ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ ИОНОВ /ЭЛЕКТРОФОРЕЗ/»

***ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ*:** Источник тока на 100 В (аппарат гальванизации), вольтметр на постоянном тока 100 В, специальный трехколенчатый сосуд с двумя кранами; две чашки Петри; электроды; соединительные провода; растворы разных концентраций (NaCl); секундомер; бумага; исследуемое вещество; индикатор; фильтрованная бумага.

***ЦЕЛЬ РАБОТЫ:*** 1. Ознакомить студентов с явлением электрофореза.

2. Установить от каких причин зависит подвижность частиц и образование -потенциала.

Краткая теория

1.Образование двойного электрического слоя (ДЭС).

При соприкосновении твердого адсорбента с водой или раствором электролита на границе твердое тело жидкость образуется ДЭС либо за счет адсорбции ионов на кристаллах, либо в результате диссоциации твердого вещества с поверхности. Система достигает равновесия при равенстве электрохимических потенциалов .

,

где μi-химический потенциал i-го иона; Zi-валентность i-го иона; F-число Фарадея; φ-потенциал в данной точке фазы, созданный ионами ДЭС.

При этом фазы заряжаются разноименно вследствие различной растворимости анионов и катионов. Таким образом, ДЭС состоит из потенциалообразующих ионов, связанных с решеткой кристалла химическими силами остаточных валентностей и из противоионов, расположенных в жидкой фазе вблизи твердой поверхности и удерживаемых силами электростатистического притяжения, а также отчасти молекулярными силами Ван-дер-Ваальса (рис.1; а, б):

ПОИ - потенциалообразующие ионы; АСП- абсорбционный слой противоионов; ДС - диффузионный слой; А - агрегат (микрокристалл, ион); Kч - коллоидная частица.

Образование ДЭС ионов приводит к появлению определенных электрических потенциалов на границе твердой и жидкой фаз. Ионы, фиксированные на твердой поверхности придают этой поверхности свой знак заряда, и создают на ней так называемый поверхностный φ-потенциал. Знак φ-потенциала совпадает со знаком заряда потенциалообразующих ионов. Величина φ пропорциональна числу зарядов этих ионов на поверхности частиц. Если ДЭС образуется в результате адсорбции ионов или диссоциации твердого вещества, то φ- потенциал на поверхности частиц – определяется концентрацией (с) или активностью (а) этих ионов в растворе. В этом случае φ-потенциал можно выразить уравнением Нернста:

 или  (1), 

где R - универсальная газовая постоянная; Т - абсолютная температура; Z - валентность; F - число Фарадея, равное NA.e; NA - число Авогадро; е - заряд электрона; К - постоянная Больцмана, равная R/NA;  и - активность ионов на поверхности и в растворе соответственно. Активность – термохимическая величина, играющая роль эффективной концентрации: аi=γici, где γ – коэффициент активности (γ<1).

С точки зрения термодинамики, φ-потенциал равен работе переноса единичного заряда из бесконечно удаленной точки объема раствора на поверхность твердой фазы. Прямых методов измерения для него не существует.

Второй потенциал, характеризующий двойной слой ионов, называется электрокинетическим ζ - потенциалом (дзета-потенциал). Он представляет собой электрический потенциал в двойном слое на границе между частицей, способной к движению в электролите под действием постоянного электрического поля (ЭП) и окружающей жидкостью. ζ-потенциал является потенциалом поверхности скольжения. Однако, в ДЭС точное расстояние между твердой поверхностью и поверхностью скольжения неизвестно. Поэтому приближенно можно принять, что поверхность скольжения проходит по границе между абсорбционным и диффузионным слоями ионов (рис. 1б).

ζ - потенциал можно определить как работу, необходимую для переноса единичного заряда из бесконечно удаленного элемента объема раствора на поверхность скольжения. Знак ζ - потенциала обычно совпадает со знаком φ - потенциала. Электрокинетический потенциал является частью φ - потенциала и непосредственно связан с числом противоионов в диффузионном слое. Поскольку ζ - потенциал относится к микрочастице (коллоидной частице, иону) и обуславливает её подвижность в ЭП, величина этого потенциала может быть измерена экспериментально по скорости движения частиц.

