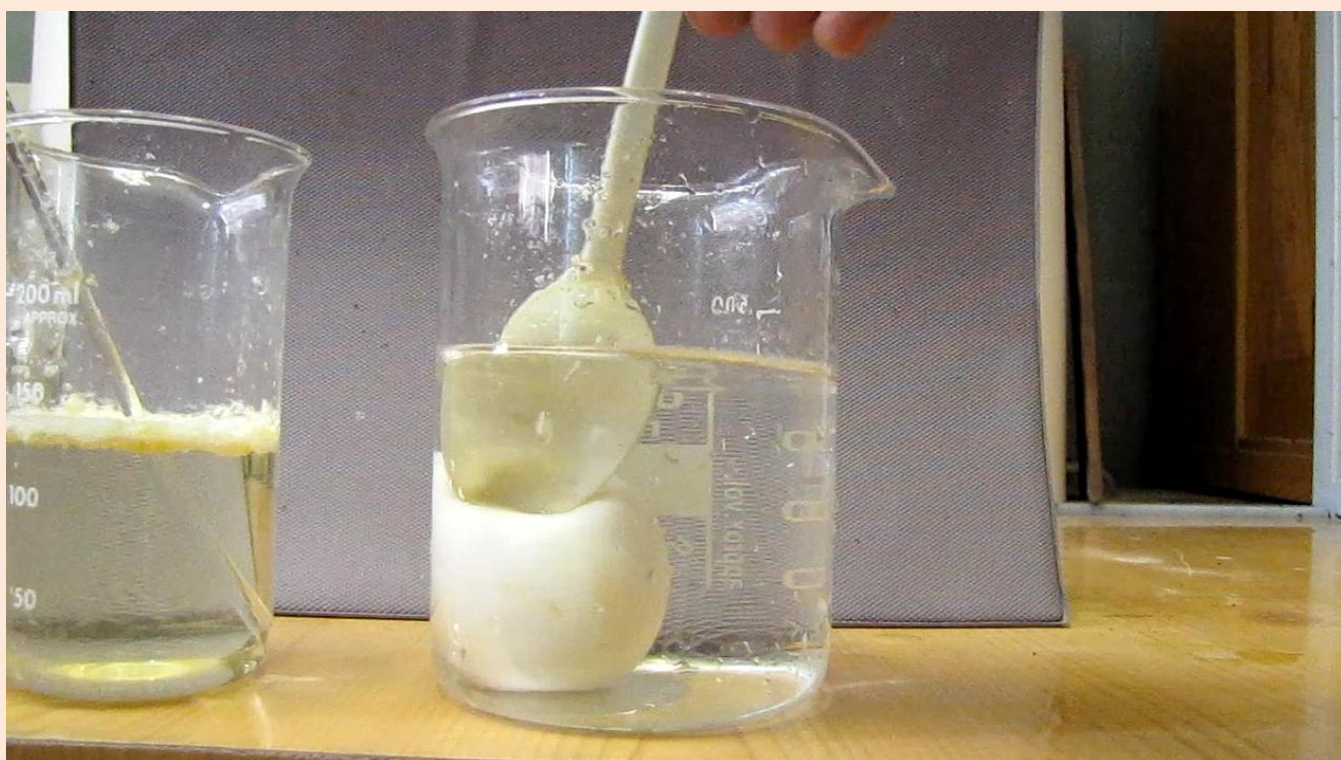
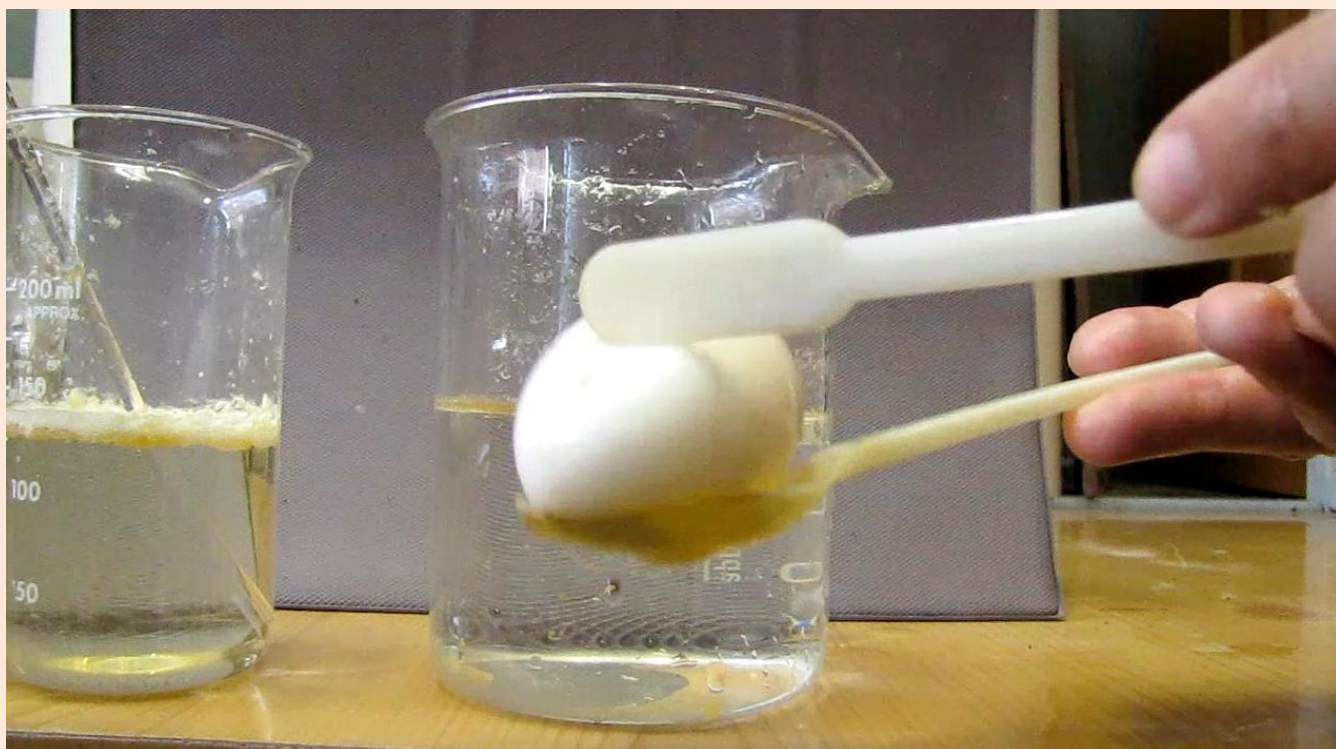
**Действие разбавленной азотной кислоты на куриное яйцо**

