

Наталія Стучинська, кандидат фізико-математичних наук, доцент
Національного медичного університету
імені О.О. Богомольця
м. Київ

ІНТЕГРОВАНІ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВІ ДИСЦИПЛІНИ В КОНТЕКСТІ ЄДНОСТІ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ТА ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ЛІКАРІВ

Стаття присвячена проблемі інтеграції фундаментальної і фахової підготовки майбутніх лікарів при вивченні фізико-математичних дисциплін. Розглядаються можливості конструювання змісту інтегрованої навчальної дисципліни “Медична та біологічна фізика” в контексті єдності фундаментальної та фахової підготовки.

Постановка проблеми. Особливості засвоєння знань вимагають чіткого розуміння структури навчальної дисципліни. В науковій та науково-методичній літературі проблема побудови логіко-дидактичної структури інтегрованих природничо-наукових навчальних дисциплін практично не висвітлена.

Метою статті є дидактичне обґрунтування змісту навчального матеріалу інтегрованої дисципліни “Медична та біологічна фізика” на основі принципу єдності фундаментальної та фахової підготовки майбутніх лікарів.

Виклад основного матеріалу. Психологічні дослідження засвідчують: доки конкретні знання, окремі факти не будуть співвіднесені із загальною структурою наукового знання, вони не можуть бути засвоєні міцно й на тривалий час. Розуміння ж структури можливе лише за умови знання найважливіших законів та принципів відповідної наукової галузі. Це означає, що навчальний матеріал, відібраний за чіткими критеріями, повинен подаватися так, щоб у свідомості студента вибудовувалися повні й чіткі уявлення про структуру науки, на якій базується дана навчальна дисципліна, про її основні закони та методи дослідження. Першоосновою формування логіко-дидактичної структури навчальної дисципліни є визначення базової системи методологічних принципів організації її наукового знання. З цією метою здебільшого використовують методи системного аналізу конкретної наукової теорії, яка лежить в основі навчальної дисципліни. Однак велика кількість навчальних дисциплін інтегрована на базі суміжних наукових галузей. Наприклад, “Медична та біологічна фізика” є інтегрованим курсом, який базується як мінімум на трьох фундаментальних дисциплінах – загальній фізиці, біофізиці, вищій математиці. Основу названого курсу скла-

дає також медична фізика, яку наразі частіше розглядають не як самостійну наукову галузь, а як прикладний розділ чи то загальної [4, 5, 6] чи біологічної [1] фізики. Оскільки курс є інтегрованою навчальною дисципліною, цілком логічно виникає питання, структуру якої з наукових галузей взяти за основу, щоб не зруйнувати цілісність знань, забезпечити їх усвідомлене застосування у фаховій діяльності? Теоретична побудова та моделі біофізики базуються на фізичних поняттях енергії, сили, типів взаємодій, термодинаміки, а також на статистичних закономірностях. Традиційно біофізику поділяють на молекулярну, біофізику клітини та біофізику складних систем. Беручи за основу структуру біофізики, логічною є така схема структурування навчального матеріалу: клітина → орган → система органів. Такий підхід відповідає концепції екземплярності, яка розробляється понад півстоліття в США і передбачає детальне вивчення окремих “екземплярів”. “Аналітичний розгляд окремих сторін дійсності забезпечується предметною структурою навчального плану, розчленуванням предмету на теми, які відповідають структурним підрозділам об’єкта” [3, 185]. Однак практична реалізація такого підходу породжує низку проблем. Вивчення практично будь-якого розділу біологічної фізики неможливе без знань курсу загальної фізики – знань шкільного курсу фізики недостатньо навіть за умови поглибленого профільного вивчення. Недостатньо для вивчення даного курсу і знань з шкільного курсу математики. Хоча програма середньої школи передбачає вивчення основ інтегрального та диференціального числення, а також елементів математичної статистики та теорії ймовірностей, однак, у середній школі не вивчаються поняття диференціала, частинні похідні та частинні диференціали, невизначений інтеграл,

ІНТЕГРОВАНІ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВІ ДИСЦИПЛІНИ В КОНТЕКСТІ ЄДНОСТІ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ТА ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ЛІКАРІВ

диференціальні рівняння, закони розподілу випадкових величин. Ці знання можуть надаватися у міру необхідності перед (або паралельно з) кожним розділом; або невід'ємною складовою навчальної дисципліни має бути вища математика, а також розділи загальної фізики: механіка, молекулярна фізика, електродинаміка, оптика, атомна фізика та квантова механіка.

