

# Определение размера частиц и бесконтактная реология

Применение в пищевой промышленности



LS Instruments — швейцарская компания, основанная в 2010 году профессорами физики Фрибургского университета. Наши приборы основаны на запатентованных технологиях рассеяния света DLS/SLS и DWS.



Как компания, ориентированная на науку, мы предлагаем самую мощную технологию, позволяющую проводить передовые исследования в области наночастиц, полимеров и поверхностно-активных веществ, а также разрабатывать новые материалы.



Разрабатываемые технологии в первую очередь используются в научных кругах для исследования и получения новых знаний в области самых разных материалов. Постоянно открываются новые области применения, особенно в фармацевтической, пищевой, косметической, химической и промышленности.



## NanoLab 3D



Компактный прибор DLS для определения размера частиц, основанный на запатентованной технологии модулированной трехмерной кросс-корреляции.

Он эффективно подавляет множественное светорассеяние, что исключает дополнительное разбавление образцов.

## LS Spectrometer



Инструмент многоуглового статического рассеяния света (SLS) и динамического рассеяния света (DLS) на основе гониометра для характеристики частиц. Это модульная платформа, обеспечивающая высокую степень индивидуальной настройки.

## DWS RheoLab



Бесконтактный реометр.

Обеспечивает доступ к вязкоупругим свойствам образца в непревзойденном диапазоне частот и позволяет изучать текстуры и микроструктуры, затрачивая минимально необходимый объем образца.



## Продукты питания



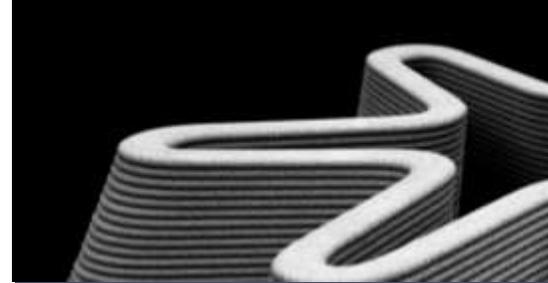
- » Молочные продукты
- » Растительные белки
- » Исследования гелеобразования
- » Исследования старения
- » Текстурные исследования

## Фармацевтические препараты



- » Белки, вирусы и моноклональные антитела
- » Микрогели
- » Инъекционные формы жидких препаратов
- » Исследования стабильности/высвобождения лекарств

## Передовые технологии



- » 3D печать
- » Полимеры
- » Наночастицы (углеродные, золото)

## Косметические средства



- » Декоративная косметика
- » Исследования стабильности
- » Исследования старения
- » Текстурные исследования

# **Технология рассеяния света**

**Неразрушающий метод определения свойств образцов**



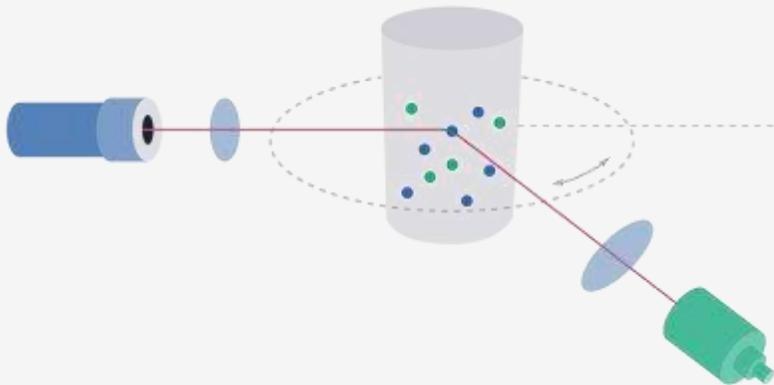
Лазерный луч направляется через жидкий или пастообразный образец, в на выходе измеряется результирующий рассеянный свет.

Это простой и мощный неразрушающий метод, который позволяет определить характеристики образца, экономит много времени на исследования и использует новые, более простые и надежные протоколы контроля качества, что приводит к значительной экономии средств.

## Измерение размера и формы частиц

1

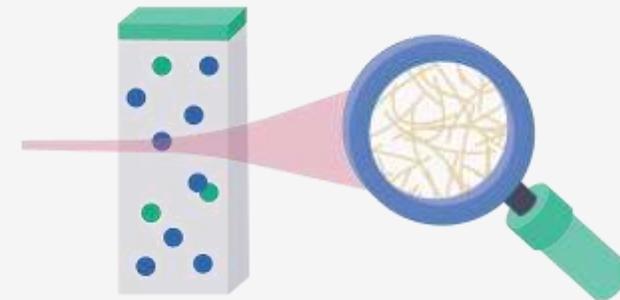
Рассеяние света позволяет измерять свойства частиц в жидкостях (суспензиях, эмульсиях). Ключевая особенность – определение размеров частиц от 1 нм.



## Определение реологических свойств (оптическая реология)

2

Рассеяние света можно также использовать для измерения движения частиц внутри образца и для определения реологии (текстуры/микроструктуры).



