

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Физический факультет

Кафедра общей физики

Тюстин Руслан Евгеньевич

КУРСОВАЯ РАБОТА

Электрофорез в жидкостях с наночастицами

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №18306

Научный руководитель:

Оценка научного руководителя

«_____» _____ 20__ г.

Преподаватель практикума:

Оценка преподавателя практикума

«_____» _____ 20__ г.

Новосибирск 2019г

Аннотация

В данной работе рассматривается электрофорез в наножидкости разной концентрации, а именно сравниваем скорости осаждения наножидкости при воздействии на нее электрического поля и без него. Концентрация частиц в суспензии определялась влагомером, через высушивание суспензии. Электрическое поле создавалось при помощи генератор Б5-44. В результате эксперимента, мы можем сказать, что благодаря электрофорезу, можно полностью очистить жидкость даже от наночастиц, не подверженных полному оседанию в стационарном случае.

Оглавление

1. Введение.....	3
------------------	---

Теоретическая часть

2.1. Наножидкости и наночастицы.....	4
--------------------------------------	---

2.2. Методы создания наножидкостей	4
--	---

3. Электрофорез в наножидкостях	6
---------------------------------------	---

Экспериментальная часть

5. Описание установки.....	7
----------------------------	---

6. Методика	9
-------------------	---

7. Результаты.....	10
--------------------	----

8. Анализ погрешностей	11
------------------------------	----

9. Приложение 1	12
-----------------------	----

10. Приложение 2	14
------------------------	----

Заключение

9. Выводы	15
-----------------	----

10. Литература	16
----------------------	----

Введение

Последние десятилетия ведется активная исследовательская работа по поиску новых типов теплоносителей, оказывающих влияние на поверхность теплообмена. К ним относятся и суспензии с наноразмерными частицами (наножидкости). Также наноразмерные порошки широко используются для создания новых материалов, их используют в лакокрасочной промышленности, при производстве резин, модификации керамик, легирования сплавов, как модифицирующие добавки в сыпучие композиции (антислэживатели). Во многих случаях при применении порошков используются суспензии.

В данной работе использовался наиболее распространенный тип таких жидкостей, полученных на основе воды, но также встречаются и другие суспензии на основе различных органических жидкостей. Наножидкости, в отличие от жидкостей с микрочастицами, менее подвержены оседанию, что обусловлено их малым весом, однако оседание все же происходит, и изучение этого вопроса очень важно для решения проблемы стабильности жидкостей с наночастицами. В этой работе рассматривается влияние электрического поля на жидкости с наночастицами.

Теоретическая часть

2.1 Наножидкости и наночастицы

Нанодисперсные жидкости - чаще всего водные (либо на основе различных органических жидкостей) дисперсии наночастиц – частиц, характерные размеры которых 100 нм и менее – различного химического состава и концентраций.

В отличие от суспензий, содержащих частицы микроразмера, наножидкости более стабильны, в изолированном состоянии наночастица почти не подвержена оседанию в результате действия гравитационных сил, но с течением времени частицы могут коагулировать с образованием агломератов достаточной для выпадения в осадок массы. Отсутствие химических реакций между наночастицами и молекулами базовой жидкости, высокая поверхностная энергия, обусловленная размером частиц, также являются их примечательными свойствами, влияющими на процесс осаждения.

2.2. Методы создания наножидкостей и наночастиц

Для учения наночастиц используются различные методы, а именно:

Физические методы:

- 1) механическое измельчение (помол);
- 2) конденсация инертного газа.

Химические методы:

- 1) химическое осаждение;
- 2) химическое отложение накипи;
- 3) микро-эмульсии;

- 4) аэрозольный пиролиз;
- 5) термическое распыление.

Для изготовления наножидкостей используют два фундаментальных метода их изготовления:

1. Одноэтапный

Суть метода в образовании твердых частиц в ходе химических реакций в жидкой среде. Несмотря на дороговизну, невозможность получения больших концентраций и низкую производительность, данный метод является достаточно перспективным для наножидкостей с частицами, обладающими высокой теплопроводностью (металлические, биметаллические), так как с помощью него можно производить более чистые реагенты, а также этот метод подходит для создания суспензий с не оксидными частицами, помимо этого существуют технологии позволяющие осаждавать металлы из раствора внутри мицелл этого раствора, тем самым получается суспензия наножидкости. (Мицеллы — это агрегаты поверхностно-активных веществ в коллоидном растворе, состоящие из большого количества амфифильных молекул, т.е. молекул, обладающих одновременно лиофильными и лиофобными свойствами. Если вещество и среда близки по строению молекул или молекулы вещества сильно взаимодействуют со средой, например, образуют водородные связи, то говорят о лиофильности, при слабом взаимодействии вещества и среды — о лиофобности.)

