

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА»

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА общей физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

«Применение метода малоуглового рассеяния света в исследовании
полимеров»

Выполнил студент
405 группы
Комаров Валерий Иванович

(подпись студента)

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., Баранов А.Н.

(подпись научного руководителя)

Допущен к защите «2 июня 2017»

Зав. кафедрой профессор _____
(подпись зав.кафедрой)

А.М.Салецкий

МОСКВА 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	4
1.1. Малоугловое рассеяние света.....	4
1.2. Корреляционная спектроскопия молекулярного рассеяния света.....	7
1.3. Приборы и установки.....	11
1.4. Объекты исследования.....	17
ГЛАВА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	20
2.1. Результаты измерений.....	21
ВЫВОДЫ.....	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	28
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	30

ВВЕДЕНИЕ

Цели и задачи

Собрать и отъюстировать установку для изучения малоуглового рассеяния лазерного излучения. Измерить на ней тестовые образцы (4 дифракционные решетки и 2 образца клеток крови).

На корреляционном спектрометре определить зависимость размера мицелл в 10% растворе АОТ в гептане от степени гидротации.

Так же, одной из поставленных задач было изучение поведения параметров ПВС в зависимости от концентрации и температуры, поэтому было принято решение использовать два метода: метод малоуглового рассеяния света и метод динамического рассеяния свете (или метод корреляционной спектроскопии).

МУР - это метод структурной диагностики, который демонстрирует стремительное развитие в последние десятилетия. Метод МУР – это высокоинформативный, экспрессный дифракционный метод, пригодный для анализа неоднородностей плотности в самых различных объектах, препаратах, веществах и агрегатных состояниях (растворах, гелях, золях, тонких пленках, тканях, порошках и др.) В статье [1], был разработан инструмент для изучения малоуглового рассеяния света (МУР). Была собрана и отъюстирована установка МУР, измерены и определены параметры 4-х дифракционных решеток, 2-х образцо клеток крови и жидкого кристалла.

Метод малоугловое рассеяние (МУР) может эффективно применяться:
в физике конденсированного состояния (пленки, растворы и д р.);
в химии при анализе высокодисперсных систем (порошки, золи);
в молекулярной биологии при анализе природных п о лимерных веществ (белки, ДНК, РНК, комплексы и вирусы, мембраны и д р.);

Применение методов МУР оказалось эффективным не только при решении фундаментальных задач в физике, химии, биологии, но и при решении технологических задач и проблем в химических производствах, в металлургии, в биотехнологии, экологии и медицине.

Одним из основных преимуществ данного метода является простота в использовании.

Вторая часть моей работы посвящена исследованию изменения размера мицелл в зависимости от гидротации методом корреляционной спектроскопии. Данный метод позволяет определить коэффициент диффузии дисперсных частиц в жидкости путем анализа корреляционной функции флуктуаций интенсивности рассеянного света. Далее, из коэффициента диффузии рассчитывается радиус наночастиц.

ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Малоугловое рассеяние света

Развитие теории рассеяния началось в конце 19 века. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей (МУРР) характеризует особенности в нанометровом масштабе. Анализ малоуглового рассеяния света (МУР) очень похож на анализ МУРР и показывает особенности микроскопического масштаба. Следующая процедура, адаптированная из малоуглового рассеяния рентгеновского света, показывает развитие некоторых основных уравнений МУР. Эти уравнения аналогичны уравнениям МУРР, за исключением того, что МУР полагается на контраст поляризуемости вместо контраста плотности электронов.

На рисунке 1 показана схема малоуглового рассеяния света. Пучок света падает на некоторую неоднородность диэлектрической среды. Часть света проходит без отклонения, а часть рассеивается. Физически падающий лазерный свет вызывает осциллирующие диполи, которые, в свою очередь, излучают свет (той же длины волны, что и падающий пучок) во всех направлениях. Поскольку источник для каждой рассеянной волны исходит из другой точки пространства, возникает интерференция между этими рассеянными волнами. Цель теории рассеяния на малом угле заключается в том, чтобы сопоставить интенсивность рассеянного света, измеренного под разными углами относительно падающего света, к некоторой физически значимой величине.

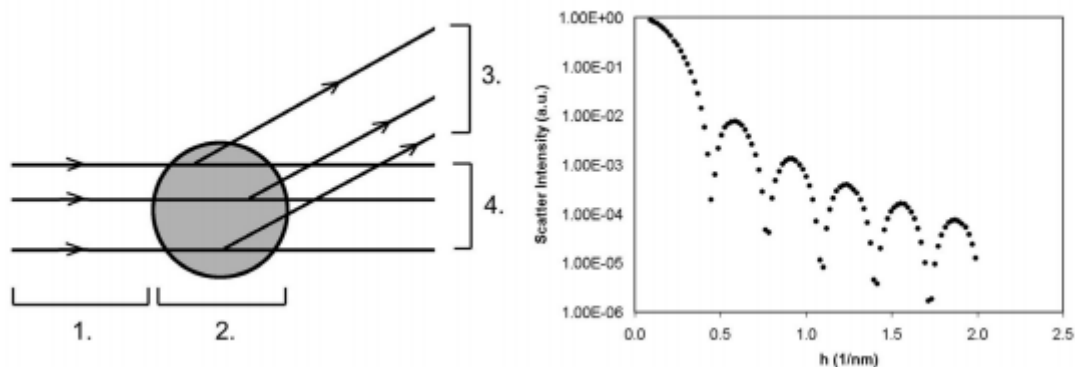


Рис. 1

(Слева) Взаимодействие между падающим лазерным светом и частицей. 1. Основной пучок. 2. Частица. 3. Рассеянный свет под углом θ . 4. Прошедший свет.
 (Справа) Моделированное рассеяние сферы диаметром 20 нм

Когда был изобретен метод светорассеяния, его главным применением было определение внутренних параметров полимерной цепи в растворе, таких как молекулярный вес и радиус вращения. Первоначально коммерческие приборы для измерений рассеяния света, конечно, не были доступны, а приборная оптика была специально разработана исследователями. Для извлечения характерных величин для полимерных цепей следует, в основном, исследовать широкий диапазон углов рассеяния. Поэтому приборы обычно снабжались фотометром, установленным на широкоугольном гониометре. Этот тип метода рассеяния света совершенствовался на протяжении полувека и хорошо зарекомендовал себя. В настоящее время несколько производителей предлагают приборы, которые также оснащены коррелятором, используемым для динамических измерений рассеяния света.

По мере того как методика рассеяния света развивалась, она была применена к исследованию высоко упорядоченных структур в объеме. Поскольку структура более высокого порядка велика по сравнению с

молекулярным размером, сканируется небольшой угол рассеяния. Поэтому такой метод рассеяния света часто называют малоугловым светорассеянием или низкоугловым рассеянием света, чтобы отличить его от исходного (широкого угла рассеяния) рассеяния света.

В первые годы применения технологии МУР в качестве источника света и детектора рассеянного света использовались дуговая лампа и фотопленка, соответственно. Для выбора пучка параллельного и монохроматического света из расходящегося источника белого света использовались линза и устройство обскуры. Несколько позже в качестве источника когерентного света был введен He-Ne-лазер[1]. В дополнение к фотографической пленке также использовалась фотоумножительная трубка, установленная на малоугловом гониометре для количественного анализа углового профиля. Введение лазера в качестве источника света стало прорывом в развитии МУР. Поскольку устройств, которые делают пучок света параллельным и монохроматическим, стало много, исследователям удалось построить собственные инструменты МУР.