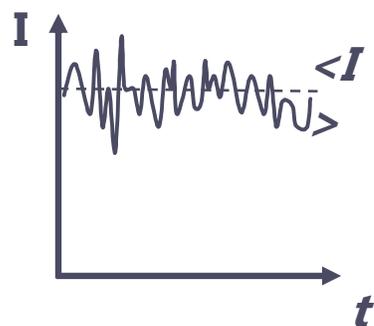
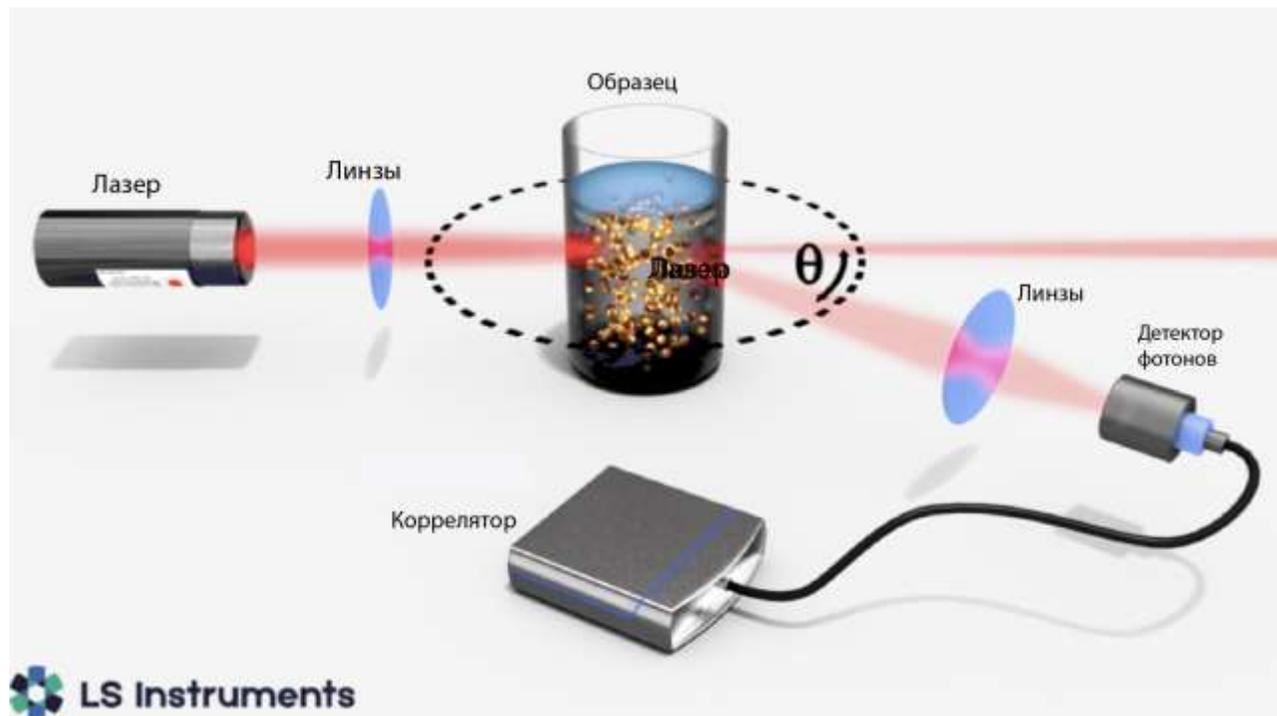


**LS Instruments**

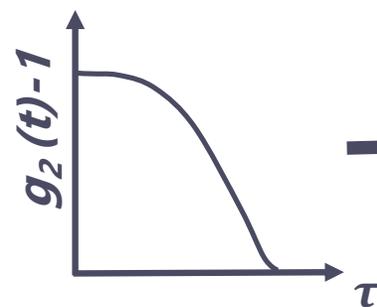
# **Безошибочное определение размеров частиц методом динамического рассеяния света**

**Технология 3D модулирования**

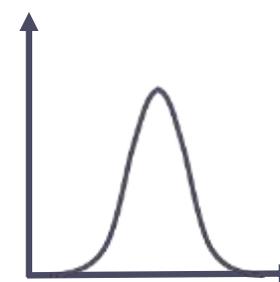
# Стандартное динамическое рассеяние света (метод DLS)