Систематичний виклад навчального матеріалу передбачає належний рівень теоретичної підготовки із фізики та вищої математики. Цей рівень можна забезпечити завдяки двоступеневій побудові курсу: перший етап – загальна фізика та вища математика, другий – медична та біологічна фізика. Можливий і інший варіант: перший етап – вища математика, загальна фізика, медична фізика; другий – біологічна фізика. Аналогічна до першого варіанта схема реалізується в освіті США: передумовою отримання медичної освіти є бакалаврат за природничою спеціальністю класичного університету, де студенти і оволодівають знаннями з вищої математики та загальної фізики; в медичному університеті надаються фахово орієнтовані знання, що належать до галузі біологічної та медичної фізики [2]. Невелика кількість годин – їх традиційно менше двохсот – практично унеможливує реалізацію таких підходів у системі вітчизняної медичної освіти.

При побудові дидактичної системи ми виходили з того, що методика вивчення фізичних дисциплін у медичних університетах, має свою специфіку, що зумовлена особливостями використання фізичних знань у фаховій діяльності. Для майбутнього фахівця-фізика визначальною є фізична суть явищ, тому навчальні дисципліни структуруються відповідно до основних фізичних теорій. У медичній освіті пріоритетом є об'єкт дослідження – людина. На нашу думку, курс має бути структурованим на основі такого ключового поняття, як *живий організм* – його характеристики, фізичні методи їх дослідження, дослідження впливу фізичних чинників на організм, аналіз можливостей використання фізичних методів з діагностичною та лікувальною метою [7]. Такий підхід, слугуючи відправною точкою у системі конструювання навчальної дисципліни “Медична та біологічна фізика”, дасть змогу сформувати загальну структуру навчальної дисципліни, обґрунтувати, виокремити, осмислити деякий каркас фундаментальних знань з дотримання традиційної для класичного курсу загальної фізики структури – механіка, молекулярна фізика та термодинаміка, електродинаміка, оптика, квантова фізика (рис.1). Цей каркас поступово та логічно обростатиме новою інформацією, фіксуватиме її та

закріплюватиме внутрішньо- та міжпредметними зв'язками.

Сам факт відповідності структури курсів “Медична та біологічна фізика” і “Загальна фізика” є досить важливим, оскільки фізика втілює основні риси “ідеальної” наукової дисципліни: за ступенем логічності структури, строгості, концептуально-змістовим аспектом, методологічними основами побудови теоретичного знання. Тому така побудова сприятиме дотриманню чіткої та логічної структури, забезпечуватиме цілісність курсу і сприятиме формуванню цілісної наукової картини світу. Однак відповідність структури курсу не означає механічне її перенесення, особливо з огляду на вагомі здобутки, яких досягла медична та біологічна фізика за останні десятиліття, а також зважаючи на трансформації відповідної навчальної дисципліни на сучасному етапі.

Пропонований у нашому дослідженні підхід до конструювання інтегрованого природничо-наукового курсу відповідає принципу науковості, який є визначальним при конструюванні змісту навчальної дисципліни. Безумовно, зміст та структура навчальної дисципліни і відповідної наукової галузі мають істотні відмінності, що зумовлені, насамперед, завданнями, які вони покликані виконувати: головне завдання наукової галузі – продукування нових знань, а характер та структура навчальної дисципліни великою мірою визначається дидактичною системою, яка забезпечує ефективність її вивчення. Схематично формування дидактичної моделі навчального матеріалу показано на рис. 2.

У нашому дослідженні обґрунтована доцільність виокремлення у змістових модулях інтегрованої навчальної дисципліни “Медична та біологічна фізика” трирівневої ієрархічної структури. Цю структуру складають: базове фізичне ядро, яке містить головні логічні елементи фізичних теорій та категоріально-понятійний апарат і є інваріантною складовою; варіативна оболонка, у якій зосереджена інформація про найважливіші застосування наукових теорій у медицині, біології, фізіології, аналіз можливостей отримання важливої у практичній медицині інформації, аналіз впливу зовнішніх фізичних факторів на живі організми, можливості використання такого впливу з лікувальною та діагностичною метою; третя складова – операційний блок, орієнтований на формування конкретних функцій практичної діяльності майбутніх фахівців (рис. 3). Таким чином, у кожному відрізку навчального матеріалу предметні знання фундаментальних законів та закономірностей фізики складають інваріантну частину (ядро),

