

і засобів керування нею із можливостями сучасних комп'ютерних технологій.

4. Подальше удосконалення методики формування експериментальної компетентності у навчанні фізики, на основі реалізації викладених вище думок, лежить у площині пошуку ефективних технологічних механізмів проектування й організації експериментальної діяльності учнів. І комп'ютер тут є важливим засобом, який необхідно використовувати в поєднанні з іншими традиційними дидактичними засобами, проєктуючи експериментальну діяльність учнів.

#### Список використаних джерел:

1. Асмолов А.Г. Основные принципы психологической теории деятельности / А.Г. Асмолов // Леонтьев и современная психология; Сб. статей памяти А.Н. Леонтьева. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – С. 118-128.
2. Браверман Э.М. Наблюдения и эксперименты в системе развития учащихся и ознакомления с теорией познания / Э.М. Браверман // Физика в школе. – 2006. – № 1. – С. 21-25.
3. Буряк Ю. Використання електронних датчиків при проведенні експериментальних завдань з фізики / Ю. Буряк // Наукові записки. – Вип. 77. – Ч. 1. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. – С. 301-305.
4. Величко С.П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі / Величко С.П. – Кіровоград: КДПУ, 1998. – 302 с.
5. Галатюк Ю.М. Дослідницька робота учнів з фізики / Ю.М. Галатюк, В.І. Тишук. – Х.: Вид. група "Основа": "Тріада+", 2007. – 192 с.
6. Гончаренко С.У. Формування наукового світогляду учнів під час вивчення фізики: Посібник для вчителя / Гончаренко С.У. – К.: Рад. шк., 1990. – 208 с.
7. Формирование учебной деятельности школьников / В.В. Давыдов, И. Ломпшер, А.К. Маркова и др. – М.: Педагогика, 1982. – 216 с.
8. Жук Ю.О. Розв'язування дослідницьких задач з фізики з використанням нових інформаційних технологій: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Жук Юрій Олександрович. – К., 1995. – 217 с.
9. Желдак М.І. Комп'ютер на уроках фізики: Посібник для вчителів / М.І. Желдак, Ю.К. Набочук, І.Л. Семешук. – Костопіль, РВП "РОСА", 2005. – 228 с.
10. Костюк Г.С. Навчально-виховний процес і психічний розвиток особистості / Костюк Г.С. – К.: Рад. шк., 1989. – 608 с.
11. Майер Р.В. Информационные технологии и физическое образование / Майер Р.В. – Глазов: ГГПИ, 2006. – 64 с.
12. Петриця А. До проблеми вдосконалення навчального експерименту з фізики засобами новітніх інформаційних технологій / А. Петриця, С. Величко // Наукові записки. – Вип. 77. – Ч. 1. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. – С. 339-343.
13. Равен Дж. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация / Равен Дж. – М.: Когито-Центр, 2002. – 257 с.
14. Талызина Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний / Талызина Н.Ф. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 343 с.
15. Усова А.В. Формирование учебно-познавательных умений в процессе изучения предметов естественного цикла / А.В. Усова // Физика. – № 16. – 2006. – С. 3-8.

In the article the didactics and technological features of forming of experimental are examined components in the structure of development of educational-cognitive competence of schoolboys in the studies of physics. Possibilities of improvement of this process are analysed on the basis of combination of traditional forms of organization of cognitive activity and modern information technologies.

**Key word:** educational-cognitive competence, experimental component, computer technologies.

Отримано: 29.10.2010

УДК 378.016:53+577.3

А. О. Губанова

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

## ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ ПОДВІЙНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ШАРУ В КУРСІ ФІЗИКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ БІОЛОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ВНЗ

У статті в історичній послідовності викладені питання утворення подвійного електричного шару та створення хімічних джерел електричної енергії.

**Ключові слова:** електричний заряд, подвійний електричний шар, термодинамічний потенціал, електрокінетичний потенціал, міцела, колоїд.

Якість фізичної освіти визначається світоглядним та методологічним аспектами, а, отже, завжди матиме особистісно-орієнтоване «забарвлення» [1, с.7].

Для студентів біологічних спеціальностей фізика видається відокремленою наукою, в якій використовується досить складний математичний апарат, незрозуміла система законів, які пов'язані між собою в кожному з розділів фізики і, в той же час, застосовуються в різних її розділах. Шкільна біологічна освіта розвиває у дітей навички зорового сприйняття навчального матеріалу, спонукає до заучування великої кількості назв при систематизації живих організмів та рослин.