Колебания  
интенсивности



Корреляционная функция  
интенсивности

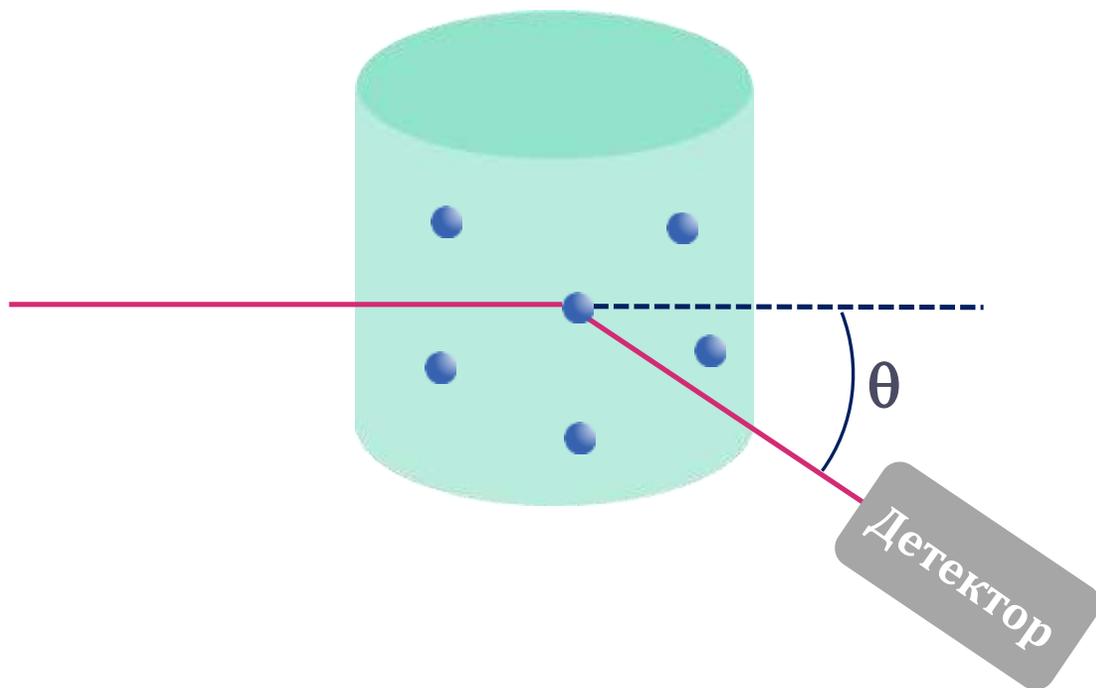


Распределение  
частиц по размерам



## Разбавленный образец

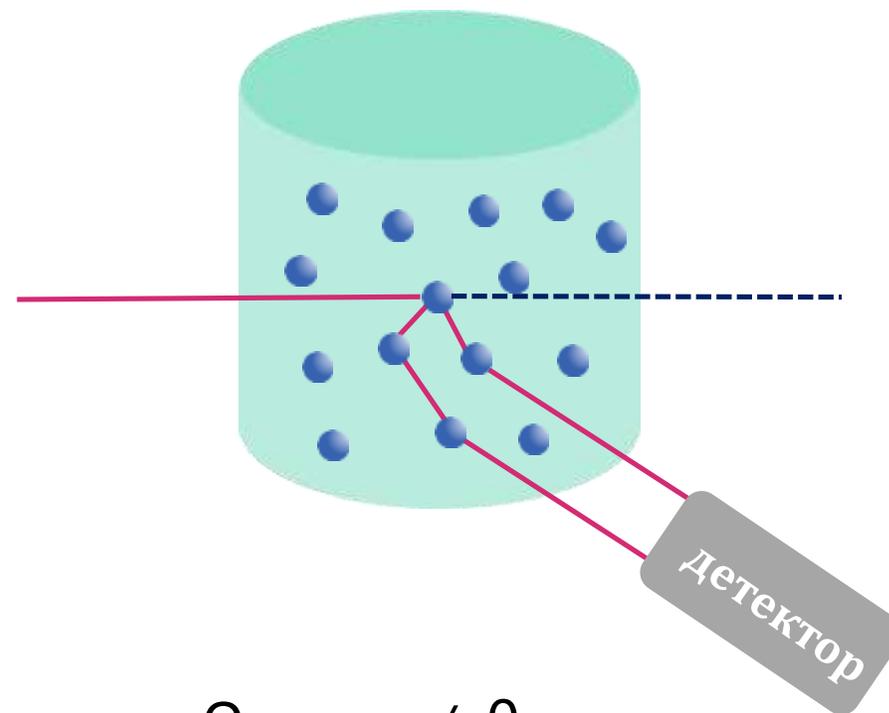
Только единичное рассеяние



$$\Theta_{\text{обнаруж.}} = \theta_{\text{рассеян.}}$$

## Концентрированный образец

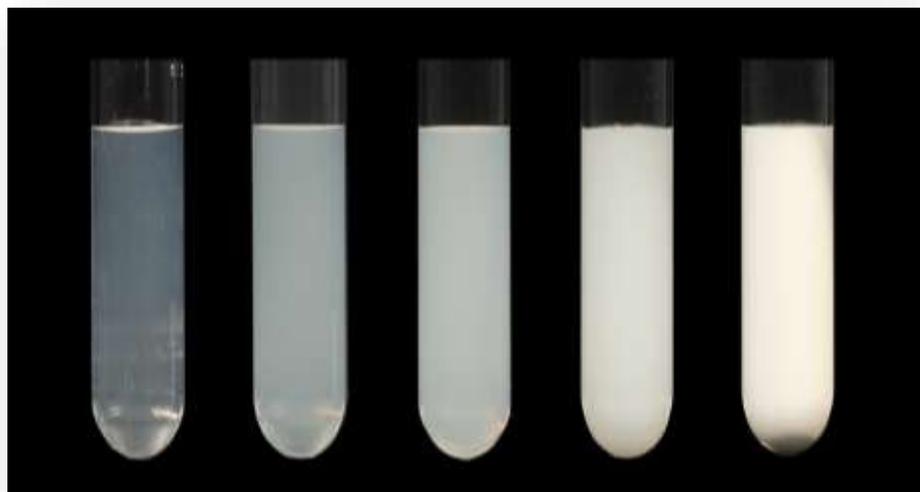
Наличие многократного рассеяния



$$\Theta_{\text{обнаруж.}} \neq \theta_{\text{рассеян.}}$$



Концентрация



## Множественное рассеяние света

Теория динамического рассеяния света действительна только для одиночного рассеянного света. Если образец слишком концентрированный, в измерениях будут необнаружимые и систематические ошибки. Традиционным решением является разбавление образца, но:

