

Scientific journal  
**PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION**  
Has been issued since 2013.

ISSN 2413-158X (online)  
ISSN 2413-1571 (print)

Науковий журнал  
**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА**  
Видається з 2013.



<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>

*Стучинська Н.В., Лисенко Т.А. Формування предметних компетентностей з фізики та хімії при вивченні поверхневих явищ та їх ролі у медико-біологічних процесах // Фізико-математична освіта. Науковий журнал. – 2015. – Випуск 3 (6). – С. 97-108.*

*Stuchynska N.V., Lysenko T.A. Formation of subject competencies in physics and chemistry in the study of surface phenomena and their role in biological processes.// Physics and Mathematics Education. Scientific journal. – 2015. – Issue 3 (6). – P. 97-108.*

**УДК 378. 147:378.4:61:53.577**

**Н.В. Стучинська, Т.А. Лисенко**

*Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Україна*

### **ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ З ФІЗИКИ ТА ХІМІЇ ПРИ ВИВЧЕННІ ПОВЕРХНЕВИХ ЯВИЩ ТА ЇХ РОЛІ У МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ**

**Актуальність дослідження.** Важливість розуміння процесів, що відбуваються у поверхневому шарі для майбутнього лікаря є очевидною, адже у кожній живій системі існує велика кількість меж поділу фаз, і людський організм по суті є сукупністю систем з добре розвиненими поверхнями. Такими поверхнями є шкіра, стінки кровоносних судин, оболонки органів, мембрани клітин, оболонки мікроорганізмів кишкової флори тощо. Більшість фізіологічних процесів, насамперед дихання, екскреція відбуваються на поверхні біомембран. Процеси всмоктування та елімінації лікарських препаратів, токсичних речовин також відбуваються за участю межі поділу фаз. Поверхневий натяг дає змогу зрозуміти сутність багатьох важливих у професійній діяльності фахівців медичної галузі явищ та процесів: капілярних явищ, змочування, газова емболія тощо.

Успішність вивчення фахових дисциплін значною мірою визначається тим, наскільки якість та рівень навчального процесу при вивченні фундаментальних дисциплін відповідають їхній фундаментальній та системотвірній ролі в структурі фахової підготовки. Беззаперечно важливу роль у цьому відіграють міждисциплінарні зв'язки. Міждисциплінарний підхід у професійній освіті дає змогу реалізувати один із провідних принципів навчання – принцип цілісного розвитку особистості і може розглядатися як необхідна умова формування професійних компетентностей. Фізика, хімія, біологія є базовими загальноосвітніми предмети, що формують загальноосвітні основи природничо-наукових знань, а в подальшому і фахових знань. Знання, здобуті при вивченні фундаментальних загальноприродничих дисциплін, служать довго, з плином часу вони доповнюються, обростають міждисциплінарними зв'язками з фахово орієнтованих природничих дисциплін (фізіології, мікробіології, гістології) та клінічних дисциплін, ускладнюються, постійно зростають за значенням, збільшуються за обсягом [8].

Як показав інформаційний пошук, методологічні та організаційно-методичні аспекти взаємозв'язку фундаментальних та фахових знань в системі медичної освіти (природничо-наукові фундаментальні та фахово орієнтовані дисципліни) системно не досліджувалися. Практика викладання в медичному університеті концептуально пов'язаних навчальних дисциплін (наприклад, біологічної фізики та фізіології, медичної хімії та біохімії, фармакології) свідчить про проблеми та суперечності, що проявляються в недостатній узгодженості навчальних програм та логічної структури побудови змісту, порушенні часового детермінізму при вивченні взаємопов'язаних тем, відсутності єдиного трактування фундаментальних понять, використанні термінів та позначень фізичних величин.

Роз'єднання наукових знань про навколишній світ, природні явища відповідає певним педагогічним цілям і забезпечує реалізацію базових дидактичних принципів, насамперед принципів доступності та наочності. Диференціація наук передбачає відповідні зміни у системі освіти, долучаючи до навчальних планів все нові дисципліни. Одним з негативних наслідків, що супроводжують цю очевидну тенденцію є розпорошування наукового знання, втрата цілісності у розумінні процесів і явищ довколишнього світу. Дієвим засобом компенсації недоліків вузькопредметної системи навчання є встановлення та реалізація системи міжпредметних зв'язків.

Міждисциплінарні зв'язки у системі медичної освіти здатні, не порушуючи логіки окремих навчальних дисциплін, сприяти глибшому розумінню внутрішньої єдності живої природи та процесів, що відбуваються у живих організмах. Міждисциплінарна інтеграція має складати цілісну систему змісту, форм та засобів їх реалізації, посилюючи розуміння суті окремих складових, частин та компонентів єдиного цілого і забезпечуючи появу синергетичного ефекту, який не в змозі створити кожна частина зокрема. Проблема набуває особливої гостроти у світлі стійкої тенденції до зменшення кількості годин, відведених на вивчення фундаментальних дисциплін, а також до значного зменшення частки лекційних годин у межах курсу.