При такому способі вивчення школярі втрачають здатність зосереджувати свою увагу на математичному описі законів. Записані у зв'язній послідовності математичні співвідношення сприймаються як картина, яку треба тільки запам'ятати.

У цій статті викладені питання фізичної хімії, зокрема утворення колоїдних розчинів у електролітах. Застосовується невелика кількість математичних понять і використовується описовий характер викладення матеріалу. Це, на думку автора, полегшить розуміння матеріалу студентами-біологами і приведе до розуміння неможливості відокремлення фізики від таких наук як хімія та біологія.

Зарядженими або нейтральними частинками досить великих розмірів є міцели колоїдних розчинів.

Будову міцел пояснимо на основі розуміння поняття подвійного електричного шару.

В історії фізики вперше поняття подвійного шару було використано Вольта, який у 1800 році винайшов хімічне джерело струму. Так званий Вольтові стовп, який був зібраний з пластинок різних металів, розділених шарами тканини, змоченої у розчинах електролітів [2, с.251].

Проведені дослідження привели Вольта до відкриття контактної різниці потенціалів. На межі поділу зразків двох металів, або пластинок одного металу, які зазнали різної попередньої обробки, виникає різниця потенціалів за рахунок того, що при заданій температурі контакту, найбільш швидкі електрони можуть вийти за межі металу, виконавши певну роботу проти сил притягання іонними залишками безпосередньо після проходження границі металу. А коли метали різні, то кількість електронів, що можуть вийти за межі кожного з металів різна, тому в одному металі виникає надлишок електронів і він заряджається негативно. А в другому – нестача електронів і він заряджається позитивно. Область контакту двох металів стає подібною до плоского конденсатора, напруга між металами зростає в такому напрямку, щоб результатом її дії було зрівняння кількості електронів, які виходять з кожного з металів за одиницю часу. При цьому напруга стає незмінною величиною, яка визначається сортами металів та температурою.

У гальванічних елементах виникнення різниці потенціалів пов'язане з перебігом хімічних процесів, що мають місце на електродах. Електрод – конструктивний елемент, що слугує для гальванічного зв'язку ланок електричного кола. Кожний гальванічний елемент складається з двох електродів,

на границях поділу яких з розчинами виникають різниці потенціалів. Вольтів стовп, наприклад, складався з елементів, в яких одним електродом слугувала мідна пластинка, а другим – цинкова, електроліт – розчин хлориду натрію або сірчаної кислоти. Крім стрибків потенціалів на границях метал-розчин електрорушійна сила елементів складається з контактної різниці потенціалів на границі між двома різнорідними металами електродів та стрибка потенціалу на межі поділу між двома розчинами (дифузійний потенціал).

Виникнення потенціалів на електродах відбувається внаслідок взаємодії металів з полярними розчинниками. Під час занурення цинку, наприклад, у воду, іони металу, що входять у кристалічну решітку, гідратуються і переходять у розчин. Внаслідок переходу позитивних іонів у розчин, у металі з'являється надлишок негативних зарядів.

Негативно заряджена поверхня металу притягує позитивно заряджені іони, які перейшли у розчин. Завдяки цьому на межі поділу металу з розчином утворюється подвійний електричний шар у вигляді плоского конденсатора, негативно заряджена обкладка якого утворена металом, а позитивно заряджена обкладка – шаром розчинених іонів.

При наявності переходу невеликої кількості металу у розчин заряд подвійного шару настільки зростає, що подальший перехід металу припиняється.

Насправді подвійний шар має у багатьох випадках більш складну будову. Під дією неупорядкованого молекулярного руху іони намагаються рівномірно розподілитися в об'ємі розчину, тому зовнішня обкладка подвійного шару набуває дифузної будови – створюється такий розподіл іонів, при якому концентрація іонів, що мають знак заряду, протилежний знаку заряду на поверхні металу, з віддаленням від електроду зменшується, а з наближенням до нього зростає. В чистій воді товщина дифузної частини подвійного шару складає один мікрон [2, с.252].

Стрибок потенціалу між зарядженою поверхнею металу та рідиною позначають літерою  $\phi$  і називають термодинамічним потенціалом.

Подвійний електричний шар утворюється в гетерогенних дисперсних системах і його утворення може проходити двома шляхами.

