

Научная статья

УДК 535.566.2

doi: 10.34822/1999-7604-2022-3-109-113

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОГО ВРАЩЕНИЯ ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ ВОДНОГО РАСТВОРА САХАРА

Александр Геннадьевич Заводовский*Сургутский государственный университет, Сургут, Россия**averin117@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5419-7115>*

Аннотация. Влияние температуры на вращательную способность оптически активных веществ при использовании источников света с разной длиной волны определяется для каждого случая опытным путем. В основном имеются данные для $\lambda = 589,3$ нм. В настоящей работе определена температурная зависимость удельного вращения водного раствора сахара при использовании He-Ne лазера с длиной волны $\lambda = 632,8$ нм. Исследования выполнялись в интервале температур 20–80 °C для различной концентрации раствора. Полученная зависимость является линейной с угловым коэффициентом $0,043 \frac{\text{град}}{\text{°C}}$. С увеличением температуры значение удельного вращения слабо уменьшается.

Ключевые слова: плоскость поляризации, оптически активные вещества, удельное вращение, лазер

Для цитирования: Заводовский А. Г. Температурная зависимость удельного вращения плоскости поляризации для водного раствора сахара // Вестник кибернетики. 2022. № 3 (47). С. 109–113. DOI 10.34822/1999-7604-2022-3-109-113.

Original article

TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE SPECIFIC ROTATION OF SUGAR SOLUTION

Aleksandr G. Zavadovsky*Surgut State University, Surgut, Russia**averin117@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5419-7115>*

Abstract. The temperature effect on the rotatory power of optically active substances when using light sources with different wavelengths is determined experimentally for each case. The commonly known data is provided for $\lambda = 589.3$ nm. The article determines the temperature dependence of the specific rotation of sugar solution when using a He-Ne laser with a wavelength of $\lambda = 632.8$ nm. The experiments are carried out at the temperature range of 20–80 °C for various solution concentrations. The recorded dependence is linear with an angular coefficient of $0.043 \frac{\text{degrees}}{\text{°C}}$. As the temperature increases, the value of the specific rotation decreases slightly.

Keywords: polarization plane, optically active substances, specific rotation, laser

For citation: Zavadovsky A. G. Temperature Dependence of the Specific Rotation of Sugar Solution // Proceedings in Cybernetics. 2022. No. 3 (47). P. 109–113. DOI 10.34822/1999-7604-2022-3-109-113.

ВВЕДЕНИЕ

Естественная оптическая активность вещества была открыта Араго в 1811 г. на пластинке кварца. В 1815 г. Ж. Б. Био обнаружил вращение плоскости поляризации также и водным раствором сахара. Позже естественное вращение плоскости поляризации было найдено у многих других веществ.

В зависимости от конкретного вещества это вращение может быть правосторонним или левосторонним по отношению к наблюдателю, к которому свет приближается. Вращение вправо считается положительным, а влево – отрицательным. Большинство естественно-активных жидкостей вращает плоскость поляризации в одну и ту же сторону, независи-

мо от направления распространения света. В случае растворов речь идет о растворе оптически активного вещества в неактивном растворителе. Опытным путем Ж. Б. Био установил для растворов качественный закон, который утверждает, что угол поворота плоскости поляризации φ прямо пропорционален толщине слоя раствора d и концентрации C оптически активного вещества:

$$\varphi = [\alpha] d C. \quad (1)$$

Коэффициент пропорциональности $[\alpha]$ характеризует природу вещества и называется постоянной вращения (удельным вращением) плоскости поляризации. Значение удельного вращения для желтой линии натрия $\lambda = 589,3$ нм при температуре 20°C обычно используют для сравнения оптической активности различных веществ. Этот параметр зависит от длины волны света и температуры раствора и может довольно сложным образом меняться при изменении растворителя [1]. Ж. Б. Био эксперименталь-

но определил, что постоянная вращения примерно обратно пропорциональна квадрату длины волны. Это утверждение передает зависимость неточно и является качественным. Опытные данные позволяют утверждать, что постоянная вращения естественно-активных веществ с увеличением длины волны убывает, но существуют вещества, для которых эта зависимость является аномальной. Анализ данных показывает, что области аномалии соответствуют полосам поглощения и устанавливают связь этой зависимости с явлением дисперсии. В настоящее время влияние длины волны на вращательную способность принято определять для каждого конкретного случая, выполняя соответствующие эксперименты. На рис. 1 представлена опытная зависимость удельного вращения от длины волны света (дисперсия оптического вращения) для водного раствора сахара, полученная при средних комнатных температурах [2].

