

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

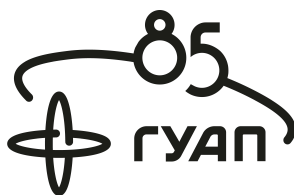
*Посвящается 85-летию
Санкт-Петербургского государственного университета
аэрокосмического приборостроения*

VIII Международный форум
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Часть 1

Сборник статей

*Под редакцией академика РАН
В. В. Окрепилова*



Санкт-Петербург
2026

УДК 006.91
ББК 30.10
М54

М54 Метрологическое обеспечение инновационных технологий: VIII Междунар. форум: сб. ст.: в 2 ч. Ч. 1 / под ред. акад. РАН В. В. Окрепилова. – СПб.: ГУАП, 2026. – 425 с.

ISBN 978-5-8088-2120-0 (Ч. 1)
ISBN 978-5-8088-2119-4

В сборнике представлены статьи, отражающие спектр научных работ в области метрологии, стандартизации и управления качеством. Их авторы – представители ведущих НИИ, производственных компаний, вузов и образовательных центров России, Европы, Азии, Африки, Латинской Америки, Индии.

Форум проводится при поддержке:



Программный комитет

Сопредседатель
программного комитета

председатель научного совета РАН по метрологическому обеспечению и стандартизации, заведующий кафедрой метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, президент Метрологической академии РФ доктор экономических наук, профессор, академик РАН *В. В. Окрепилов*

Заместитель сопредседателя
программного комитета

генеральный директор ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», вице-президент Метрологической академии РФ *А. Н. Пронин*

Оргкомитет

Председатель оргкомитета

ректор Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения доктор экономических наук, профессор *Ю. А. Антохина*

Члены оргкомитета

доктор технических наук, доцент *Е. А. Фролова*
кандидат технических наук, доцент *К. В. Етифанцев*

ISBN 978-5-8088-2120-0 (Ч. 1)
ISBN 978-5-8088-2119-4

© Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2026

*Е. Е. Майоров**

к.т.н., доцент

*А. Н. Авдеев**

студент

*В. В. Железнов**

студент

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРОВ АНТРАЦЕНА МЕТОДОМ ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

Аналитический контроль веществ разного агрегатного состояния для физической оптики и других прикладных физических задач всегда оставался актуальным. Получены спектральные зависимости показателя преломления растворов антрацена, которые представлены кубической интерполяцией.

Ключевые слова: раствор антрацена, рефрактометрия, оптические свойства, ализарин, референтное значение, спектральная зависимость.

*E. E. Maiorov**

Ph.D. Tech., associated Prof.

*A. N. Avdeev**

student

*V. V. Zheleznov**

student

*St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

INVESTIGATION OF ANTHRACENE SOLUTIONS BY THE METHOD OF TOTAL INTERNAL REFLECTION

Analytical control of substances of various states of aggregation for physical optics and other applied physical tasks has always remained relevant. Spectral dependences of the refractive index of anthracene solutions are obtained, which are represented by cubic interpolation.

Keywords: anthracene solution, refractometry, optical properties, alizarin, reference value, spectral dependence.

Рефрактометрические методы анализа зарекомендовали себя как одни из перспективных экспресс-анализов, высокоинформативных, достоверных и надежных для контроля веществ различного агрегатного состояния. Выявление оптических свойств этих веществ (показатель преломления, температурный коэффициент показателя преломления, дисперсия показателя преломления и т.д.) является важной задачей для оптического приборостроения, а также для научных направлений, где используются жидкофазные среды [1]. Антрацен достаточно широко применяется в производстве различных красителей, медицинских препаратов, взрывчатых и душистых веществ. В частности, антрацен применяется в производстве красного красителя ализарина. Применение антрацена в промышленности заставляет научную базу исследований подбирать необходимый аналитический метод для контроля как в конкретных производственных условиях, так и в проблемных специализированных лабораториях. Для исследования растворов антрацена с абсолютным спиртом возможно применять рефрактометрические технологии, где определяется состав раствора в лабораторных условиях [2]. Из научно-технической литературы известно, что рефрактометрические средства измерений основываются на методе полного внутреннего отражения и применяются в научных исследованиях и на производстве. Из научной литературы известно, что антрацен имеет показатель преломления равный 1,59 и высокую поглощающую способность в ультрафиолетовой области длин волн. Оптические свойства растворов антрацена (смесь антрацена с абсолютным спиртом) практически не изучены, а если представлены, то на уровне ознакомительного характера [3]. Исследователи отмечают тот факт, что при использовании рефрактометрического анализа необходимы достоверные количественные данные по оптическим параметрам и их референтным значениям. Поэтому представляет интерес исследование растворов антрацена проблемно-ориентированным рефрактометрическим датчиком, разработанным для контроля жидкофазных сред.

