

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 19.04.2023 21:44:35  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730000000000000000000000000000

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
2016 г.

**РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЙ  
МЕТОД АНАЛИЗА**

Методические указания  
по выполнению практических работ

Курск 2016

УДК 543.452

Составитель: А.В. Лысенко

Рецензент

Доктор химических наук, профессор *Л.М. Миронович*

**Рефрактометрический метод анализа:** методические указания по выполнению практических работ / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Лысенко. Курск, 2016, 19 с.: ил. 3, табл. 3. Библиогр.: 18 с.

Содержат теоретические основы по рефрактометрическому методу анализа. Излагаются методические рекомендации к практическим работам по дисциплине «Физическая химия». Рассмотрены примеры решения типовых задач. Приведены многовариантные задачи и индивидуальные задания

Предназначены для студентов направлений подготовки 18.03.01 Химическая технология, 04.03.01 Химия и специальностей 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, 30.05.03 Медицинская кибернетика

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *20.01* Форма 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. *1,0* Уч.-изд. л. *0,9* Тираж 100 экз. Заказ. *31* Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Содержание**

Теоретические основы	4
Примеры решения типовых задач	9
Многовариантные задачи	13
Индивидуальные задания	15
Список использованных источников	18
Приложение А	19

## Теоретические основы

**Рефрактометрия** - это старейший оптический метод анализа, основы которого заложены И. Ньютоном, Л. Эйлером, М.В. Ломоносовым, который, однако, до настоящего времени достаточно широко используется и в качестве метода изучения строения вещества, и в качестве метода контроля качества разнообразной продукции.

Рефрактометрический метод основан на том, что при переходе светового луча из среды (1) в среду (2) вследствие различия их физических свойств происходит изменение скорости и направления распространения электромагнитных волн (рисунок 1). Экспериментально измеряемой характеристикой этих изменений является **показатель (коэффициент) преломления  $n$** .

**Относительный показатель преломления** среды (2) по отношению к среде (1) выражается уравнением (**закон Снеллиуса**):

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}, \quad (1)$$

где  $v_1, v_2$  – скорости распространения световой волны в средах 1 и 2 соответственно.

$\alpha$  – **угол падения** луча, т.е. угол, между направлением луча в среде (1) и нормалью к плоскости раздела сред.

$\beta$  – **угол преломления**, т.е. угол между направлением луча в среде (2) и нормалью к плоскости раздела сред.

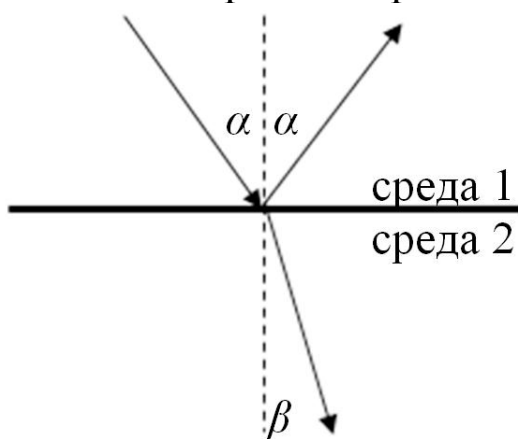


Рисунок 1 – Преломление света

Если луч света переходит из среды (1) с меньшей преломляющей способностью в среду (2) с большей преломляющей способностью, то угол преломления  $\beta$  будет меньше угла падения  $\alpha$ .

**Абсолютный показатель преломления** среды (2) – это показатель преломления этой среды, измеренный относительно вакуума.

$$n_{21} = \frac{c}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (2)$$

где  $c$  – скорость света в вакууме.

**Основные факторы, влияющие на величину показателя преломления вещества:**

а) физико-химические свойства вещества:

– **плотность  $\rho$**  (чем больше плотность вещества, тем больше его показатель преломления);

– **диэлектрическая постоянная среды ( $\epsilon$ )** (показывает во сколько раз в данной среде сила взаимодействия между зарядами меньше по сравнению с вакуумом, где эта характеристика, называемая электрической постоянной  $\epsilon_0$ , равна  $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ К}^2/\text{Н} \cdot \text{М}^2$ ). Показатель преломления среды связан с ее диэлектрической постоянной  $\epsilon$  уравнением

$$n = \sqrt{\epsilon} \quad (3)$$

– **поляризуемость  $\alpha$**  ( характеризует способность молекулы (атома) под воздействием внешнего поля (в данном случае электромагнитного поля, создаваемого световой волной) деформировать электронные оболочки с возникновением индуцированного дипольного момента молекулы (индуцированного диполя), величина которого пропорциональна напряженности поля). Поляризуемость  $\alpha$  молекулы зависит только от ее строения и объема и не зависит от температуры, поскольку тепловое движение молекул неполярных диэлектриков не приводит к возникновению у них дипольных моментов.

Все указанные физико-химические свойства влияют на поляризацию  $P$  молекул вещества и величину его молярной  $R_M$  и удельной  $r$  рефракции.

**Поляризация**  $P$  молекулы связана с диэлектрической проницаемостью и другими её индивидуальными характеристиками (формула **Дебая**):

$$P = P_{\text{деф.}} + P_{\text{ор.}} = \left[ \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \right] \frac{M}{d} = \frac{4}{3} \pi N_A \alpha \quad (4)$$

где  $P_{\text{деф.}}$  – деформационная поляризация;

$P_{\text{ор.}}$  – ориентационная поляризация;

$\varepsilon$  – диэлектрическая постоянная;

$M$  – молекулярная масса вещества;

$d$  – плотность вещества;

$N_A$  – число Авагадро ( $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ );

$\alpha$  – поляризуемость молекулы.

Поскольку

$$\varepsilon = n^2, \quad (5)$$

электронную поляризацию  $P_{\text{эл}}$  молекулы и равную ей молярную рефракцию  $R_M$  можно вычислить по формуле **Лорентца–Лоренца**:

$$P_{\text{эл.}} = \left[ \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right] \frac{M}{d} = \frac{4}{3} \pi N_A \alpha_{\text{эл.}} = R_M \quad (6)$$

В физико-химических исследованиях пользуются также удельной рефракцией:

$$r = \left[ \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right] \frac{1}{d}. \quad (7)$$

Молярная рефракция имеет размерность объема, отнесенного к 1 моль вещества ( $\text{см}^3/\text{моль}$ ), удельная рефракция – размерность объема, отнесенного к 1 грамму ( $\text{см}^3/\text{г}$ ).

Молярная рефракция равна сумме объемов молекул одного моля вещества. Объём обладает свойством аддитивности, то есть объем целого равен сумме всех объемов его составных частей, поэтому молярная рефракция обладает свойством аддитивности:

$$R_M = \sum m R_{\text{ат}} + \sum m R_{\text{цикл}} + \sum m R_{\text{кратных связей}}, \quad (8)$$

где  $R_{\text{ат}}$  – атомная рефракция,  $R_{\text{цикл}}$  – рефракция циклов,  $R_{\text{кратных связей}}$  – рефракция кратных связей;

$m$  – число атомов, циклов, кратных связей.

Рефракции атомов, циклов, кратных связей табулированы и приводятся в справочниках.

Приближенно рассматривая молекулу как сферу радиуса  $r_M$  с проводящей поверхностью, показано, что электронная поляризуемость  $\alpha_{эл} = r_M^3$ .

В этом случае

$$R_M = \frac{4}{3} \pi N_A r^3, \quad (9)$$

то есть молярная рефракция равна собственному объему молекул 1 моля вещества.

Для неполярных веществ  $R_M \cong P$ , для полярных  $R_M$  меньше  $P$  на величину ориентационной поляризации.

Как следует из уравнения (9), величина молярной рефракции определяется только поляризуемостью и не зависит от температуры и агрегатного состояния вещества, то есть является характеристической константой вещества.

б) условия измерения:

– **температура.** Зависимость показателя преломления вещества от температуры выражается уравнением степенного ряда:

$$n_\lambda^t = n_\lambda^{20} + k_1(t - 20) + k_2(t - 20)^2 + \dots \quad (10)$$

где  $n_\lambda^t$  – показатель преломления среды, измеренный при температуре  $t$ ;

$n_\lambda^{20}$  – показатель преломления среды, измеренный при температуре  $20^\circ\text{C}$ ;

$k_1, k_2$  – температурные коэффициенты показателя преломления, значения которых для различных сред индивидуальны.

Для газов показатель преломления зависит и от давления. Общая зависимость показателя преломления газов от температуры и давления выражается формулой

$$n - 1 = (n_0 - 1) \frac{P}{760} \left( \frac{1 + \gamma P}{1 + \alpha_t} \right) \quad (11)$$

где  $n$  – показатель преломления при давлении  $P$  и температуре  $t^\circ\text{C}$ ;

$n_0$  – показатель преломления при нормальных условиях;

$P$  – давление в мм.рт.ст.;

$\alpha$  и  $\gamma$  – коэффициенты, зависящие от природы газа (для воздуха  $\alpha=3,67 \cdot 10^{-3}$ ;  $\gamma=7 \cdot 10^{-7}$ ).

– **длина волны  $\lambda$  монохроматического светового луча.** Для большинства газов, жидкостей и растворов чем больше  $\lambda$ , тем ниже значение  $n$ . Для твердых веществ эта зависимость может быть существенно более сложной.

Зависимость показателя преломления среды от длины волны светового луча называется **дисперсией показателя преломления (рефракции).**

Различают среднюю и относительную дисперсии показателя преломления.

**Средняя дисперсия** – это разность между значениями показателей преломления, измеренными при различных длинах волн. Например, на лабораторном рефрактометре ИРФ 454Б2М можно определить среднюю дисперсию ( $n_F - n_C$ ).

**Относительная дисперсия** – безразмерная величина:

$$\omega_{F,C,D} = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} 10^3 \quad (12)$$

где  $n_F, n_C, n_D$  – показатели преломления, измеренные для линий  $F$  и  $C$  в спектре водорода и  $D$ -линии в спектре натрия.

– **тип растворителя и концентрация растворенного вещества.** Влияние этих факторов на измеряемую величину показателя преломления раствора обусловлено тем, что каждый растворитель имеет собственное значение этой характеристики, а величина показателя преломления растворенного вещества пропорциональна его содержанию в растворе. Суммарное значение показателя преломления раствора может быть рассчитано по уравнению

$$n_p = n_o + F \omega \quad (13)$$

где  $n_p$  – показатель преломления раствора;

$n_o$  – показатель преломления растворителя;

$F$  – рефрактометрический аналитический коэффициент;

$\omega$  – массовая доля растворенного вещества.

Определить показатель преломления раствора расчетным путем по формуле (13) нельзя, поскольку фактор  $F$  зависит от



конкретных условий измерений и может быть рассчитан для них только экспериментально.

Все рефрактометрические измерения необходимо проводить при постоянных значениях длины волны светового луча и температуры ( $\lambda = const, t^{\circ} = const$ ), которые указываются при записи результатов измерений, например в виде  $n_D^{20}$ , где надстрочный индекс 20 показывает, что измерения проведены при 20°C, а подстрочный индекс  $D$  обозначает, что длина волны, при которой проведены измерения, соответствуют желтой линии в спектре натрия.

### Примеры решения типовых задач

**Пример 1.** Вычислить мольную рефракцию четыреххлористого углерода, если показатель преломления  $n=1,4603$ , а плотность  $d=1,604$ . Сравнить найденную рефракцию с вычисленной по таблицам атомных рефракций и рефракций связей.

*Решение.* Вычисляем мольную рефракцию по формуле Лорентца–Лоренца:

$$P_{эл.} = \left[ \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right] \frac{M}{d} = \frac{4}{3} \pi N_A \alpha_{эл.} = R_M$$

Подставляя приведенные в задаче величины, получаем:

$$R = \frac{154(1,4603^2 - 1)}{1,6040(1,4603^2 + 2)} = \frac{154(2,1325 - 1)}{1,6040(2,1325 + 2)} = \frac{154 \times 1,1325}{1,6040 \times 4,1325} = \frac{174,23}{6,629} = 26,28$$

По таблицам атомных рефракций (см. Краткий справочник физико-химических величин [5]) находим рефракции для углерода  $R_C=2,418$  и для хлора  $R_{Cl}=5,967$ .

Следовательно, по правилу аддитивности:

$$R_{CCl_4} = R_C + 4R_{Cl} = 2,418 + 4 \times 5,967 = 26,29$$

По таблицам рефракций связи находим рефракцию связи C-Cl, которая равна 6,51, и вычисляем рефракцию четыреххлористого углерода:

$$R_{CCl_4} = 4R_{C-Cl} = 4 \times 6,51 = 26,04$$

Сходимость трех результатов вполне удовлетворительная.

**Пример 2.** Вычислить показатель преломления вещества и оценить точность измерения, если предельный угол отклонения  $\alpha$ , определенный на рефрактометре Пульфриха, равен  $54^\circ 25' \pm 2'$ , а показатель преломления стекла призмы  $N=1,5147$ .

*Решение.* Вычисляем показатели преломления для предельных значений отсчитанных углов (верхний предел  $\alpha_{в.п.}=54^\circ 23'$  и нижний предел  $\alpha_{н.п.}=54^\circ 27'$ ):

$$n^2 = N^2 - \sin^2 \alpha$$
$$n_{в.п.} = \sqrt{1,5147^2 - (\sin 54^\circ 23')^2} = \sqrt{2,2943 - 0,6608} = \sqrt{1,6335} = 1,2781$$
$$n_{н.п.} = \sqrt{1,5147^2 - (\sin 54^\circ 27')^2} = \sqrt{2,2943 - 0,6619} = \sqrt{1,6324} = 1,2776;$$

Найдем среднее значение показателя преломления

$$n=1,2779 \pm 0,0002.$$

**Пример 3.** Для определения состава водно-ацетоновых растворов были измерены показатели преломления стандартных растворов, приведенные ниже:

Содержание ацетона, С, %	10	20	30	40	50
Показатель преломления, n	1,3340	1,3410	1,3485	1,3550	1,3610

Построить градуировочный график для определения ацетона, вывести уравнение зависимости показателя преломления от концентрации и определить по графику и уравнению содержания ацетона в растворе, показатель преломления которого 1,3500.

*Решение.* Строим график зависимости показателя преломления от концентрации, представленный на рисунке 2.

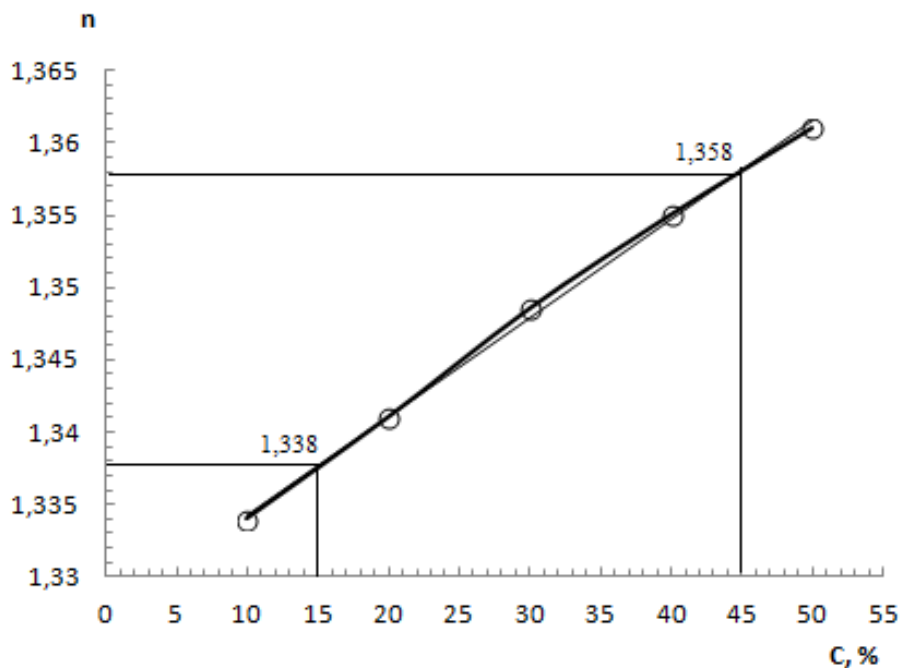


Рисунок 2 - Градуировочный график

Уравнение градуировочного графика определяем методом избранных точек. Для этого выбираем на концах прямой точки:

- для концентрации 15% показатель преломления  $n=1,3389$ ;
- для концентрации 45% -  $n=1,358$ .

Составляем два уравнения прямой:

$$1,358=A+45 \cdot B$$

$$1,3389=A+15 \cdot B$$

Решаем эти уравнения и получаем:

$$A=1,3279;$$

$$B=6,7 \cdot 10^{-4}.$$

Следовательно, искомое уравнение имеет вид:

$$n=1,3279+6,7 \cdot 10^{-4}C,$$

где  $C$  – искомое содержание ацетона в растворе, показатель преломления которого 1,3500.

По градуировочному графику находим, что показателю преломления 1,3500 соответствует концентрация 33%. Подставив значения показателя преломления в наше уравнение, получаем:

$$1,3500 = 1,3279 + 6,7 \cdot 10^{-4}C.$$

Отсюда находим искомую концентрацию:

$$C = \frac{1,3500 - 1,3279}{6,7 \times 10^{-4}} = \frac{0,0221}{6,7} \cdot 10^4 = 33\%$$

Данную задачу можно решить с помощью программы Microsoft Excel. Для этого необходимо вставить исходные данные на лист программы Microsoft Excel. Затем, выделив эти значения, нажать вкладку «Вставка». Необходимо выбрать «Диаграмма», тип диаграммы «Точечная». На экране появится градуировочный график, аналогичный рисунку 2. Далее выделяем полученный график и правой кнопкой мыши выбираем «Добавить линию тренда». На экране появится окно «Формат линии тренда», в котором необходимо выбрать следующие строки «Линейная», затем «показывать уравнение на диаграмме» и «поместить на диаграмму величину доверительной аппроксимации ( $R^2$ )». В результате чего получим градуировочный график с уравнением прямой, представленный на рисунке 3.

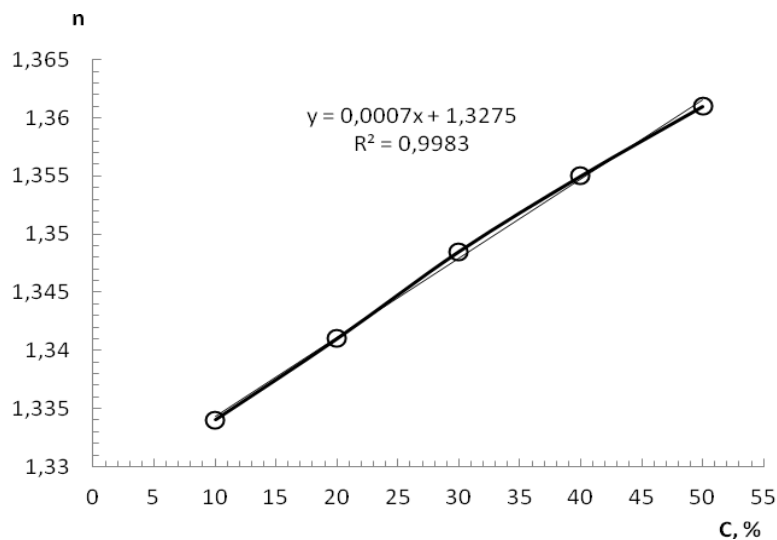


Рисунок 3 - Градуировочный график, построенный с помощью программы Microsoft Excel

Полученное уравнение прямой  $y=0,0007x+1,3275$  аналогично уравнению, найденному методом избранных точек  $1,3500=1,3279+6,7 \cdot 10^{-4}C$ . Подставив вместо значения  $y=n$  показатель преломления 1,3500 и выразив значение  $x=C$ , получим  $C=32\%$ .

Сходимость результатов вполне удовлетворительная.

### Многовариантные задачи

1. По данным таблицы 1 рассчитать молярную рефракцию приведенных соединений.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче №1

№ варианта	вещество	показатель преломления вещества, n	плотность вещества, d
1	пентан	1,3577	0,6262
2	йодистый метил	1,5257	2,2790
3	бромбензол	1,5197	1,4950
4	уксусная кислота	1,3698	1,0493
5	пиридин	1,5056	0,9831
6	сероуглерод	1,6182	1,2631
7	пропиловый спирт	1,3832	0,8035
8	нитробензол	1,5455	1,2034

2. При измерении на рефрактометре Пульфриха были найдены приведенные в таблице 2 значения величин n, N и  $\alpha$ . Определить параметр, обозначенный «х».

Таблица 2 – Исходные данные к задаче №2

№ варианта	вещество	показатель преломления вещества, n	показатель преломления стекла призмы, N	предельный угол отклонения, $\alpha$
1	гексан	х	1,6164	58°11'
2	метиловый спирт	1,3286	1,5335	х
3	бромбензол	1,5601	х	65°29'
4	толуол	1,4969	1,7398	х
5	бромистый этил	х	1,7468	34,55°
6	30%-ный этиловый спирт	1,3535	х	53°10'
7	раствор $H_3PO_4$ (6г/100мл)	х	1,6164	64°55'
8	раствор $NH_4Cl$ (15г/100мл)	1,3606	1,6164	х

3. Считая, что между коэффициентом преломления и концентрацией в указанном пределе существует линейная зависимость, определить по приведенным в таблице 3 ниже концентрациям стандартного раствора, коэффициентам преломления или данным для его определения концентрацию исследуемого раствора. Условно принимаем плотности стандартного и исследуемого растворов одинаковыми.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче №3

№ варианта	раствор	Концентрация		n или данные для его определения			плотность	примечание
		$c_{ст}$	$c_x$	растворитель	стандартный раствор	исследуемый раствор		
1	этиленгликоль в воде	50%	М	n=1,3330	n=1,3831	n=1,3546	1,05	-
2	NaCl в воде	6%	г/мл	n=1,3330	n=1,3433	n=1,3382	1,07	-
3	бензол в CCl <sub>4</sub>	40 мол. %	мол. %	n=1,4603	n=1,4767	n=1,4695	1,33	-
4	CCl <sub>4</sub> в ацетоне	чистый CCl <sub>4</sub>	г/мл	n=1,3591	n=1,4603	n=1,4152	1,20	-
5	бензол в дихлорэтане	50 мол. %	г/мл	$\alpha=46^{\circ}28'$	$\alpha=41^{\circ}56'$	$\alpha=44^{\circ}25'$	1,03	N=1,6164
6	этиловый спирт в воде	30%	г/л	$\Delta=16,9$	$\Delta=70,2$	$\Delta=45,6$	0,95	отчет по шкале погружного рефрактометра
7	глицерин в воде	$c_1=20\%$ $c_2=50\%$	М	-	$n_1=1,3575,$ $n_2=1,3981$	n=1,3785	1,07	-
8	ацетон в воде	$c_1=8,2\%$ $c_2=42,7\%$	г/л	-	$\alpha_1=36^{\circ}08',$ $\alpha_2=33^{\circ}28'$	$\alpha=35^{\circ}25'$	0,96	N=1,4704

### Индивидуальные задания

**Задача 1.** Для определения состава водных растворов пропилового спирта были определены показатели преломления стандартных растворов приведенные ниже:

Содержание пропилового спирта, %	0	10	20	30	40
Показатель преломления	1,3333	1,3431	1,3523	1,3591	1,3652

Построить градуировочный график и определить содержание пропилового спирта в растворах, показатель преломления которых 1,3470 и 1,3615. (Ответ 15,5; 33,6).

**Задача 2.** Для построения градуировочного графика при рефрактометрическом определении глицерина отменены следующие объемы воды и глицерина и определены показатели преломления полученных смесей:

Объем воды, мл	10	8	6	4	2	0
Объем глицерина, мл	0	2	4	6	8	10
Показатель преломления	1,3330	1,3627	1,3915	1,4211	1,4484	1,4740

Построить градуировочный график для рефрактометрического определения содержания глицерина (в вес. %) в воде, если плотность глицерина 1,26. Определить содержание глицерина в смесях, показатель преломления которых 1,4050 и 1,4580.

**Задача 3.** Для построения градуировочного графика при определении содержания пропилового спирта в воде были получены следующие данные по шкале рефрактометра:

Содержания спирта, %	0	5	10	15	20	25	30
Показания рефрактометра	7,7	9,9	12,1	17,8	23,8	31,0	42,5

Построить градуировочного график и определить содержание пропилового спирта, если показания по шкале рефрактометра 11,8 и 27,5 деления.

**Задача 4.** При интерферометрическом определении концентрации растворов соляной кислоты были получены следующие данные:

Концентрация кислоты, N	0,205	0,400	0,605	0,805	1,05
Показания компенсатора	1,54	3,01	4,54	6,10	7,62

Построить градуировочный график и вывести уравнение зависимости концентрации соляной кислоты от показаний шкалы компенсатора. Определить титр раствора соляной кислоты NaOH, если для этого раствора отсчет по шкале равен 2,75.

**Задача 5.** Вычислить показатель преломления вещества, если предельный угол отклонения, определенный рефрактометром Пульфриха, равен  $52^{\circ}25'$ , а показатель преломления стекла призмы  $N=1,62105$ . (1,415)

**Задача 6.** Вычислить мольную рефракцию бромформа  $CBr_3$ , если показатель преломления его 1,5924, а плотность 2,899. Сравнить полученную величину с вычисленной по таблице атомных рефракций (Ответ 29,54).

**Задача 7.** При определении жира в порошке какао для обработки навески 1,500 г взято 2,50 мл монобромнафталина, показатель преломления которого равен 1,6570. Показатель преломления монобромнафталина после извлечения жира уменьшился до 1,6420.