2. Двухэтапный

Суть метода заключается в добавлении в базовую жидкость с дальнейшим ультразвуковым перемешиванием порошка из наночастиц, который может быть промышленно изготовлен и закуплен у производителя. Это наиболее простой и доступный для лабораторных исследований метод. Частицы можно производить всевозможными методами высокой

производительности (несколько примеров, сжигание в кислородно-водородном пламени тетрахлоридов кремния [3], электронно-лучевой метод [4] и т.д.). При этом базовая жидкость может быть любой.

В данном эксперименте используется двухэтапный метод.

3. Электрофорез в наножидкостях

Электрофорез— это электрокинетическое явление перемещения частиц дисперсной фазы (коллоидных или белковых растворов) в жидкой или газообразной среде под действием внешнего электрического поля. С помощью электрофореза удаётся покрывать мелкими частицами поверхность, обеспечивая глубокое проникновение в углубления и поры.

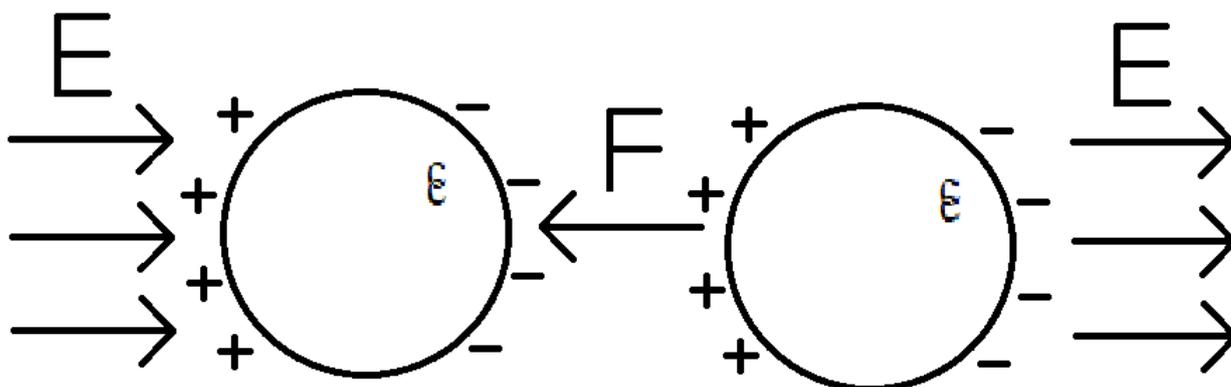


Рис.1. Частицы в электрическом поле.

Рассмотрим исследуемый в работе коллоид. Частицы в нем совершают броуновское движение, но из-за наличия электрического заряда и очень маленького веса практически не выпадают в осадок. Согласно законам электростатики, для диэлектрика при наличии электрического поля заряды перераспределяются так, как указано на рис.1, в связи с чем появляется сила, притягивающая частицы друг к другу, а также у частиц возникает дрейфовая скорость, увеличивается количество соударений частиц, и, следовательно, их энергия возрастает, в результате чего коллоид начинает ускоренно коагулировать (Коагуляция — объединение мелких частиц дисперсных систем в более крупные под влиянием сил сцепления), переходя в состояние с наименьшей энергией. Под действием силы тяжести образовавшиеся в результате коагуляции частицы выпадают на дно.