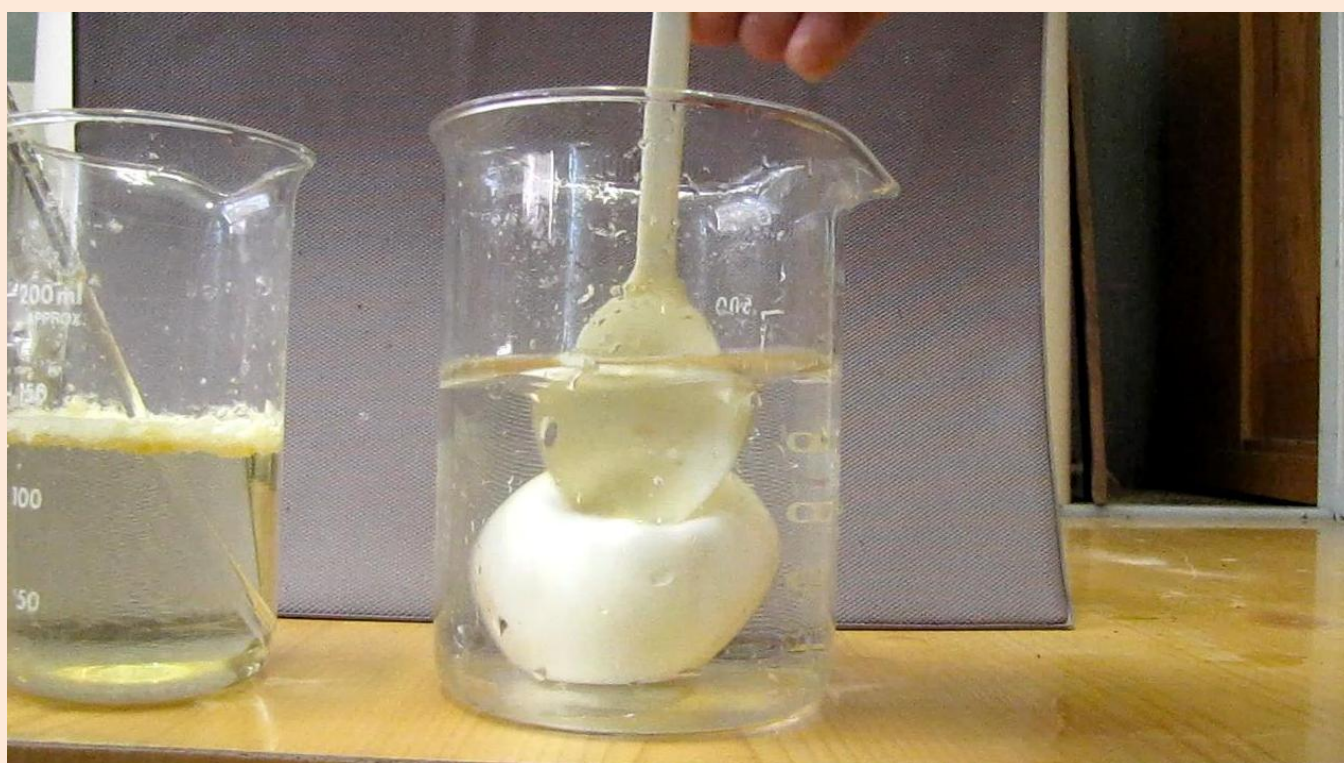
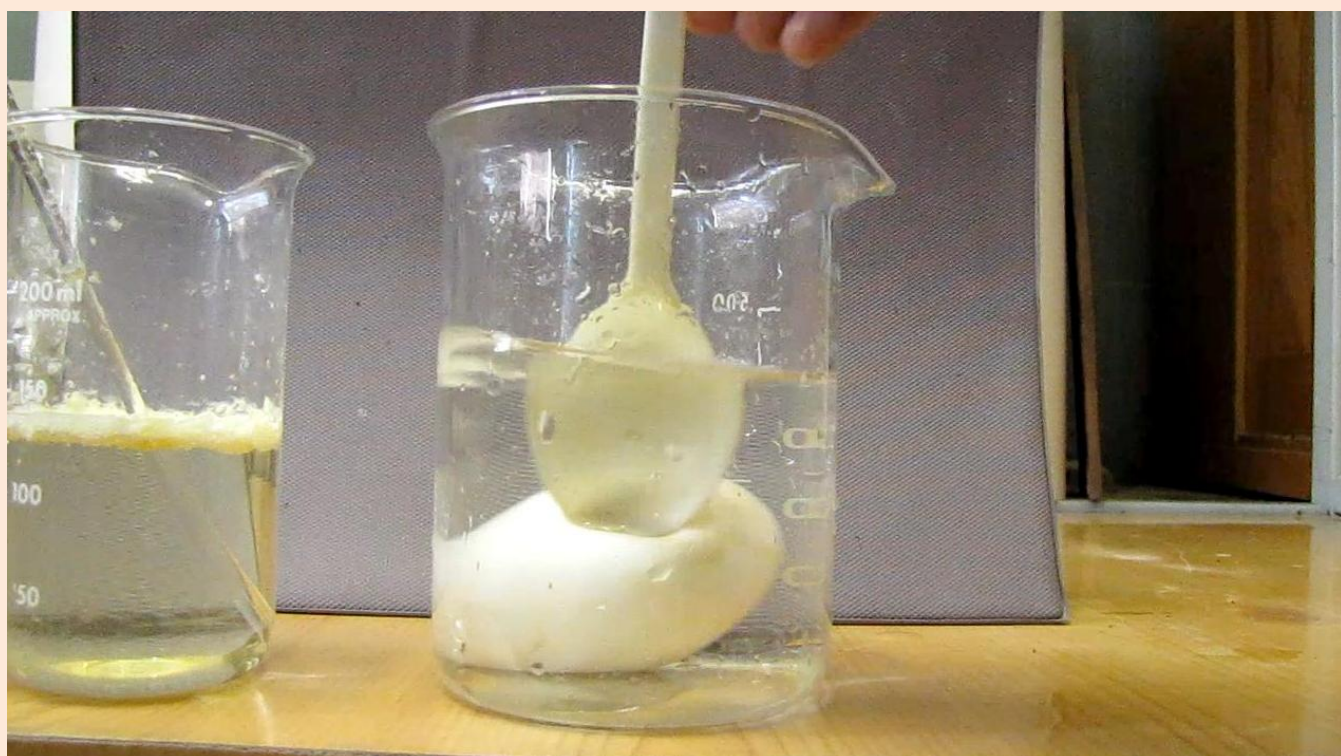
фото В.Н. Витер



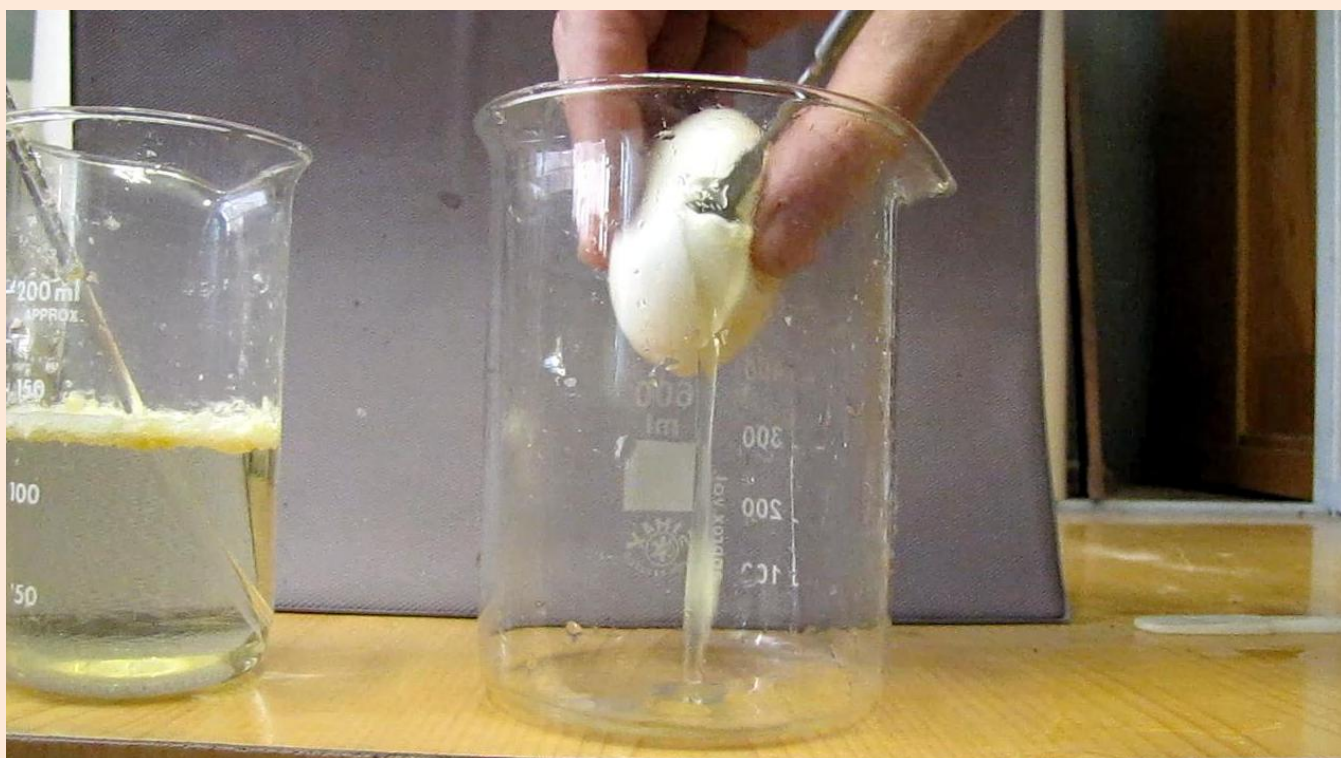
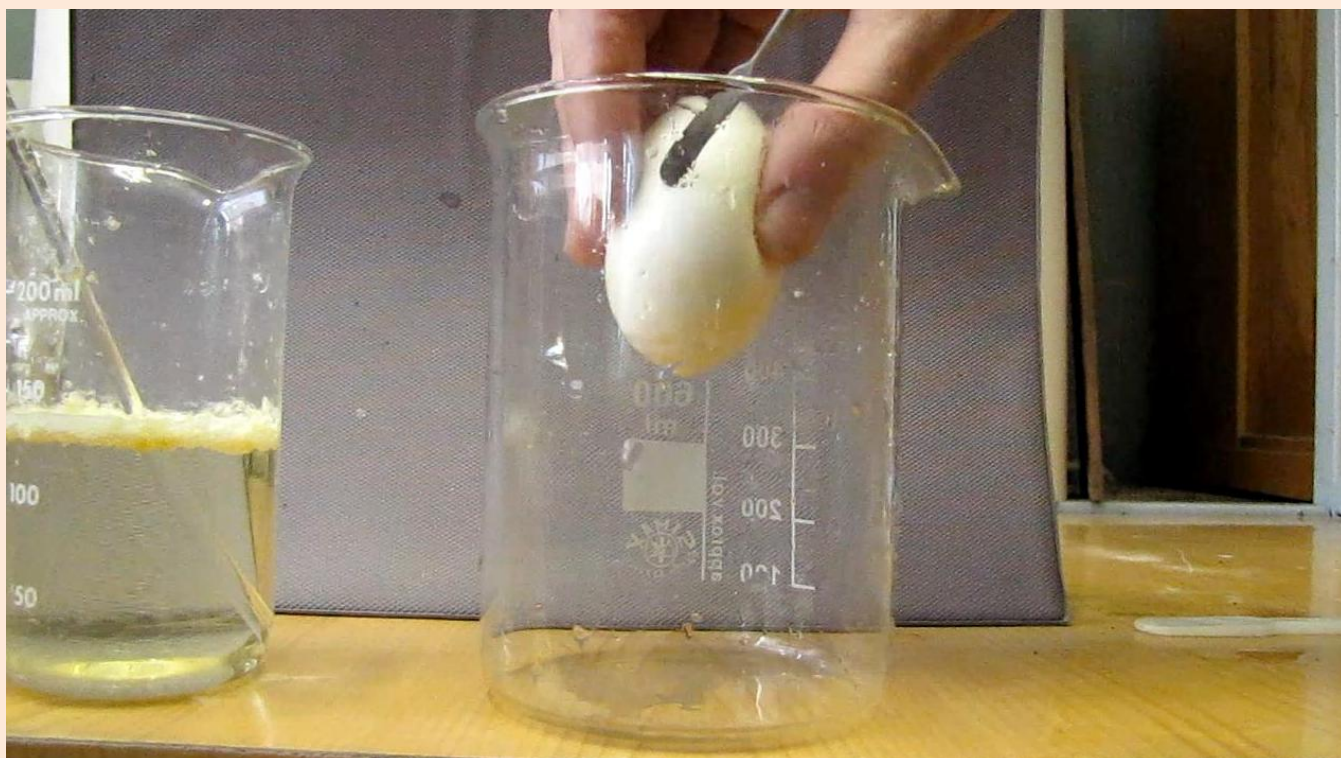