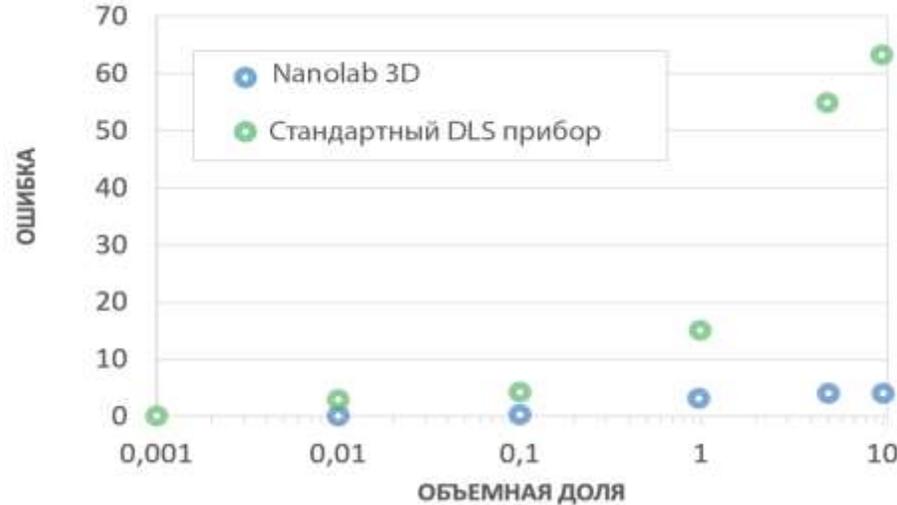
Применимы ли измеренные свойства разведенного образца к нативному состоянию?

Как проверить, что образец достаточно разбавлен, а полученный результат – точный.





Сравнительные данные для взвеси частиц полистирола ( $D=132$  нм)



## Модулированная 3D-технология

Компания LS Instruments разработала технологию, которая воздействует на сигнал подобно фильтру, гарантируя пользователю безошибочные и точные результаты даже при высоких концентрациях.

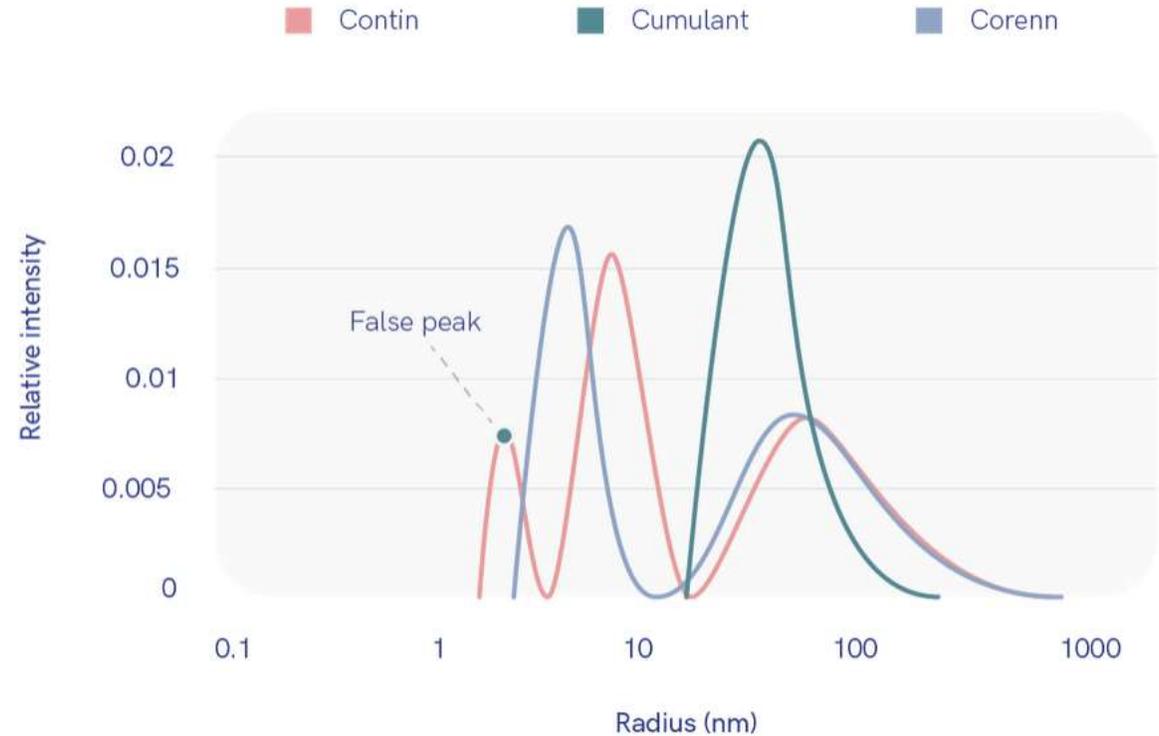
- ❖ Экономия времени разработки, нет необходимости беспокоиться о потенциально ошибочных результатах.
- ❖ Экономия объема образца, выполнение измерения на нативном образце с возможностью сохранить его.
- ❖ Исследование новых свойств системы при высоких концентрациях.