ІНТЕГРОВАНІ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВІ ДИСЦИПЛІНИ В КОНТЕКСТІ ЄДНОСТІ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ТА ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ЛІКАРІВ

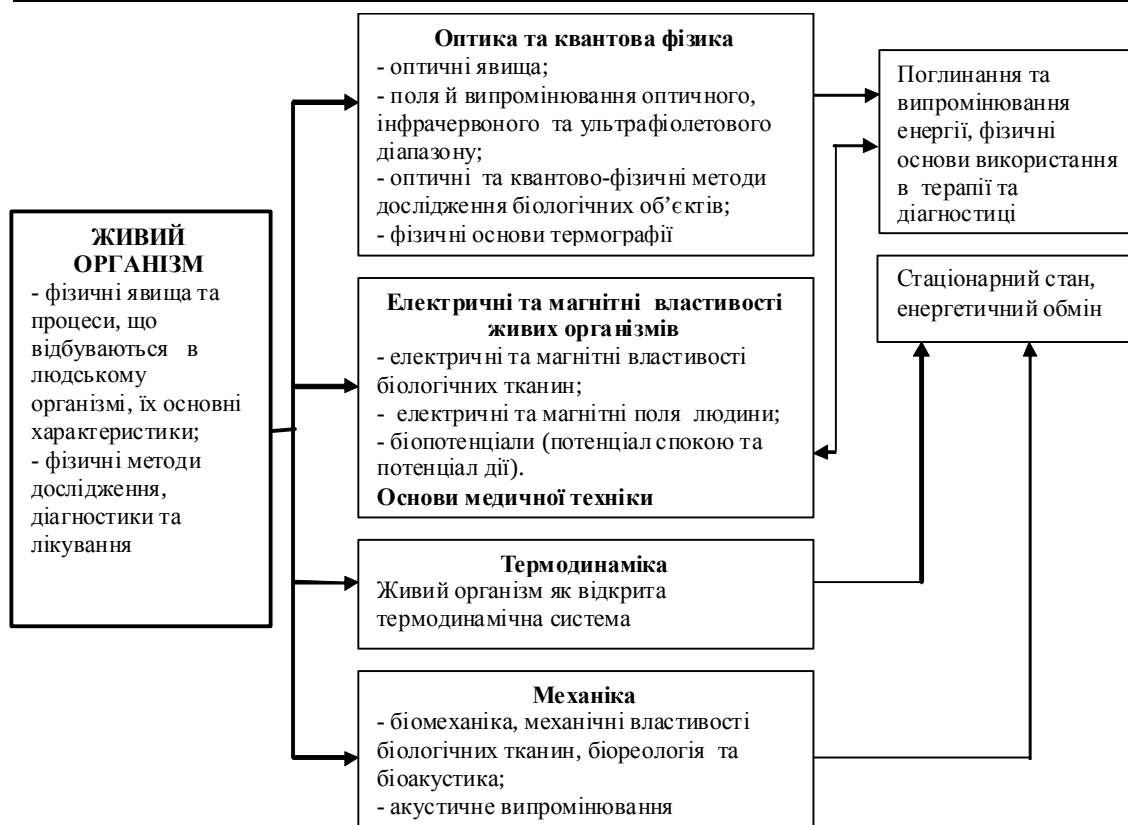


Рис. 1. Структурна схема вивчення фізичних властивостей біологічних об'єктів

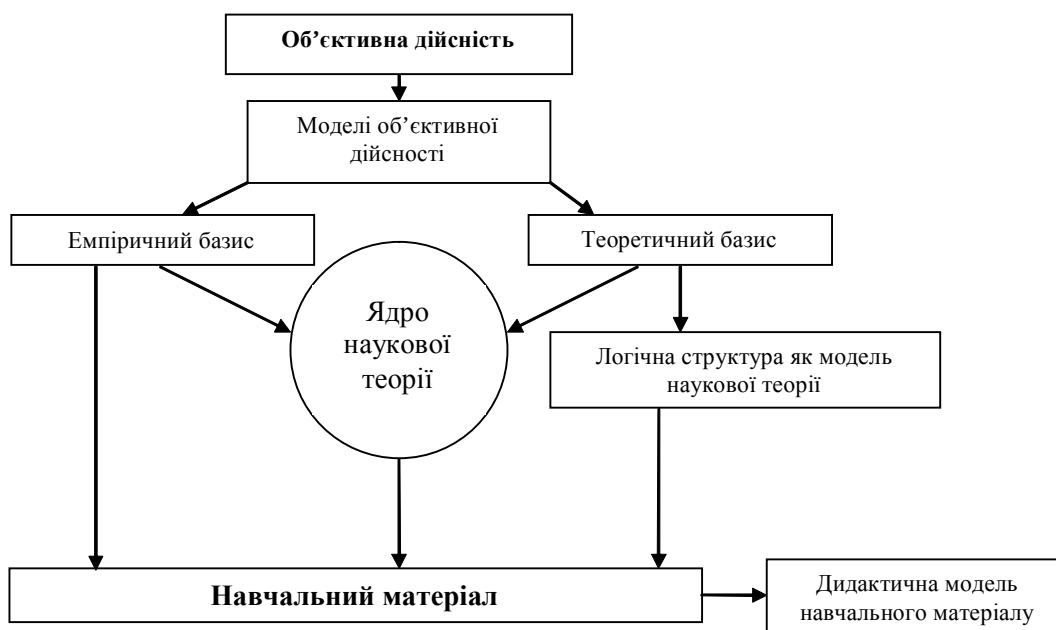


Рис. 2. Формування дидактичної моделі навчального матеріалу

фахово зорієнтовані знання – варіативну оболонку.

Розглянемо конкретний приклад – формування дидактичної моделі теми “Основи гемодинаміки”, яка є частиною змістового модуля “Біоре-

