

Рис. 1. Смесь отрицательных коллоидов: золь  $V_2O_5$  (возраст 3 мес.) + золь Au

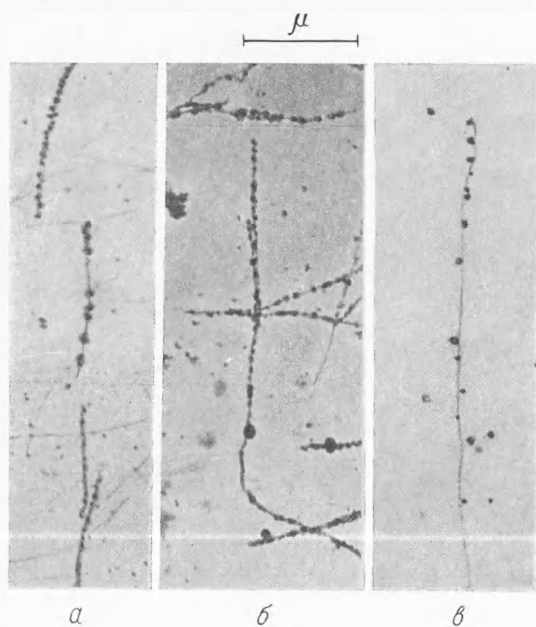


Рис. 2. Смеси отрицательных зольей  $V_2O_5$  с положительными золями Au. *a* — золь  $V_2O_5$  (возраст 3 мес.) + золь Au, перезаряженный  $Th(NO_3)_4$ ; *б* — золь  $V_2O_5$  + золь Au, перезаряженный желатиной; *в* — золь  $V_2O_5$  с добавкой подкисленной желатины (+) золь Au с добавкой гуммиарабика (-)

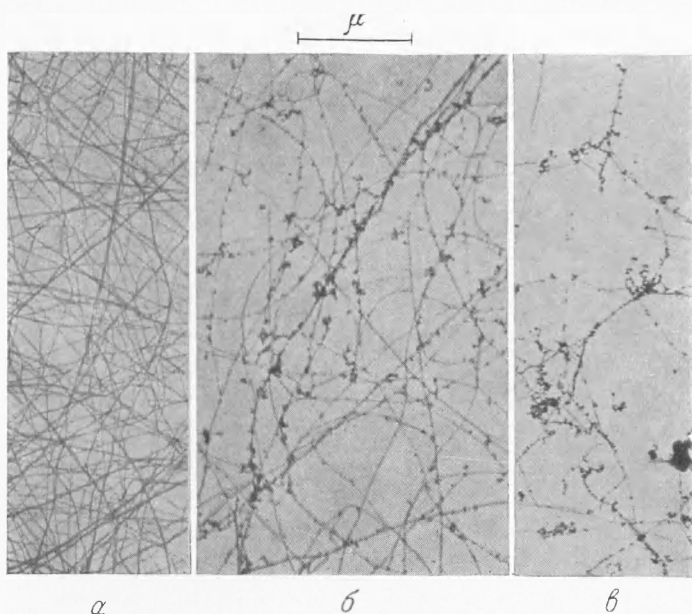


Рис. 3. Смеси отрицательных зольей  $V_2O_5$  с положительным зольем  $Fe(OH)_3$ . *a* — золь  $V_2O_5$  в возрасте 3,5 лет; *б* — золь  $V_2O_5$  (3,5 года) + золь  $Fe(OH)_3$ ; *в* — золь  $V_2O_5$  (3 мес.) + золь  $Fe(OH)_3$