CORENN — это новый передовой алгоритм машинного обучения для извлечения распределения частиц по размерам (PSD) из измерения DLS.

CORENN — единственный алгоритм инверсии DLS, который

- » **использует передовые методы аппроксимации сигнала и уникальной теоретической оценка шума сигнала.**
- » **дает чрезвычайно надежные результаты, устойчивые к экспериментальным искажениям.**
- » **позволяет конечному пользователю получить истинную PSD из реальных экспериментов DLS**



Измерение DLS смеси частиц размером 4 нм и 45 нм. Только CORENN может правильно определить две популяции.



Задача

Наше решение

Высокая  
концентрация

Модулированный 3D-  
фильтр

Полидисперсность

Алгоритм CORENN

Обнаружение частиц  
малых размеров  
(белковые растворы)

Высокая мощность лазера  
Высокая чувствительность



## Размер частиц в нативных образцах

С помощью данной технологии можно определять размер частиц молока животного или растительного происхождения без разбавления. Кроме того, недавняя разработка алгоритма анализа DLS на основе искусственного интеллекта CORENN позволяет идентифицировать каждый компонент в системе: жировые шарики, белковые мицеллы и даже отдельные белки.

# Nanolab 3D

- Компактный прибор DLS для безошибочного определения размера частиц.
- Использует запатентованную технологию Modulated 3D: нет необходимости разбавлять образец!
- Высокая мощность лазера позволяет проводить измерения сложных образцов
- Алгоритм CORENN на основе искусственного интеллекта извлекает истинное распределение частиц по размерам из реальных экспериментов DLS

## Прикладные задачи

- » Определение размера частиц
- » Работа с концентрированными образцами
- » Анализ микровязкости белков (исследования инъекционной способности)
- » Наблюдение за процессом агрегации

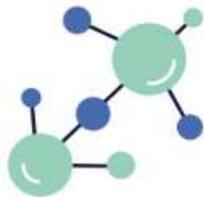


# Nanolab 3D - Технические характеристики



## Технические характеристики

<b>Размер частиц по DLS</b>	Основан на запатентованной технологии 3D модуляции
<b>Диапазон размеров частиц</b>	Радиус от 0,15 нм до 5 мкм
<b>Температурный диапазон</b>	От 4° до 85° - встроенная система продувки воздухом с регулировкой давления
<b>Объем образца</b>	От 50 мкл до 2 мл (дополнительно 4 мкл)
<b>Мощность лазера</b>	120 мВт
<b>Программное обеспечение</b>	Интуитивно понятное программное обеспечение с расширенными инструментами анализа



Малые объемы



Высокая скорость анализа



Простота в использовании



Непрерывная поддержка



# **Бесконтактная реология**

**Спектроскопия диффузных волн (DWS)**



Общий элемент шампуня, йогурта или мармеладных мишек?