**Виклад основного матеріалу.** Структура навчального плану у системі вітчизняної медичної освіти є предметно-інтегрованою і зорієнтована на дотримання логічної послідовності вивчення дисциплін, які складають відповідні цикли підготовки: гуманітарної та соціально-економічної, природничо-наукової, професійної та практичної. Міждисциплінарні зв'язки визначаються змістом навчальних дисциплін визначається та їхнім положенням у структурно-логічній схемі взаємозв'язків з іншими дисциплінами (рис. 1). Поверхневі явища розглядаються у змісті фундаментальних дисциплін, що паралельно вивчаються на I курсі: медична та біологічна фізика, медична хімія, медична біологія, на цьому ж курсі розпочинається вивчення професійно спрямованих фундаментальних дисциплін: анатомія людини та гістологія, цитологія та ембріологія. "Медична та біологічна фізика" разом з такими дисциплінами як "Медична хімія" та "Медична біологія" є базою для вивчення не тільки практично усіх природничо-наукових професійно зорієнтованих фундаментальних дисциплін, а й таких фахових, як патологічна фізіологія, клінічна біохімія, гігієна, токсикологія, терапія, анестезіологія, загальна гігієна та екологія людини, соціальна медицина, променева діагностика та променева медицина, радіаційна медицина, офтальмологія, професійні хвороби, внутрішні хвороби з фізіотерапією тощо. Базою для вивчення хімічних та фізико-математичних дисциплін служать шкільні предмети: насамперед фізика та хімія, а також математика, біологія.



Рис. 1. Положення природничо-наукових дисциплін у структурі медичної підготовки

Значна кількість фахових дисциплін спирається на ті чи інші фундаментальні наукові теорії. З кожним роком зростає роль фізичних, фізико-хімічних та математичних методів у всіх галузях природознавства. Тому очевидно, що наукове знання фізики, хімії та математики може й повинно бути ефективно задіяним в організації всього спектра загально- та вузькопрофільних дисциплін. Базою для підготовки майбутніх фахівців медичної галузі нерідко є знання, які на перший погляд не пов'язані з фаховою діяльністю, проте вони допомагають зрозуміти важливі аспекти явищ та процесів, що складають основу професійної діяльності.

Ще однією проблемою є те, що природничо-наукові та професійно зорієнтовані фундаментальні дисципліни процедурою узгодження пов'язані доволі формально. Часто домінує суто предметне, причому інколи не методологічне, а інформаційне навчання, елементний, а не системний підхід до професійної освіти.

Вивчення природничо-наукових дисциплін (медичної фізики, медичної хімії зорієнтоване здебільшого на їх використання при вивченні фахових дисциплін: фармакології, кардіології, рентгенології, терапії, методів функціональної діагностики, гігієни, радіології тощо. Значна віддаленість у часі вивчення цих клінічних дисциплін вимагає наявності стабільних довготривалих знань основних законів та понять. Таким чином, орієнтуючи природничо-наукові дисципліни на професійну підготовку майбутніх лікарів та фармацевтів, актуальною є потреба в забезпеченні їхньої фундаментальності та цілісності, яка базується на міждисциплінарній інтеграції та органічному поєднанні прикладної та фахової складових.

Прикладний аспект розробки теорії інтеграції фундаментальної та фахової підготовки передбачає: виявлення методологічних орієнтирів, специфіки дидактичного підходу до проблеми у системі медичної освіти; аналіз дидактичних основ інтеграції знань у навчальних предметах загальноприродничого та фахово зорієнтованого циклів; розробку дидактичних вимог до програм, основ для відбору та структурування змісту

навчального матеріалу фізико-математичних дисциплін. Крім інваріантного компонента, який включає фундаментальні закони, найважливіші поняття та методи дослідження, зміст природничо-наукових дисциплін складають знання, які забезпечують їх зв'язок із фундаментальними фаховими та фаховими дисциплінами, професійною практикою.

Розглянемо на прикладі заявленої теми: поверхневі явища. Ця тема вивчається спочатку у шкільному курсі фізики, потім у курсі медичної та біологічної фізики та медичної хімії (табл. 1), а потім у біоорганічній та колоїдній хімії, фармакології, а також в окремих клінічних дисциплінах[1-3].