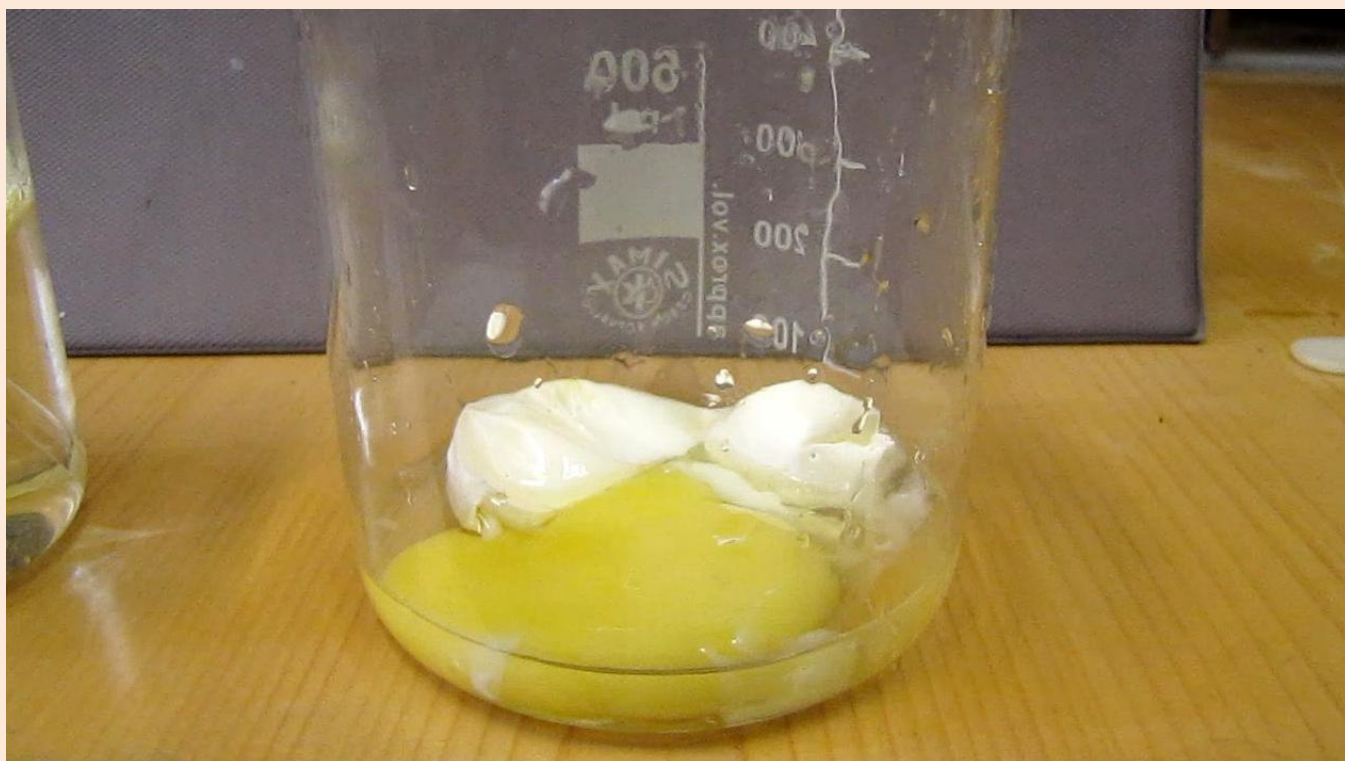






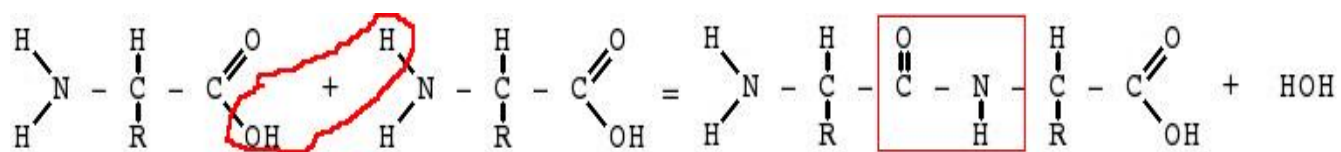






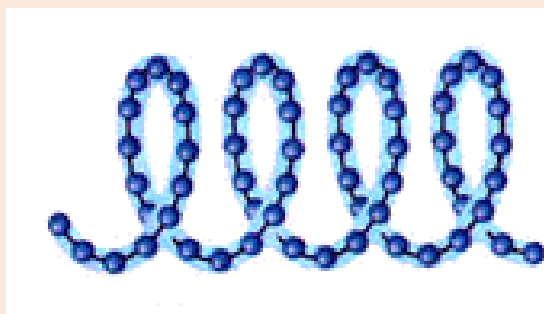
### Денатурация белков

Как известно, белки состоят из аминокислот. Молекулы аминокислот  $\text{NH}_2\text{-R-COOH}$  одновременно содержат карбоксильные группы  $\text{-COOH}$  и аминогруппы  $\text{-NH}_2$ . Аминогруппа одной молекулы аминокислоты может прореагировать с карбоксильной группой другой аминокислоты:

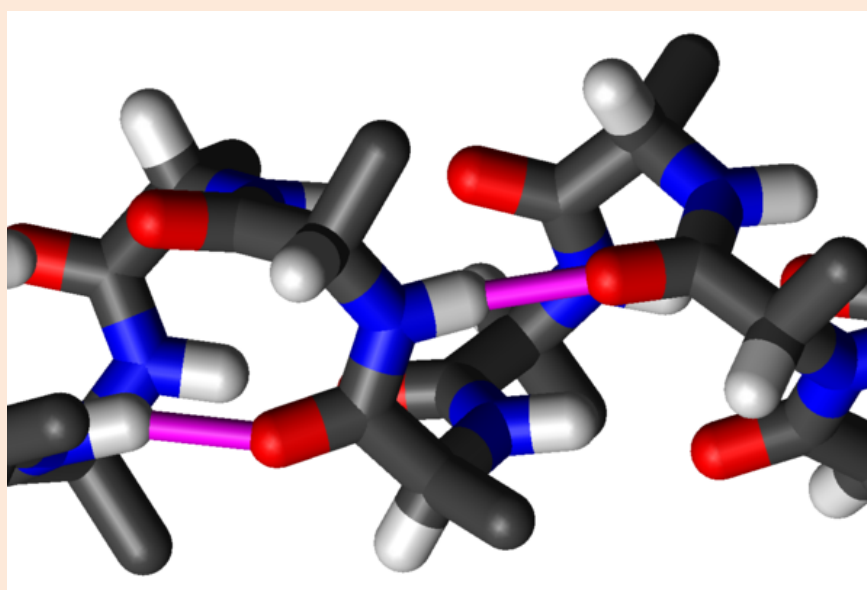


в результате аминокислоты связываются пептидной связью  $\text{-C(=O)-NH-}$ , образуя дипептид (при этом отщепляется молекула воды). Нетрудно видеть, что дипептид также имеет аминогруппу и карбоксил, которые способны взаимодействовать с другими молекулами аминокислот. Таким образом можно объединить тысячи и десятки тысяч молекул аминокислот в одну полипептидную цепь. Каждый белок имеет свою неповторимую последовательность аминокислот, которая называется **первичной структурой белка**. Однако не следует думать, что аминокислотная цепь подобна прямой нити. За счет образования водородных связей цепь скручивается в спираль

(альфа-спираль), образует складчатые слои или другие локальные структуры, которые получили название **вторичная структура белка**.



