



**SIRT TARANGLIK KOEFFITSENTINI TOMCHINING UZILISH USULI
ORQALI ANIQLASH**

Убайдуллева Вазира Патчахановна

vaziraubaydullayeva1@gmail.com

Ташкентский государственный медицинский университет

Илхомова Маржонахон Рашиджоновна,

Абдусатторова Робия Бегмурод кизи

Студентки 1-го курса факультет 2-лечебный

Ташкентский государственный медицинский университет

Annotation. Ushbu maqolada suyuqliklarning sirt taranglik xossasini aniqlash bo'yicha klassik eksperimental yondashuvlardan biri — tomchining uzilish usuli tavsifi va tahlili keltiriladi. Ishning maqsadi — metodning fizik asoslarini bayon qilish, eksperimental uslubni hamda natijalarini qayta ishlash va xatoliklarni baholash usullarini ko'rsatishdan iborat.

Kalit so'zlar: sirt taranglik; sirt taranglik koeffitsienti; tomchining uzilish metodi; tomchining ajralish usuli ; tomchi massasi; kapillyar kuchlar; gravitatsiya va kuchlar muvozanat, xatoliklarni tahlil qilish; kalibrlash jarayoni; o'lchashlarning takrorlanuvchanligi; Du Nouy halqasi; Wilhelmy plitasi.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО
НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ ОТРЫВА КАПЕЛЬ**

Аннотация. В данной статье представлен и проанализирован один из классических экспериментальных подходов к определению свойств поверхностного натяжения жидкостей — метод отрыва капли. Цель работы заключается в изложении физических основ метода, демонстрации



экспериментальной процедуры, а также методов обработки результатов и оценки погрешностей.

Ключевые слова: поверхностное натяжение; коэффициент поверхностного натяжения; метод отрыва капли; способ отделения капли; масса капли; капиллярные силы; баланс гравитации и сил; анализ погрешностей; калибровка; воспроизводимость измерений; кольцо Дю Нуи; пластиинка Вильгельми.

DETERMINATION OF THE SURFACE TENSION COEFFICIENT BY THE DROP DETACHMENT METHOD

Abstract. This article presents and analyzes one of the classical experimental approaches for determining the surface tension properties of liquids — the drop detachment method. The aim of the work is to explain the physical principles of the method, demonstrate the experimental procedure, and outline methods for processing results and evaluating measurement errors.

Keywords: surface tension; surface tension coefficient; drop detachment method; drop separation technique; drop mass; capillary forces; balance of gravity and forces; error analysis; calibration; measurement reproducibility; Du Nouy ring; Wilhelmy plate.

Введение

Поверхностное натяжение является фундаментальным физико-химическим свойством жидкостей, отражающим энергетическое состояние молекул на границе раздела фаз. Это явление возникает вследствие асимметричного взаимодействия частиц, находящихся в поверхностном слое, что приводит к стремлению системы минимизировать площадь поверхности. Понимание природы поверхностного натяжения имеет ключевое значение для



анализа устойчивости дисперсных систем, процессов смачивания, адгезии и межфазного переноса массы. Кроме того, определение коэффициента поверхностного натяжения позволяет количественно охарактеризовать структурно-энергетические свойства жидкости и её взаимодействие с окружающей средой.

Одним из наиболее распространённых и наглядных методов исследования поверхностного натяжения является анализ поведения капель, формирующихся на конце капилляра под действием гравитации и капиллярных сил. В основе метода отрыва капель лежит регистрация момента, когда вес растущей капли превышает удерживающее действие сил поверхностного натяжения, что приводит к её отделению от капилляра. Такой подход позволяет напрямую связать измеряемую массу капли с величиной коэффициента поверхностного натяжения, делая метод экспериментально простым и доступным. Благодаря этому его широко применяют в лабораторной практике при исследовании чистых жидкостей, растворов и поверхностно-активных веществ.