Матрица фотодиодов позволяла измерять весь угловой профиль, а не сканировать угловой диапазон. Это привело к измерениям с временным разрешением. В соответствии с развитием камер для потребительского использования фотопленка была заменена датчиком изображения с зарядовой связью (CCD) для записи двумерных данных МУР. Однако область экспозиции датчика изображения CCD, доступного по разумной цене, обычно очень мала. Соответственно, для проведения измерений с ПЗС с ограниченной площадью экспозиции необходима конденсаторная линза. Эта линза сближает рассеянный свет на плоскости CCD. Альтернативный подход - профиль рассеяния, проецируемый на белый экран, косвенно регистрируется камерой CCD, оборудованной линзой, формирующей изображение. Эти два метода имеют как преимущества, так и недостатки. Достоинство первого метода заключается в том, что каждое рассеянное

количество света может быть непосредственно введено в плоскость CCD без потери интенсивности. Однако для фокусировки рассеивающего изображения на плоскости ПЗС необходимо, чтобы расстояние от образца до конденсорной линзы, и от конденсаторной линзы до плоскости ПЗС было достаточно жестким (как это продиктовано фокусным расстоянием (F) конденсаторной линзы). Это означает, что гибкость в длине камеры в этой геометрии рассеяния отсутствует. Последний метод (косвенная запись) дает гибкость настройки длины камеры, но неизбежно теряет яркость и разрешение из-за эффекта размытия на экране при проецировании рассеянного света. В конце концов, датчик изображения, имеющий большую площадь экспозиции, считается идеальным детектором для МУР.

В последние годы стали доступны датчики изображения CCD и дополнительные датчики изображения оксида металла (CMOS), оба из которых имеют большую площадь экспозиции. Правда, первый, особенно охлажденный, дает доступ примерно на один порядок более широкий динамический диапазон, чем последний. К сожалению, CCD-датчик изображения по-прежнему намного дороже, чем датчик изображения CMOS. Таким образом, мы разработали инструмент МУР, оборудованный датчиком изображения CMOS, имеющим большую площадь экспозиции в качестве детектора [2]. Чтобы использовать полный динамический диапазон этого датчика, мы оптимизировали оптику нашего инструмента МУР для максимального подавления уровня шума. В этом исследовании мы описываем основные характеристики этого инструмента.

1.2 Корреляционная спектроскопия молекулярного рассеяния света

Данный метод спектроскопии также принято называть динамическим рассеянием света (ДРС). В данном методе регистрируется сигнал, рассеянный на флуктуациях концентрации макромолекул, вызванных их собственными тепловыми движениями. Результатом измерений в спектроскопии ДРС является автокорреляционная функция (АКФ)

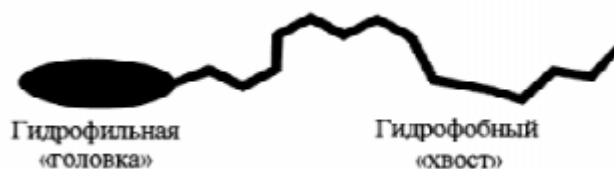
интенсивности рассеянного сигнала. Анализируя ее форму и проводя математическую обработку в соответствии с известными моделями, можно сделать вывод о характерных временных и пространственных масштабах движений макромолекул. ДРС позволяет исследовать различные концентрационные режимы полимерного раствора. При малой концентрации полимера, в разбавленном режиме, когда полимерные молекулы не перекрываются и совершают броуновское движение, спектроскопия ДРС позволяет определить гидродинамический радиус макромолекул полимера. В полуразбавленном растворе полимера могут быть исследованы типы динамики перепутанных цепей, например, диффузия внутри блобов, т. е. наименьших областей, внутри которых диффузионные движения участков цепей скоррелированы, рептационные движения всей, полимерной цепи, вязкоэластичные флуктуации, движения агрегатов.

Основные идеи метода динамического рассеяния света

- Броуновское движение дисперсных частиц или макромолекул в жидкости приводит к флуктуациям локальной концентрации частиц. Результатом этого являются локальные неоднородности показателя преломления и соответственно - флуктуации интенсивности рассеянного света при прохождении лазерного луча через такую среду.
- Коэффициент диффузии частиц обратно пропорционален характерному времени релаксации флуктуаций интенсивности рассеянного света. Это характерное время, в свою очередь, есть время затухания экспоненциальной временной корреляционной функции рассеянного света, которая измеряется с помощью цифрового коррелятора.
- Размер частиц (гидродинамический радиус) рассчитывается по формуле Стокса-Эйнштейна, которая связывает размер частиц с их коэффициентом диффузии и вязкостью жидкости.

ПАВ

Строение и свойства ПАВ. Молекула ПАВ имеет амфифильное строение (иначе амфифильность): молекулы всех ПАВ состоят из двух частей, одна из которых растворима в жидкости (лиофильная часть), а вторая - нерастворимая (лиофобная часть). Если жидкость это вода, говорят о гидрофильных (вещества взаимодействующие с водой) и гидрофобных (вещества слабо взаимодействующие с водой) частях молекулы соответственно. Гидрофильную часть называют полярной группой или «головкой», а гидрофобную - радикалом или «хвостом». [9]. Гидрофобная часть представляет собой углеводородный радикал C_nH_{2n+1} , C_nH_{2n-1} и др., включающий от 8 до 18 углеводородных атомов.



Схематическое изображение молекулы ПАВ [6]

Действие ПАВ в водных растворах основано на структурировании молекул воды вокруг неполярных углеводородных радикалов ПАВ, что должно вызывать уменьшение энтропии системы. А именно: При разбавлении в водных растворах, молекулы ПАВ ведут себя таким образом, чтобы минимизировать площадь контакта между водой и гидрофобной частью поверхностно-активного вещества, сохраняя при этом свободную энергию системы как можно более низкой. Поскольку любая система стремится к максимуму энтропии, то при достижении некоторой критической концентрации, молекулы воды и ионы ПАВ начинают образовывать ассоциаты, которые называются мицеллами. Образование мицелл в этом случае ведет к освобождению части структурированной воды, что является термодинамически выгодным процессом, ведущим к уменьшению энергии. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) - это концентрация,

при которой начинают образовываться устойчивые мицеллы. Величина ККМ зависит от природы ПАВ, длины углеводородного радикала, электролита, pH раствора. Чем длиннее углеводородный радикал и слабее полярная группа, тем меньше ККМ [7]. Термин мицелла в этом смысле был впервые введен Мак-Беном (1913 г.) [11]. Мицеллы (от лат. — частица, крупинка) — частицы в коллоидных системах, состоят из нерастворимого в данной среде ядра очень малого размера, окруженного стабилизирующей оболочкой адсорбированных ионов и молекул растворителя. Мицеллы можно рассматривать как резервуары молекулярного ПАВ. В воде они возникают при очень не больших концентрациях. Радиус мицеллы примерно равен длине вытянутой молекулы ПАВ (гидрофобная часть). Наличие мицелл в растворе определяется по изменению поверхностного натяжения, электропроводности, плотности, вязкости, светорассеяния и т. д. Агрегация молекул в мицеллу происходит вследствие нерастворимости неполярных «хвостов» молекул ПАВ в воде. Углеводородные «хвосты» упаковываются в мицелле так, чтобы максимально уменьшить контакт с водой.