В электрическом поле на движение частицы (иона) оказывают влияние ускоряющая электрическая сила:

Fэ=q.E (2),

где Е - напряженность поля; q-заряд частицы, и тормозящая сила (Fтр. )внутреннего трения жидкости. Согласно закона СТОКСА:

Fтр.=kπηr (3),

где k - коэффициент, зависящий от формы частиц (для сферических частиц k=6, для цилиндрических k=4); η - вязкость жидкости;  -скорость движения частицы; r - радиус частицы с АСП.

При установившемся движении, наступающем практически одновременно с появлением поля, Fэ.=Fтр. Откуда

  (4),

где  - подвижность частицы;  (5), U - напряжение; L - расстояние между электродами .

Из формулы (4) следует, что а численно равна  при Е=1

Таким образом, подвижность частиц равна скорости равномерного движения этой частицы под действием электрического поля единичной напряженности.

Дзета-потенциал для заряженной сферической частицы определяется по формуле:  (6),

где ε - диэлектрическая проницаемость среды, ε0=8,85.10-12 ф/м - электрическая постоянная.

Подставив в (6) значение  из (4) получим уравнение ГЕЛЬМГОЛЬЦА-СМОЛУХОВСКОГО:

 (7).

Если представить линейную скорость как отношение линейного смещения частицы S ко времени опыта t ), а градиент потенциала Е - как отношение напряжения к расстоянию между электродами (E=U/L), тогда уравнение (7) примет вид:

 (8),

а уравнение (4):  (9).

Благодаря наличию ζ - потенциала на границах скольжения всех частиц дисперсионной фазы возникают одноименные заряды и электростатические силы отталкивания противостоят процессам агрегации. Таким образом, ζ - потенциал является одним из основных факторов агрегативной устойчивости гидрофобных золей. Величина ζ -потенциала может изменяться под влиянием внешних воздействий природы (электролитов, концентрации, температуры).

# 2. Электрические явления. К электрокинетическим явлениям (ЭКЯ) относят эффекты, связанные либо с относительным движением двух фаз под действием постоянного электрического поля (ЭП), либо с возникновением разности потенциалов при относительном смещении двух фаз, на границе между которыми существует ДЭС.

ЭКЯ основаны на взаимосвязи между электрическими и кинетическими свойствами дисперсных систем. Эти явления подразделяются на две группы: прямые и обратные. К прямым относят ЭКЯ, которые возникают под действием внешнего ЭП (электрофорез и электроосмос). Обратным называют ЭКЯ, в которых при механическом перемещении одной фазы относительно другой возникает электрический потенциал (потенциал протекания и потенциал седиментации).

Все ЭКЯ основаны на наличии ДЭС на границе твердой и жидкой фаз. Из всех ЭКЯ электрофорез (ЭФ) имеет наиболее широкое практическое применение.

ЭФ - это направленное перемещение частиц дисперсной фазы в постоянном ЭП к электроду, знак которого противоположен знаку заряда частиц. Подвижность частиц в ЭП обусловлена тем, что при наложении внешней разности потенциалов происходит разрыв двойного ионного слоя на границе (поверхности) скольжения и частица получает заряд, соответствующий ζ - потенциалу.

Методы электрофореза имеют большое теоретическое и практическое значение, т.к. знание ζ позволяет судить об устойчивости коллоидных растворов, а также для изучения фракционного состава сложных биологических систем - природы белков, для характеристики биологических объектов - вирусов, бактерий, форменных элементов крови и т.д.. Электрофорез применяют для очистки различных фармацевтических препаратов (антибиотиков, витаминов и др.). Электрофорез (ионофорез) является одним из методов введения лечебных препаратов в организм человека, а также используется при диагностике ряда заболеваний путем сравнения фракционного состава биологических жидкостей в нормальном и патологическом состоянии организма. нормальных и патологических жидкостей.

Техника проведения электрофоретических измерений может быть различной: в виде макрофореза (метод подвижной границы) или микроэлектрофореза, когда ведется наблюдение за отдельными частицами дисперсной фазы с помощью микроскопа.