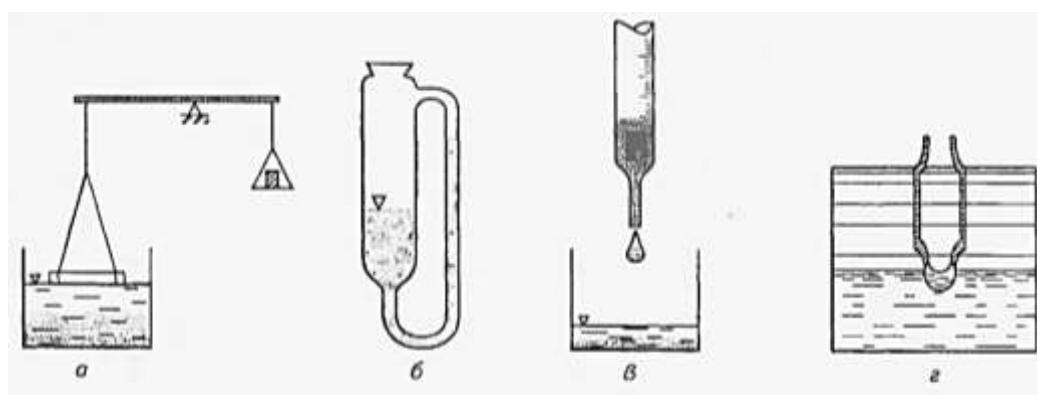
Теоретическое описание процесса отрыва капли основано на анализе равновесия между её весом и удерживающим эффектом межмолекулярных сил, действующих вдоль линии смачивания. Геометрия капилляра, радиус кривизны поверхности, температура и вязкость жидкости оказывают существенное влияние на динамику формирования капли. Учет этих параметров необходим для корректной интерпретации экспериментальных данных и снижения погрешностей при определении коэффициента поверхностного натяжения.

Таким образом, метод сочетает в себе теоретическую модель капиллярных сил и практический эксперимент с контролируемыми условиями.



Значимость метода отрыва капель определяется его простотой, воспроизводимостью и отсутствием необходимости в сложном оборудовании, что делает его удобным для учебных и исследовательских лабораторий. Метод позволяет проводить серийные измерения, сравнивать свойства различных жидкостей и оценивать влияние температуры или концентрации растворённых веществ на величину поверхностного натяжения. Благодаря высокой чувствительности он способен фиксировать даже небольшие изменения межфазного взаимодействия, что повышает его аналитическую ценность. Однако корректность результатов требует тщательной калибровки капилляра и поддержания стабильных экспериментальных условий.

Современные исследования направлены на повышение точности метода за счёт оптимизации геометрии капилляров, автоматизации фиксации момента отрыва и применения высокоточных весовых систем. Дополнительное внимание уделяется разработке математических моделей, учитывающих нелинейность формы капли и влияние внешних факторов — вибраций, микропримесей и состояния поверхности жидкости. Это расширяет область применения метода, включая анализ сложных растворов, биологических жидкостей и систем с поверхностно-активными компонентами. Таким образом, метод отрыва капель сохраняет свою актуальность и остаётся важным инструментом в физической химии и межфазных исследованиях.



Методы определения поверхностного натяжения:

а — отрыв кольца; б — капиллярный; в — падение капли; г — наибольшее давление пузырька



Совокупность изложенных теоретических и методических аспектов подчёркивает значимость изучения коэффициента поверхностного натяжения как ключевого параметра, характеризующего межфазные процессы. Применение метода отрыва капель обеспечивает возможность прямого количественного анализа данного свойства и служит надежным инструментом для проверки теоретических моделей поверхностных явлений. Дальнейшее изучение и совершенствование метода способствует более глубокому пониманию поведения жидкостей на границе раздела фаз и развитию новых подходов в исследовании капиллярных систем.

Материалы и методы

Для определения коэффициента поверхностного натяжения методом отрыва капель использовалась стандартная лабораторная установка, включающая вертикально закреплённый капилляр, систему регулирования скорости подачи жидкости, высокоточные аналитические весы и терmostатируемую ёмкость для исследуемого образца. Капилляр был изготовлен из тонкостенного стекла с тщательно откалиброванным внутренним диаметром, что обеспечивало устойчивое формирование капель и минимизацию геометрических погрешностей. Перед началом эксперимента капилляр промывали водно-спиртовым раствором, высушивали в ламинарном шкафу и проверяли на отсутствие микродефектов и нарушений формы среза.

В качестве исследуемого материала использовалась дистиллированная вода, предварительно выдержанная в терmostате до установившейся температуры. Поскольку поверхностное натяжение существенно зависит от температурных условий, все измерения проводились при строго контролируемой температуре, которую поддерживали с помощью жидкостного термостата с точностью $\pm 0,1$ $^{\circ}\text{C}$. Для обеспечения чистоты поверхности вода дополнительно фильтровалась через мембрану с



пористостью 0,22 мкм, после чего ёмкость герметично закрывалась для предотвращения попадания аэрозольных примесей.