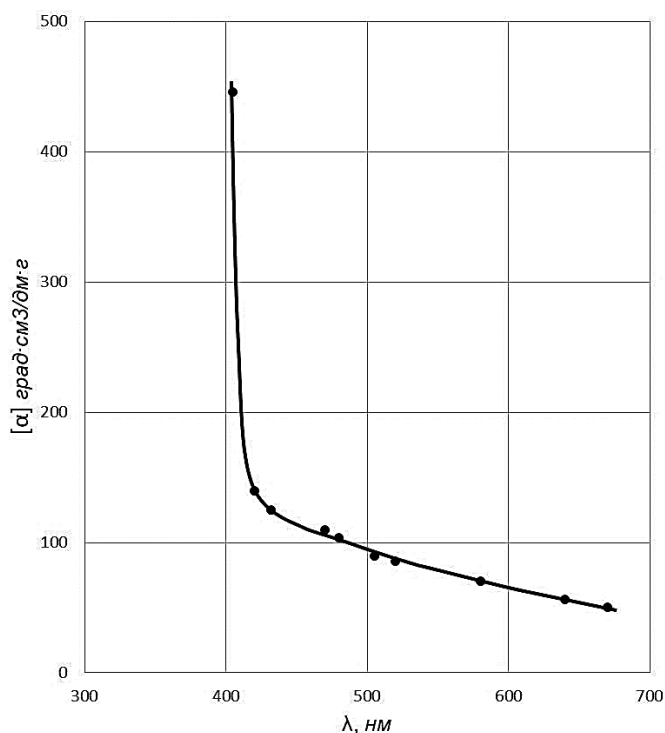


Рис. 1. Дисперсия оптического вращения для водного раствора сахара

Примечание: составлено на основании опытных данных [2].

Анализ экспериментальных результатов показывает, что постоянная вращения очень сильно уменьшается с увеличением длины

волны и для значения $\lambda = 632,8$ нм составляет примерно $57,3 \frac{\text{град} \cdot \text{см}^3}{\text{дм} \cdot \text{г}}$.

Опыт также показывает, что зависимость постоянной вращения от температуры очень слабая, и для большинства веществ она уменьшается незначительно при повышении температуры. Однако наблюдается для некоторых веществ и увеличение постоянной вращения с увеличением температуры. Поэтому влияние температуры на вращательную способность оптически активных веществ может быть определено лишь в общих чертах и для каждого случая также должно быть изучено опытным путем [3].

В литературе имеются результаты опытного исследования температурной зависимости удельного вращения для известных оптически активных веществ при использовании источников света с разной длиной волны. В основном данные получены для $\lambda = 589,3$ нм [4]. В настоящее время в качестве источников света широко используют

лазеры. Одним из них является He-Ne лазер с длиной волны 632,8 нм. На этой длине волны исследования температурной зависимости для водного раствора сахара не выполнялись. В работе [2] приведено значение удельного вращения на длине волны $\lambda = 636,2$ нм, и только при температуре 20 °С, оно составляет $56,51 \frac{\text{град} \cdot \text{см}^3}{\text{дм} \cdot \text{г}}$. В настоящей работе была экспериментально определена температурная зависимость удельного вращения плоскости поляризации для различных концентраций водного раствора сахара при использовании излучения He-Ne лазера с длиной волны 632,8 нм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения опытных исследований была создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 2.

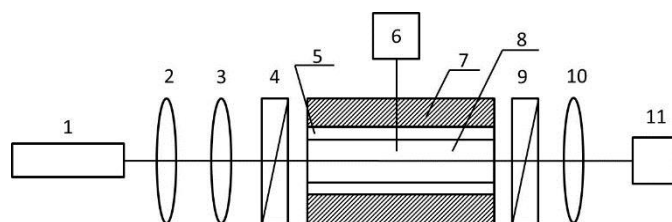


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

1 – излучение лазера; 2, 3 – линзы; 4 – поляризатор; 5 – кювета; 6 – датчик температуры; 7 – нагреватель; 8 – водный раствор сахара; 9 – анализатор

Примечание: составлено автором.