Альфа-спираль полипептидной цепи. Для простоты каждая молекула аминокислоты обозначена кружочком



Так выглядит альфа-спираль полипептидной цепи из молекул аминокислоты аланина (на рисунке показан каждый атом)

Однако белки имеют более сложное строение, которое определяется положением аминокислотной цепи в пространстве. Например, полипептидная спираль может скручиваться в клубок. Пространственное расположение полипептидной цепи называется **третичной структурой белка**.

Если первичная структура белка – последовательность аминокислот в цепи, вторичная структура – локальное положение фрагментов полипептидной цепи, то третичная структура – это положение всех атомов белка в пространстве. Третичная структура белка стабилизируется с помощью ковалентных, водородных и ионных связей, а также гидрофильно-гидрофобного взаимодействия.

Существует еще более высокий уровень организации молекул белка – **четвертичная структура**, которая возникает, когда несколько полипептидных цепей

образуют сложные агрегаты в пространстве. Объединяться могут как одинаковые, так и различные молекулы белка. Образование таких агрегатов отвечает за важнейшие процессы жизнедеятельности организмов и обусловлено теми же силами, что и образование третичной структуры белка.

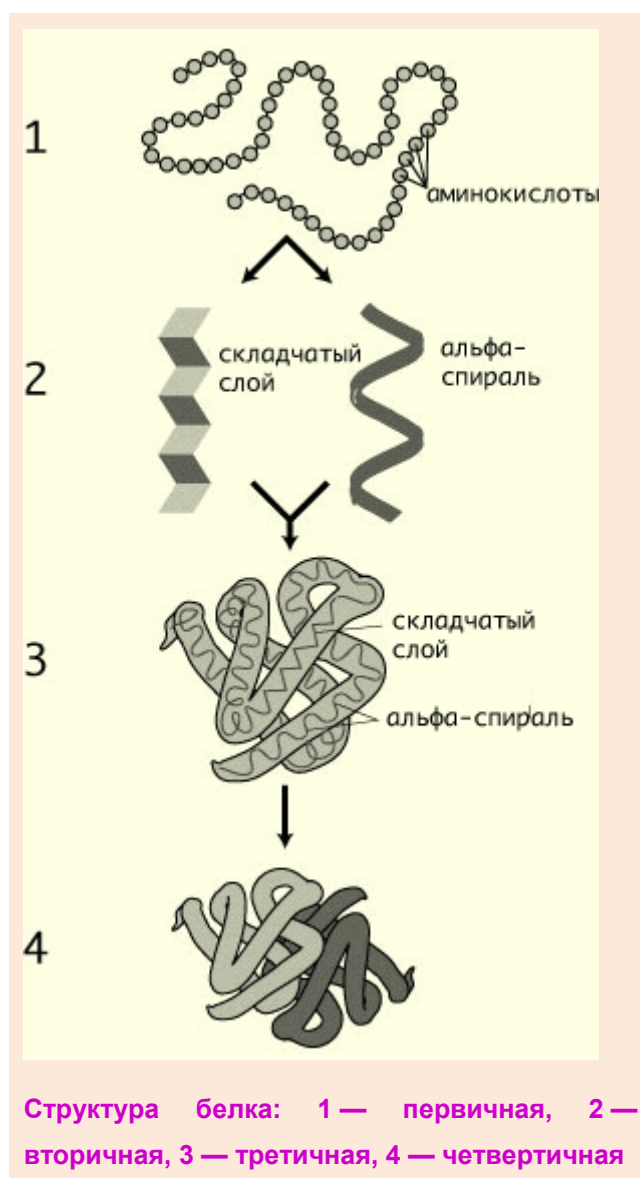
Возникает вопрос: а что будет, если разрушить четвертичную, третичную, вторичную и первичную структуры белка?

Ответ на последнюю часть вопроса самый простой. При гидролизе белка полипептидные связи разрушаются, и белок превращается сначала в полипептиды с меньшей молекулярной массой, затем – в смесь аминокислот. Белок перестает существовать. Такой процесс идет во время переваривания пищи в желудке под действием соляной кислоты и ферментов.

Разрушение четвертичной, третичной и вторичной структуры белка происходит при **денатурации белка**, которая ведет к

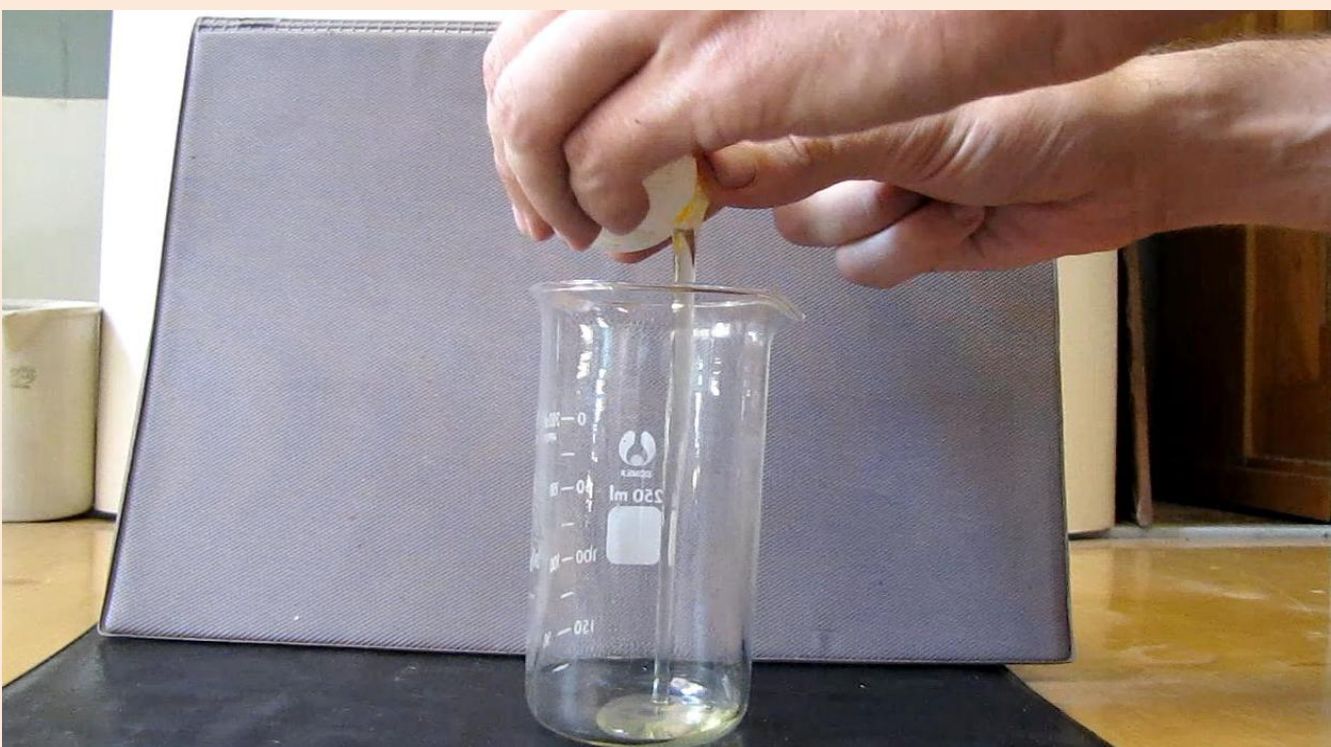
потере белком растворимости, гидрофильности и ряда других важных свойств. Денатурация белка происходит под действием химических веществ (кислоты, соли тяжелых металлов, органические растворители и др.), при нагревании или облучении ионизирующим излучением. Хорошо знакомые примеры денатурации белка – скисание молока и «сворачивание» белка при жарке яичницы. В некоторых случаях денатурация белка может быть обратимой, но чаще всего этот процесс необратим. Именно разрушением структуры белков объясняется губительное действие многих ядовитых веществ.