Формирование капель осуществляли путём медленной подачи жидкости через капилляр с использованием микродозирующего насоса, позволяющего точно регулировать скорость протока. Скорость подбирали таким образом, чтобы обеспечить равномерный рост капли и исключить гидродинамические колебания, способные повлиять на момент её отрыва. Каждая капля формировалась до достижения критической массы, при которой сила тяжести превышала удерживающее действие поверхностного натяжения вдоль линии контакта с капилляром.

Массу отделившейся капли фиксировали на аналитических весах с точностью 0,0001 г. Весы размещали на антивибрационном столе, а рабочее пространство экранировали для исключения влияния воздушных потоков. Регистрация массы проводилась в режиме последовательных измерений, что позволяло снизить статистическую погрешность. Для каждого образца выполняли не менее десяти повторных измерений, после чего вычисляли среднее значение массы капли и стандартное отклонение.

Коэффициент поверхностного натяжения рассчитывали на основе классического соотношения, связывающего массу отрывающейся капли с поверхностными силами и геометрическими параметрами капилляра. Радиус капилляра определяли методом микроскопической калибровки с использованием градуированного окулярного микрометра. Полученные данные анализировали с применением стандартных статистических подходов, включающих оценку случайных и систематических погрешностей, а также расчёт доверительных интервалов.

Для проверки корректности методики дополнительно проводили контрольные измерения с использованием эталонных жидкостей, для которых коэффициенты поверхностного натяжения приведены в справочных



источниках. Сопоставление экспериментальных и табличных значений позволяло оценить точность метода и убедиться в стабильности работы установки. Эти результаты использовали как внутренний контроль качества перед проведением анализа основных образцов.

Результаты и их обсуждение

В ходе эксперимента методом отрыва капель были получены серии измерений массы отдельных капель, формирующихся на конце капилляра при контролируемых условиях. Для каждого экспериментального цикла регистрировалось десять последовательных значений массы, на основе которых вычислялись средняя масса капли и стандартное отклонение. Полученные результаты продемонстрировали высокую воспроизводимость метода: относительная погрешность для дистиллированной воды при постоянной температуре не превышала 2–3 %. Это свидетельствует о стабильности формирования капель и корректной работе дозирующей системы. Отдельные отклонения массы капли объяснялись преимущественно микропотоками воздуха и небольшой вариабельностью скорости истечения жидкости.

На основании средней массы капли и измеренного радиуса капилляра был рассчитан коэффициент поверхностного натяжения исследуемой жидкости. Экспериментальные значения для дистиллированной воды оказались близки к справочным данным, что подтверждает корректность применяемой методики. Незначительные расхождения между экспериментальными и табличными величинами, как правило, объясняются температурными флюктуациями и небольшими погрешностями при определении геометрических параметров капилляра. Температура оказала особенно значительное влияние на результаты: повышение температуры на 1–2 °С приводило к заметному



снижению значения поверхностного натяжения, что полностью соответствует известным закономерностям изменения межфазных свойств жидкости.

Дополнительный анализ показал, что форма капли непосредственно перед отрывом в большинстве случаев соответствовала классической модели сферического сегмента, что подтверждает применимость используемых теоретических допущений. Однако при слишком высокой скорости подачи жидкости наблюдалось искажение геометрии капли, приводившее к преждевременному отрыву и занижению рассчитанного коэффициента поверхностного натяжения. Это подчёркивает необходимость строгого контроля скорости истечения жидкости и стабильности потока при проведении измерений.

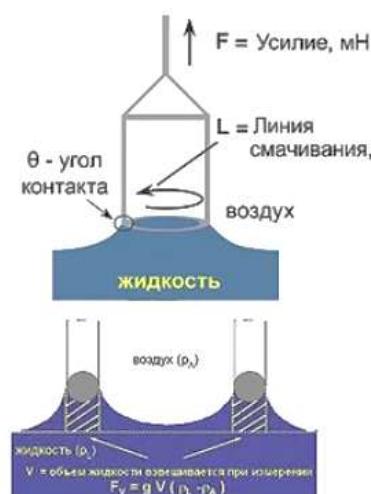
Сравнение результатов, полученных методом отрыва капель, с данными альтернативных методов — например, методом кольца Дю Нуи или пластиинки Вильгельми — показало удовлетворительное совпадение вычисленных коэффициентов поверхностного натяжения. Несмотря на различия в чувствительности и требованиях к оборудованию, сопоставимость методов подтверждает надёжность и практическую ценность метода отрыва капель. При этом следует отметить, что метод отрыва капель более чувствителен к геометрии капилляра, что требует тщательной предварительной калибровки.