1.3 Приборы и установки

Установка для изучения малоуглового рассеяния света.



Рис. 2 Фотография установки для малоуглового рассеяния света

Оптическая схема построенного нами прибора SALS представлена на рис. 2. Источником света является He-Ne-лазер мощностью 10 мВт с длиной волны $\lambda = 0,6328$ мкм. Мощность луча уменьшается фильтрами нейтральной плотности (ND) для удовлетворения каждого экспериментального требования. Как уже упоминалось во введении, источником лазерного излучения считают пучок параллельных световых лучей. Это имеет место в теории, но на практике небольшое количество нежелательного рассеянного света испускается из окна лазерной трубки (LW). Для измерения деполяризованного рассеяния света (DPLS) и для сильно рассеивающего образца такое небольшое количество рассеянного света не имеет большого значения. Однако это сильно повлияет на отношение сигнала к шуму в случае слабо рассеивающего образца. Для устранения паразитного света используют пару собирающих линз (L1 и L2) и отверстие (A). Эта пара линз действует как фильтр, а также используется для уменьшения диаметра луча.

Расстояния от L1 до A (= 200 мм) и от A до L2 (= 100 мм) дают желаемый эффект.

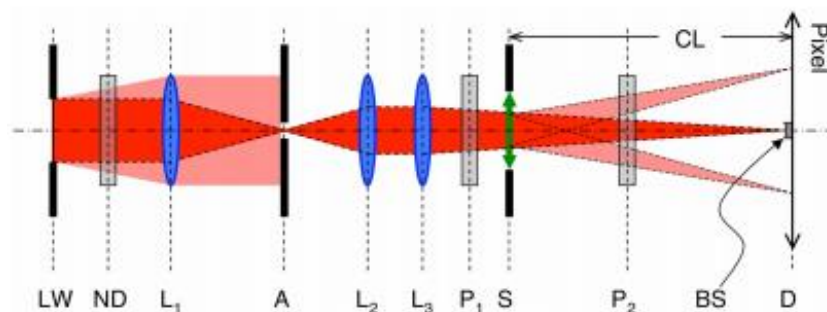


Рис. 3 Блок-схема установки

Затем падающий луч фокусируется на плоскость детектора (D) линзой L3. Позиция образца (S) может быть выбрана между L3 и D, если механически не зависит от температуры контролируемой ступени с L3 или D. Таким образом, расстояние от образца до детектора или длина камеры (CL) является гибким, выполняя различные экспериментальные условия. Самый длинный и самый короткий CLs этой инструментальной установки составляют 400 мм и 100 мм, соответственно. Падающий луч окончательно экранируется балочным ограничителем (BS), расположенным непосредственно перед детектором D. Так как A и D оптически сопряжены, рассеянный свет, который проецируется на D, должен содержаться в заштрихованной области A (см. Справка). Однако на практике диаметр ограничителя BS лучше выбирать в соответствии с желаемым типом эксперимента. В настоящем инструменте BS с диаметром 1,5 мм, как правило, дает разумные данные вплоть до своего края. В этом случае самый низкий доступный q составляет $0,02 \text{ мкм}^{-1}$ для самой длинной длины камеры (CL = 400 мм), как показано ниже. Когда образец имеет очень слабую рассеивающую способность, используется BS с диаметром 4.0 мм. Этот диаметр великоват, так как он покрывал бы любую утечку прямого луча. В этом случае самый низкий доступный q составляет 0.056 мкм^{-1} для самого длинного CL.

Если необходим мониторинг пропускания образца, особенно в измерениях времени, то центральная часть БС заменяется полупрозрачным материалом (экспонированной отрицательной пленкой). Интенсивность проходящего света контролируется пикселями датчика, расположенными сразу за центральной частью БС. Таким образом, измерения рассеяния и пропускания могут проводиться одновременно. Для измерений DPLS поляризатор (P1) и анализатор (P2) вставляются до и после образца соответственно.

В качестве детектора в этом исследовании используется датчик изображения Ulise 010 020. Датчик изображения Ulise линейный и состоит из 2048 пикселей и каждый пиксель покрывает 1мм. Время, необходимое для сохранения одного изображения рассеяния с помощью поставляемого программного обеспечения, и ПК с процессором Pentium 4 с тактовой частотой 2,8 ГГц составляло 0,5 с без разбиения пикселей. Это минимальное временное разрешение в измеряемых во времени измерениях в настоящее время. Это значение будет уменьшено до номинального 0,37 с при использовании ПК с более высокой спецификацией.

Методика

В данной работе в качестве тестового объекта используется дифракционная решетка. У решетки мы определяем период дифракции из формулы $d * \sin \alpha = n\lambda$, где:

α - угол рассеяния,

n – это порядок дифракции,

λ – длина волны.

Также в данной работе в качестве объекта исследования используется мазок крови. Структурными элементами, на которых происходит дифракция, являются эритроциты. Наблюдаемая на экране дифракционная картина представляет собой систему колец.

Точный расчет приводит к следующим выражениям для угловых положений максимумов освещенности в дифракционной картине:

$$\sin \alpha_1 = 1,64 \frac{\lambda}{d}$$

$$\sin \alpha_2 = 2,68 \frac{\lambda}{d}$$

Точный расчет приводит к следующим выражениям для угловых положений максимумов освещенности в дифракционной картине:

$$d_1 = \frac{1,64 \lambda}{\sin \alpha_1} = \frac{1,64 \lambda \sqrt{a_1^2 + b^2}}{a_1}, \quad d_2 = \frac{2,68 \lambda}{\sin \alpha_2} = \frac{2,68 \lambda \sqrt{a_2^2 + b^2}}{a_2}.$$

Спектрометр

Размеры рассеивателей исследуемых коллоидных систем определялись методом корреляционной спектроскопии рассеянного света, на корреляционном спектрометре PhotocorCompact. Прибор измеряет корреляционную функцию рассеянного света $G(t) = I_{\text{расс}}(t) * I_{\text{расс}}(t+\tau)$. В ней содержится информация о временах трансляционного движения рассеивателей в растворе. С помощью коррелятора можно проводить временные и температурные измерения. Корреляционный спектрометр управляется программным обеспечением PhotocorSoftware, с его помощью можно наблюдать за ходом измерений и менять режимы его работы. Измеренные корреляционные функции рассеянного света обрабатывались с помощью программного обеспечения DynaLS.