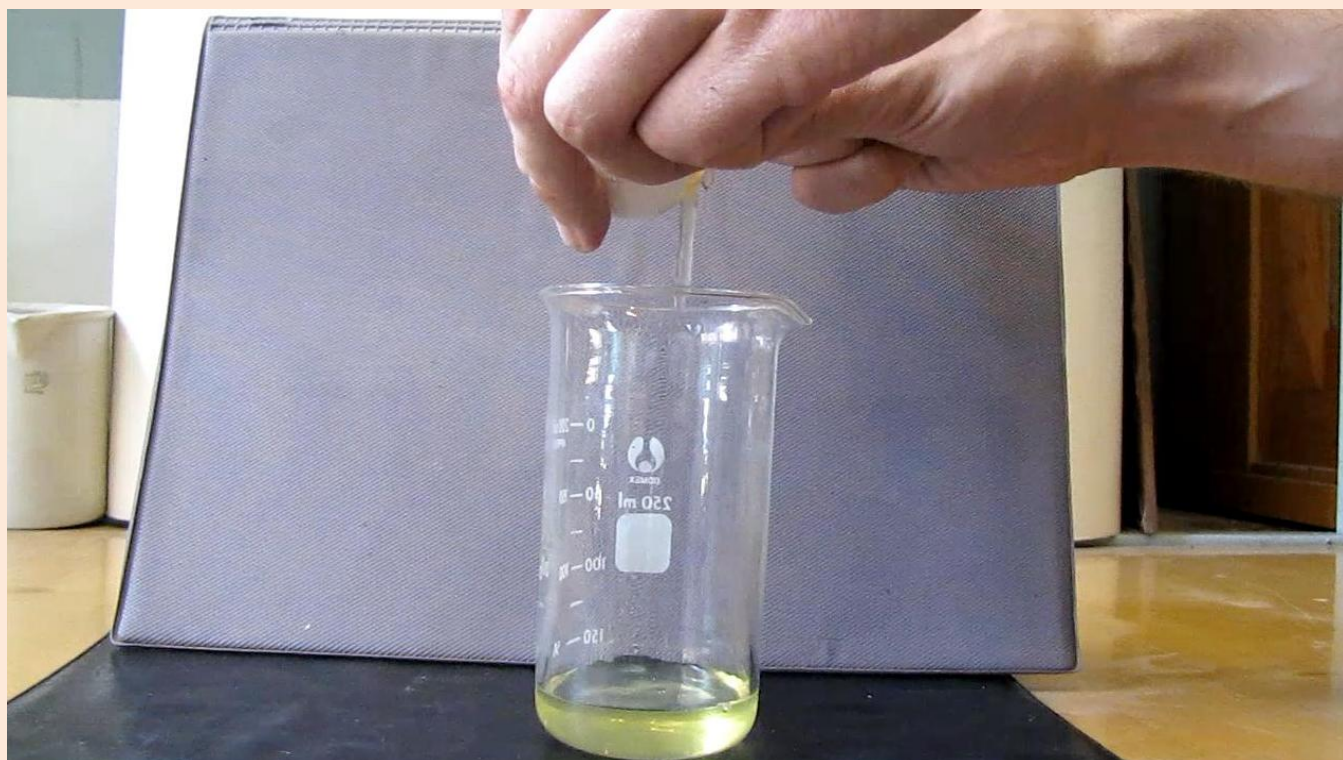
Приступим к эксперименту. Отделите белок одного куриного яйца и поместите его в стакан. Яичный белок в основном представляет собой раствор протеинов в воде, это бесцветная вязкая жидкость. Добавьте к яйцу разбавленный раствор серной или соляной кислоты и перемешайте. Жидкость превратится в белую творожистую массу, похожую на скисшее молоко. Под действием кислоты белок денатурирует и выпадает в осадок. Когда мы использовали 50% серную кислоту (см. фотографии), образовался



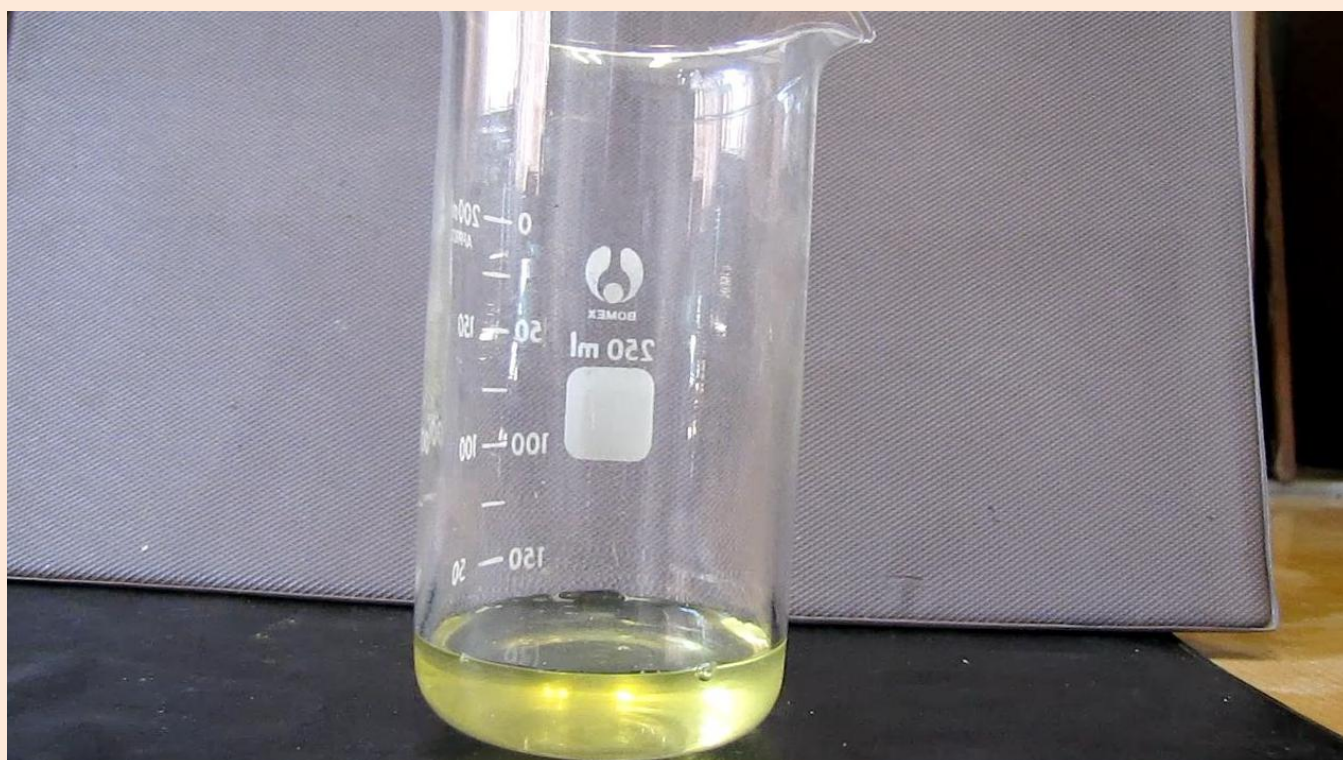
осадок, который по консистенции соответствовал плавленому сырку или сваренному вкрутую яйцу. Предлагаем читателям самостоятельно поэкспериментировать с другими кислотами разной концентрации (азотной, уксусной, муравьиной, лимонной и т.д.).

Чтобы наблюдать денатурацию белка совсем не обязательно использовать сильные кислоты. Например, белок молока быстро сворачивается даже от небольших количеств уксусной (подойдет столовый уксус) или лимонной кислот. Этот процесс используют для приготовления из молока творога.