ологія та гемодинаміка” (рис. 4.). Фізичною основою гемодинаміки є гідродинаміка. При вивченні гемодинаміки спираємося на знання, отримані з шкільного курсу фізики: поняття тиску, закон Паскаля, залежність тиску в рідині від швид-

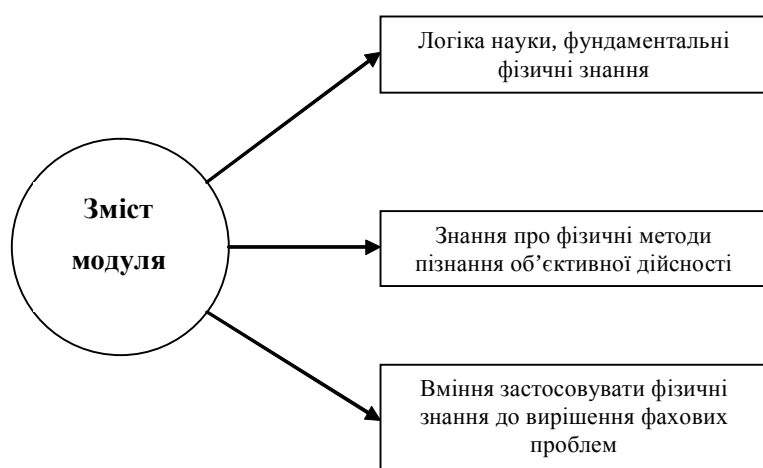


Рис. 3. Структурна схема змістового модуля

оскільки кровоносна система складається саме з таких елементів. Тому з доведенням даємо формулу Пуазейля і аналізуємо розподіл швидкостей реальної рідини по перерізу трубки, формулу Гагена-Пуазейля, поняття гідравлічного опору.

Важливим для медика є знання обмежень при застосуванні фізичних законів. Так, практично всі закони, про які йшлося, справедливі лише для ламінарних потоків реальної ньютонівської рідини. Принци-