Излучение лазера 1 с помощью линз 2, 3 и 10 фокусируется на приемную поверхность фотоприемника 11. Между поляризатором 4 и анализатором 9 располагается кювета 5 ($d = 12,5$ см), которая содержит исследуемый водный раствор сахара 8. Нагревание раствора осуществляется нагревателем 7, температура раствора контролируется датчиком температуры 6.

Перед началом эксперимента на оптической скамье между поляризатором и анализатором размещается незаполненная раствором кювета. Поворотом анализатора достигается минимальное значение интенсивности света, регистрируемое приемником, и находится величина угла анализатора φ_0 . Затем кювета заполняется водным раствором сахара определенной концентрации и определя-

ется его температура. Поворотом анализатора вновь достигается минимальное значение интенсивности света и регистрируется величина угла анализатора φ_p . На основании полученных данных определяется угол поворота плоскости поляризации $\varphi = \varphi_p - \varphi_0$. Затем включается нагреватель, который подогревает раствор до определенной температуры, контролируемой датчиком. Для каждого значения температуры определяется величина угла φ . Точность измерения температуры составляла $\pm 0,5$ °С, а измерения угла поворота плоскости поляризации $\varphi = \pm 0,5$ градуса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 3 представлены результаты экспериментальных исследований.

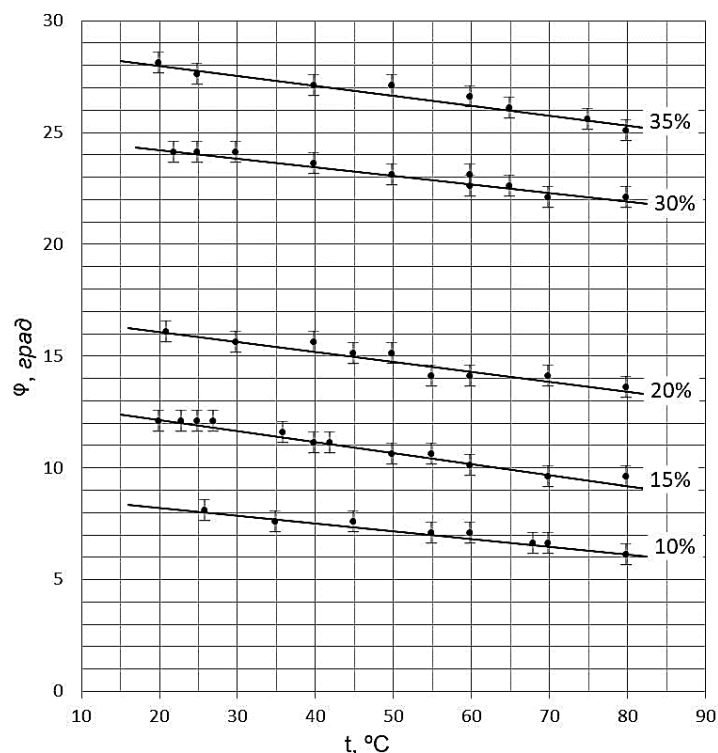


Рис. 3. Температурная зависимость удельного вращения плоскости поляризации для различных концентраций водного раствора сахара

Примечание: составлено автором.

В ходе выполнения работы были использованы водные растворы сахара различной концентрации (10 %, 15 %, 20 %, 30 % и 35 %). Температура раствора изменялась в интервале от 20 до 80 °C. При температуре 20 °C было определено среднее значение удельного вращения. Оно оказалось равным $[\alpha] = (60 \pm 3) \frac{\text{град} \cdot \text{см}^3}{\text{дм} \cdot \text{г}}$ и в пределах погрешности совпадает со значением, полученным на основании анализа данных работы [2].