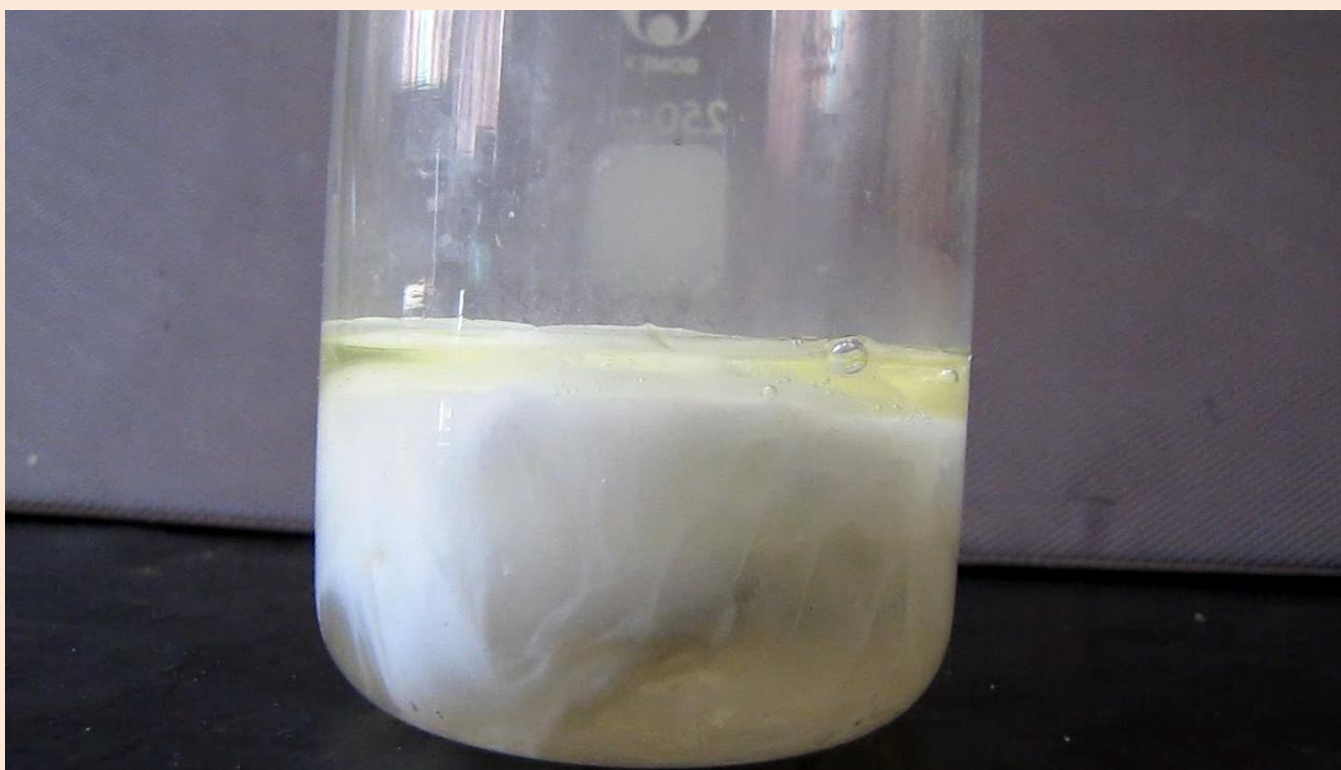
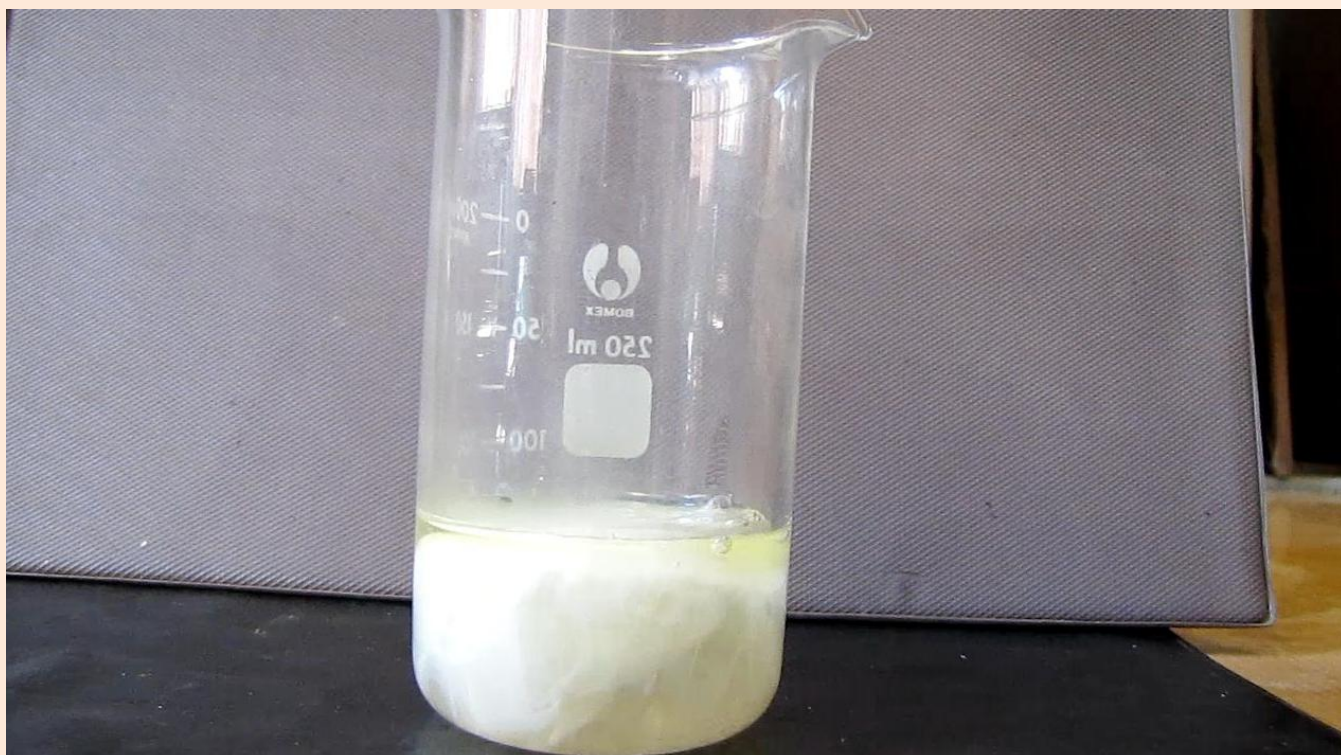


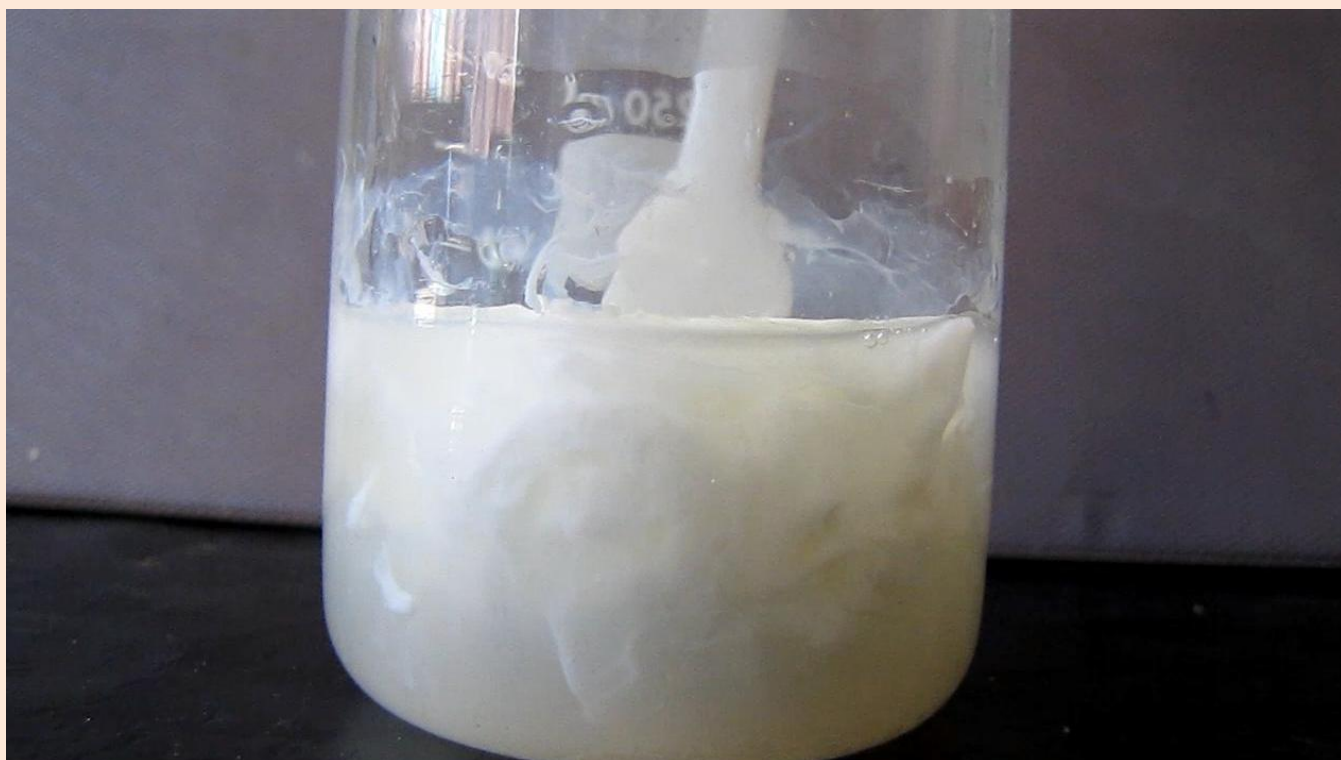


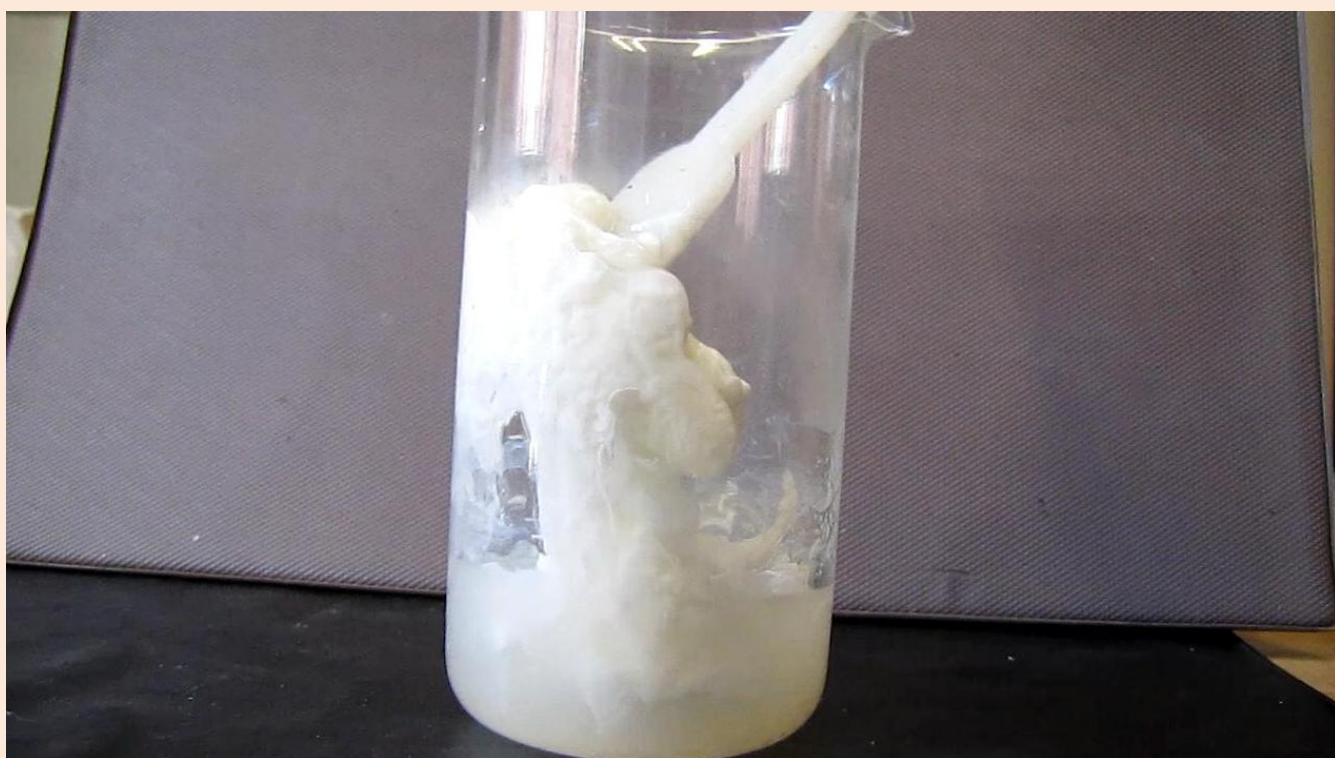
Денатурация яичного белка серной кислотой фото В.Н. Витер