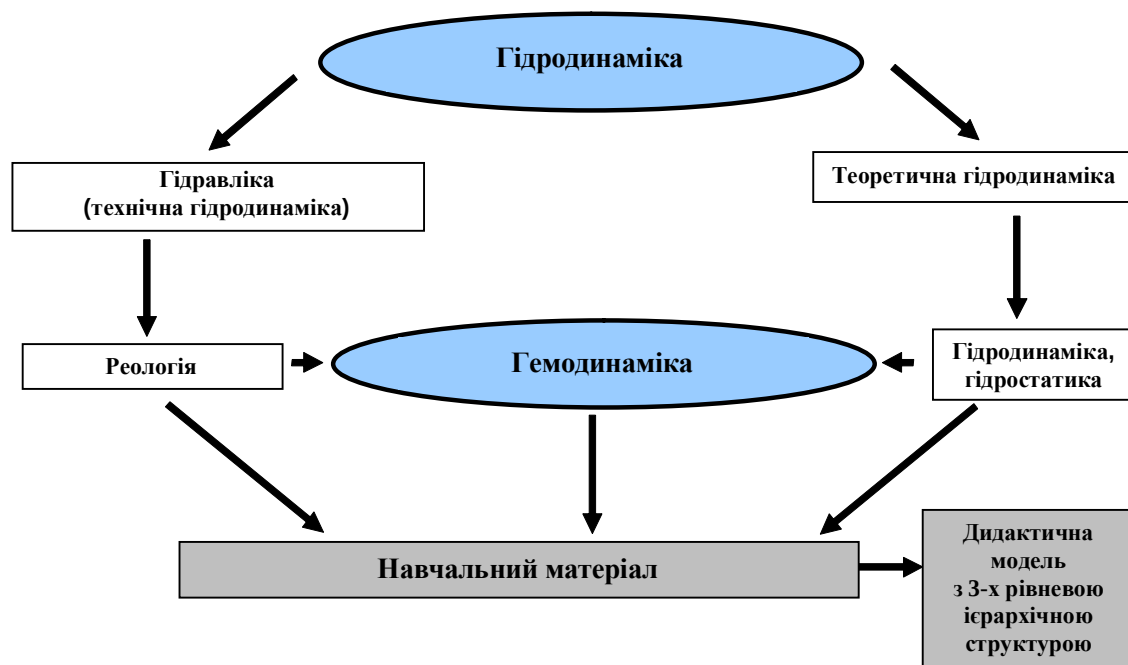


Рис. 4. Схема формування гемодинаміки як наукового розділу медичної та біологічної фізики

кості її течії, та біології: будова кровоносної системи, насосна функція серця тощо. Ці знання доцільно актуалізувати при зрізному тестуванні, яке проводимо перед вивченням кожного з модулів.

Інваріантне ядро фундаментальних фізичних знань в рамках цього відрізка навчального матеріалу складають такі основні відомості та закони: поняття про лінії та трубки течії, ідеальну та реальну рідини, лінійну та об'ємну швидкість, рівняння безперервності течії, формула Ньютона для сили тертя при русі реальної рідини, в'язкість (для студентів-медиків важливо дати не лише поняття в'язкості, а й відносної та кінематичної в'язкості), поняття про ламінарну та турбулентну течії, число Рейнольдса. Особливу увагу звертаємо на рух рідини по трубках круглого перерізу,

повою є відмінність у складових систем, що розглядає гідро- та гемодинаміка (табл.1). Як відомо, аорта розгалужується на артерії, артерії на артеріоли, артеріоли на капіляри. При кожному розгалуженні зменшується діаметр окремих судин, але збільшується сумарна площа поперечного перерізу судин відповідного типу. Сумарна площа просвіту капілярів у 500 – 600 разів більша, ніж у аорти. Тому, відповідно до рівняння нерозривності струменя, швидкість крові в аорті приблизно в 500 – 600 разів більша, ніж у капілярах. Капіляри об'єднуються у вени, сумарна площа поперечного перерізу яких зменшується, що зумовлює збільшення швидкості в цій ділянці кровоносної системи. Плазму крові вважають ньютонівською рідиною, попри деякі відхилення від

ІНТЕГРОВАНІ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВІ ДИСЦИПЛІНИ В КОНТЕКСТІ ЄДНОСТІ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ТА ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ЛІКАРІВ

властивостей ньютонівських рідин через вміст великих білкових молекул. В'язкість плазми 1,9 – 2,4 мПа·с. Дослідження залежності в'язкості крові від швидкості деформації зсуву (градієнта швидкості) свідчать про те, що кров не є ньютонівською рідиною. При великих градієнтах швидкості (наприклад, в артеріальних судинах) в'язкість крові наближається до в'язкості води, при малих значеннях швидкості деформації зсуву в'язкість у п'ять і більше разів перевищує в'язкість води. Кров за своїм складом гетерогенна, і її в'язкість залежить від концентрації формених елементів, яку традиційно виражають через показник гематокриту He , що дорівнює відносному об'єму формених елементів у крові. Залежність в'язкості крові від гематокриту можна наближено описати емпіричною формулою $h = h_0 e^{2He}$, де h_0 – в'язкість плазми. У великих судинах еритроцити утворюють агрегати (монетні стовпчики), розміри яких у десятки разів перевищують розміри самих еритроцитів. При збільшенні градієнта швидкості та зменшенні діаметра кровоносних судин монетні стовпчики руйнуються, і в'язкість крові зменшується. Зменшення швидкості крові в судинах малого діаметра (меншого за 500 мкм) називають ефектом Фареуса – Ліндквіста. При протіканні неньютонівської рідини спостерігається відхилення від параболического розподілу швидкості по перерізу трубки (рис.5).