При адсорбції на поверхні частинок твердої фази іонів з розчину. В цьому випадку на поверхні твердої фази адсорбуються ті іони, які спроможні утворювати важкорозчинні сполуки з іонами протилежного знаку твердої фази, або іони, які входять в решітку і можуть заміщувати в кристалі відповідні іони та утворювати ізоморфні з кристалом сполуки. Розглянемо утворення гідрозолу хлориду срібла.

Такий процес відбувається при повільному доливанні водного розчину хлориду натрію NaCl у водний розчин нітрату срібла AgNO<sub>3</sub>. При реакції утворюється білий осад – тверді частинки хлориду срібла. Будемо вважати, що в об'ємі частинки хлориду срібла іони розташовані в тому ж порядку, що і в кристалічній решітці AgCl. На своїй поверхні частинка адсорбує переважно ті іони, які входять в її склад (або ізоморфні за типом кристалічної решітки) і знаходяться в надлишковій кількості в оточуючому розчині. Іони, що адсорбуються на поверхні частинки визначають знак її електричного заряду. При наявності поверхневого шару іонів одного знака зарядів ріст кристалів AgCl зупиняється, і частинки (агрегати) не збільшуються за розміром – подальша зміна агрегатного стану не відбувається при умові вичерпаності іонів хлору в розчині. Нейтральний агрегат разом з адсорбованими іонами Ag<sup>+</sup> утворюють ядро (рис. 1). Надлишкові за зарядом адсорбовані іони Ag<sup>+</sup> називають потенціалостворюючими. До зарядженого ядра притягуються іони протилежного знаку. В даному випадку такими будуть іони, що є в розчині (але не входять у склад агрегату), – нітрат іони NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Шар від'ємно заряджених іонів, який слідує за шаром потенціалостворюючих іонів також адсорбується, утворюючи зовнішній шар гранули. За адсорбованим шаром знаходиться дифузний шар також від'ємних іонів (рис. 1). Іони дифузного шару орієнтують навколо себе полярні молекули розчинника, створюючи додаткову гідратну оболонку. Іони адсорбованого шару досить міцно зв'язані з агрегатом, а іони дифузного шару

знаходяться під впливом двох факторів: електростатичного притягання іонами протилежного знака заряду, що утримує їх поблизу ядра, та броунівським рухом, що намагається розподілити їх в дисперсному середовищі розчинника.

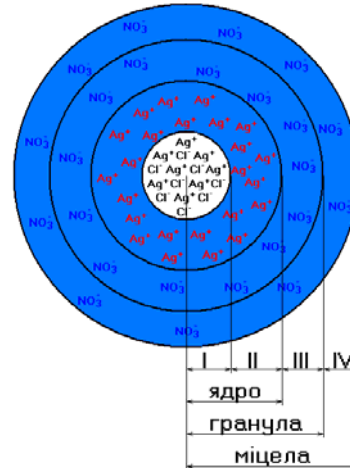
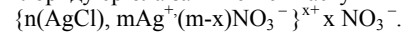


Рис. 1. Будова (перетин) міцели хлориду срібла

Гранула разом з дифузним шаром іонів називається міцелою. Міцела – нейтральне утворення. Формула міцели гідрозолу хлориду срібла запишеться наступним чином:



У фігурних дужках – гранула, іони, що знаходяться за фігурними дужками – зовнішня частина міцели.

Вказаний механізм утворення міцели відноситься до ліофобних колоїдів і описаний в [2, с.322]. Будова міцели та заряд гранули залежить від методу отримання колоїдного розчину.

Шар іонів навколо агрегату та адсорбований шар, разом з дифузним шаром іонів протилежного знаку, утворюють подвійний електричний шар. В ньому число позитивних та негативних іонів однакове, тому міцела електронейтральна.

Другий шлях утворення подвійного шару полягає в тому, що молекули частинок твердої фази дисоціюють в даному рідкому середовищі на іони. Більш слабо пов'язаний з частинкою іон переходить в дисперсійне середовище, а на поверхні частинки залишаються більш сильно пов'язані з частинкою іони. Таким чином, виникає подвійний електричний шар в золях кремнієвої кислоти [2, с.323]. Молекули SiO<sub>2</sub>, які знаходяться на поверхні ядра реагують з водою, утворюючи кремнієву кислоту H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Молекули H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> дисоціюють, при цьому іони H<sup>+</sup> переходять в рідку фазу, а іони SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, як більш міцно пов'язані з ядром, залишаються в твердій фазі.