Экспериментальная часть

Описание установки

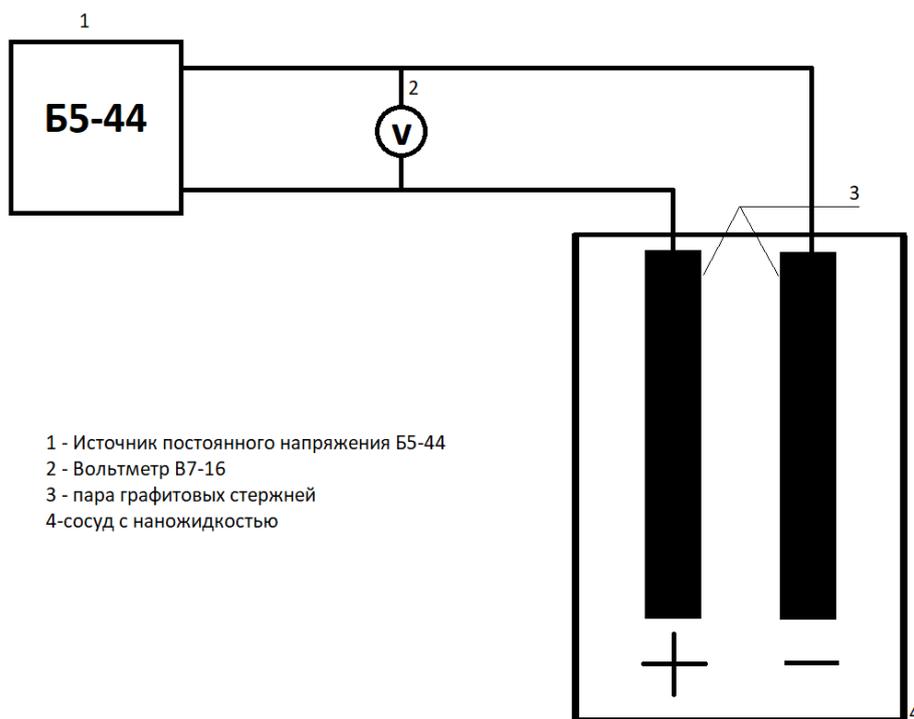


Рис.2. Экспериментальная установка

В данной работе электрическое поле создавалось при помощи генератора Б5-44(1). При подаче напряжения на электроды (3), они создают проходящее через суспензию, находящуюся в сосуде (4) электрическое поле E . После проведения эксперимента с помощью влагомера Sartorius MA35 испаряем жидкость, благодаря чему узнаём концентрацию нанопорошка в суспензии.

Для увеличения точности использовались электроды из малопримесного графита, который обеспечивает хорошие проводимость и химическую стойкость к веществам.



Фотография 1. Влагомер.

Методика

Эксперимент делится на 6 этапов:

1) Двухэтапным методом создаем наножидкости диоксида кремния SiO₂ (Б10) в следующих концентрациях: 5%, 10%, 15% (более подробные данные представлены в таблице 1);

Таблица 1. Концентрации при получении наножидкостей.

Название образца	Количество порошка, г	Итоговая концентрация, %	Погрешности при насыпании порошка, г	Итоговая погрешность, %
Б10.1	32.1+17.9	5	0.2*2	1.8
Б10.2	29.9+30.5+24.6	10	0.2*3	1.8
Б10.3	32.7+29.7+28.14+9.46	15	0.2*4	1.8

2) Рабочие объемы полученных суспензий помещаем в сосуды для проверки оседания частиц без воздействия электрического поля (в поле тяжести);

3) Собираем установку, описанную в разделе “Описание установки”;

4) Проводим несколько экспериментов для суспензий каждой концентрации, чтобы оценить скорость оседания частиц диоксида кремния при подаваемом напряжении $U=18V$. Время каждого эксперимента равняется одному часу. Фотографии полного цикла для жидкости Б10.1 представлены в приложении 1;

5) При помощи влагомера измеряем концентрацию частиц в центре сосуда и, в случае добавления электрического поля, в верхней, прозрачной части сосуда;

6) Вносим результаты в таблицы и рисуем график.

Результаты

Таблица 2. Осаждение суспензии без электрического поля в течении 3 недель.

Название образца	Осадок, см	Общая высота жидкости в сосуде, см	Граница раздела (град. пон-ие), см
Б10.1	2.5	23.5	21.5
Б10.2	3	23.5	21
Б10.3	3.5	23.5	22

Таблица 3. Осаждение суспензии при наличии электрического поля в течении 1 часа.