Таблиця 1

Назва дисципліни	Курс	Факультет	Кількість лекційних годин	Тема лекції	Кількість практичних годин	Тема практичного заняття	Кількість годин відведених на СРС	Тема СРС
Медична та біологічна фізика	1	Медичний, стоматологічний Фармацевтичний	-	Термодинаміка біологічних процесів.	2	Визначення коефіцієнта поверхневого натягу	3	Термодинаміка біологічних процесів
	2			Структура та функції біологічних мембран	2	Дослідження температурної залежності коефіцієнта поверхневого натягу		
Медична хімія	1	Медичний, стоматологічний	2	Фізико-хімія поверхневих явищ. Основи адсорбційної терапії	3	Сорбція біологічно-активних речовин. Іонний обмін. Хроматографія	8	Сорбція біологічно-активних речовин. Іонний обмін. Хроматографія

З шкільного курсу фізики студенти знають, що стан і властивості молекул рідини в поверхневому шарі, тобто шарі, що виникає на межі поділу фаз, істотно відрізняються від стану та властивостей молекул тієї ж рідини в об'ємі. Рівнодійна сил, що діють на молекулу в об'ємі, дорівнює нулю, оскільки сили її взаємодії з сусідніми молекулами рідини однакові і взаємно компенсуються (рис. 2). Проте у поверхневому шарі, товщина якого дорівнює радіусу молекулярної взаємодії (приблизно 1 нм), сили взаємодії між молекулами рідини значно більші, ніж з молекулами газоподібної фази. Тому рівнодійна сил притягання молекул в поверхневому шарі не дорівнює нулю, вона направлена всередину рідини, тобто перпендикулярно до її поверхні. Зазначаючи односторонню дію, напрямлену всередину рідини, молекули поверхневого шару стискають рідину, створюючи додатковий тиск, який називають молекулярним [2]

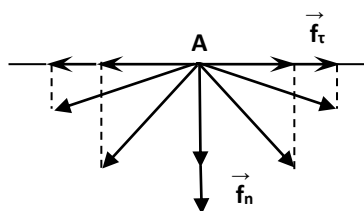


Рис. 2. Сили, які діють на молекулу у поверхневому шарі

Також у рамках шкільного курсу фізики учням пояснюють, щоб вивести молекулу з об'єму на поверхню і таким чином збільшити площу поверхні, потрібно виконати роботу проти сили, спрямованої рідину. Робота по ізотермічному збільшенні площі вільної поверхні прямо пропорційна до зміни площі  $\Delta S$ :

$$A = \sigma \cdot \Delta S \quad (1)$$

де  $A$  – робота, Дж;  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу (поверхневий натяг), Дж/м<sup>2</sup> або Н/м;  $\Delta S$  – площа поверхні, м<sup>2</sup>. У курсі фізики зазначається також, що ця робота є мірою вільної енергії поверхні. Однак поняття вільної поверхневої енергії Гіббса  $G_s$  ні у шкільному курсі фізики, ані в курсі медичної та біологічної фізики не вводиться.

Ще одну змістову лінію, яка послідовно розвивається у курсі медичної та біологічної фізики, медичної біології та окремих клінічних дисциплін, започатковує у шкільному курсі фізики поняття про силу поверхневого натягу. Увагу учнів звертають на той факт, що для молекул, які знаходяться у поверхневому шарі, сили, що діють вздовж поверхні рідини (тангенціальні сили) взаємокомпенсують одна одну (рис. 2). У разі порушення такої компенсації, виникає сила, що спрямована вздовж поверхні рідини – сила поверхневого натягу. Сила поверхневого натягу прагне зменшити вільну поверхню, направлена по дотичній до вільної поверхні і перпендикулярна до лінії, яка обмежує вільну поверхню. Модуль сили поверхневого натягу прямо пропорційний до довжини лінії, яка обмежує вільну поверхню

$$F = \sigma \cdot l \quad (2)$$

де  $F$  – модуль сили поверхневого натягу;  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу (поверхневий натяг), Дж/м<sup>2</sup> або Н/м;  $l$  – довжина лінії, яка обмежує вільну поверхню, м.

Коефіцієнт пропорційності  $\sigma$  називається коефіцієнтом поверхневого натягу (поверхневим натягом), він дорівнює роботі сил поверхневого натягу при ізотермічній зміні площі вільної поверхні на 1 м<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{A}{\Delta S} \quad (T=\text{const}) \quad (3)$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу (поверхневий натяг), Дж/м<sup>2</sup> або Н/м;  $A$  – робота, Дж;  $\Delta S$  – площа поверхні, м<sup>2</sup>.

Поверхневий натяг ( $\sigma$ ) чисельно дорівнює роботі, яку необхідно виконати, щоб утворити одиницю поверхні і вимірюється в Дж/м<sup>2</sup> або Н/м.

Коефіцієнт поверхневого натягу визначають також через силу поверхневого натягу:

$$\sigma = \frac{F}{l} \quad (4)$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу (поверхневий натяг), Дж/м<sup>2</sup> або Н/м;  $F$  – модуль сили поверхневого натягу,  $l$  – довжина лінії, яка обмежує вільну поверхню, м.