**Описание установки**

Установка для проведения макрофореза (рис. 2) состоит из трехколенчатого сосуда (с двумя кранами К1 и К2) в крайние колена которого помещены два электрода; источники постоянного тока, вольтметра.

Для проведения электрофореза на бумаге (рис. 3) используются две чашки Петри с электродами, соединенными с источником постоянного тока. Напряжение измеряется вольтметром и при использовании аппарата гальванизации регулируется потенциометром, ручка которого располагается на лицевой панели прибора.

**ПОРЯДОК выполнения РАБОТЫ:**

Макрофорез.

1. через центральную трубку прибора при открытом кране К1 и закрытом К2 заполнить установку контактной жидкостью до уровня А-А (раствор NaCl определенной концентрации).
2. Ввести через центральную трубку установки исследуемую жидкость (FeCl3),до уровня В-В, обеспечивающего нагружение электродов в контактную жидкость. Обе жидкости должны иметь одинаковую электропроводимость, а плотность исследуемой жидкости должна быть немного больше или равна контактной.
3. Включить источник на максимальное напряжение и секундомер. Через 10-15 минут выключить источник и измерить величину смещения границы поля S и расстояние L между электродами по линии сde.
4. Результаты подставить в формулу (9) и рассчитать подвижность в.

5.Измерить вязкость раствора NaCl вискозиметром Оствальда и приняв К=6 по формуле (8) рассчитать ζ – потенциал.

Электрофорез на бумаге (рис.3).

Преимуществом электрофореза на бумаге является его простота, недостатком – зависимость результата от капиллярных свойств бумаги.

1. В две чашки Петри (1) налить раствор NaCl одинаковой концентрации. 2. Полоску бумаги (2) размером 1х10 см2 смачивают в этом же растворе и поместить на ребра электродов (5,6), предварительно установленных параллельно друг другу. Полоска должна быть равномерно влажной и не провисать между электродами. 3. Нить (3) длиной в 1 см смачивают исследуемым веществом и помещают поперек полоски бумаги (2) между электродами. 4. Включить источник напряжения, потенциометром аппарата гальванизации установить максимально возможное напряжение U1 и пустить секундомер. 5. Через 1-2 минуты отметить показание вольтметра U2 и отключить источник напряжения.



Рис.2. Рис.3.

6. В область нити пипеткой нанести каплю индикатора (раствор красной кровяной соли). Измерить от нити ширину S цветной зоны (3-4) на полоске бумаги и расстояние L между электродами. Данные занести в таблицу. 7. По направлению смещения цветной зоны определяют знак ионов вещества. Затем, промыть чашки, налить растворы --- других концентраций и проводить такой же эксперимент. 8. По измеренным величинам и среднему показанию вольтметра определяют b и ζ. Постройте графики зависимости b=f(c) и ζ=f(c).

В таблице указаны концентрации и вязкость растворов NaCl при t=180С.

Диэлектрическая проницаемость растворителя =80.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С,% | 2 | 5 | 8 | 11 | 14 |
| η, Па С | 1.10-3 | 1,12.10-3 | 1,2.10-3 | 1,3.10-3 | 1,45.10-3 |
| U1, В |  |  |  |  |  |
| U2, В |  |  |  |  |  |
| Uср. |  |  |  |  |  |
| L, м |  |  |  |  |  |
| S, м |  |  |  |  |  |
| t, с. |  |  |  |  |  |
| b |  |  |  |  |  |
| ζ |  |  |  |  |  |

***ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ:***

1. Как образуется ДЭС (Двойной электрический слой)?

2. При каких условиях система достигает равновесия?

3. Какой состав ДЭС?

4. Что называется φ и ζ-потенциала, в чем различие?

5. Как производится определение ζ-потенциала?

6. Вывести расчетные формулы для подвижности частиц и ζ–потен- циала.

7. Какой физический смысл несет подвижность ионов? В каких единицах она измеряется?

8. Какие явления называются электрокинетическими?

9. Какое практическое применение находит электрофорез?

10. Назовите методики проведения электрофореза.

11. Зависит ли подвижность и ζ-потенциал от концентрации раствора?