Цель работы состояла в получении спектральной зависимости показателя преломления растворов антрацена. Материалом для исследования были пробы растворов антрацена с концентрацией (к): 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %. Для исследования оптических свойств жидкофазных сред использовались разработанный рефрактометрический датчик. Рефрактометрический датчик предназначен для определения показателя преломления, концентрации, измерения рабочей температуры, а также дисперсии веществ разного агрегатного состояния. Датчик оснащен источниками излучения имеющие рабочие длины волн: 589 нм, 576 нм, 583 нм, 587 нм. Конструктивная особенность датчика состояла в том, что рабочая призма имела большой диапазон измерений по показателю преломления и систему промывки рабочей грани призмы. Рефрактометр имел моноблочную форму. В моноблоке

находилась оптико-электронная система сбора и обработки данных, которая совмещалась с погружной частью, а также моноблок имел разъемы входа и выхода. Такая конструкция давала возможность улучшить эксплуатацию, обеспечить оптимизацию программной части и конечно же удешевить разработку.

Основные технические характеристики датчика приведены в таблице.

Таблица

Технические характеристики экспериментального рефрактометрического датчика

Параметр	Значение
Длина волны излучения, нм	589, 576, 583, 587
Диапазон измерений: - по шкале показателя преломления, nD - по шкале сухих веществ по сахарозе, %	1,2 ... 1,7 0...95
Пределы допускаемой погрешности: - по шкале показателя преломления, nD - по шкале сухих веществ, % - по сахарозе по средней дисперсии	$\pm 0,0001$ 0,1 $\pm 0,0001$
Сходимость показаний: - по шкале показателя преломления, nD - по шкале сухих веществ по сахарозе, %	0,0001 0,1
Расход пробы на одно измерение, мл	0,2
Электропитание, В/Гц	220/50
Потребляемая мощность, Вт не более	25

Измерению подлежали растворы антрацена с концентрацией: 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %. Спектральная зависимость показателя преломления получена при длинах волн $\lambda = 576, 583, 587, 589$ нм и температуре в помещении $T = 20$ °С. На рисунке 1 представлен эксперимент.