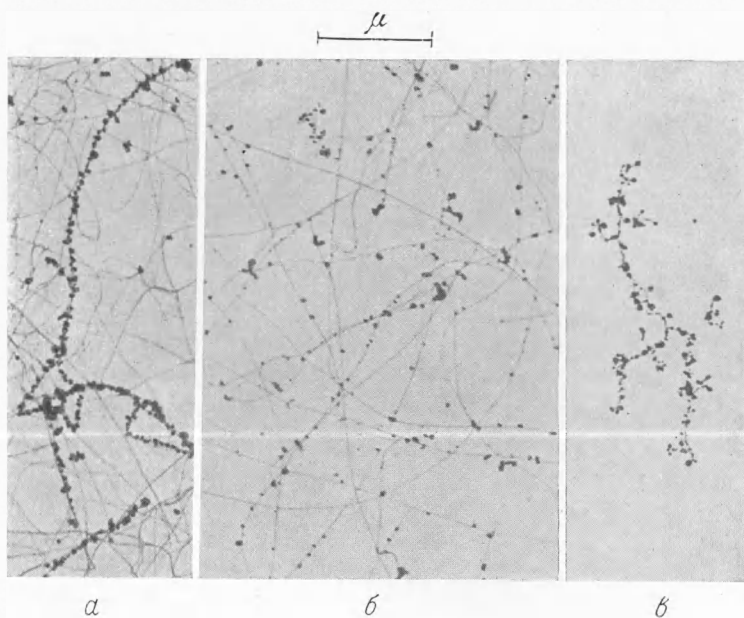


Рис. 4. Смеси отрицательных зольей  $V_2O_5$  с положительным зольем  $AgI$ . *a* — золь  $V_2O_5$  (3,5 года) + золь  $AgI$ ; *б* — золь  $V_2O_5$  (3,5 года) + золь  $AgI$ , в 3 раза меньшее количество, чем на рис. 4*a*; *в* — золь  $V_2O_5$  (3 мес.) + золь  $AgI$

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. В. БРОМБЕРГ, В. М. ЛУКЬЯНОВИЧ, В. В. НЕМЦОВА, Л. В. РАДУШКЕВИЧ  
и К. В. ЧМУТОВ

**ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОЙ  
КОАГУЛЯЦИИ ГИДРОФОБНЫХ ЗОЛЕЙ**

(Представлено академиком М. М. Дубининым 28 IV 1951)

При смешении гидрофобных золей нередко наблюдается их взаимная коагуляция. Причина этой коагуляции может быть двоякая. Взаимное осаждение одноименно заряженных коллоидов чаще всего бывает обусловлено разрушением двойных электрических слоев за счет реакций, протекающих в интермицеллярной среде между стабилизирующими электролитами обеих золей. Более общее значение имеет взаимная коагуляция разноименно заряженных золей. Предполагается, что в этом случае образование крупных агрегатов происходит в результате кулоновского притяжения частиц, несущих противоположные заряды. Косвенным доказательством этого предположения может служить факт отсутствия коагуляции при избытке одного из золей, а также электрофоретическое поведение подобной некоагулирующей смеси. Оказывается, что в электрическом поле частицы такой смеси перемещаются только в одном направлении, совпадающем с направлением движения частиц золя, взятого в избытке. Очевидно, здесь имеет место своеобразная защита, когда частицы одного знака покрываются коркой из частиц другого знака, присутствующих в смеси в преобладающем количестве.

Несмотря на правдоподобность такого механизма, все же желательно получить прямое экспериментальное доказательство его справедливости. Для этой цели наиболее подходящими являются исследования с помощью электронного микроскопа. Если смешивать золи, частицы которых, кроме противоположного заряда, обладают еще и различной формой, то в поле зрения микроскопа можно различить расположение таких частиц относительно друг друга и на этом основании сделать определенные выводы о характере их взаимодействия.

В указанном отношении весьма удобными объектами для исследования являются смеси старых золей пятиокиси ванадия с золями золота, гидроокиси железа и иодистого серебра. Старые золи  $V_2O_5$  имеют гладкие палочкообразные или нитевидные частицы. Напротив, золи Au,  $Fe(OH)_3$  и  $AgI$  содержат мелкие частицы в форме неправильных массивных комочков.