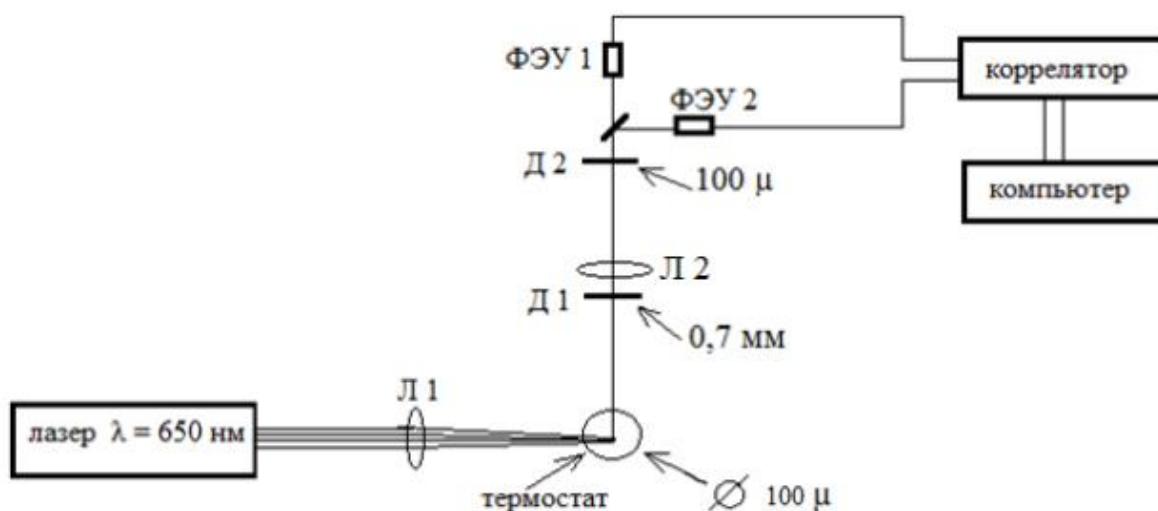


Рис. 13

Схема спектрометра PhotocorCompact



Рис. 14

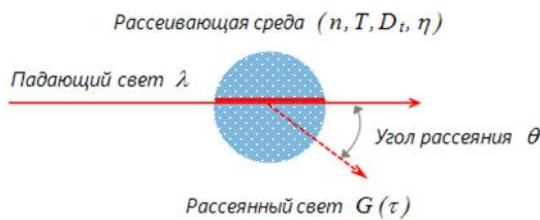
Установка спектрометра PhotocorCompact.

В приборе используется термостабилизированный диодный лазер с длиной волны $\lambda = 650$ нм. Луч лазера проходит через фокусирующую линзу L1, с фокусным расстоянием 90 мм, собирается на исследуемом образце, где рассеивается на микроскопических флуктуациях наночастиц. Образец помещен в термостат, позволяющий менять и стабилизировать его температуру. Рассеянный свет измеряется под прямым углом, собирается апертурой ($d = 0,7$ мм), выпрямляется линзой L2 фокусируется на второй диафрагме 100 мкм, затем делится пополам полупрозрачным зеркалом и попадает на два ФЭУ. Оптимальный сигнал получается тогда, когда точечная диафрагма имеет тот же радиус, что и лазерный луч. Для сохранения когерентности сбора, точечная диафрагма перед ФЭУ должна иметь как

можно меньший размер, однако при очень сильном уменьшении, регистрируемая интенсивность падает. ФЭУ работают в режиме счета фотонов. В спектрометре Photocor-Compact используются два ФЭУ, что позволяет убрать собственные шумы ФЭУ. Сигнал с ФЭУ после усилителей-дискриминаторов попадал в многоканальный коррелятор, который накапливал корреляционную функцию. Спектрометр подключен непосредственно к персональному компьютеру. С помощью компьютера осуществляется управление процессом измерения и обработка результатов измерения.

Физические основы метода динамического рассеяния света (ДРС)

Данный метод позволяет определить коэффициент диффузии дисперсных частиц в жидкости путем анализа корреляционной функции флуктуаций интенсивности рассеянного света. Далее, из коэффициента диффузии рассчитывается радиус наночастиц.



Решение:

$$\frac{\partial c(\vec{r}, t)}{\partial t} = D \Delta c(\vec{r}, t) \quad 1/\tau_c = Dq^2$$

$$q = (4\pi n/\lambda) \sin \vartheta/2$$

Определение временной корреляционной функции:

$$G(\tau) = \langle I(0) \cdot I(t - \tau) \rangle = \lim_{t_m \rightarrow \infty} \frac{1}{t_m} \int_0^{t_m} I(t) \cdot I(t - \tau) dt$$

Автокорреляционная функция флуктуаций рассеянного света:

$$G(\tau) = a \exp(-2\tau/\tau_c) + b$$

Формула Эйнштейна-Стокса:

$$R_h = \frac{k_b T}{6\pi\eta D_T}$$

1.4 Объекты исследования

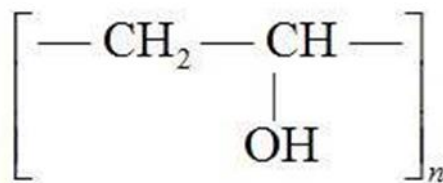
ПВС

- Поливиниловый спирт (ПВС) - искусственный, водорастворимый, термопластичный полимер.

Молярная масса: 89000 – 98000 гр/моль

Формула: $(C_2H_4O)_x$

Концентрации: 10%, 3%, 1%, 0,3% (весовые)



ПАВ: АОТ-анионактивное ПАВ (натриевая соль бис (2-этилгексил) сульфосукцинат натрия). Химическая формула: $C_{20}H_{37}NaO_7S$. Молярная масса: $M=444,55$ г/моль. Внешний вид - молочного цвета гранулы. ККМ: $C=0,5-2,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Размер молекулы $r=1,1$ нм.

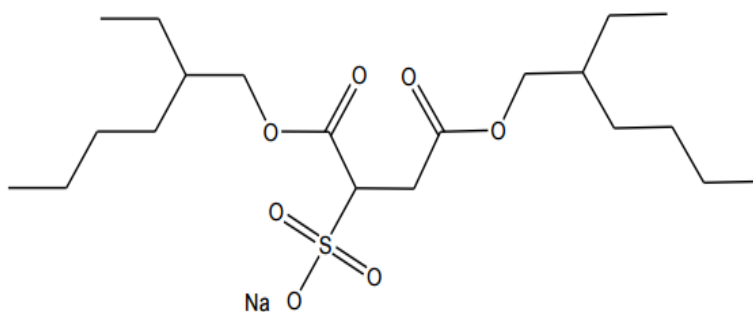


Рис.3 Структурная формула молекулы Аэрозоля ОТ.

В) Углеводороды:

Гептан–класс алканов. Молярная масса: $M=100,21$ г/моль. Химическая формула: C_7H_{16} ;

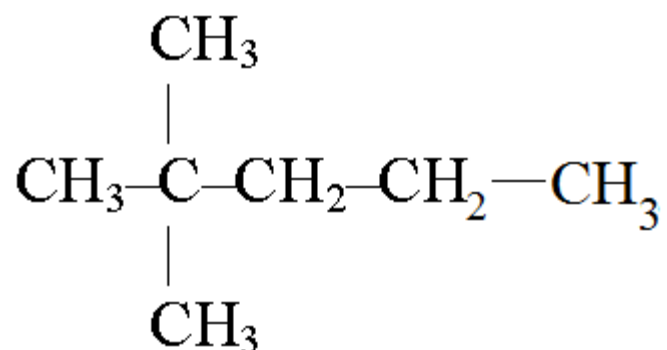


Рис.6 Структурная формула гептана.

Все растворы приготавливались из сухих реактивов АОТ и гептана. Сначала создавался 10% по массе раствор АОТ в гептане: взвешивались 1г АОТ и 9г гептана. Затем в 2 мл АОТ в гептане добавлялась вода.

Приготовление растворов.

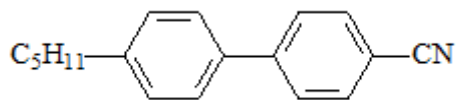
Все растворы приготавливались из сухих реактивов и дистиллированной воды. Сначала создавались исходные растворы с большой концентрацией, а потом из них рабочие растворы с помощью разведения. При приготовлении использовались электронные весы с точностью до 0,001г и дозаторы фирмы ВЮНТ, имеющие точность дозирования около 1%. Полученные растворы обрабатывались в ультразвуковой ванне с мощностью ультразвука 50 Вт в течение 5 минут и выстаивались при комнатной температуре более суток.