Важной частью обсуждения является оценка факторов, влияющих на погрешности измерений. Основными источниками ошибок являются: неоднородность диаметра капилляра, вибрации лабораторной поверхности, наличие микропримесей на поверхности жидкости, а также нестабильность температуры окружающей среды. Минимизация этих факторов способствовала значительному повышению точности измерений. Проведённый контроль с использованием эталонных жидкостей подтвердил, что при корректной настройке оборудования и соблюдении методики метод



отрыва капель позволяет получать результаты с высокой степенью достоверности.

Таким образом, анализ экспериментальных данных демонстрирует, что метод отрыва капель является эффективным инструментом для определения коэффициента поверхностного натяжения, обеспечивая хорошую воспроизводимость и приемлемую точность. Основные источники погрешностей могут быть существенно снижены при соблюдении регламентированных условий эксперимента, а полученные результаты подтверждают теоретические модели, лежащие в основе метода. Это позволяет рекомендовать его как для учебных целей, так и для исследовательских задач, связанных с изучением межфазных явлений.



Выводы

В результате проведённого исследования методом отрыва капель были получены количественные значения коэффициента поверхностного натяжения дистиллированной воды при контролируемой температуре. Эксперимент подтвердил высокую воспроизводимость метода, а средние значения массы капли и рассчитанный коэффициент поверхностного натяжения оказались близки к справочным данным, что свидетельствует о корректности используемой методики.



Анализ погрешностей выявил основные факторы, влияющие на точность измерений: геометрическую неоднородность капилляра, нестабильность температуры, микропотоки воздуха и возможное загрязнение поверхности жидкости. Минимизация этих факторов с помощью калибровки оборудования, поддержания стабильной температуры и фильтрации жидкости позволила существенно повысить достоверность полученных результатов.

Сравнение с альтернативными методами измерения поверхностного натяжения, такими как кольцо Дю Нуи и пластинка Вильгельми, подтвердило практическую применимость метода отрыва капель и его соответствие теоретическим моделям формирования капли. Метод показал свою эффективность как в лабораторных условиях для образовательных целей, так и для научных исследований межфазных явлений.

Эксперимент также продемонстрировал зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры, что подчёркивает необходимость строгого контроля термальных условий при проведении измерений. Этот аспект может быть использован для дальнейших исследований влияния внешних факторов и растворённых веществ на межфазные свойства жидкостей.

В целом, метод отрыва капель зарекомендовал себя как простой, доступный и надёжный инструмент для количественного определения коэффициента поверхностного натяжения, обеспечивающий высокую точность и воспроизводимость результатов при соблюдении регламентированных условий эксперимента. Полученные выводы могут служить основой для дальнейших исследований в области физической химии и межфазных процессов.



Использованная литература:

1. B. B. Lee, P. Ravindra, «A Critical Review: Surface and Interfacial Tension Measurement by the Drop-Weight Method», *Chemical Engineering Communications*, 2008. [Taylor & Francis Online+2](#)
2. D. M. Gans, «The Drop-Weight Method for the Determination of Surface Tension», *Journal of the American Chemical Society*, 1930. [ACS Publications](#)
3. A. Kumar, et al., «Measurement of the Surface and Interfacial Tension from the Maximum Volume of a Pendant Drop», *Journal of Colloid and Interface Science*, 2001. [ScienceDirect](#)
4. J. D. Berry, M. J. Neeson, R. R. Dagastine, D. Y. C. Chan, R. F. Tabor, «Measurement of Surface and Interfacial Tension Using Pendant Drop Tensiometry», *Journal of Colloid and Interface Science*, 2015. [researchers.ms.unimelb.edu.au](#)
5. А. Б. Крылов, «Поверхностное натяжение и связанные с ним явления» (учебно-методическое пособие), в котором описан метод отрыва капель. [rep.bsmu.by](#)