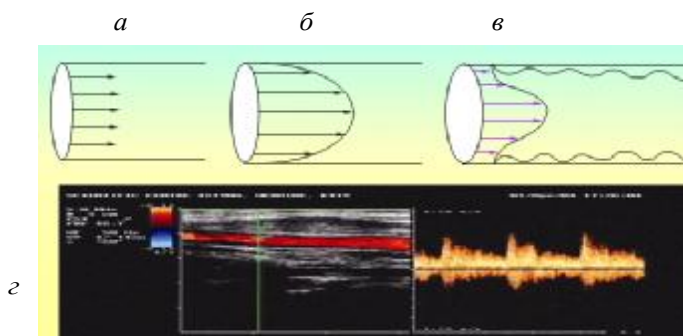


Рис. 5. Розподіл швидкостей течії по перерізу трубки: а – ідеальна рідина; б – реальна ньютонівська рідина; в – реальна неньютонівська рідина за умови підвищеного тертя з боку стінки. Внизу – результати вимірювання розподілу швидкостей за допомогою доплерографії

Наявність капілярного русла як складової кровоносної системи, залежність в'язкості крові від характеру течії, змінність параметрів кровоносних судин впродовж кардіоциклу, авторегуляторні механізми відрізняють кровоносну систему від об'єктів, які досліджує гідродинаміка (табл.1).

При формуванні варіативної оболонки врахо-

вуємо, що сучасний рівень медицини потребує від лікарів різного профілю (лікарів УЗД, функціональної діагностики, нейрохірургів, судинних хірургів) ґрунтовних знань фізичних основ гемодинаміки та можливостей неінвазивного дослідження судинного русла. У клінічній практиці дослідження судинної системи проводять з метою вивчення реологічних властивостей судин, оцінювання структури судин, вивчення функціональної активності серця, дослідження перфузії в органах та тканинах, аналізі тиску в судинній системі. Студенти мають бачити, що за формулою Пуазейля об'ємна швидкість течії прямо пропорційна до R^4 , а різниця тисків обернено пропорційна до R^4 за умови, що $Q = \text{const}$, тобто навіть незначні зміни радіусу судини викликають істотні зміни у кровопостачанні органів та кров'яному тиску. Саме тому природні механізми нервової та гуморальної регуляції кров'яного тиску, а також дія лікарських препаратів, які нормалізують тиск, спрямовані саме на зміни просвіту судин. У розглянутому операційний блок, орієнтований на формування конкретних функцій практичної діяльності майбутніх фахівців, містить інформацію про методи (у тому числі й клінічні) вимірювання в'язкості крові, артеріального тиску (реєстрація шумів Короткова, що виникають при турбулентній течії крові у плечовій артерії), чинники, що зумовлюють зміну в'язкості і їх прояви при різних захворюваннях (поліцитемія, анемія, туберкульоз тощо).

Професійно зорієнтовані знання мають важливе методологічне значення, оскільки вони показують, яким чином фундаментальні фізичні закони можуть бути застосовані до розв'язання прикладних проблем. Їх роль є важливою і з огляду на забезпечення належної мотиваційної підтримки.

Пропонований підхід зміщує акценти на структурно-функціональний метод пізнання, сприяючи тим самим більш глибокому та всебічному вивченню структурних елементів, полегшуючи засвоєння та інтеграцію всього комплексу фундаментальних та фахово спрямованих прикладних знань. При розробці методичної системи, яка базується на інтеграції фундаментальної

та фахової підготовки, ми домагалися такого конструювання змістових модулів, щоб кожен із них мав як горизонтальні (між дисциплінами одного циклу підготовки), так і вертикальні (між дисциплінами різних циклів) міжпредметні зв'язки. Схема реалізації таких зв'язків для змістового модуля “Фізичні основи електрографії” показана на рис. 6.