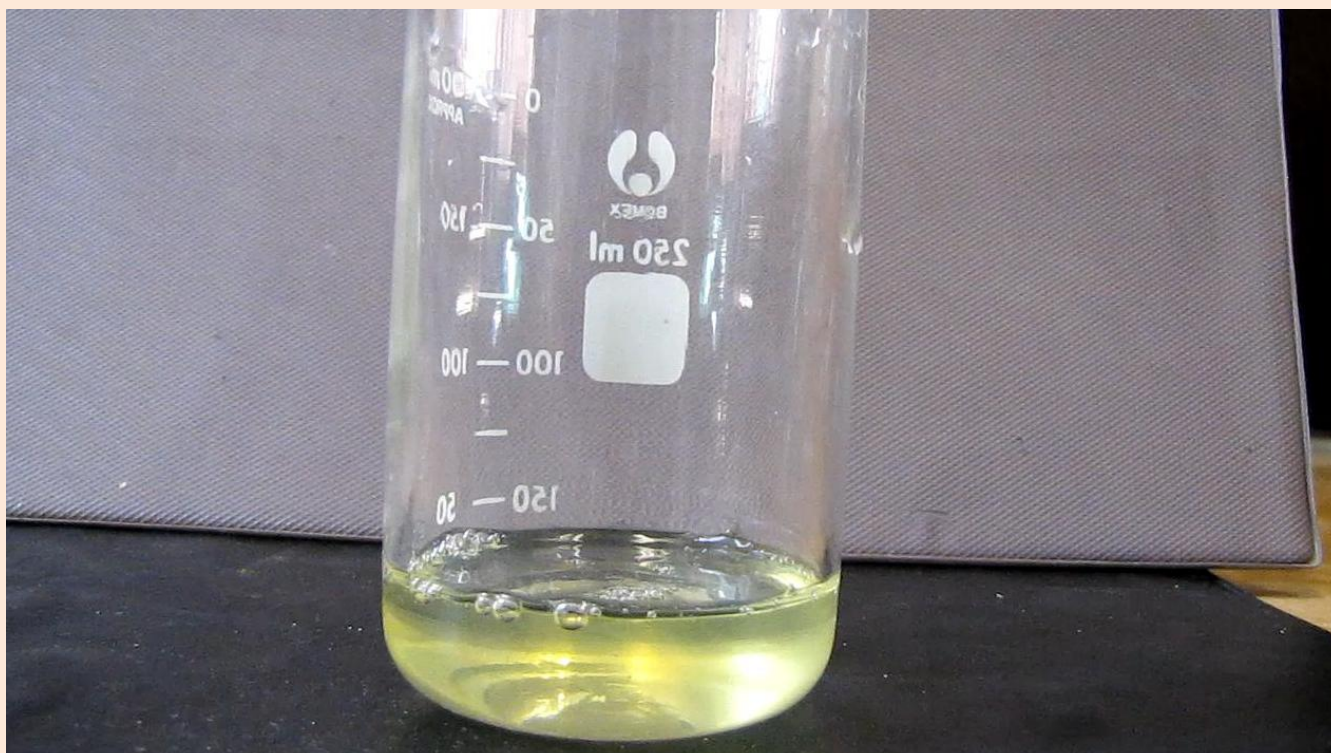
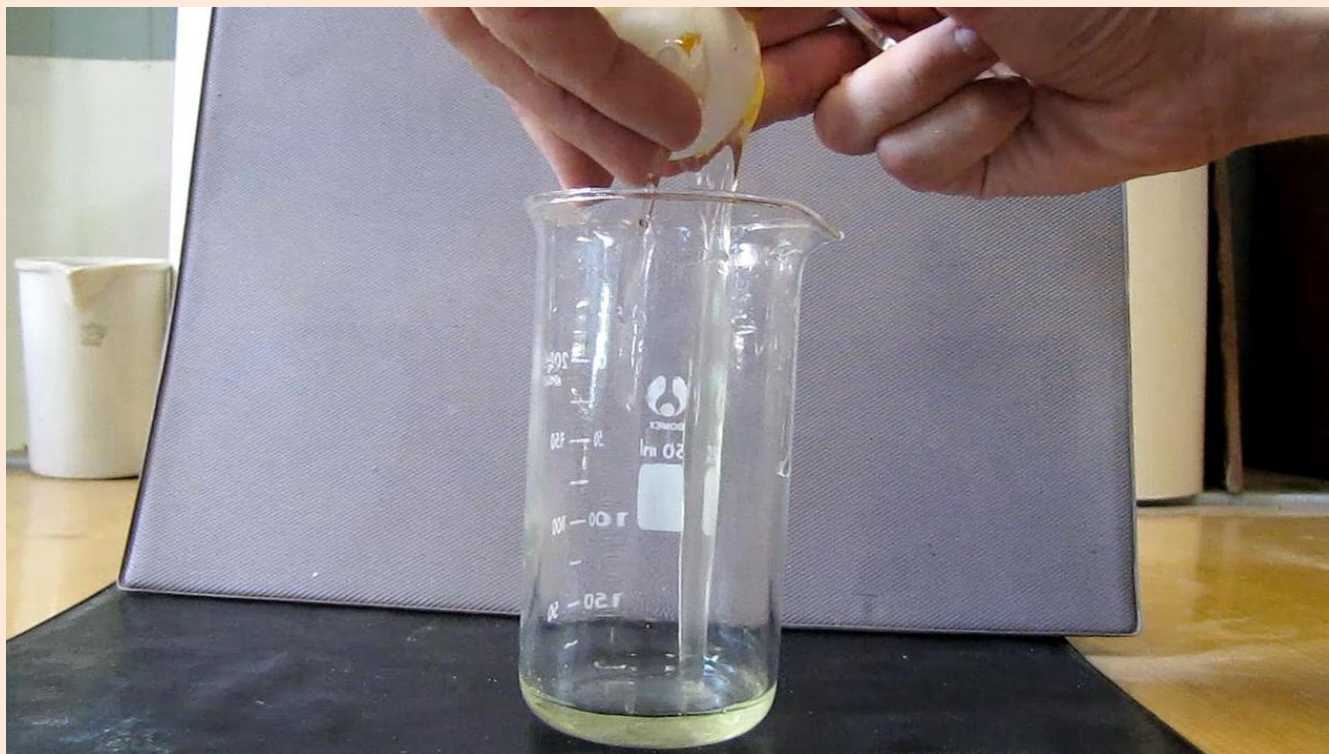