Вперше ідея утворення подвійного електричного шару на межі поділу фаз гетерогенних систем була запропонована Г.Квінке, далі розвинута Г. Гельмгольцем. Подвійний електричний шар видається подібним до плоского конденсатора, одна обкладка якого знаходиться в твердій фазі, друга – в розчині. Товщина такого шару  $\delta$  за Г. Гельмгольцем порядку молекулярного радіуса [2, с.323].

З розвитком теорії електролітичної дисоціації погляди на будову подвійного шару зазнали певних змін. З'явилася теорія Гюї і Чепмена в якій подається дифузна будова подвійного шару. Згідно цієї теорії розподіл іонів у розчині обумовлений двома протилежно діючими факторами. З одного боку – молекулярний тепловий рух намагається розподілити іони в кожному об'ємі рівномірно, а з другого боку – електростатичні сили, що діють з боку зарядженої поверхні твердої фази, перешкоджають рівномірному розподілу противоіонів (іони, що знаходяться в розчині, але мають заряд протилежний до іонів поверхневого шару ядра міцели (рис. 1)) поблизу межі поділу фаз.

Розміри іонів були враховані в працях Штерна, він врахував, що центри іонів не можуть підійти до поверхні ближче, ніж відстань одного іонного радіуса, утворюючи гельмгольцевський плоский конденсатор.

Залишок противоіонів розподілений в розчині дифузно у вигляді неперервного об'ємного заряду, з густиною,

що асимптотично наближається до нуля. З віддаленням від зарядженої поверхні розподіл густини заряду відбувається за статистичним законом Л. Больцмана аналогічно зміні розподілу газових молекул в полі тяжіння.

Теорія дифузного шару Гюї-Штерна, в подальшому розвинута А.Н. Фрумкіним Б.В. Дерягніним та ін. була застосована для опису електрокінетичних та електрокапілярних явищ, а також для вивчення питань будови та стійкості колоїдних частинок ліофобних золів [2, с.323].

Згідно цієї теорії, при відносному русі твердої та рідкої фаз відносно одна одної (наприклад при електроосмосі та електрофорезі) приймається, що ковзання відбувається не безпосередньо біля твердої поверхні між двома обкладками подвійного шару, а на деякій відстані (лінії *AB*, рис. 2) за межами адсорбованого шару противоіонів, у дифузному шарі іони, що знаходяться в адсорбованому шарі поблизу твердої поверхні, вважаються нерухожими відносно твердої поверхні, а при русі останньої рухаються разом з нею.

Внаслідок дифузної будови шару противоіонів товщина гідродинамічного шару стає більшою  $\delta'' > \delta'$  (рис. 2). Тому стрибком потенціалу на межі фаз, що рухаються одна відносно іншої, буде не повний стрибок потенціалу  $\phi$  (термодинамічний потенціал), а тільки деяка його частина  $\zeta = \phi - \epsilon$ .

Величина  $\zeta$  носить назву електрокінетичного або дзета-потенціалу. Хід потенціалу та розташування зарядів у подвійному шарі показаний на рис. 2.

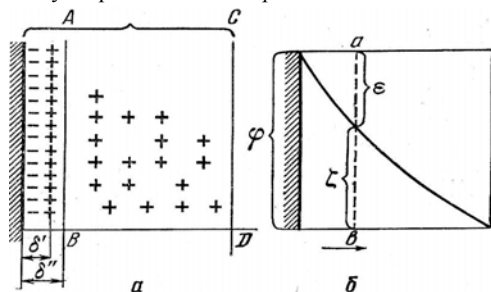


Рис. 2. Хід потенціалу та розташування зарядів в подвійному шарі

Величина  $\epsilon$  зветься адсорбційним потенціалом. Як вказано на рис. 2, величина  $\zeta$  – потенціалу тісно пов'язана з товщиною дифузного шару іонів, та чим більше розмитий шар дифузних іонів, тим більша величина  $\zeta$  – потенціалу. Якщо шар гранично стиснений, т.б.  $\phi = \epsilon$ , то  $\zeta = 0$ .