Для всех концентраций раствора температурная зависимость удельного вращения была линейной в пределах погрешности измерений, и с увеличением температуры значение удельного вращения слабо уменьшалось, что согласуется с опытными данными. Угловой коэффициент наклона прямых в среднем составляет $0,043 \frac{\text{град}}{^\circ\text{C}}$, т. е. удельное вращение от концентрации не зависит.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод поляриметрии широко используется в медицине и биохимических исследованиях [5, 6], а также в пищевой промышленности [7]. Так как влияние температуры на удельное вращение незначительно, то его обычно учитывают с помощью специальной методики [8]. Полученные в настоящей работе опытные данные позволяют более точно контролировать изучаемые процессы. Результаты данного экспериментального исследования могут быть использованы для создания оптических датчиков температуры [9]. Температурная зависимость в данном случае является линейной, что удобно для организации работы датчика, который бы измерял температуру в интервале от 10 до 80 °C. В качестве чувствительного элемента датчика можно использовать другие оптически активные вещества, например кварц.

Список источников

1. Смирнова Н. Г., Гильдеева Г. Н., Кукус В. Г. Оптическая изометрия и биологическая активность

References

1. Smirnova N. G., Gildeeva G. N., Kukes V. G. Optical Isomerism and Biological Activity of Pharma-

- лекарственных средств // Вестн. Москов. ун-та. Сер. 2. Химия. 2012. Т. 53, № 3. С. 147–156.
2. Краткий физико-технический справочник / под ред. К. П. Яковлева. М. : Физматгиз, 1960. Т. 1. 446 с.
 3. Орлова А. В., Кондаков Н. Н., Зуев Ю. Ф., Кононов Л. О. Зависимость удельного оптического вращения водного раствора левоглюконата от температуры // Изв. АН. Сер. Химия 2018. № 11. С. 2155–2156.
 4. Справочник химика. 2-е изд., Т. 4 / под ред. Б. П. Никольского. Л. : Химия, 1967. 910 с.
 5. Государственная фармакопея РФ. Т. 1. М. : Науч. центр экспертизы средств мед. применения, 2015. 1470 с.
 6. Орлова А. В., Кононов Л. О. Поляриметрия как метод изучения структуры водных растворов углеводов: корреляция с другими методами // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информ. технологии. 2020. Т. 12, № 1. С. 96–107.
 7. Косиченко Н. А. Новый подход к осветлителям при полиметрическом методе определения сахарозы // Сахар. пр-во. 2018. № 10. С. 22–24.
 8. ГОСТ 12517 – 2013. Сахар. Метод определения сахарозы. М. : Стандартинформ, 2016. 10 с.
 9. Датчики / под общ. ред. В. М. Шарапова, Е. С. Полищука. М. : Техносфера, 2012. 624 с.
 - ceutical Preparations // Moscow University Chemistry Bulletin. 2012. Vol. 53, No. 3. P. 147–156. (In Russian).
 2. Kratkii fiziko-tekhnicheskii spravochnik / Ed. K. P. Yakovlev. Moscow : Fizmatgiz, 1960. Vol. 1. 446 p. (In Russian).
 3. Orlova A. V., Kondakov N. N., Zuev Yu. F., Kononov L. O. Temperature Dependence of Specific Optical Rotation of an Aqueous Levoglucosan Solution // Russian Chemistry Bulletin. 2018. No. 11. P. 2155–2156. (In Russian).
 4. Spravochnik khimika. 2nd Ed., Vol. 4 / Ed. B. P. Nikolsky. Leningrad : Khimiia, 1967. 910 p. (In Russian).
 5. Gosudarstvennaia farmakopeia RF. Vol. 1. Moscow : Nauch. tsentr ekspertizy sredstv med. primeneniia, 2015. 1470 p. (In Russian).
 6. Orlova A. V., Kononov L. O. Polarimetry as a Method for Studying the Structure of Aqueous Carbohydrate Solutions: Correlation with Other Methods // Radioelectronics. Nanosystems. Information Technologies. 2020. Vol. 12, No. 1. P. 96–107. (In Russian).
 7. Kosichenko N. A. Novyi podkhod k osvetliteliyam pri polimetricheskom metode opredeleniia sakharozy // Sakhar. pr-vo. 2018. No. 10. P. 22–24. (In Russian).
 8. State Standard 12517 – 2013. Sugar. Method for Determining Sucrose. Moscow : Standartinform, 2016. 10 p. (In Russian).
 9. Datchiki / Eds. V. M. Sharapov, E. S. Polishchuk. Moscow : Tekhnosfera, 2012. 624 p. (In Russian).

Информация об авторе

А. Г. Заводовский – кандидат физико-математических наук, доцент.

Information about the author

A. G. Zavodovsky – Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor.