

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ГОУ ВПО ИГУ)
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Определение дипольного момента в разбавленных растворах (Метод Дебая)

Методические рекомендации

Иркутск 2005 г

Печатается по решению учебно-методического совета ГОУ ВПО
Иркутского государственного университета

Рецензент: Доктор физ. – мат. наук, профессор кафедры электроники
твёрдого тела М.С. Мецик

Составители: Л.А. Щербаченко	доктор техн. наук, профессор кафедры общей физики ИГУ
В.А. Карнаков	кандидат физ.- мат. наук, доцент кафедры теоретической физики ИГУ
С.Д. Марчук	старший преподаватель кафедры радиоэлектроники ИГУ

Определение дипольного момента разбавленных в растворах (метод
Дебая). Методические рекомендации – Иркутск: ИГУ, 2005 – с.16

Методические рекомендации представляют собой описание лабораторной работы и посвящены изучению дипольного момента жидких диэлектриков. В них содержится изложение понятия дипольного момента, теории поляризации неполярных газов и жидкостей, полярных газов, метода Дебая для определения дипольного момента молекул полярных жидкостей. Предназначены для студентов физиков специализирующихся в области физики твёрдого тела.

Цель работы

1. Ознакомиться с теорией поляризации газов и жидкостей.
2. Изучить метод определения дипольного момента в разбавленных растворах.
3. Ознакомиться с методами определения диэлектрической проницаемости, плотности и показателя преломления.
4. Определить дипольный момент полярной жидкости (по указанию преподавателя).

Общие представления о дипольном моменте

Дипольный момент является важной молекулярной константой, характеризующей электрическую симметрию молекулы. Знание величины дипольного момента необходимо для изучения природы химической связи, оценки прочности донорно-акцепторных и межмолекулярных связей. По величине дипольного момента можно судить о взаимном влиянии атомов и связи в молекуле и т.д.

Дипольный момент системы из двух точечных зарядов q , равных по величине и противоположных по знаку, определяется соотношением $\vec{m} = q\vec{r}$, где \vec{r} - радиус-вектор, направленный к центру положительных зарядов (рис.1). По порядку величины дипольный момент равен заряду электрона ($e = 4,8 \times 10^{-10}$ CGSE единиц заряда), умноженное на расстояние 1 \AA (10^{-8} см.), что составляет $4,8 \times 10^{-18}$ единиц момента. Дипольный момент молекулы принято выражать в Дебаях (D); $1D = 10^{-18}$ CGSE единиц момента.

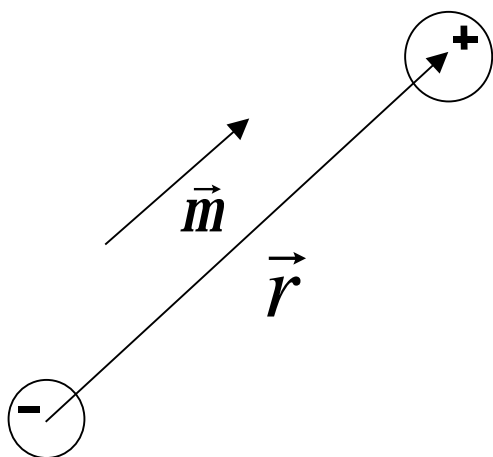


Рис.1 К определению дипольного момента

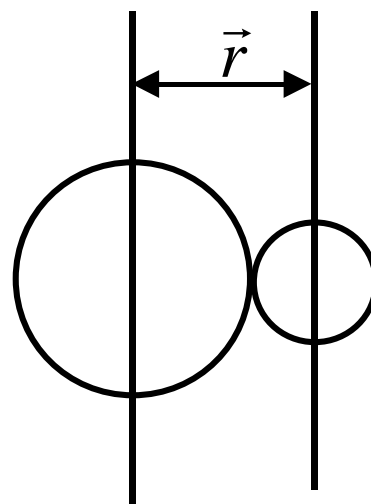


Рис.2 Структура дипольной молекулы

Молекулы, в которых совпадают центры тяжести отрицательного и положительного зарядов, не имеют постоянного дипольного момента и называются неполярными молекулами. Не имеют момента молекулы

двухатомных газов, построенные на двух из одинаковых атомов, например молекулы H^2, N^2, O^2 и т.д.

Молекулы ионных соединений имеют постоянный дипольный момент и называются полярными молекулами. Схематично такую молекулу можно представить как состоящую из и положительных и отрицательных ионов, связанных между собой силами притяжения (рис2).

Дипольные моменты молекулы не равны нулю у многих несимметричных двухатомных молекул.

Дипольный момент сложных молекул, состоящий из трех и более атомов, зависит от их строения.

Молекулы, имеющие центр симметрии (например, молекулы окиси углерода и бензола), показанные на рис.3, не обладают дипольным моментом.

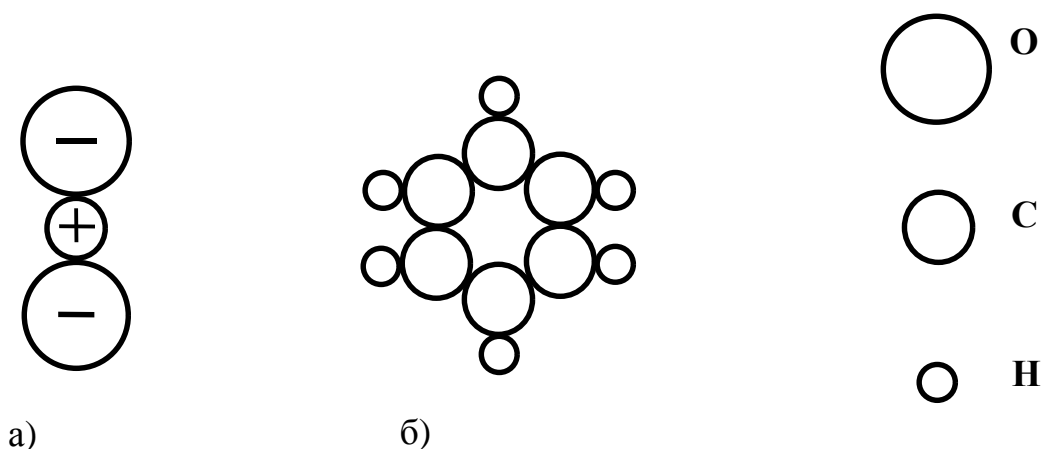


Рис.3 Строение молекул двуокиси углерода (а) и бензола (б)

Молекула CO имеет момент $m=1,56D$, направленный от атома кислорода к атому углерода. В линейной молекуле CO_2 два момента направлены друг против друга – от атома кислорода к атому углерода и компенсируют друг друга.

Молекула хлорбензола C_6H_5Cl (рис.4а) имеют дипольный момент $m=1,56D$. Дихлорбензол $C_6H_4Cl_2$ может существовать в трех изомерных формах: орто- мета- и пара (рис.4 б, в, г).

Дипольные моменты связей $C-Cl$ в *o*-дихлорбензоле и *m*-дихлорбензоле направлены под углом 60° и 120° соответственно. В результате молекулы *o*-дихлорбензола и *m*-дихлорбензола имеют дипольные моменты, не равные нулю. Дипольные моменты связей $C-Cl$ в молекуле *p*-дихлорбензола направлены в противоположные стороны, вследствие чего результирующий момент $m=0$, и эта молекула имела

дипольный момент, кроме несимметричности строения необходимо, чтобы

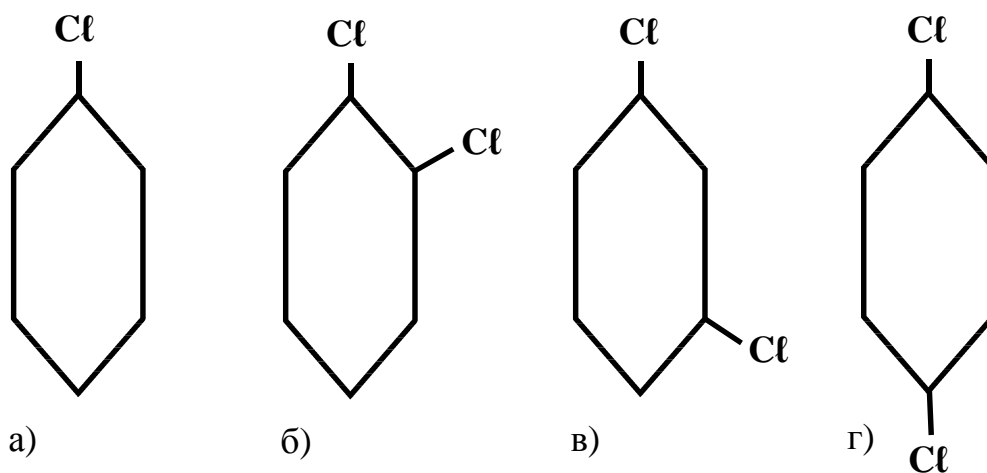


Рис.4 Структурные формы хлорбензола (а) и дихлорбензола (б), (в), (г)

молекула содержала атомы с различными электроотрицательностями. Например, молекулы метилбензола, *o*-деметилбензола и *m*-деметилбензола не имеют дипольных моментов. Не обладает дипольным моментом и молекула *n*-деметилбензола. Однако молекулы, содержащие атомы *F*, *Cl*, *O*, *Br* могут обладать дипольными моментами. Большой дипольный момент у веществ, включающих в себя группу NO_2 или группу *ОН*.

Если молекула содержит несколько близко расположенных дипольных групп, то эти группы влияют друг на друга, вследствие чего величины их дипольных моментов изменяются. Например, дипольный момент молекулы хлорбензола $m=1,56$. Тогда для молекулы. Тогда для молекулы *o*-дихлорбензола получаем $m_{теор} = 2,67D$, а измеренный экспериментально $m_{эсп} = 2,33D$; для молекулы *m*-дихлорбензола $m_{теор} = 1,54D$, $m_{эсп} = 1,48D$.

Дипольные моменты важнейших связей и групп даны в таблице 1, а дипольные моменты молекул в таблице 2.

Таблица 1

Дипольные моменты m связей и групп в органических соединениях

СВЯЗЬ	m, D	СВЯЗЬ	m, D
$C - C$	0	$C = N$	3,94
$C = C$	0	$C - O$	1,12
$C \equiv C$	0	$C = O$	2,70
$C - H$	0,4	CH_3	0,4

$C-F$	1,83	NO_2	3,95
$C-Cl$	2,05	$O-H$	1,58
$C-Br$	2,04	$N-H$	1,66
$C-J$	1,80	$S-H$	0,67
$C-N$	0,61		

Таблица 2

Дипольные моменты органических молекул

Вещество	Формула	m, D
Вода	H_2O	1,61
Четыреххлористый углерод	CCl_4	0
Этиловый спирт	C_2H_5OH	1,7
Ацетон	$CH_3-CO_2-CH_3$	2,85
Этиловый эфир	$C_2H_5-O-C_2H_5$	1,11
Бензол	C_6H_6	0
Бромбензол	C_6H_5Br	1,6
Хлорбензол	C_6H_5Cl	1,56
Нитробензол	$C_6H_5NO_2$	4,2

Уравнение Клаузиуса-Мосотти для наблюдения газов и жидкостей

Индукцированные электрические моменты молекул неполярного газа или жидкости одинаковы у всех молекул. Индуцированный момент пропорционален напряжению действующего на молекулу поля $\vec{m} = a\vec{E}_x$, где a - поляризуемость молекулы.

Поляризация, т.е. электрический момент единицы объема равен $\vec{p} = N\vec{m}_i = Na\vec{E}_\Delta$, где N - число молекул в единице объема. Локальное поле (поле, действующее на молекулу в веществе) связано с напряженностью среднего поля (создаваемого свободными зарядами на поверхности электронов и связанными зарядами в диэлектрике у поверхности электродов) соотношением $E_\Delta = \frac{e+2}{3}E_{cp}$, так что $\vec{p} = Na \frac{e+2}{3}\vec{E}_{cp}$ (1)

С другой стороны, между поляризацией и средним полем существует соотношение

$$\vec{p} = \frac{e-1}{4\pi} \vec{E}. \quad (2)$$

Исключая \vec{p} и \vec{E} из (1) и (2), получаем уравнение Клаузиуса-Мосоротти для неполярных газов и жидкостей: $\frac{e-1}{e+2} = \frac{4}{3}pNa$ (3)

Умножая обе части уравнения (3) на мольный объем $\frac{M}{r}$, где M - молекулярная масса вещества, а r - плотность, получим: $\frac{e-1}{e+2} \frac{M}{r} = \frac{4}{3} p N_a a = P_M$, где $N_a = 6,606 \times 10^{23}$ моль⁻¹ - число Авогадро, P_M - молекулярная поляризация.

Для неполярных газов и жидкостей величина P_M близка к величине молекулярной рефракции P_R .

$$P_R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 1} \frac{M}{r} \quad - \quad \text{формула Лоренц-Лоренца, т.к. согласно}$$

электромагнитической теории света Максвелла, $n = \sqrt{\epsilon m}$, где m - магнитная проницаемость.

Магнитная проницаемость всех веществ, за исключением ферромагнетиков, близка к единице. Поэтому $e \approx n^2$. Расхождение между e и n^2 объясняется тем, что при частотах электромагнитного поля, равных частоте света, не успевает образовываться поляризация, связанная со смешиванием ядер. Однако величина поляризации ядерного смещения очень мала, так что можно считать, что для неполярных жидкостей e в первом приближении равна n^2 и молекулярная поляризация равна молекулярной рефракции.

Неполярные жидкости, в которых основную роль играет поляризуемость электронного смещения, имеют невысокую диэлектрическую проводимость, порядка 2-2,5. К неполярным жидкостям относится четыреххлористый углерод, бензол, ксилон, бензин, керосин.

К неполярным жидкостям примыкают полярные жидкости, у которых дипольный момент $m < 0,5D$. В этих жидкостях основную роль играет поляризация электронного смещения, а ориентационная поляризация имеет второстепенное значение.

Уравнение Клаузиуса-Мосотти для ионных газов.

Рассмотрим поляризацию дипольного газа в постоянном электрическом поле, молекулы которого обладают постоянными дипольными моментами m и поляризуемостью a .

Молекулы газа совершают хаотическое тепловое движение, и их дипольные моменты ориентируются произвольно.

В электрическом поле молекулы газа ориентируются так, что по полю моменты направлены большую часть времени, чем против него. Таким образом угол q между направлениями поля и дипольного момента (рис.5) большую часть времени меньше 90° и меньшую часть времени больше 90° . Средняя величина проекции дипольного момента на направление поля m_e меньше, чем m , и зависит от напряженности поля и температуры. В поле E потенциальная энергия диполя $W = -mE \cos q$. Вероятность того,

что диполь будет ориентирован в телесном угле $d\Omega$, зависит от энергии диполя и температуры и выражается следующим образом:

$$a_0 e^{-W/KT} d\Omega = a_0 e^{mE \cos q / KT} d\Omega,$$

где a_0 - постоянная.

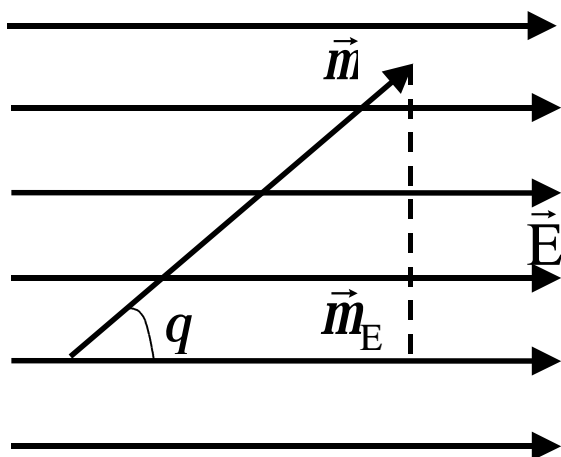


Рис.5 Диполь в электрическом поле

Если в единице объема концентрация молекул - N , то dN из них имеют дипольный моменты, ориентированные в угле $d\Omega$:

$$dN = NdW = Na_0 \exp(mE \cos q / KT) d\Omega$$

Проекция диполя на направление поля $m_E = m \cos q$.

dN молекул в направлении поля дают момент:

$$dm = mdN \cos q = Na_0 m \cos q \exp(mE \cos q / KT) d\Omega.$$

Поляризация, т.е. электрический момент единицы объема, представляет собой сумму проекций дипольных моментов всех молекул, содержащихся в единице объема на направление поля $p = \int dm$

Проекция дипольных моментов всех молекул на направление, перпендикулярное полю, равна нулю вследствие осевой симметрии относительно поля.

Для поляризации имеем:

$$p = \int dm = \int A m \cos q \exp(mE \cos q / KT) d\Omega = \frac{\int A m \cos q \exp(mE \cos q / KT) d\Omega}{\int A \exp(mE \cos q / KT) d\Omega}, \quad (4)$$

где $A = Na_0$, а интеграл в знаменателе - N .

Если средний момент молекулы в направлении поля - \bar{m} , то поляризация $p = \bar{m}N$ (5)

Сравнивая выражение (4) и (5), находим, что средний момент молекулы на направление поля

$$\bar{m} = \frac{\int A m \cos q \exp(mE \cos q / KT) d\Omega}{\int A \exp(mE \cos q / KT) d\Omega}$$

Сокращая числитель и знаменатель на A и подставляя значение телесного угла $d\Omega = \sin q dq dj$, получаем

$$\bar{m} = \frac{\int_0^p m \exp(mE \cos q / KT) \cos q \sin q dq \int_0^p dj}{\int_0^p \exp(mE \cos q / KT) \sin q dq \int_0^p dj}$$

$$\int_0^{2p} dj = 2p, \text{ поэтому, вводя обозначение } \cos q = y \text{ и } \frac{mE}{KT} = a, \text{ находим}$$

$$\bar{m} = m^{-1} \frac{\int_1^{-1} \exp(ay) y dy}{\int_{-1}^1 \exp(ay) dy} \quad (6)$$

$$\text{Интеграл } \int_{-1}^1 \exp(ay) dy = \frac{1}{a} (e^a - e^{-a}), \quad \int_{-1}^1 \exp(ay) y dy = \frac{1}{a} (e^a + e^{-a}) + \frac{1}{a^2} (e^{-a} - e^a)$$

Подставляя значение интегралов в выражение (6), получим

$$\frac{\bar{m}}{m} = \frac{e^a + e^{-a}}{e^a - e^{-a}} - \frac{1}{a} = \operatorname{ctga} - \frac{1}{a} = L(a). \quad (7)$$

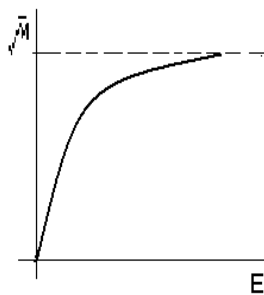
Функция $L(a)$ называется функцией Ланжевена. Если $a < 1$, функция Ланжевена разлагается в быстросходящийся ряд

$$L(a) = \frac{a}{3} - \frac{a^3}{45} + \dots \quad (8)$$

Подставляя значение a , равное $\frac{mE}{KT}$, в выражения (7) и (8), получаем

$$\bar{m} = \frac{m^2}{3KT} E \left(1 - \frac{m^2}{3K^2T^2} E^2 + \dots \right)$$

На рисунке 6 представлена зависимость \bar{m} от напряженности поля E . В



случае полей m напряженностью $E < \frac{KT}{m}$ можно

считать, что m линейно увеличивается с ростом

напряженности поля. Тогда $\bar{m} = \frac{m^2}{3KT} E$.

$$\text{Величина } a_0 = \frac{m^2}{3KT} \quad (9)$$

представляет собой ориентационную поляризацию дипольной молекулы.

Рис.6 Зависимость \bar{m} от E

Поляризуемость дипольной молекулы может быть представлена состоящей из трех частей: $a = a_s + a_a + a_g$, где a_g - поляризация электронного смещения, связанная с деформацией электронных облаков в молекуле; a_a - атомная поляризуемость, связанная со смещением атомов относительно положения равновесия; a_s - поляризуемость, связанная с ориентацией постоянных диполей в молекуле. Величина a_a , как правило,

мала по сравнению с a_g и a_g ($a_a \approx 0,15a_g$). Поэтому a_a можно пренебречь и считать, что поляризуемость дипольной молекулы a состоит из двух частей: $a_s + a_a$. Или с учетом (5) получаем $a = a_s + m^2 / 3KT$. Тогда уравнение Клаузиуса-Мосотти для полярных газов можно записать в виде

$$\frac{e-1}{e+2} = \frac{4}{3} p N \left(a_s + \frac{m^2}{3KT} \right).$$

Уравнение Клаузиуса-Мосотти с учетом молекулярной поляризации дипольного газа имеет вид

$$\frac{e-1}{e+2} \frac{M}{r} = \frac{4}{3} p N_A \left(a_s + \frac{m^2}{3KT} \right),$$

где M - молекулярный вес газа; r - плотность; N_A - число Авогадро.

Уравнения Клаузиуса-Мосотти для смеси газов

Для смеси газов уравнение Клаузиуса-Мосотти можно записать в виде

$$\frac{e-1}{e+2} = \frac{4}{3} p \sum N_i \left(a_{si} + \frac{m_i^2}{3KT} \right), \quad (10)$$

где N_i - концентрация молекул i -го вида в единице объема; a_i - электронная поляризуемость молекул i -го типа; m_i - дипольный момент i -го типа.

Определение дипольного момента в разбавленных растворах (Метод Дебая)

При определении дипольного момента полярных жидкостей широко применяется метод разбавленных растворов.

Если полярная жидкость растворена в неполярной, то при малой концентрации молекулы растворенной жидкости находятся на больших расстояниях друг от друга. Чем меньше концентрация, тем больше расстояние между молекулами растворенной полярной жидкости и меньше силы взаимодействия между полярными молекулами. Тогда выражение (10) можно упростить, считая, что раствор состоит молекул растворителя с концентрацией в единице объема N_1 и из растворенных дипольных молекул с концентрацией N_2 , т.е.

$$\frac{e-1}{e+2} = \frac{4}{3} p N_1 a_1 + \frac{4}{3} p N_2 \left(a_{s2} + \frac{m^2}{3KT} \right), \quad (11)$$

где e - диэлектрическая проницаемость раствора; a_1 - электронная поляризуемость молекул растворителя; a_2 - электронная поляризуемость молекул растворенного вещества; m - дипольный момент полярного молекулы; T - абсолютная температура; K - постоянная Больцмана.

Введя большие доли $f_1 = \frac{N_1}{N_1 + N_2}$ и $f_2 = \frac{N_2}{N_1 + N_2}$ выражение (11) можно

записать в виде,

$$\frac{e-1}{e+2} \frac{M_1 f_1 + M_2 f_2}{r} = \frac{4}{3} p N_A \left(f_1 a_1 + f_2 a_2 + \frac{m^2}{3KT} \right) \quad (12)$$

где M_1 - молекулярный вес растворителя, M_2 - молекулярный вес растворенного вещества; r - плотность; N_A - число Авогадро. Формулу (12) можно записать в виде

$$P_{12} = f_1 P_1 + f_2 P_2, \quad (13)$$

где $P_{12} = \frac{e-1}{e+2} \frac{M_1 f_1 + M_2 f_2}{r}$ - молярная поляризация раствора

$P_1 = \frac{4}{3} p N_A a_1 = \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} \frac{M_1}{r_1}$ - молярная поляризация растворителя, численно

равная молекулярной рефракции растворителя; n_1 - показатель преломления растворителя; r_1 - плотность растворителя;

$P_2 = \frac{4}{3} p N_A \left(a_2 + \frac{m^2}{3KT} \right) = \frac{n_2^2 - 1}{n_2^2 + 2} \frac{M_2}{r_2} + \frac{4}{3} p N_A \frac{m^2}{3KT}$ - молярная поляризация

растворенного вещества.

Так как поляризация раствора P_{12} определяется непосредственно из экспериментальных значений диэлектрической проницаемости и плотности растворов, а поляризация растворителя P_1 - показателя преломления и плотности растворителя и мольной доли f_1 и f_2 известны, то, используя формулу (13), можно рассчитывать значение молекулярной поляризации растворенного вещества:

$$P_2 = \frac{P_{12} - P_1}{f_2} + P_1 \quad (16)$$

Величина P_2 , как правило, растет с уменьшением концентрации растворенного вещества.

Для исключения эффекта остаточного взаимодействия между молекулами растворенного вещества P_2 экстраполирует до нулевой концентрации ($f_2 = 0$) и находят значение молекулярной поляризации при бесконечном разбавлении:

$$P_{2\infty} = \lim_{f_2 \rightarrow 0} P_2 = \lim_{f_2 \rightarrow 0} \left(\frac{P_{12} - P_1}{f_2} + P_1 \right) \quad (17)$$

Зная величину $P_{2\infty}$, можно определить значение ориентационной поляризации растворенного вещества: $P_{2op} = P_{2\infty} - P_{20}$ при $P_{20} = \frac{n_2^2 - 1}{n_2^2 + 2} \frac{M_2}{r_2}$ (18)

молекулярной рефракции растворенного вещества, где n_2 - показатель преломленного вещества; r_2 - плотность растворенного вещества.

Тогда дипольный момент можно вычислить по формуле

$$m = \sqrt{\frac{9KT}{4pN_A}(P_{2\infty} - P_{20})}. \quad (19)$$

Подставляя численные значения p , K , N_A выражение (19) можно записать в виде

$$m = 0,01283\sqrt{(P_{2\infty} - P_{20})} (D) \quad (20)$$

Этот метод дает хорошие результаты в случае очень слабых растворов, в которых взаимодействие полярных молекул мало. Если же полярные молекулы ассоциируются, то даже при исследовании сильно разбавленных растворов дипольные моменты молекул определяются с малой точностью.

Требования, предъявляемые к эксперименту

Для определения дипольного момента следует провести измерение диэлектрической проницаемости и плотности 4-16 разбавленных растворов исследуемого вещества при одной температуре в интервале концентраций растворенного вещества от 0,001 до 0,01 или от 0,02 до 0,1 мольных долей. При выборе интервала концентраций руководствуются соображениями необходимой точности измерений, а также растворимостью изучаемого вещества в данном растворителе. Показатель преломления и плотность должны определяться с точностью до 10^{-4} ; Диэлектрическая проницаемость должна определяться с точностью до 10^{-3} - 10^{-4} .

Определение плотности

Для определения плотности исследуемых растворов определяют массу пустого пикнометра - m_1 , пикнометра, заполненного дистиллированной водой - m_2 , пикнометра, заполненного исследуемым раствором m_3 .

$$r_{ж} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1}(r_в - r_о) + r_о, \quad (21)$$

где $r_в$ - плотность дистиллированной воды, $r_о$ - плотность воздуха ($r_о = 0,0012 \text{ г/см}^3$)

В таблице 3 приведены значения плотности дистиллированной воды при различных температурах.

Таблица 3

Плотность дистиллированной воды при некоторых значениях температуры.

t, C°	16	18	20	22	24	26
$r, \text{г/см}^3$	0,99897	0,99862	0,99823	0,99780	0,99732	0,99681

Определение диэлектрической проницаемости

Для определения диэлектрической проницаемости исследуемых растворов измеряют емкость пустой измерительной ячейки - C_1 , измерительной ячейки, заполненной эталонной жидкостью - C_2 , измерительной ячейки, заполненной исследуемым раствором - C_3 .

Диэлектрическая проницаемость исследуемого раствора определяют по формуле

$$\epsilon_{ж} = 1 + \frac{(\epsilon_0 - 1)(C_3 - C_1)}{C_2 - C_1}, \quad (22)$$

где ϵ_0 - диэлектрическая проницаемость эталонной жидкости.

В таблице 4 приведены значения диэлектрической проницаемости некоторых жидкостей, которые можно использовать как эталонные.

Таблица 4

Диэлектрическая проницаемость некоторых жидкостей

Жидкость	Диэлектрическая проницаемость	
	$T = 20^\circ C$	$T = 25^\circ C$
Циклогексан	2,0228	2,0551
Четыреххлористый углерод	2,2363	-
Бензол	2,2825	2,2727
Дибутиловый эфир	3,0830	3,0476
Хлорбензол	5,6895	5,6025
Этилхлорид	10,663	10,387
Бензиловый спирт	13,74	13,27
Ацетон	21,40	20,82
Нитробензол	35,75	34,83
Вода	80,36	78,73

Определение показателя преломления

Показатель преломления исследуемой жидкости определяется с помощью рефрактометра непосредственным отсчетом.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Приготовить 4-6 растворов заданных концентраций (концентрации и жидкости указываются преподавателем)
3. Определить показатели преломления растворителя и растворенного вещества и найти среднее значение. Данные занести в таблицу 5.

Таблица 5

Определение показателя преломления растворителя и растворенного вещества

Показатель преломления	n_1	n	n_3	n_{cp}
Растворителя				
Растворенного вещества				

4. Определить плотность растворителя, растворенного вещества и растворов, используя формулу (21). Данные занести в таблицу 6.

Таблица 6

Определение плотности исследуемых растворов

растворитель	растворенное вещество	1 раствор	2 раствор	3 раствор	4 раствор
m_1					
m_2					
m_3					
r					

5. Определить диэлектрические проницаемости растворов, используя формулу (22). Данные занести в таблицу 7.

Таблица 7

Определение диэлектрической проницаемости

	раствор 1	раствор 2	раствор 3	раствор 4	раствор 5
C_1					
C_1					
C_1					
e					

6. Используя выражения (15) и (18), определить молекулярные рефракции растворителя и растворенного вещества. Данные занести в таблицу 8.

Таблица 8

Определение молекулярных рефракций

Составные части раствора	M	r	n	P_1	P_{20}
--------------------------	-----	-----	-----	-------	----------

растворитель					-
растворенное вещество				-	

7. Используя выражение (14), вычислить поляризацию растворов.
8. Используя выражение (16), вычислить молекулярную поляризацию растворенного вещества P_2 . Данные занести в таблицу 9
9. Построить график зависимости $P_2 = P_2(f_2)$ и определить молекулярную поляризацию при бесконечном разбавлении экстраполяцией значений P_2 до нулевого концентрации ($f_2 = 0$).
10. Используя выражение (20), вычислить значение дипольного момента.

Таблица 9

Определение $P_{2\infty}$

Номер раствора	весовое количество растворенного вещества, g	молярное количество растворенного вещества, n_2	весовое количество растворителя, g	молярное количество растворителя, n_1
1				
2				
3				
4				
5				

Номер раствора	$n_1 + n_2$	молярная доля растворенного вещества, f_2	молярная доля растворителя, f_1
1			
2			
3			
4			
5			

Номер раствора	$f_1 M_1 + f_2 M_2$	e	r	P_{12}	$f_1 P_1$	$f_2 P_2$	P_2
1							
2							
3							
4							
5							

Контрольные вопросы

1. Что называется дипольным моментом, в каких единицах он измеряется?
2. В чем отличие полярной молекулы от неполярной?
3. В чем отличие уравнения Лоренц-Лоренца от Клаузиуса-Мосотти?
4. В чем заключается сущность метода разбавленных растворов (метод Дебая)?
5. По какой формуле вычисляется дипольный момент в данной работе?
6. Какие требования предъявляются к эксперименту при определении дипольного момента методом разбавленных растворов?
7. Получите формулу для определения плотности жидкости с помощью пикнометра.
8. Получите формулу для определения диэлектрической проницаемости.

Список литературы

1. Богородицкий Н.П., Волокобинский Ю.М., Воробьев А.А., Тареев Б.М. Теория диэлектриков. М.; Л., 1965 с. - 344.
2. Дебай П. Полярные молекулы. М., 1937 с.-247.
3. Мецик М.С. Метод обработки экспериментальных данных и планирование эксперимента по физике. Иркутск. 1981 с. - 112.
4. Сканави Г.И. Физика диэлектриков (область слабых полей). М.-Л., 1949 с. - 500.
5. Эме Ф. Диэлектрические измерения. М., 1967 с. - 234.