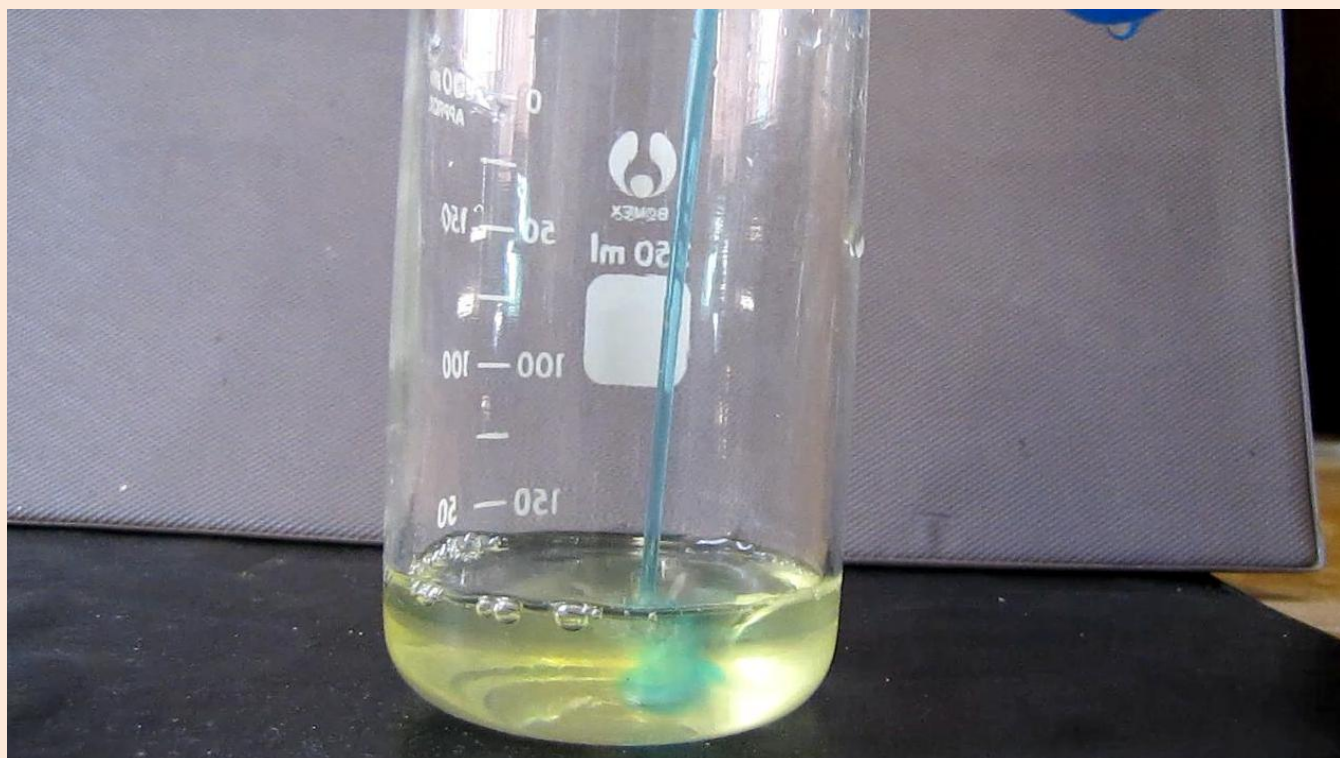




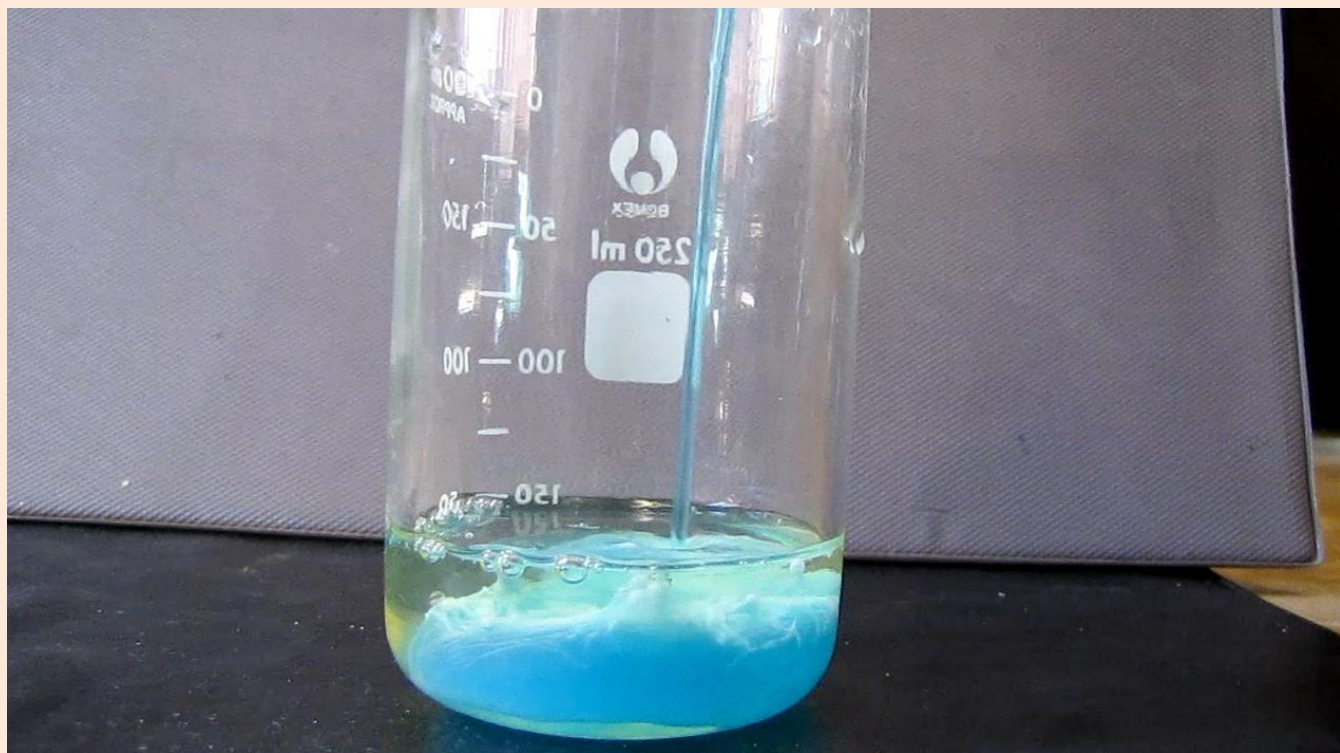


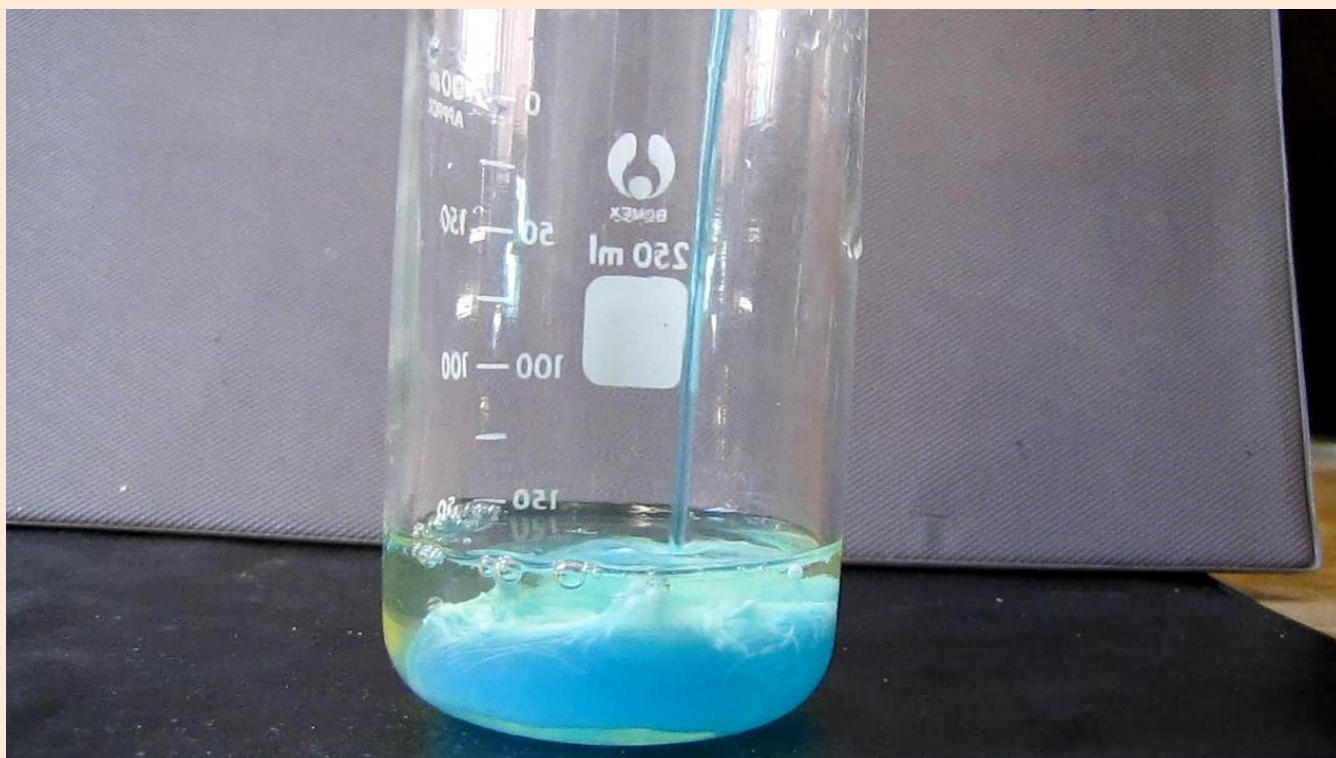
Как уже отмечалось, денатурация белков происходит также под действием солей тяжелых металлов. Налейте в стакан яичный белок и прибавьте к нему крепкий раствор сульфата меди. Перемешайте содержимое. Белок сразу же денатурирует, образуя осадок в виде комков, окрашенных в голубой цвет раствором соли меди. Аналогично действуют многие другие растворимые соли тяжелых металлов.





Денатурация яичного белка сульфатом меди фото В.Н. Витер









Кристаллы белков,  
выращенные в условиях  
невесомости  
(на околоземной орбите)  
[wikipedia.org](http://wikipedia.org)