Зазначається, що  $\sigma$  не залежить від довжини контура, а визначається фізичними властивостями рідини, її станом. При підвищенні температури  $\sigma$  зменшується. У рамках курсу медична та біологічна фізика проводиться дослідження коефіцієнта поверхневого натягу води від температури [10].

На величину поверхневого натягу також впливають наявні в рідині домішки. Речовини, незначні кількості яких значно зменшують  $\sigma$ , називають поверхнево активними. Поверхнево активні речовини (ПАР) входять до складу всіх миючих засобів.

Ця змістова лінія досить детально розвивається у курсі медичної хімії. Тут явища, що відбуваються у поверхневому шарі рідини аналізуються з позицій другого закону термодинаміки

Явища, що відбуваються на межі стикання рідини з твердим тілом, зумовлюють викривлення вільної поверхні і характеризують крайовим кутом  $\Theta$ , утвореним дотичною до вільної поверхні і поверхнею твердого тіла. При змочуванні  $\Theta$  менший  $90^\circ$ . Чим менший кут  $\Theta$ , тим краще змочування, при  $\Theta = 0$  відбувається повне змочування. При повному змочуванні крапля води тонким шаром розтікається по поверхні очищеного скла. Достатньо ґрунтовно розглядаються капілярні явища та їхнє значення у природі та техніці.

У курсі медичної та біологічної фізики студенти поглиблюють знання про поверхневі явища, експериментально досліджують залежність коефіцієнта поверхневого натягу від температури [10], навчаються визначати  $\sigma$  методом сталагмометра та методом відриву пластини, аналізують явище газової емболії та капілярні явища.

У курсі медичної хімії [6] формується поняття надлишкової поверхневої енергії – вільної поверхневої енергії Гіббса  $G_s$ , яка пропорційна площі міжфазової поверхні [4, 5]:

$$G_s = \sigma \cdot S \quad (5)$$

де  $G_s$  – вільна поверхнева енергія Гіббса, кДж;  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу (поверхневий натяг), Дж/м<sup>2</sup> або Н/м;  $S$  – площа міжфазової поверхні, м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт пропорційності  $\sigma$  називається поверхневим натягом. Це є енергія Гіббса, що приходить на одиницю площі поверхні:

$$\sigma = \frac{G_s}{S} \quad (6)$$

Згідно з другим законом термодинаміки будь-яка система намагається самовільно перейти до стану, у якому енергія Гіббса мінімальна. У курсі медичної хімії аналізуються два можливі шляхи зменшення поверхневої енергії Гіббса [4-6]: за рахунок зменшення поверхні ( $S$ ) та за рахунок зменшення поверхневого натягу ( $\sigma$ ). Перший шлях спостерігається у чистих рідинах, тобто однокомпонентних рідких систем. Оскільки поверхневий натяг у них при незмінній температурі є величиною сталою, то зменшення поверхневої енергії відбувається за рахунок зменшення поверхні.

Зменшення поверхневої енергії Гіббса може відбуватися двома шляхами: або за рахунок зменшення поверхні ( $S$ ), або за рахунок зменшення поверхневого натягу ( $\sigma$ ). Перший шлях спостерігається у чистих рідинах, тобто однокомпонентних рідких систем. Оскільки поверхневий натяг у них при незмінній температурі є величиною сталою, то зменшення поверхневої енергії відбувається за рахунок зменшення поверхні.

Другий шлях зменшення енергії Гіббса – за рахунок зменшення поверхневого натягу – може мати місце в розчинах, тобто в двокомпонентних системах. При розчиненні в воді тих чи інших речовин відбувається зміна її поверхневого натягу. За характером впливу на поверхневий натяг речовини розподіляють на три групи. До першої групи належать ті з них, що зменшують поверхневий натяг води. Такі речовини називають поверхнево-активними (ПАР). До них відносяться карбонові кислоти, спирти, аміни. Речовини, які збільшують поверхневий натяг, називають поверхнево-інактивними (ПІР). До цього класу речовин, по відношенню до води, належать деякі сильні електроліти (неорганічні кислоти, основи, солі), а також сильнополярні органічні сполуки, такі як гліцерин тощо. Речовини, що не впливають на поверхневий натяг води, називають поверхнево-неактивними (ПНР). Так, додавання сахарози або деяких інших вуглеводів до води, залишає її поверхневий натяг незмінним.

Мірою здатності розчинених речовин змінювати поверхневий натяг рідини є поверхнева активність, що кількісно характеризує зміну поверхневого натягу при зміні



концентрації  $\left(-\frac{\Delta\sigma}{\Delta c}\right)$ . Для ПАР поверхнева активність  $-\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} > 0$ , для ПІР  $-\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} < 0$ , для ПНР  $-\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} = 0$ .