Таблиця 1

Відмінність параметрів об'єктів, що досліджуються в гемо- та гідродинаміці		
Параметр	Гідродинаміка	Гемодинаміка
Трубка	Жорстка, гладенька	В'язко-еластична; параметри змінюються в просторі та часі (геометричні розміри, проникність, модуль пружності)
Рідина	Реальна ньютонівська	Не ньютонівська
Гradient тиску вздовж трубки	$\text{grad}P=\text{const}$	Різний в різних елементах системи, періодично змінюється завдяки насосній функції серця, нервовій та гуморальній регуляції
Авторегуляторні механізми	Відсутні	Наявні
В'язкість рідини	Стала при $T=\text{const}$ Зменшується при підвищенні температури	Залежить від градієнта швидкості Збільшується при підвищенні температури
Елементи системи	Підвідні та відвідні трубки	З'являється третя ланка, капілярне русло

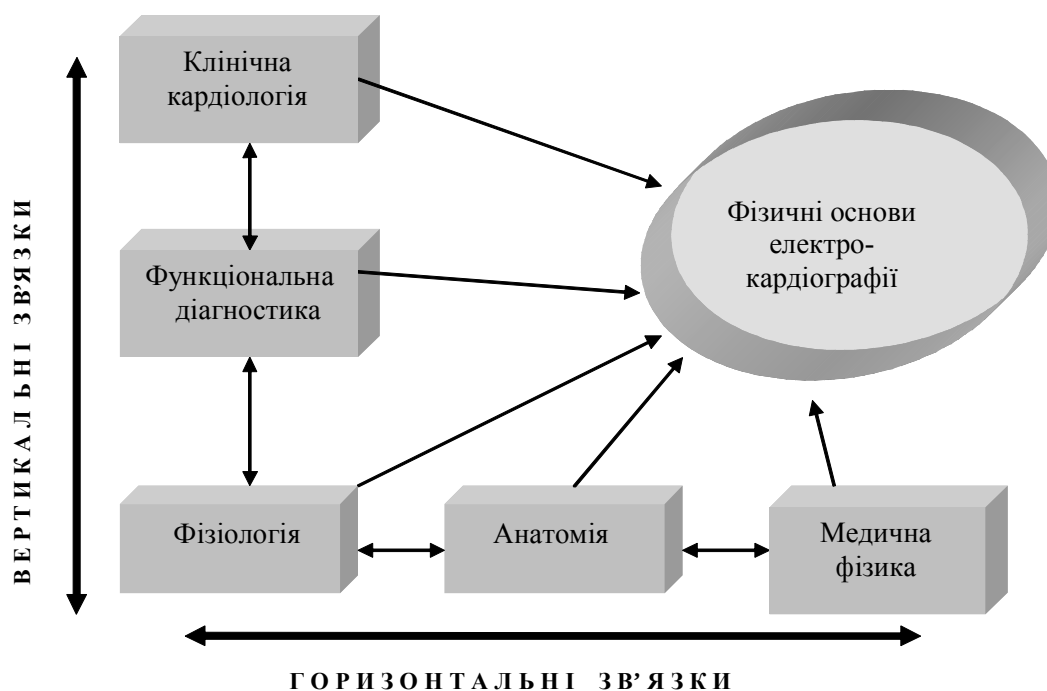


Рис. 6. Інтеграція фундаментальних знань по горизонталі та вертикалі

Посилення фахового компонента можна досягти за рахунок наближення сучасного професійного досвіду до навчального процесу. Це потребує активного використання ІКТ, імітаційного моделювання, статистичних методів аналізу, які поєднуються з глибокими фундаментальними знаннями. Наприклад, рис. 4 доповнено зображеннями, які отримані при дослідженнях руху рідини методом ультразвукової доплерографії. Це дає змогу при мінімальних затратах часу надати фахової спрямованості фундаментальним фізичним

знанням, які отримані при вивченні попередніх тем (механічні коливання та хвилі), повторюючи та закріплюючи їх, сприяючи внутрішньопредметній інтеграції курсу, а також уникати проблеми перевантаження студентів знаннями, які в переважній більшості не можуть бути використані у конкретних практичних ситуаціях, оскільки не встигають за змінам, що відбуваються в науці та клінічній медицині. При підборі навчальних задач першочергове значення надається таким, що вимагають використання знань з якомога більшої