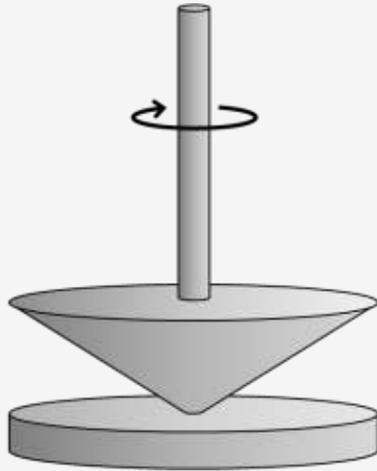
## Наличие микроструктуры



**Зондирование микроструктуры образца позволяет получить ценную информацию о его макроскопическом поведении.**

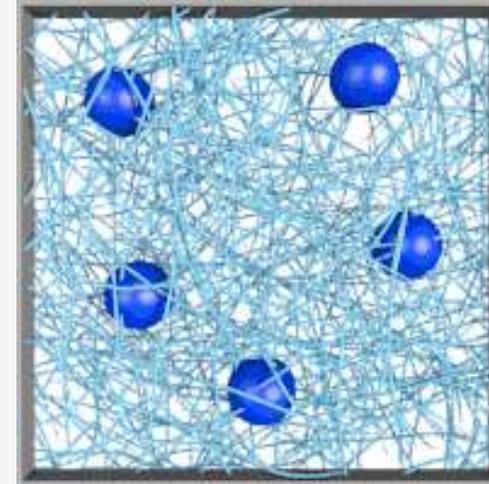


## Механическая реология



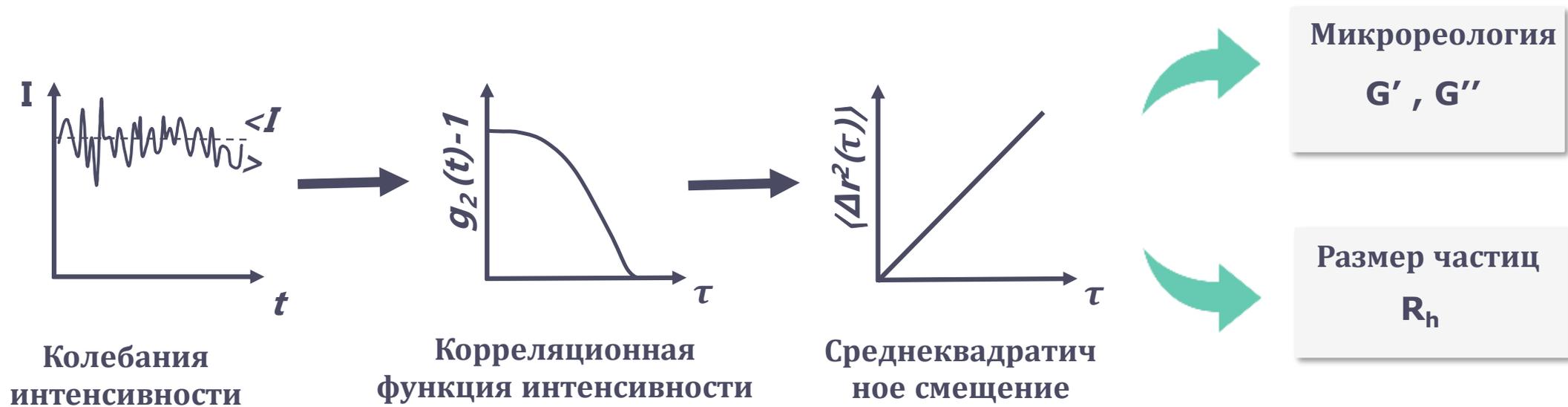
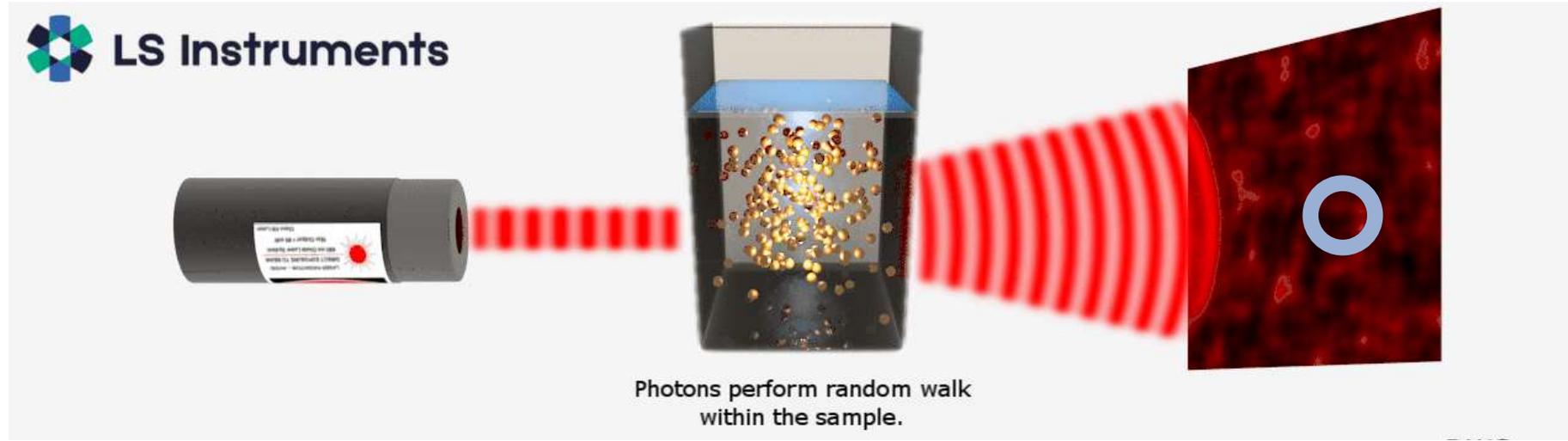
**Образец деформируется внешними силами.  
Микроструктура может быть повреждена!**