Поверхнева активність ПАР залежить від їх молекулярної маси. Згідно з правилом Дюкло-Траубе в гомологічному ряді карбонових кислот, спиртів, амінів при збільшенні довжини вуглеводного ланцюга на одну  $\text{CH}_2$ -групу поверхнева активність речовин збільшується в 3 – 3,5рази. Залежність поверхневого натягу від концентрації нижчих гомологів (до  $\text{C}_7 - \text{C}_8$ ) аліфатичних карбонових кислот, спиртів та ряду інших насичених сполук досить вдало описується емпіричним рівнянням Б.І. Шишковського:

$$\sigma_0 - \sigma = B \cdot \ln(1 + A \cdot c) \quad (7)$$

де  $\sigma_0$  – поверхневий натяг чистого розчинника;  $\sigma$  – поверхневий натяг розчину;  $B$  – константа для даного гомологічного ряду ПАР;  $A$  – величина, що характеризує зміну поверхневої активності в гомологічному ряді (за правилом Траубе);  $c$  – концентрація ПАР, моль/л.

При порівнянні будови молекули ПАР з будовою молекул ПІР та ПНР звертає на себе увагу така особливість молекул ПАР як дифільність, зумовлена наявністю в цих молекулах як гідрофільної частини – здатної до гідратації полярної групи ( $-\text{COOH}$ ,  $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$  тощо), так і гідрофобної частини – неполярного вуглеводного ланцюга. Саме через це, потрапивши у воду, молекули ПАР виштовхуються в поверхневий шар, орієнтуючись своїми полярними групами до води, а неполярними вуглеводневими радикалами – в бік повітря, внаслідок чого і відбувається зменшення поверхневого натягу.

Варто зазначити, що більшість з речовин, які входять до складу живого організму, є поверхневоактивними. Саме тому такі речовини, як наприклад, жирні кислоти, стероїди, що знаходяться в біологічних рідинах, накопичуються біля стінок судин, клітинних мембран, що полегшує їх проникність крізь ці мембрани.

Як було вже зазначено, гідрофобна (ліпофільна) частина природних ПАР складається з вуглеводного радикалу. Він може мати лінійну будову, при цьому кількість атомів карбону в ньому має бути не меншою, ніж дванадцять. З іншого боку, це може бути поліциклічний радикал стероїдного ряду. Останнє спостерігається у жовчних кислот, які внаслідок своєї високої поверхневої активності виступають як емульгатори жирів і таким чином сприяють засвоєнню жирів організмом.

Гідрофільна частина природних ПАР містить в собі полярний залишок кислоти (фосфатної, сульфатної, карбонатної). В білкових ПАР гідрофільну функцію виконує амонійний іон або сахаридний залишок.

В залежності від здатності до дисоціації ПАР можуть бути електролітами, або неелектролітами. Перші з них називають іоногенними ПАР, другі – неіоногенними ПАР. В свою чергу серед іоногенних ПАР розрізняють катіонактивні, аніонактивні та амфотерні. Цікаво знати, що катіонні та аніонні ПАР застосовують в хірургії як антисептики. Так, протимікробна дія четвертичних амонієвих сполук майже в 300 разів ефективніша за дію фенолу. Антисептичну дію ПАР прийнято пояснювати їх впливом на проникність клітинних мембран, а також інгібуючою дією на ферментативні системи мікроорганізмів.

Слід додати, що ПАР активно використовуються в фармацевтичній практиці як основи для приготування суппозиторіїв та мазей, як стабілізатори емульсій, а також як солюбілізатори. Приготування солюбілізованих препаратів жиророзчинних вітамінів,

гормонів та деяких інших лікарських речовин засноване на розчиненні органічних речовин у вуглеводневій частині міцел ПАР.

Як вже підкреслювалося, зменшення поверхневого натягу рідин при додаванні ПАР відбувається за рахунок їх накопичення в поверхневому шарі. Самовільний процес концентрування розчиненої речовини на межі поділу фаз називається адсорбцією. Адсорбцію характеризують кількістю речовини на одиниці площі поверхні  $\Gamma$ :

$$\Gamma = \frac{n}{S} \quad (8)$$

де  $n$  – кількість речовини (моль),  $S$  – площа поверхні ( $\text{м}^2$ ).

У 1878 році Гіббс вивів рівняння, що дозволяє визначити величину адсорбції при зміні поверхневого натягу та концентрації розчиненої речовини (рівняння Гіббса):

$$\Gamma = -\frac{C_p}{RT} \cdot \frac{\Delta\sigma}{\Delta C} \quad (9)$$

де  $\Gamma$  – величина адсорбції, моль/ $\text{м}^2$ ;  $C_p$  – рівноважна концентрація речовини, моль/л;  $-\frac{\Delta\sigma}{\Delta C}$  – поверхнева активність речовини;  $R$  – універсальна газова стала, що дорівнює 8,31 Дж/моль·К;  $T$  – абсолютна температура, К.