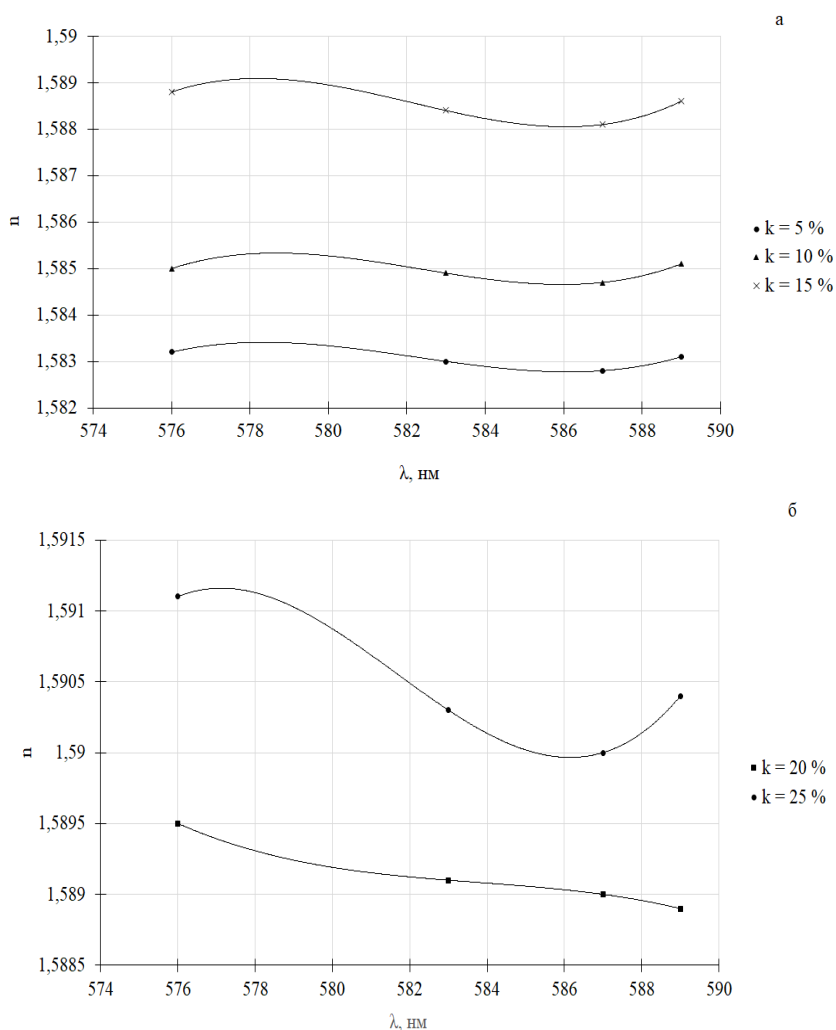


Рис. 1 Результаты измерений: а – при $k = 5 \%, 10 \%, 15 \%$; б – при $k = 20 \%, 25 \%$

Спектральные зависимости показателя преломления представлены кубической интерполяцией:

$$n(\lambda) = 0,000003 \cdot \lambda^3 - 0,0047 \cdot \lambda^2 + 2,76 \cdot \lambda + 534,03$$

при концентрации $k = 5$ %. Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 1$;

$$n(\lambda) = 0,000003 \cdot \lambda^3 - 0,006 \cdot \lambda^2 + 3,5144 \cdot \lambda - 680,52$$

при концентрации $k = 10$ %. Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 1$;

$$n(\lambda) = 0,000004 \cdot \lambda^3 - 0,0075 \cdot \lambda^2 + 4,3626 \cdot \lambda - 844,87$$

при концентрации $k = 15$ %. Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 1$;

$$n(\lambda) = -0,0000005 \cdot \lambda^3 + 0,001 \cdot \lambda^2 - 0,5575 \cdot \lambda + 110,09$$

при концентрации $k = 20$ %. Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 1$;

$$n(\lambda) = 0,000003 \cdot \lambda^3 - 0,0057 \cdot \lambda^2 + 3,2991 \cdot \lambda - 637,96$$

при концентрации $k = 15$ %. Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 1$.

Найдены оптические свойства растворов антрацена с концентрацией: 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 % с использованием экспериментального рефрактометрического датчика.

Библиографический список

1. Иоффе Б.В. Рефрактометрические методы анализа в химии. – Л.: Химия. 1983. – 351 с.
2. Майоров Е.Е., Арефьев А.В., Гулиев Р.Б., Пушкина В.П., Цыганкова Г.А. Рефрактометрический контроль состава сухого остатка лактицинии в реальном производстве // Приборы. 2023. №9. С.10-14.
3. Майоров Е. Е. Курлов В.В., Арефьев А.В., Пушкина В.П. Рефрактометрические технологии в исследовании оптических свойств водных растворов хлорида натрия // Известия тульского государственного университета. Технические науки. 2024. Вып. 7. С. 382-386. <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2024-7-382-383>.