Название образца	Изначальная концентрация, %	Спустя 3 недели без поля E, %	Спустя 1 час в поле E, %	В полев E в прозрачном верхнем слое, %
Б10.1	0.96	0.37	0.22	0.01
Б10.2	1.22	0.39	0.46	0.01
Б10.3	1.57	0.42	0.64	0.01

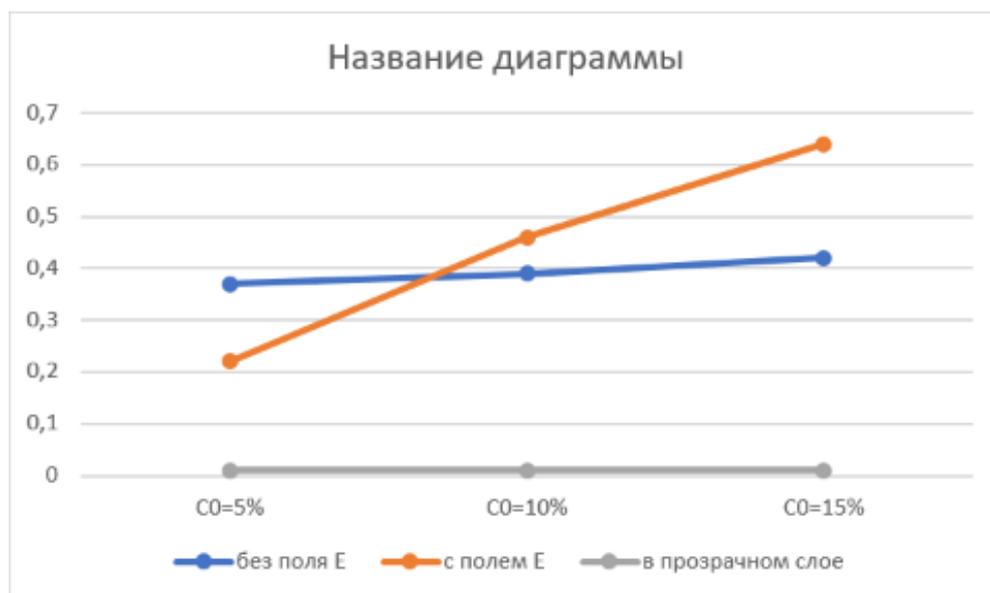


Рис.4. Зависимость концентраций частиц в суспензии от начальных концентраций:

- для частиц, оставшихся в суспензии без воздействия электрического поля после двух недель эксперимента.
- для частиц, оставшихся в суспензии после воздействия на нее электрического поля в течении одного часа.

В результате эксперимента можно сказать, что без воздействия электрического поля средняя концентрация порошка через большое время становится практически одинаковой при разных начальных концентрациях, а

также что благодаря электрофорезу через характерное время t наночастицы полностью осядут на дне сосуда и жидкость (H_2O) становится чистой (беспримесной). В ходе осаждения суспензии наблюдались градиенты концентрации как для случая с электрическим полем, так и без него. Без электрического поля суспензия стабилизировалась в течении одной недели, и дальнейших изменений в течении последующих трех недель не наблюдалось. При наличии электрического поля, градиент постепенно опускался, оставляя у поверхности все более толстый слой чистой жидкости. В случае продолжительного воздействия поля, до 12 часов, градиент концентрации опускается ниже погруженных электродов.

Анализ погрешностей

В данной работе основные характерные источники погрешности связаны в первую очередь с конструкцией установки, а также с процессом создания наножидкостей, а именно:

1. Электролиз воды. При протекании тока через жидкость около электродов наблюдалось возникновение пузырьков, связанное с диссоциацией молекул воды на ионы. Учесть этот вклад не представляется возможным.

2. Погрешности при изначальном насыпании порошка в жидкость. Она связана с налипанием порошка на стенки сосуда, из которого он высыпался в жидкость (она составляет 0.8%), а также с его рассеиванием в воздухе (вычислению не поддается).

3. Погрешность в измерении линейкой 2.5мм, с учетом высоты начального сосуда в 24см, эта погрешность составляет 1%.