Розташування молекул ПАР на поверхні рідини змінюється при зміні їхньої концентрації у розчині. При малих концентраціях полярні групи ПАР занурені в полярну рідину, а вуглеводневі радикали майже “лежать” на поверхні (рис. 2). Із збільшенням концентрації ПАР ланцюги піднімаються і, як результат, при певній концентрації усі молекули ПАР набувають вертикальної орієнтації [4].

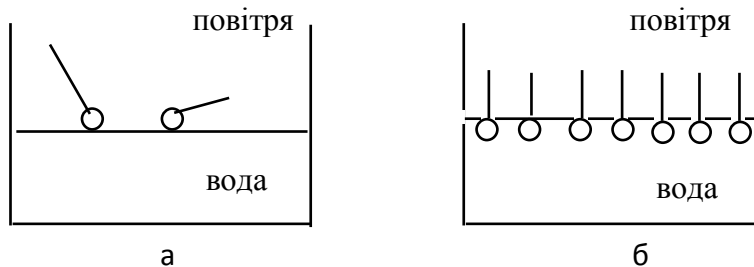


Рис. 2. Орієнтація молекул ПАР в ненасиченому (а) та насиченому (б) поверхневих шарах

Таким чином, молекули ПАР можуть утворювати на поверхні мономолекулярний шар (моношар) товщина якого дорівнює лінійному розміру (довжині) молекули – “частокіл Ленгмюра”. Таке заповнення поверхні відповідає максимальній, або граничній адсорбції  $\Gamma_{\max}$ , за якою можна знайти довжину молекули ( $l$ ) та площу її поперечного перерізу ( $S_0$ ), тобто площу, що займає на поверхні одна молекула ПАР.

Уявлення Ленгмюра щодо структури поверхневих шарів покладені в основу створення моделей біологічних мембран. Ліпіди фосфатиділхоліну дифільні, тобто мають гідрофільну групу, до якої приєднані гідрофобні вуглеводневі радикали.

Структура та функції біологічних мембран майбутніми лікарями вивчаються впродовж першого курсу у медичній хімії, медичній та біологічній фізиці [1, 9, 10] та гістології. Повного узгодження програм із природничих та фахово орієнтованих навчальних дисциплін досягнути важко, а іноді й неможливо, тому слід прагнути узгодження основного, принципово важливого матеріалу. Додаткові труднощі створюють також різні концептуальні підходи до побудови навчальних предметів,



термінологічні відмінності, система структурування у них навчального матеріалу, а також різні методологічні підходи до навчання.

Аналіз у історичному ракурсі дає змогу студентами зрозуміти методологію наукового пізнання без прив'язки до конкретної навчальної дисципліни і є важливим для встановлення системи міждисциплінарних зв'язків [3]. Між 1895 і 1902 роками Е. Овертон (1865-1933) виміряв проникність клітинної мембрани для великого числа сполук і показав пряму залежність між здатністю цих сполук проникати через мембрани і їх розчинністю в ліпідах. Це чітко вказувало, що саме ліпіди є головним будівельним матеріалом мембран. У 1902 році Ю. Бернштейн підтвердив цю гіпотезу на основі дослідження електричних властивостей живих клітин, а Гортер і Грендел у 1925 році екстрагували ліпіди з еритроцитів і виміряли площу мономолекулярної плівки ліпідів, що утворилася. На основі результатів цих досліджень було зроблено припущення, що ліпіди в мембрані розташовуються у вигляді бімолекулярного шару. Це припущення підтвердили своїми дослідженнями Коул і Кертіс у 1935 р., а саме: високий електричний опір, приблизно  $10^7$  Ом/м<sup>2</sup> і велика електроємність  $0,5 \cdot 10^{-2}$  Ф/м<sup>2</sup>.

Які ж властивості ліпідів забезпечують їхню здатність до самоагрегації у водному розчині і, як наслідок, утворення мембранних структур? Насамперед, молекули ліпідів є амфільними (дифільними, амфипатичними – різні автори використовують різні терміни з одного синонімічного ряду): вони мають гідрофільну полярну головку, до якої приєднані ( один або два) гідрофобні хвости, що складаються з вуглеводневих радикалів.

Якщо такі ліпіди потрапляють у воду, спонтанно утворюється структури товщиною 4 – 5нм, в якій гідрофільні групи повернуті до водного середовища, а гідрофобні вуглеводневі радикали розташовуються, створюючи безводну ліпідну фазу (рис. 3). Клітинні мембрани являють собою подвійний шар ліпідів саме такого типу. Вони містять в собі гліколіпіди, холестерол та фосфоліпіди. Гідрофільна частина гліколіпідів утворена олігосахаридами. Варто зазначити, що лише дволанцюгові дифільні ліпідні молекули здатні утворювати плоскі бімолекулярні шари(рис. 3б). Одноланцюгові дифільні молекули ліпідів мають тенденцію до утворення глобулярних структур в водному середовищі (рис. 3 в), у мембрані такі молекули утворюють гідрофільні пори. Іонізуюче виромінювання посилює процеси перекисного окиснення ліпідів, внаслідок чого зростає кількість одноланцюгових дифільних молекул ліпідів, а значить, сприяє утворенню пор і змінює проникність мембрани. Це і є одним з механізмів ураження клітини радіоактивним випромінюванням.