## Микрореология



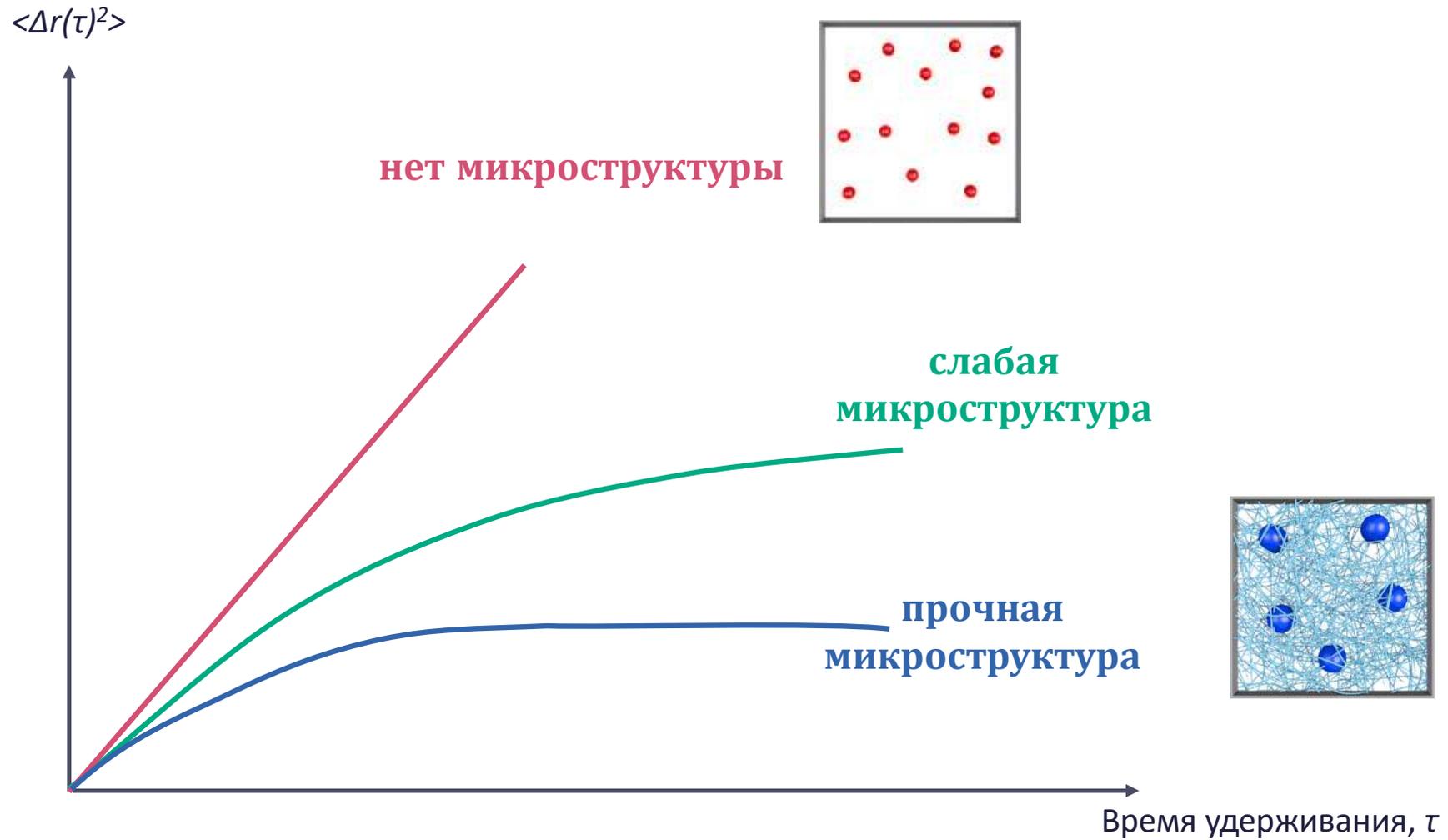
**Никаких внешних сил! Поведение исследуется встроенной трассирующей частицей посредством броуновского движения.**