Електрокінетичний потенціал не може бути безпосередньо вимірним, а розраховується з експериментальних даних, наприклад за формулою

$$\zeta = 4\pi\eta u/DH, \quad (1)$$

де:  $u$  – швидкість руху частинки;  $\eta$  – коефіцієнт в'язкості розчину;  $D$  – діелектрична стала;  $H$  – градієнт потенціалу зовнішнього електричного поля (в позначенні електричних величин дотримуємось правил, прийнятих в колоїдній хімії. В загальній фізиці величини позначаються іншими літерами).

Після запису рівняння (1) студентам доцільно дати завдання вивести розмірність потенціалу і самостійно переконатися, що при вживанні одиниць вимірювання фізичних величин в СІ, розмірність потенціалу одержимо в Вольтах.

Коефіцієнт  $4\pi$  застосовується для плоскої форми конденсатора, у випадку частинок у формі кульок, він замінюється на  $6\pi$ .

Експериментально визначають електрофоретичну рухливість колоїдних частинок при відомій, прикладеній зовнішній величині різниці потенціалів, а потім, за формулою (1) розраховують електрокінетичний потенціал.

#### Висновки:

1. Використання історичного підходу до вивчення електричних явищ націлене на емоційне сприйняття навчального матеріалу студентами біологічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

2. Викладений матеріал демонструє те, що фізика та хімія – це нерозривні науки, які пізнаються в їх поєднанні.

#### Список використаних джерел:

- Атаманчук П.С. Підручник з фізики як носій змістових, середовищних та управлінських інновацій // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна / [редкол.: П.С.Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет, 2008. – Вип.14: Інновації в навчанні фізиці та дисциплін технологічної освітньої галузі: міжнародний та вітчизняний досвід. – С.7-13.
- Кузнецов В.В. Физическая и коллоидная химия. – М. Высшая школа, 1958. – 390 с.

In the article the questions of formation of double electric layer and creation of chemical electric energy sources are expounded in a historical sequence.

**Key words:** electric charge, double electric layer, thermodynamics potential, electrokinetic's potential, colloid.

Отримано: 14.07.2010

УДК 372.853:004.9

Я. Ю. Дима

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

## МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ

Обґрунтовано доцільність використання комп'ютерних вимірювальних комплексів під час навчання фізики, зокрема модифікації, основою якої є звукова карта та програми-емулятори приладів. Викладено методичні рекомендації залучення вимірювальних комплексів для проведення лабораторних робіт на уроках фізики.

**Ключові слова:** лабораторна робота, комп'ютерний вимірювальний комплекс, звукова карта, програми-емулятори.

Повсюдне залучення комп'ютерів до освітнього процесу є однією з реалій сьогодення. Під час навчання фізики у середній школі комп'ютеризація дозволяє вивести на принципово новий рівень шкільний фізичний експеримент. Адже ЕОМ можна використати не лише для опрацювання експериментальних даних, а й безпосередньо для вимірювань певних величин. Завдяки застосуванню додаткових пристроїв та спеціального програмного забезпечення комп'ютер перетворюється на комплекс, що може виконувати функції одночасно декількох вимірювальних приладів. Комп'ютерні вимірювальні комплекси знайшли широке розповсюдження у провадженні наукових досліджень. Раціональним є їх залучення до шкільного освітнього процесу, адже «під час навчання мають використовуватися методи, близькі до тих, якими послуговується певна наука» [9, с.111].

Різні аспекти залучення ЕОМ для провадження вимірювань під час виконання дослідів з фізики у середній та

вищій школі висвітлені у роботах Ю.П. Бендеса, О.І. Денисенка, О.С. Мартинюка, В.І. Тищука, Т.М. Яценко та інших вчених. Нові публікації з даної тематики, що постійно з'являються у періодичних наукових виданнях, свідчать про актуальність цієї проблеми.

Створення комп'ютерних вимірювальних комплексів із залученням обладнання та програмного забезпечення промислового виробництва є занадто дорогим для загальноосвітніх закладів. Наші дослідження підтвердили раціональність використання у навчальному процесі модифікації вимірювального комплексу, що замість додаткових пристроїв послуговується звуковою картою, яка нині найчастіше інтегрована в материнську плату ПК. Оцифровані аудіоплатою дані дозволяють інтерпретувати програми з безкоштовною ліцензією, що емулюють роботу осцилографа, характерографа, звукового генератора, вольтметра, частотомира тощо [2-4; 7]. З огляду на це постає необхід-