Ячейка с электроиндуцированной дифракционной решёткой.

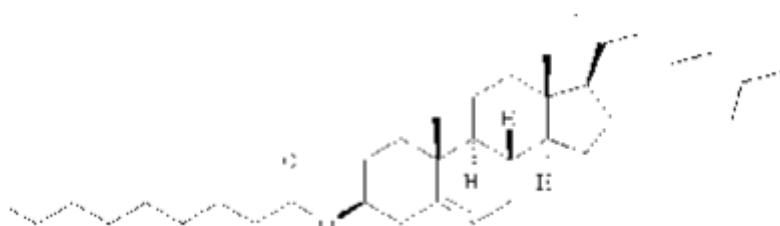
Ячейка состояла из двух прижатых стеклянных пластин, по бокам которых находятся электроды, к которым припаяны провода.

Между электродами была залита смесь из двух частей: нематического жидкого кристалла 5CB 96,5% и холестерического жидкого кристалла CholPel 3,5%.

5CB:



CholPel (холестерил пеларгонат), 3.5%:



Температура просветления (перехода из холестерической в изотропную фазу) – 76-78 оС

Шаг спирали смеси – ок. 5 мкм. Толщина ячейки – ок 5 мкм, параллельное направление натирания полиимидного слоя (направление – вдоль электродов).

Приложение к электродам переменного синусоидального электрического напряжения частотой 1 кГц, с эффективным напряжением 3.7-4.2 В приводит к искажению поля ЖК директора и формированию фазовой дифракционной решётки типа. Напряжение 4.7 В приводит к переходу в гомеотропную фазу и решетка пропадает.

Образец крови: капалась капля крови на стеклянные пластинки и второй пластинкой размазывалось по первой.

4 различные дифракционные решетки изготовленные из оптического стекла толщиной 3 мм.

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Результаты измерений.

Для получения дифракции на решетке, мы берем в качестве линзы L_2 длиннофокусную (в отличие от измерений на эритроцитах) что бы получить достаточно широкий пучок и тем самым получить больше порядков дифракции. Так же мы ставим образец между линзами L_2 и L_3 .



Рис. 4

График зависимости интенсивности от координаты рассеяния в дифракционной решетке



Рис. 5

Логарифмический график зависимости интенсивности от координаты рассеяния в дифракционной решетке(1)

Период решетки $d=100 \pm 0,5$ мкм

Периоды всех решеток посчитаны и представлены в таблице 1.

Таблица 1.

номер решетки	период дифракции, мкм
1	100 ± 1
2	101 ± 1
3	201 ± 2
4	199 ± 2

Измерения эритроцитов

Для измерения на образцах клеток крови, линзу L_2 мы берем короткофокусную, что бы получить большую интенсивность и маленькую ширину пучка (из-за размеров эритроцитов). Образец мы ставим между линзой L_3 и экраном.

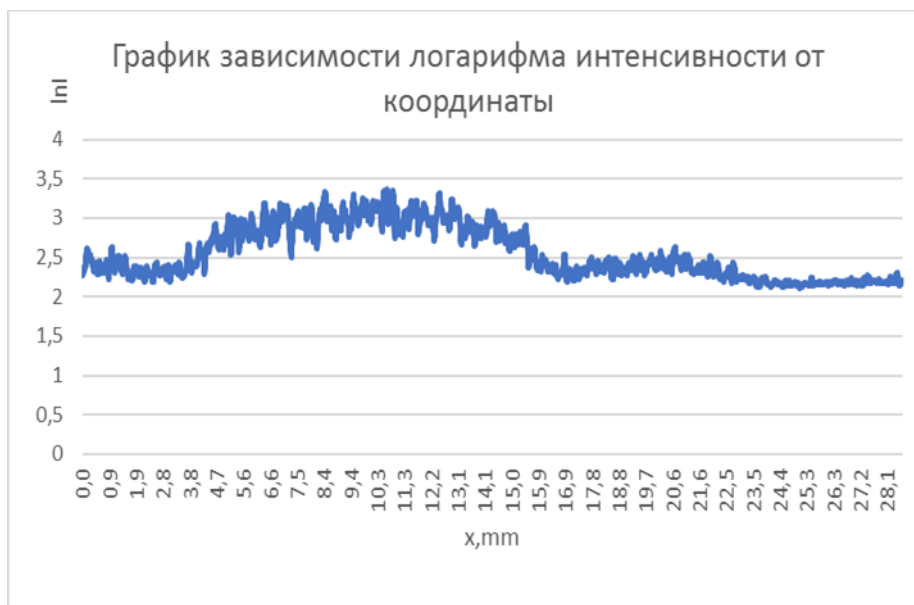


Рис. 5

График зависимости логарифма интенсивности от координаты рассеяния в образцах крови

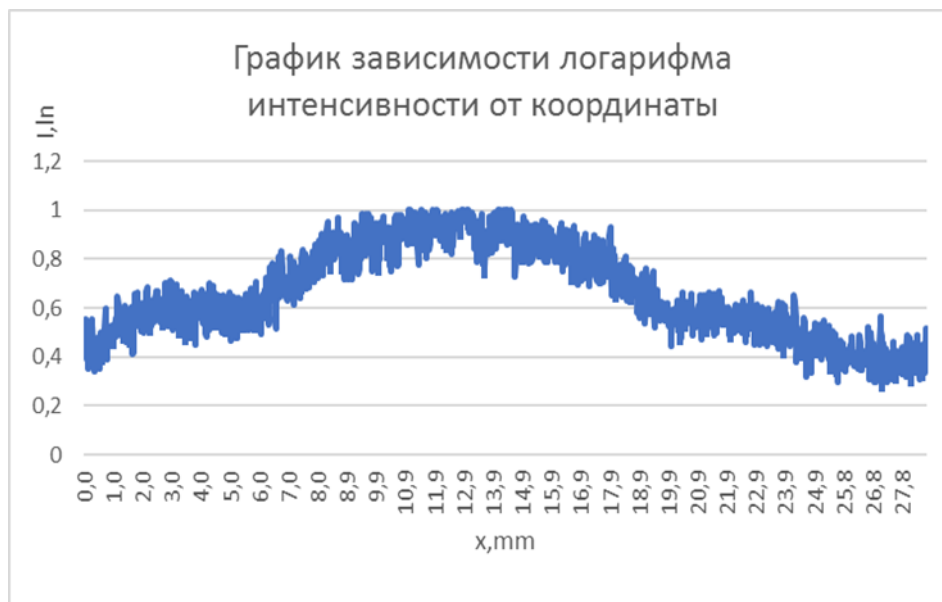


Рис. 6

График зависимости логарифма интенсивности от координаты рассеяния в образцах клеток крови

Образцы эритроцитов 2-ух разных людей, средние размеры $d_1=8,895$ мк и $d_2= 10,84$ мк соответственно. Норма (7-10 мк)