Определить содержания жира в какао, если известно, что показатель преломления чистого жира какао 1,4630, а плотность его 0,926.

**Задача 8.** При интерферометрическом определении содержания хлористого водорода в воздухе отсчет по шкале интерферометра относительно чистого воздуха составил 5,57 деления. После пропускания 10 л этого воздуха через воду на титрование поглощенного хлористого водорода было израсходовано 10,5 мл 0,15 н. раствора щелочи.

Определить содержание хлористого водорода в  $1 \text{ м}^3$  воздуха, для которого отсчет по шкале интерферометра составил 3,85



деления, принимая, что в этом интервале концентраций отсчет по шкале интерферометра пропорционален содержанию хлористого водорода.

**Задача 9.** Эмпирическая формула вещества  $C_4H_9Br$ . Показатель преломления  $n=1,5134$ , плотность  $\rho=1,3901$  г/см<sup>3</sup>. Какова структурная формула вещества?

**Задача 10.** Удельная рефракция раствора, состоящего из бензола и нитробензола,  $r=0,2910$  см<sup>3</sup>/г. Плотность бензола  $\rho(C_6H_6)=0,8790$  г/см<sup>3</sup>, показатель преломления  $n=1,5011$ . Плотность нитробензола  $\rho(C_6H_5NO_2)=1,2033$  г/см<sup>3</sup>, показатель преломления  $n=1,5524$ . Определите состав этого раствора.

## Список использованных источников

1. *Алесковский, В.Б.* Физико-химические методы анализа [Текст]: учеб. / В.Б. Алесковский [и др.]; Химия. М., 1964. 298 с.
2. *Бабко, А.К.* Физико-химические методы анализа [Текст]: учеб. / А.К. Бабко [и др.]; Высшая школа. М., 1968. 357 с.
3. *Барковский В.Ф.* Практикум по физико-химическим методам анализа [Текст]: учеб. / В.Ф. Барковский [и др.]; Высшая школа. М., 1968. 458 с.
4. *Иоффе, Б.В.* Рефрактометрические методы анализа [Текст]: учеб. / Б.В. Иоффе; Госхимиздат. М., 1960. 258 с.
5. *Краткий справочник физико-химических величин* [Текст]: учеб. изд.8-е, перераб. / Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой; Химия. Л., 1983. 232 с.
6. *Ляликов, Ю.С.* Задачник по физико-химическим методам анализа [Текст]: учеб. / Ю.С. Ляликов, М.И. Булатов, В.И. Бодю, С.В. Крачун; Химия. М., 1972. 268 с.
7. *Ляликов, Ю.С.* Физико-химические методы анализа [Текст]: учеб. / Ю.С. Ляликов, М.И. Булатов, В.И. Бодю, С.В. Крачун; Химия. М., 1964. 366 с.

**Приложение А**

<i>№ варианта</i>	<i>Ответы на многовариантные задачи</i>		
	<i>№ задачи</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>1</i>	25,20	1,3449	4,49
<i>2</i>	19,05	50°04'	0,033
<i>3</i>	31,92	1,8053	22,44
<i>4</i>	12,93	62°39'	0,760
<i>5</i>	23,81	1,6532	0,35
<i>6</i>	26,94	1,5721	0,153
<i>7</i>	17,42	1,3369	4,1
<i>8</i>	32,36	60°76'	20,8%



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ О.Г. Локтионова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЙ  
МЕТОД АНАЛИЗА**

Методические указания  
по выполнению практических работ

Курск 2016

УДК 543.452

Составитель: А.В. Лысенко

Рецензент

Доктор химических наук, профессор *Л.М. Миронович*

**Рефрактометрический метод анализа:** методические указания по выполнению практических работ / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Лысенко. Курск, 2016, 19 с.: ил. 3, табл. 3. Библиогр.: 18 с.

Содержат теоретические основы по рефрактометрическому методу анализа. Излагаются методические рекомендации к практическим работам по дисциплине «Физическая химия». Рассмотрены примеры решения типовых задач. Приведены многовариантные задачи и индивидуальные задания

Предназначены для студентов направлений подготовки 18.03.01 Химическая технология, 04.03.01 Химия и специальностей 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, 30.05.03 Медицинская кибернетика

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Форма 60x84 1/16.

Усл. печ. л.    Уч.-изд.л.    Тираж 100 экз. Заказ.    Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.