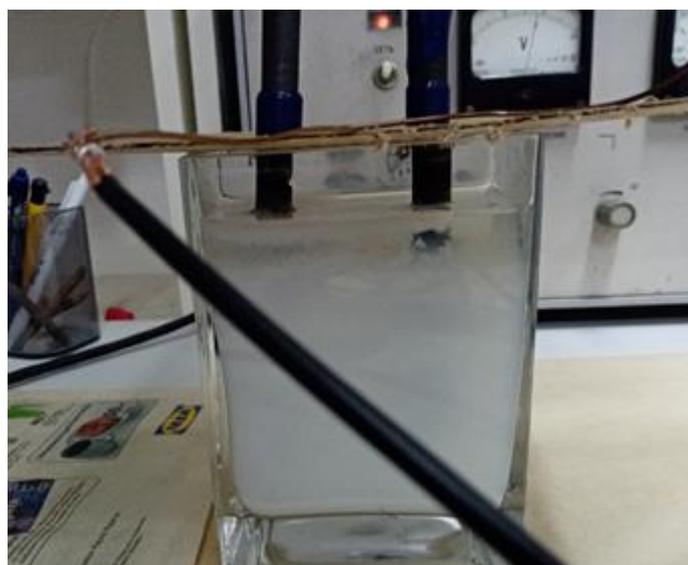
Приложение 1

Процесс оседания частиц при электрофорезе. Фотографии полного экспериментального цикла.

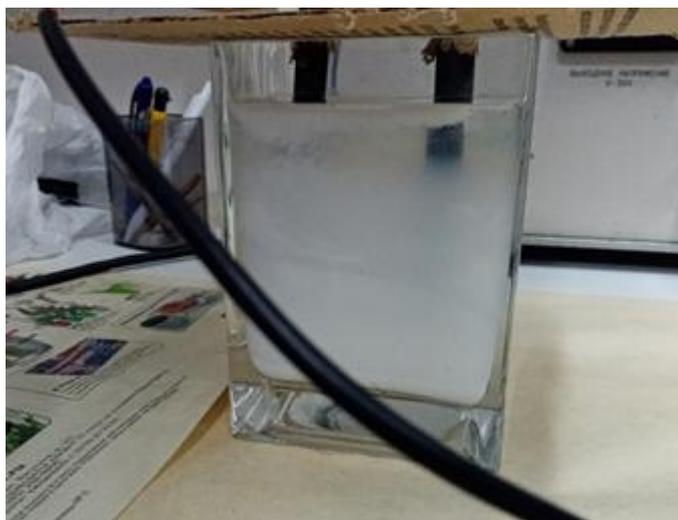
Жидкость Б10.1. Частота фотографий - 10 минут.



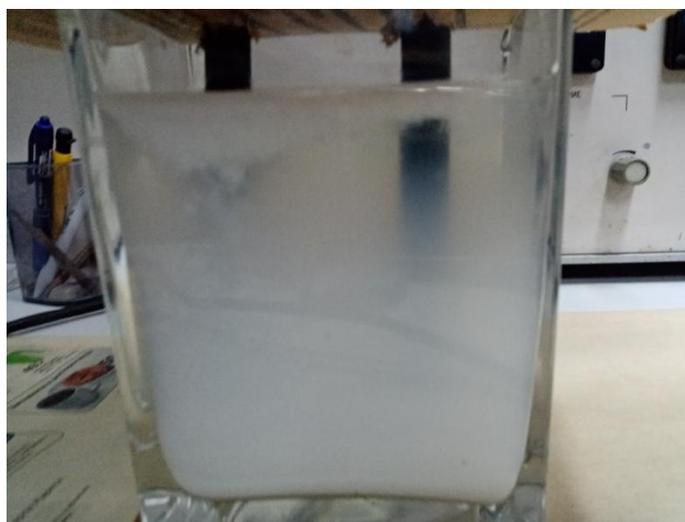
Фотография 2. Эксперимент. 10 минут.



Фотография 3. Эксперимент. 20 минут.