Измерения на микроскопе

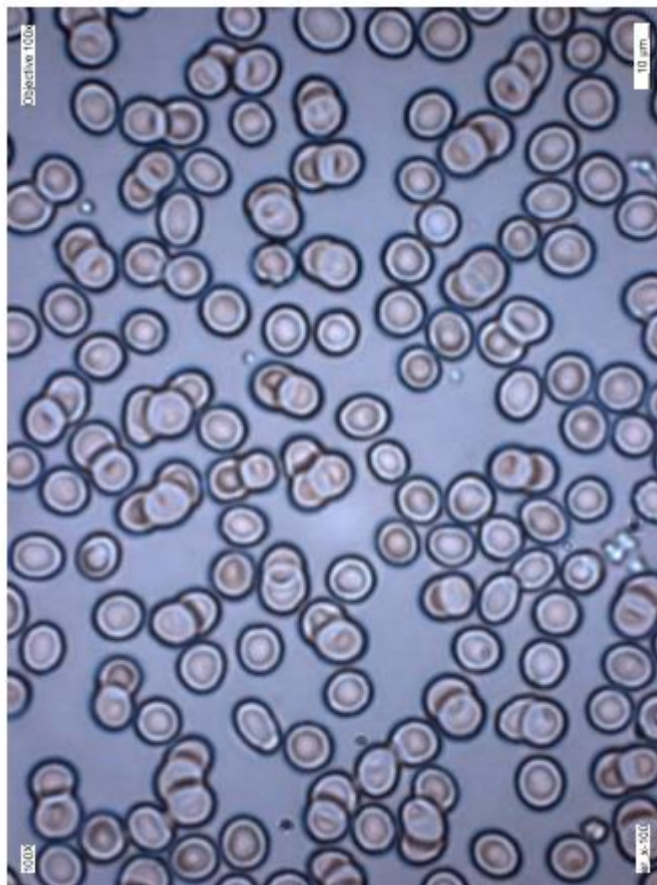


Рис. 7

Фотография с микроскопа образца клеток крови

Измерения образца эритроцитов на микроскопе:

Расчеты показали, что средний размер клеток крови равен $8,5\pm 1,2$ мк

Измерения жидкого кристалла

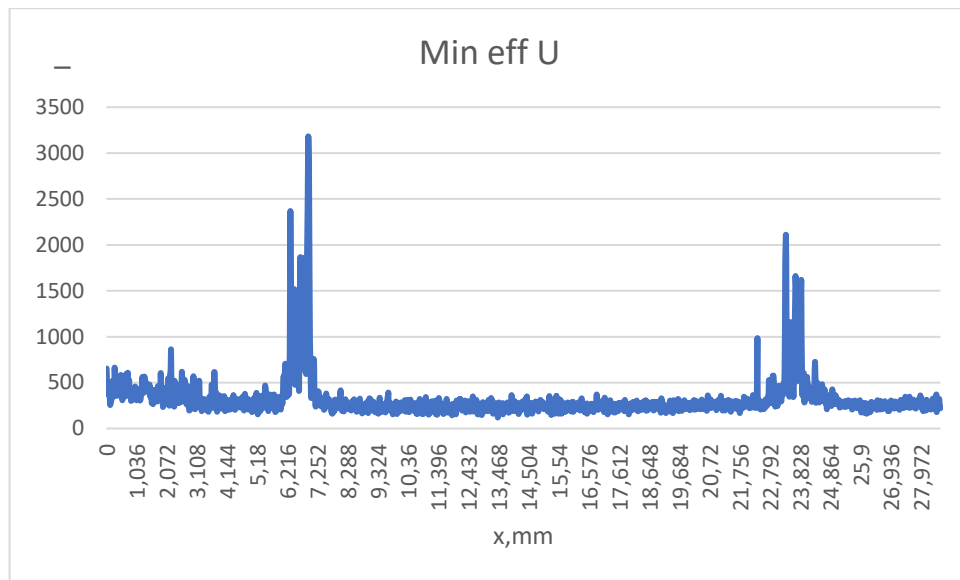


Рис. 8

График зависимости интенсивности от координаты рассеяния при горизонтальной поляризации кристалла, при минимальном эффективном напряжении с разрешением приемника (100).

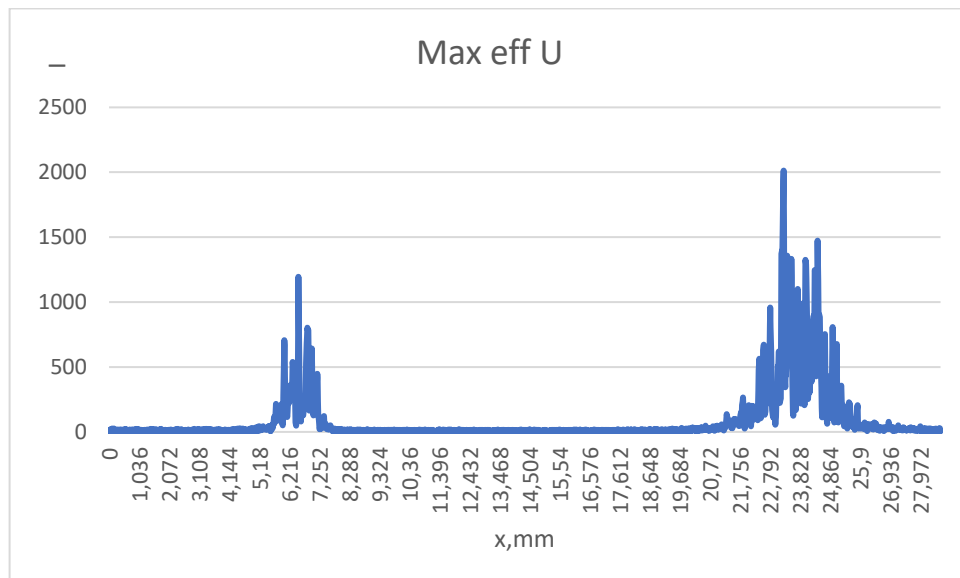


Рис. 9

График зависимости интенсивности от координаты рассеяния при горизонтальной поляризации кристалла, при максимальном эффективном напряжении с разрешением приемника (2).

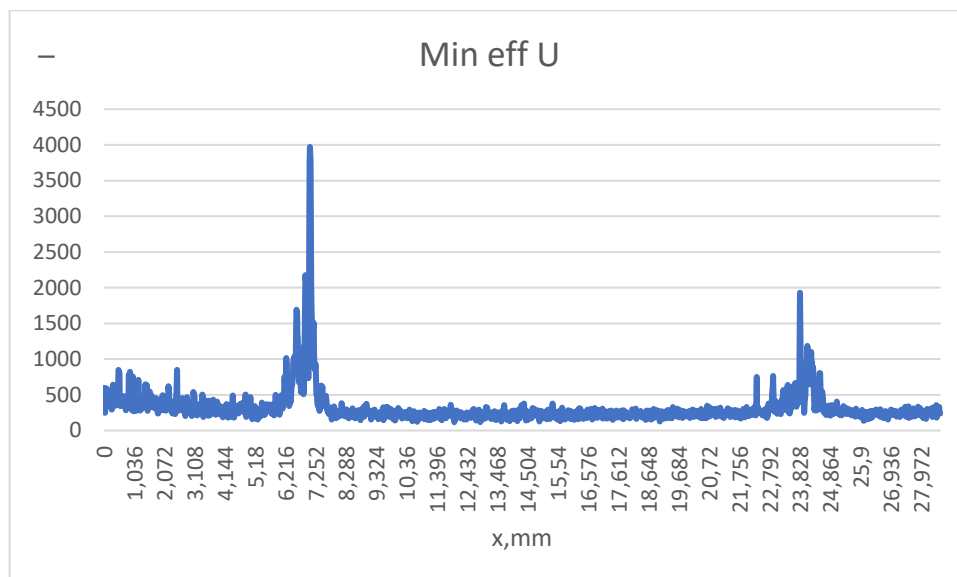


Рис. 10

График зависимости интенсивности от координаты рассеяния при вертикальной поляризации кристалла, при минимальном эффективном напряжении с разрешением приемника (100).