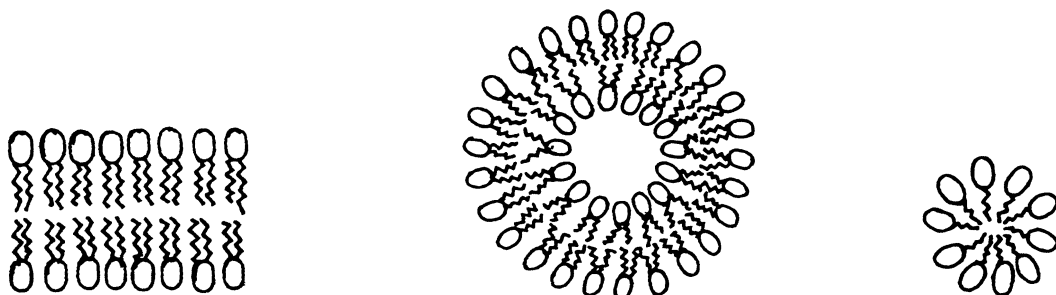


Рис. 3. Самовільно утворені фосфоліпідами структури у водному розчині  
 а) ліпідний бішар; б) везикула (ліпосома); в) міцела

Подвійний ліпідний шар містить в собі також білкові молекули. Це дало підстави Даніеллі і Давсону в 1935 році розробити так звану "бутербродну" модель біологічних мембран, яка з деякими неістотними змінами протрималася в впродовж майже 40

років. Згідно з їхніми припущеннями поверхні мембрани з обох боків вкриті суцільним шаром білків.

На сьогодні в науці домінує рідкокристалічна модель С.Сінгера та Дж Нікольсена, згідно з якою мембрана має властивості притаманні як твердим тілам так і рідинам. Одні з білків пронизують мембрану наскрізь – від її зовнішньої до внутрішньої поверхні, а інші адсорбуються на обох поверхнях мембрани, орієнтуючись таким чином, щоб їх гідрофобні групи були занурені у ліпідний шар, а полярні гідрофільні групи – у водну фазу (рис. 4).

Більшість з білків, що розташовуються на зовнішній поверхні мембрани – це глікопротеїни, які містять в собі гідрофільні сахаридні групи. Саме ці групи і повернуті в бік позаклітинного середовища (рис. 4).

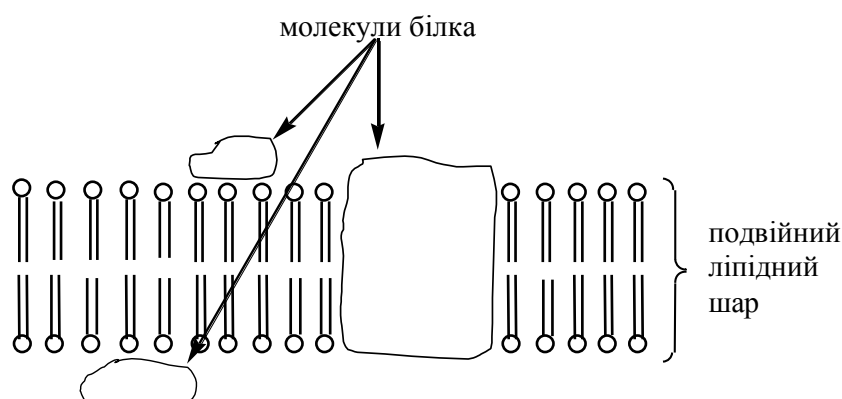


Рис. 4. Схематичне зображення мембрани

**Висновки.** Цілісний підхід до всього навчального матеріалу дає можливість встановити значущість природничо-наукових дисциплін і виокремити чинники, котрі забезпечують цілісність системи підготовки майбутніх спеціалістів, а саме: збалансований у часі й ієрархічній послідовності навчальний план; єдність інтерпретації категоріально-поняттєвого апарату; наступність у формуванні знань та умінь; структурне забезпечення оптимального поєднання теоретичного, емпіричного та прикладного застосування знань та умінь; чітку й строгую структурованість навчального матеріалу, поетапність оволодіння знаннями.