Отрицательные золи  $V_2O_5$  готовились нами путем разложения мета-ванадата аммония соляной кислотой с последующей пептизацией осадка промыванием водой. В наших опытах применялись золи в возрасте 3 мес. (палочки на рис. 1) и 3,5 лет (нити на рис. 3а). Золи Au готовились по методу последовательного наращивания золота на амикроскопические частицы фосфорного золота. Наращивание осуществлялось при восстановлении смеси  $AuCl_3 + K_2CO_3$  разбавленным

раствором гидразингидрата. Полученные синего цвета золи Au имели отрицательно заряженные частицы. Положительные золи Au получались перезарядкой исходных отрицательных частиц при помощи подходящей добавки  $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$  или же подкисленного раствора желатин. Положительный золь  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  приготовлялся по способу гидролиза разбавленного раствора  $\text{FeCl}_3$  с последующим горячим диализом. Положительный золь  $\text{AgJ}$  получался незадолго перед употреблением посредством смешения разбавленных растворов  $\text{KJ}$  и  $\text{AgNO}_3$  при значительном избытке  $\text{AgNO}_3$ . Знак заряда частиц всех зольей, применявшихся в наших опытах, определялся при помощи электрофореза.

Смешение зольей производилось при больших разбавлениях, чем устранялась возможность появления слишком грубых агрегатов. Обычно в сильно разбавленные золи  $\text{V}_2\text{O}_5$  вводились при хорошем перемешивании небольшие объемы других зольей, которые предварительно уже не разбавлялись. Приготовление препаратов выполнялось либо сразу же после смешения зольей, либо спустя некоторое время, не более 5—8 мин. Вообще наилучшие условия опыта каждый раз подбирались путем многократных проб.

Результаты наших опытов представлены на рис. 1—4 (см. вклейку).

Рис. 1 получен для смеси отрицательно заряженных зольей  $\text{V}_2\text{O}_5$  и Au. Легко видеть, что частицы Au располагаются преимущественно на участках, свободных от частиц  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Такое размещение является, несомненно, следствием взаимного отталкивания одноименно заряженных частиц.

На остальных рисунках, кроме рис. 3а, представлено взаимодействие разноименно заряженных зольей. Как видно, во всех случаях чрезвычайно отчетливо проявляется один и тот же эффект взаимной коагуляции: положительные частицы почти нацело извлекаются из среды и концентрируются на отрицательных нитях  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Разумеется, степень покрытия последних инородными частицами определяется соотношением объемов зольей, взятых для смешения. Наблюдаемый эффект явным образом не зависит от природы раздробленных фаз смешиваемых коллоидов. Этот факт указывает на то, что во всех исследованных случаях осаждение частиц на нитях  $\text{V}_2\text{O}_5$  обусловлено действием силы сцепления одного и того же характера. Очевидно, таковой должна быть сила взаимного притяжения разноименно заряженных поверхностей, хотя, может быть, известную роль при этом играют и специфические аттракционные силы.

Внимательное рассмотрение рис. 2—4 позволяет сделать еще одно интересное заключение. Можно заметить, что положительные частицы в среднем равномерно покрывают нити  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Во всяком случае, нельзя обнаружить сколько-нибудь определенного преимущественного сгущения этих частиц на избранных участках нитей  $\text{V}_2\text{O}_5$ , например на концах нитей (см. особенно рис. 4б). Это может иметь место только при однородном строении поверхностей нитей  $\text{V}_2\text{O}_5$ , включая и концевые участки. Очевидно, двойной электрический слой равномерно покрывает нити  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

Таким образом, электронномикроскопические исследования смесей различных коллоидов дают непосредственную картину взаимодействия частиц в смесях и могут служить тонким методом «прощупывания» характера отдельных участков поверхности изучаемых объектов.

Поступило  
18 IV 1951