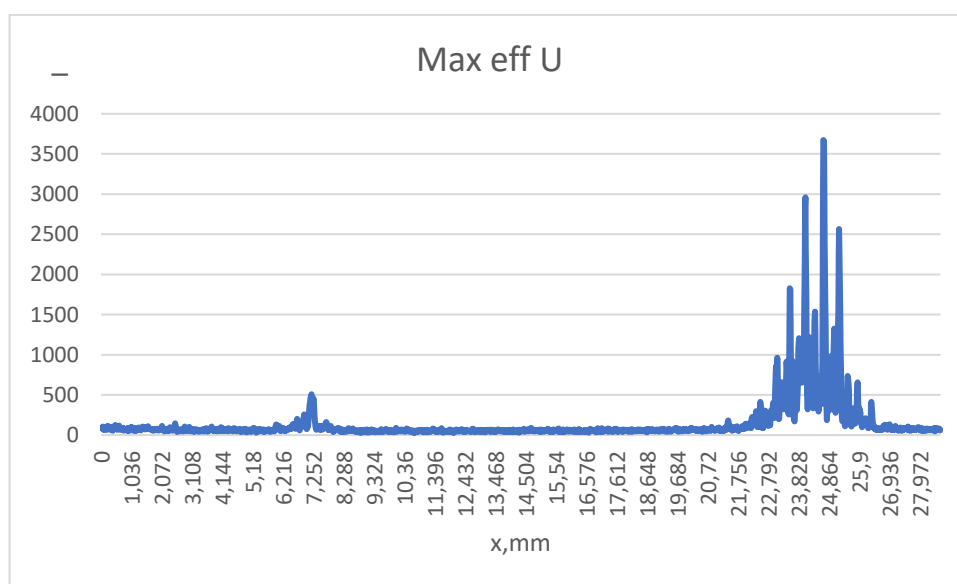


Рис. 11

График зависимости интенсивности от координаты рассеяния при вертикальной поляризации кристалла, при максимальном эффективном напряжении с разрешением приемника (20).

Измерения на спектрометре

На спектрометре были измерены при различных температурах водные растворы ПСВ при 4 концентрациях: 10%, 3%, 1%, 0,3%