# Принцип микрореологии DWS



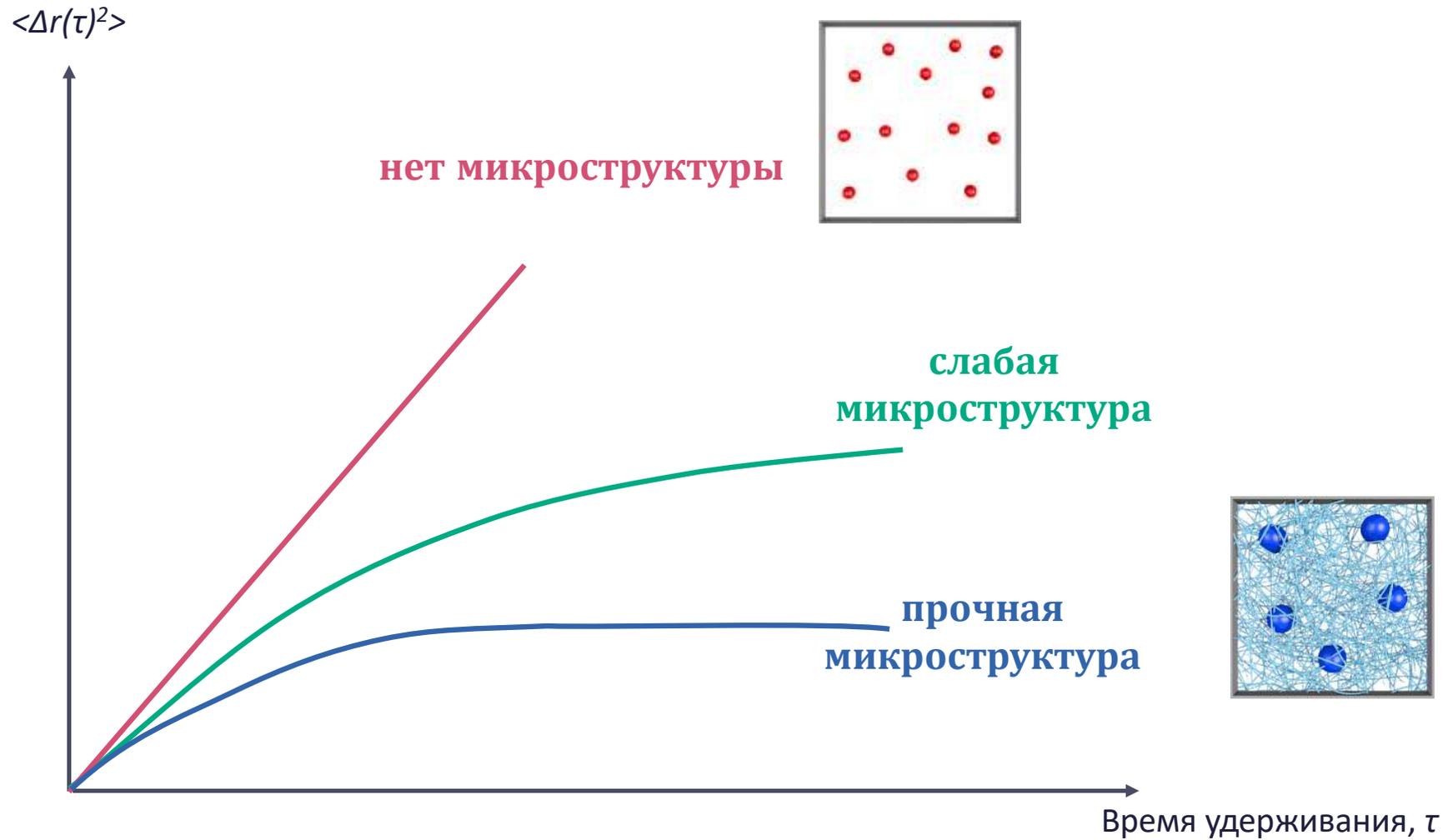


# Какую информацию предоставляет среднеквадратичное смещение?





# Какую информацию предоставляет среднеквадратичное смещение?



# Технология LS Instruments для определения характеристик пищевых продуктов



Задача

Наше решение

Испарение, загрязнение

Герметичные кюветы для образцов

Неустойчивые системы со слабой микроструктурой

Неразрушающий метод

Последующие процессы (гелеобразование, стабилизация)

Высокая чувствительность измерений

Высоковязкие системы

Быстрое исследование образцов



**Неразрушающий подход к определению реологических свойств и исследованию стабильности**

Исследование свойств инновационных пищевых систем с максимально доступной чувствительностью: технология, встроенная в DWS RheoLab, была разработана для решения самых сложных проблем.

Можно исследовать широкий спектр систем, от слабых гелей до твердых эмульсий. Такие процессы, как гелеобразование, можно идентифицировать в самом начале, без механического воздействия на образец.



Бесконтактный реометр, обеспечивающий быстрые измерения в расширенном диапазоне частот.

Образцы загружаются в герметичные кюветы и могут быть исследованы сразу или храниться в течение длительного времени без испарения или загрязнения.

Чувствительность технологии DWS позволяет обнаруживать изменения в микроструктуре по мере их возникновения.

Дополнительный модуль обратного рассеяния позволяет определять размер частиц.

## **Ключевые применения**

- » **Измерение вязкоупругих свойств материалов**
- » **Исследование эмульсий**
- » **Мониторинг стабильности / исследование старения**

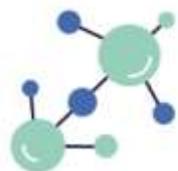


# DWS RheoLab - Технические характеристики



## Технические характеристики

<b>технология</b>	Спектроскопия диффузных волн с технологией Echo (патент ЕС)
<b>Диапазон частот</b>	0,5 до $10^6$ рад/с
<b>Диапазон вязкости</b>	0,1 до 1000 мПа*с
<b>Модуль вязкоупругости</b>	1 Па до 50 кПа
<b>Диапазон температур</b>	4° до 180° - встроенная система продувки воздухом с адаптацией давления
<b>Размер частиц</b>	0,1 до 1 мкм
<b>Объем образца</b>	150 мкл – 4 мл



**Малый объем образцов**  
До 150 мкл образца



**Быстрый**  
От 2 до 5 минут для получения полной характеристики



**Бесконтактный**  
Не требует механического вмешательства



**Герметичное хранение образца**  
Повторный анализ образца в любой момент времени