Сильний фундаментальний компонент, підкріплений міждисциплінарними зв'язками, здатний забезпечити дієвість знань на довготривалу перспективу і сформувані такі важливі у фаховій діяльності риси, як вміння швидко оволодівати новою інформацією, проявляти мобільність при зміні парадигм в обраній спеціальності.

#### Список використаних джерел

1. Антонов В.Ф., Черниш А.М., Пасечник В.И и др. Биопфизика: Учеб. для висш. учеб. заведений. – М.:ВЛАДОС, 2009. – 288 с.
2. Калита В. М., Стучинська Н. В. Фізика для учнів загальноосвітніх навчальних закладів та абітурієнтів. – К.: Книга плюс, 2003. – 280 с.
3. Козловська І.М. Теоретико-методологічні аспекти інтеграції знань учнів професійно-технічної школи: Дидактичні основи: Монографія / За ред. С.У. Гончаренка. – Львів: Світ, 1999. – 302 с.
4. Медична хімія / [Калібабчук В.О., Чекман І.С., Галинська В.І. та ін.]; за ред. проф. В.О. Калібабчук. – К. : ВСВ Медицина, 2013. – 336 с.

5. Мороз А.С. Медична хімія / А.С. Мороз, Д.Д. Луцевич, Л.П. Яворська; – Вінниця, „Нова книга”, 2006. – 775с.
6. Медична хімія. Типова програма нормативної навчальної дисципліни для студентів вищих медичних закладів освіти України III – IV рівнів акредитації складена для спеціальностей „Лікувальна справа” 7.12010001, „Педіатрія” 7.12010002, „Медико-профілактична справа” 7.12010003 на пряму підготовки 1101 “Медицина” / [В.О. Калібабчук, В.І. Галинська, Г.М. Зайцева, Т.А. Лисенко]. – К.: 2013. – 22 с.
7. Стучинська Н. В. Рідинні кристали – основа медичної біофізики // Серія: Педагогічні науки. – Херсон: Айлант, 2000. – Вип. 15. – С. 219–224.
8. Стучинська Н. В. Вивчення дисциплін фізико-математичного циклу у медичних університетах: відбір змісту та структурування навчального матеріалу // Молодь і ринок. – № 4 (19). – 2006. – С. 38–45.
9. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика: Учебник для студ. вузов, - Х.: Золотые страницы, 2003.- 704 с.: ил.
10. Чалий О. В., Агапов Б. Т., Меленевська А. В., Радченко Н. Ф., Стучинська Н. В., Цехмістер Я. В. Медична і біологічна фізика: Підручник для студентів вищих медичних навчальних закладів освіти III та IV рівнів акредитації – Вінниця.: Нова книга, 2014. – 415 с.; Т. II. – К.: ВІПОЛ, 2001. – 400 с.

***Анотація. Стучинська Н.В., Лисенко Т.А. Формування предметних компетентностей з фізики та хімії при вивченні поверхневих явищ та їх ролі в біологічних процесах***

*Робота присвячена проблемі інтеграції знань з фізики та хімії у процесі вивчення поверхневих явищ у системі медичної освіти. Визначені основні змістові лінії теми та показана їх роль у процесі формування фахових компетентностей майбутнього лікаря. Проаналізовані підходи до забезпечення цілісності знань майбутніх спеціалістів, єдності інтерпретації основних положень, узгодження категоріально-понятійного апарату та збалансованості навчального плану.*

***Ключові слова:*** медична та біологічна фізика, медична хімія, інтеграція знань, компетентісний підхід, поверхневі явища, біологічні мембрани.

***Аннотация. Стучинская Н.В., Лысенко Т.А. Формирование предметных компетенций по физике и химии при изучении поверхностных явлений и их роль в биологических процессах***

*Работа посвящена проблеме интеграции знаний по физике и химии в процессе изучения поверхностных явлений в системе медицинского образования. Определены основные смысловые линии темы и показана их роль в процессе формирования профессиональных компетенций будущего врача. Проанализированы подходы к обеспечению целостности знаний будущих специалистов, единства интерпретации основных положений, согласования категориально-понятийного аппарата и сбалансированности учебного плана.*

***Ключевые слова:*** медицинская и биологическая физика, медицинская химия, интеграция знаний, компетентный подход, поверхностные явления, биологические мембраны.

***Abstract. Stuchynska N.V., Lysenko T.A. Formation of subject competencies in physics and chemistry in the study of surface phenomena and their role in biological processes.***

*Work is devoted to the integration of knowledge of physics and chemistry during the study of surface phenomena in medical education. The main concepts of topics and their role in the formation of professional competencies of a future doctor are defined in this work. Also, the approaches to ensure the integrity of the knowledge of future specialists, unity of the interpretation of main concepts, concordance of the categorical-conceptual apparatus and balanced curriculum are analyzed.*

**Key words:** *medical and biological physics, medical chemistry, knowledge integration, competence approach, surface phenomena, biological membranes.*