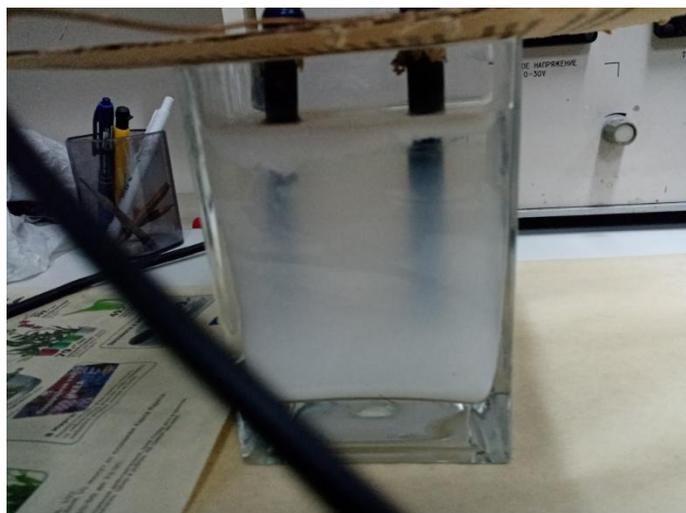
Фотография 4. Эксперимент. 30 минут.



Фотография 5. Эксперимент. 40 минут.



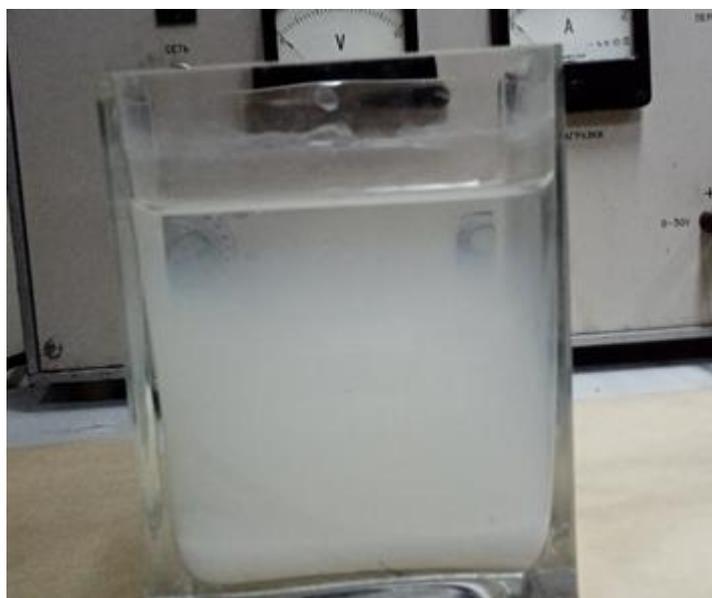
Фотография 6. Эксперимент. 50 минут.



Фотография 7. Эксперимент. 60 минут.

Приложение 2

Фотография немного отстоявшейся после эксперимента жидкости Б10.3 (возможность явно увидеть градиент между чистой жидкостью и суспензией).



Фотография 8. Немного отстоявшаяся после эксперимента жидкость Б10.3

Заключение

Были проведены эксперименты, показывающие скорости осаждения наножидкостей с частицами диоксида кремния во время электрофореза. Было доказано, что при воздействии только гравитационных сил на наножидкости осаждение происходит до определенной концентрации, а в дальнейшем осаждение суспензии не происходит в пределах погрешности эксперимента. При этом итоговые концентрации частиц в суспензии, взятой из слоя в удалении от поверхности, является примерно одинаковыми, вне зависимости от начальной. Однако с помощью электрофореза можно с точностью до пределов эксперимента очистить жидкость от примеси нанопорошка.

В дальнейшем можно изучить электрофорез в коллоидах других веществ (CuO_2 , TiO_2), а также с применением микроскопии более точно исследовать электрофорез.

Литература

1. Бардаханов С.П., Корчагин А. И., Куксанов Н.К., Лаврухин А.В., Салимов Р.А., Фадеев С.Н., Черепков В.В. Получение нанопорошков испарением исходных веществ на ускорителе электронов при атмосферном давлении. Доклады Академии Наук, 2006, т. 409, №3, с. 320-323.
2. Духин С.С., Дерягин Б. В. Электрофорез – М: Наука, 1976.
3. Technical Overview 13: AEROXIDE® - Fumed Metal Oxides
<https://www.aerosil.com/product/aerosil/downloads/to-aeroxide-en.pdf>
4. Труфанов Д.Ю., Завьялов А.П., Зобов К.В., Сызранцев В.В., Бардаханов С.П. Анализ изменения элементного примесного состава при получении нанопорошка диоксида кремния методом испарения электронным пучком // Сибирский физический журнал. 2018. Т. 13. № 2. С. 53-60.