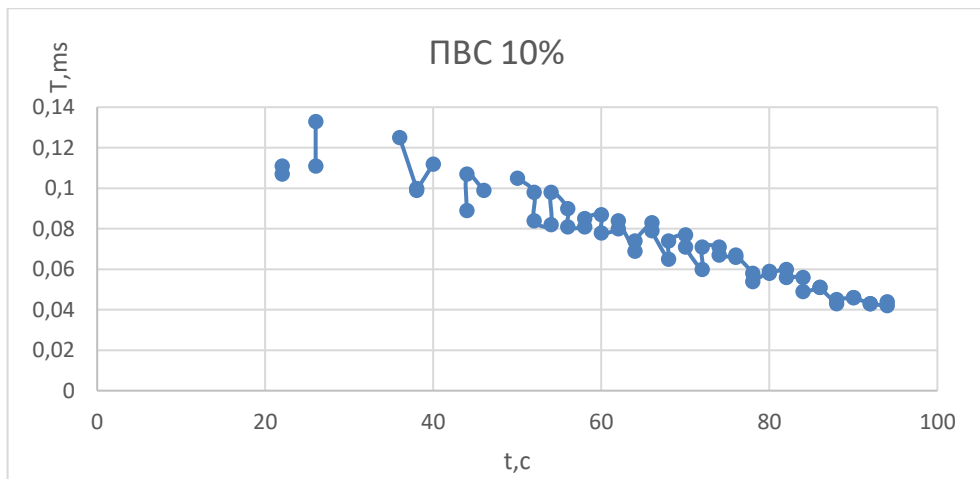


Рис. 15

График зависимости T от t для 10% раствора ПВС

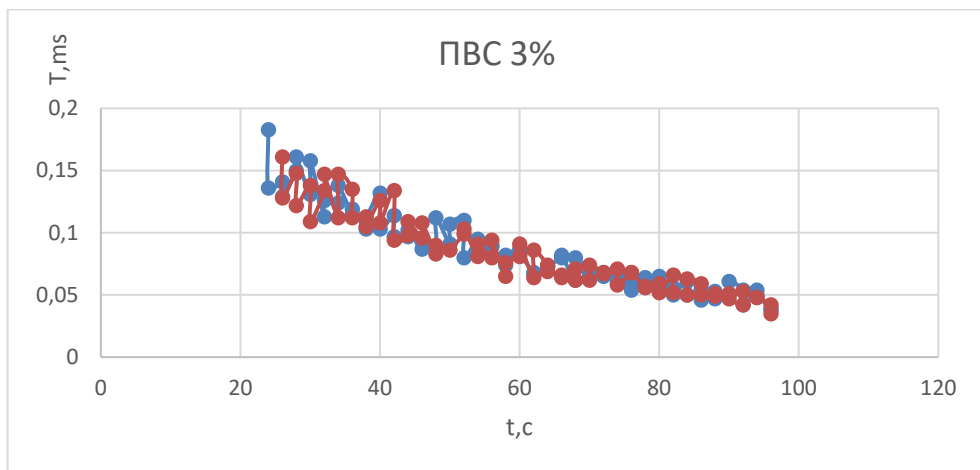


Рис. 16

График зависимости T от t для 3% раствора ПВС

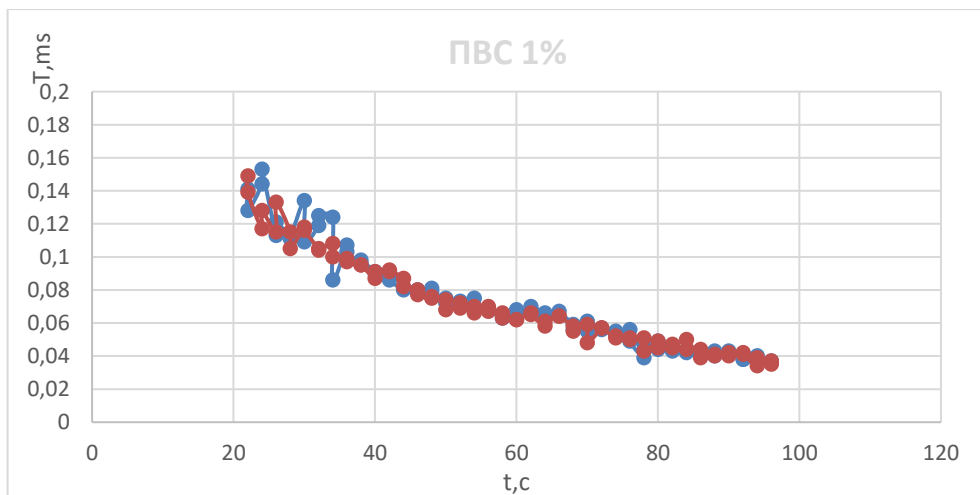


Рис. 17

График зависимости T от t для 1% раствора ПВС

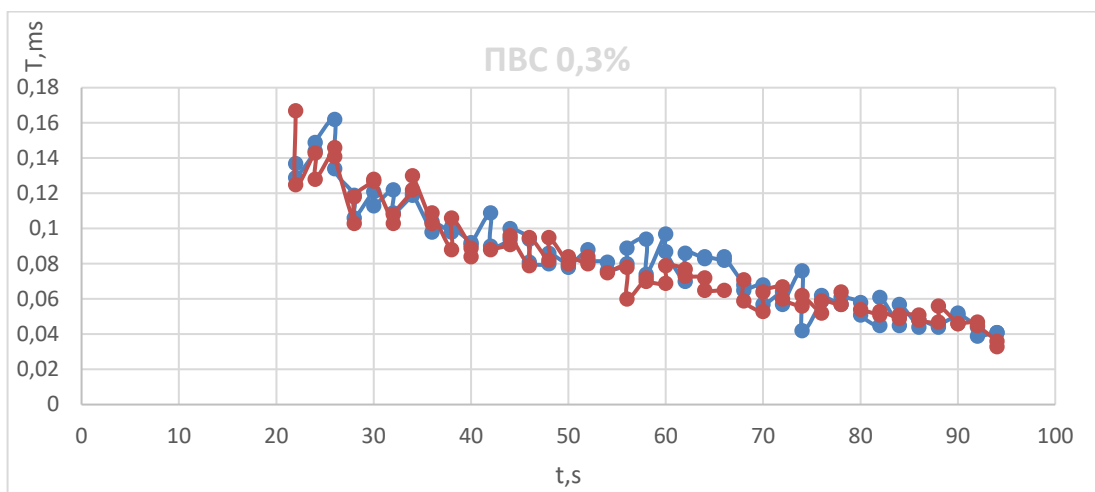


Рис. 18

График зависимости T от t для 0,3% раствора ПВС

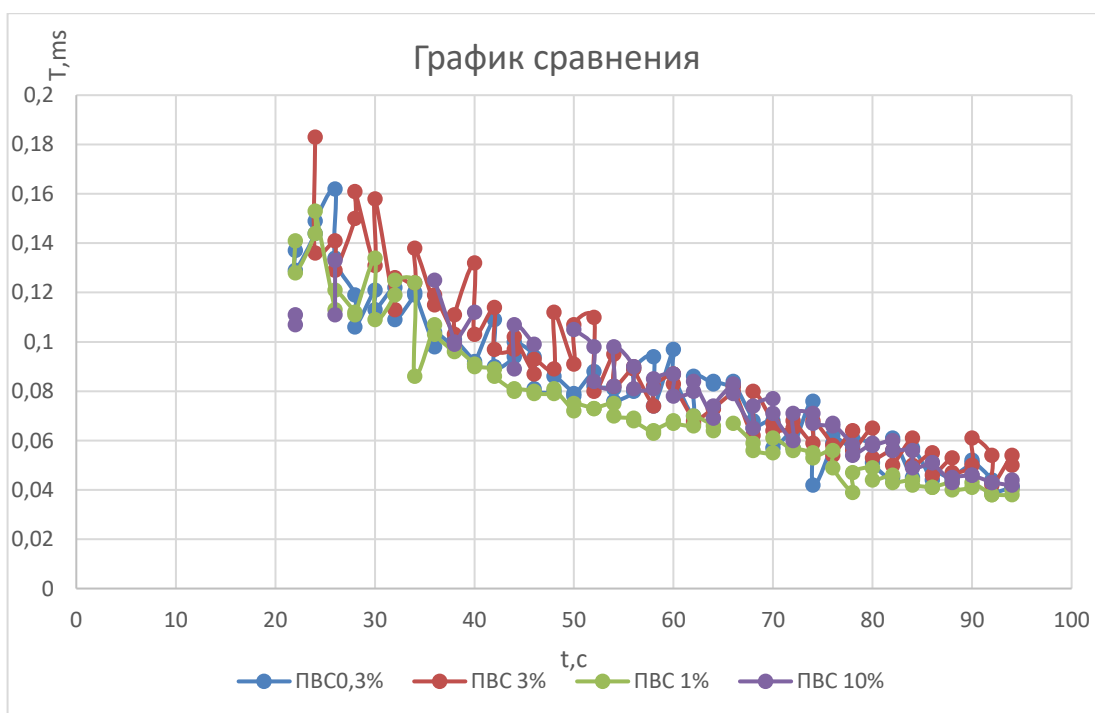


Рис. 15

График сравнения для 10%, 3%, 1%, 0,3% растворов ПВС

По графикку сравнения видно, что время корреляции не зависит от концентрации ПВС.

Коэффициент диффузии при увеличении температуры увеличивается, а вязкость уменьшается.

Размеры молекул с ростом температуры не изменяются.

Были сделаны 10% растворы АОТ в гептане с добавлением различного количества H₂O.

Количество H ₂ O добавленного в раствор	Размер мицелл, нм
0	1.8-1.9
50	3.5-3.7
100	4.1-4.4
200	8.1-8.3
300	13-14
400	17-18
450	19-20

Получена линейная зависимость размера мицелл от степени гидротации.

ВЫВОДЫ

1. Собрана и отъюстирована установка для малоуглового рассеяния лазерного излучения.
2. На установке МУР измерены тестовые кристаллические решетки.
3. Измерен образец с клетками крови и определен размер эритроцитов нескольких образцов.

4. Проведены измерения на жидком кристалле CholGr в зависимости от напряжения при постоянной частоте 1 Гц при вертикальной и горизонтальной поляризации, определено эффективное напряжение для образца (напряжение, при котором у образца появляется кристаллическая решетка) 3,93-4,95В, так же определено, что максимально эффективные измерения проводились при горизонтальной поляризации, а при вертикальной самые неэффективные. Так же определено, что при увеличении напряжения период кристаллической решетки увеличивается.
5. На спектрометре проведены измерения 4 растворов ПВС 10%, 3%, 1%, 0,3% и определено, что время корреляции не зависит от концентрации ПВС. Размер молекул не зависит от температуры.
6. На спектрометре определена линейная зависимость размера молекул АУТ от степени гидротации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод малоуглового рассеяния света – это высокоинформативный дифракционный метод пригодный для анализа неоднородностей, плотности в самых различных объектах, препаратах, веществах и агрегатных состояниях. Проведены измерения на 4 дифракционных решетках, клетках крови и жидком кристалле, и получена структурная информация об исследуемых объектах.

Список используемых источников:

1. High Resolution Small-Angle Light Scattering Instrument for Soft Matter Study
Koji Nishida*, Hiroki Ogawa, Go Matsuba, Takashi Konishi and Toshiji Kanaya
2. A SMALL-ANGLE LIGHT SCATTERING INSTRUMENT TO STUDY SOFT CONDENSED MATTER
Angel Romo-Uribe¹ *, Bonifacio Alvarado-Tenorio² , Maria Eugenia Romero-Guzmán¹
3. Biological small-angle scattering
4. Small Angle Light Scattering Analysis of Tissue by Eric D. Dahlgren
5. Структура мицеллярных нанореакторов по данным ИК-Фурье и фотон-корреляционной спектроскопии. Подлипская Т.Ю.(диссертация),2011 г.
6. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах.
К.Холмберг, Б.Йенссон, Б.Кронберг, Б.Линлман.
7. Русанов А. И. Мицеллообразование в водных растворах поверхностно-активных веществ. СПб.: Химия, 1992.
8. И.П. Суздаев, Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов.