



УДК 378.14.015.62

## ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗНАТЬ ПРО РЕНТГЕНІВСЬКЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ В СТУДЕНТІВ ВИЩИХ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ

Стадніченко С.М., к. пед. н., доцент,  
старший викладач кафедри медико-біологічної фізики і інформатики  
ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»

У статті порушено проблему модернізації методики навчання медичній біофізиці. На основі структурно-логічного аналізу навчального матеріалу запропоновано ефективні методичні прийоми формування системи знань із теми «Рентгенівське випромінювання» для реалізації якісної фахової підготовки майбутніх лікарів у вищих медичних закладах. Здійснено спробу довести, що проектна технологія навчання створює умови для прояву активності студентів та розвитку їх здібностей, сприяє поглибленню і розширенню знань.

**Ключові слова:** методика навчання медичній біофізиці, проектна технологія навчання, структурно-логічний аналіз, узагальнення і систематизація знань, рентгенівське випромінювання, медицина.

В статті затронута проблема модернізації методики обучения медицинской биофизике. На основе структурно-логического анализа учебного материала предложены эффективные методические приемы формирования системы знаний по теме «Рентгеновское излучение» для реализации качественной профессиональной подготовки будущих врачей в высших медицинских заведениях. Сделана попытка доказать, что проектная технология обучения создает условия для проявления активности студентов и развития их способностей, способствует углублению и расширению знаний.

**Ключевые слова:** методика обучения медицинской биофизике, проектная технология обучения, структурно-логический анализ, обобщение и систематизация знаний, рентгеновское излучение, медицина.

Stadnichenko S.M. FORMATION OF THE HIGHER MEDICAL INSTITUTION STUDENTS' KNOWLEDGE SYSTEM ABOUT X-RAYS

This article is addressed to the problem of teaching methods modernisation of medical biophysics. The effective instructional techniques of forming of the system in students' knowledge on the issue «X-rays radiation» to realize high-quality professional training of future doctors in higher medical institutions is provided here being based on the structural and logical analysis of the educational material. An attempt is made to prove that the technology of the project learning creates the conditions for students to be proactive and develops their abilities, contributes to the knowledge expanding and deepening.

**Key words:** methods of Medical Biophysics teaching, project education technology, structural and logical analysis, generalization and systematization of knowledge, X-rays, medicine.

**Постановка проблеми.** Розбудова національної системи вищої освіти в сучасних умовах вимагає підвищення якості практико-орієнтованих знань, умінь і навичок студентів, формування їх ділових і особистісних якостей у відповідності до обраної професії. Нині на заняттях із природничих предметів у вищих медичних закладах студентам необхідно за мінімальну кількість навчальних годин опанувати достатній обсяг інформації з гарантією високої якості та цілісності засвоєння навчального матеріалу. Процес навчання потребує напруженої розумової роботи студента та його власної активної участі в цьому процесі. Постає завдання розробки методики вивчення медичної біофізики у відповідності до сучасних освітніх вимог із застосуванням інноваційних технологій навчання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Тема «Рентгенівське випромінювання та його застосування у медицині» розгля-

дається в працях О.В. Чалого, Я.В. Цехмістєрова, Б.Т. Агапова, Н.В. Стучинської, В.О. Тіманюка, О.М. Животової, О.М. Ремізова, В.Г. Лещенка, Г.К. Ілліча, Л.Ф. Ємчик та ін., проте ці праці стосуються переважно змістового компоненту навчального процесу. Залишаються відкритими проблеми реалізації принципів наступності й системності у вивченні фізики в середній і вищій школі. Історична послідовність розвитку рентгенології в Україні висвітлюється в працях В.С. Савчука, В.Г. Козирського, В.А. Шендеровського, Н.П. Форостяної, М.І. Пилипенка, Н.О. Артамонової, Н.О. Бусигіної, Т.О. Кисільової та ін. Питанню впровадження та реалізації проектної технології в навчальний процес загальноосвітніх шкіл та вузів присвячені публікації О.М. Пехоти, В.Д. Шарко, Н.В. Морзе, Є.С. Полат та ін.

**Постановка завдання.** Метою статті є визначення ефективних методичних рекомендацій формування системи знань



студентів із теми «Рентгенівське випромінювання» і розкриття можливостей удосконалення в навчальний процес із медичної біофізики проектної технології навчання, яка, на наш погляд, у більшій мірі, ніж традиційна, дозволяє підготувати студентів до самостійної пізнавальної діяльності, сформулювати комунікативні уміння, збагатити досвід творчої діяльності та сприяє реалізації якісної фахової підготовки майбутніх лікарів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Логіка вивчення кожного навчального предмету передбачає послідовне формування в студентів певної системи знань і способів дій із ними. Така система знань складається на основі встановлення внутріпредметних та міжпредметних зв'язків, що дозволяє студентам глибше і міцніше засвоювати навчальний матеріал, а викладачам – планувати аудиторну та позааудиторну діяльність.

За результатами проведення підсумкового тематичного та модульного контролю виявлено, що 26 % студентів зі спеціальності «Лікувальна справа», 32% – зі спеціальності «Педіатрія» не можуть виконувати завдання з теми «Рентгенівське випромінювання (РВ)». Найбільше труднощів студенти мають під час пояснення механізму виникнення РВ; процесів, що відбуваються в речовині внаслідок дії РВ; фізичного змісту рентгеноструктурного аналізу; закону поглинання РВ. Це пояснюється тим, що під час вивчення навчального матеріалу та розв'язування задач першокурсники не розуміють формул законів, визначень понять, які доцільно застосувати; не володіють математичним апаратом; не можуть використовувати узагальнені знання з фізики, які одержані в середніх навчальних закладах.

Згідно з опитуванням студентів 64% із них у середніх навчальних закладах навчалися за підручником академічного і профільного рівня [1], 23% – рівня стандарту [2], 13% – працювали з навчальною літературою інших авторів. У підручнику [1, с. 275] тема «РВ» запропонована тільки для поглибленого рівня навчання, але зміст навчального матеріалу відповідає рівню стандарту. За рівнем стандарту учні мають уявлення про електромагнітні хвилі, знають про факти відкриття РВ, механізм ініціювання РВ та поділ РВ на гальмівне і характеристичне, називають галузі застосування РВ, у тому числі визначення хімічного складу речовини за результатами вимірювань рентгенівських спектрів. Учні, що навчалися за підручником рівня стандарту [2, с. 218; 3, с. 213], додатково можуть пояснити природу виникнення РВ та

її дослідження (дослід Лауе), спектри РВ, застосування РВ у медицині. У підручнику академічного рівня [4, с. 290] надаються відомості про способи використання РВ: рентгеноспектральний аналіз, рентгеноструктурний аналіз, рентгенівська дефектоскопія, рентгенівська мікроскопія та ін.

Структурно-логічний аналіз змісту навчального матеріалу про РВ дозволяє стверджувати, що студенти, за умови повного засвоєння запропонованих знань, мають різний вхідний рівень знань, і це повинен враховувати викладач під час планування своєї навчально-методичної роботи. Актуалізація базових знань з шкільного курсу фізики перед поясненням нового матеріалу сприяє кращому розумінню теми «РВ» (табл. 1).

Проаналізувавши структуру підручників із медичної біофізики [5–9], ми прийшли до висновку, що в них ґрунтовно викладено фізичне трактування понять теми та застосування РВ у медицині. Проте за обсягом інформації та кількістю нових елементів знань навчальний матеріал складний для студентів. Застосування проектної технології навчання дозволяє активізувати пізнавальну діяльність та зменшити інформаційне навантаження на студентів у підготовці до практичного заняття.

Таблиця 1

Навчальний матеріал теми	Елементи знань на повторення
<i>Означення та властивості РВ</i>	Електромагнітна хвиля, електромагнітна шкала, фотолюмінесценція, іонізація речовини
<i>Будова рентгенівської трубки</i>	Анод, катод, електрон, явище термоелектронної емісії, теорія Максвелла, вектор магнітної індукції, напруженість електричного поля, квант РВ
<i>Спектри РВ</i>	Закон збереження енергії, енергія кванта, кінетична енергія електрона, робота електричного поля, внутрішня іонізація
<i>Взаємодія РВ</i>	Фотоефект, рівняння Ейнштейна
<i>Рентгеноструктурний аналіз</i>	Дифракція, дифракційна решітка

Знання з теми «РВ» першокурсники поглиблюють на лекції. Викладач має переконати студентів у практичній і теоретичній значущості цієї теми для подальшої професійної діяльності. Наприклад, прокоментувати студентам схему з міжпредметними зв'язками (рис. 1).



Осмислення і засвоєння знань, умінь і навичок ми відводимо на позааудиторну самостійну роботу студента на основі проектної технології, а закріплення і узагальнення – на час практичного заняття. Надання самостійності й творчості, можливості обирати напрямок досліджень згідно з власними інтересами сприяє мотивації пізнавальної активності, бажанню розширити світогляд через опанування невідомих аспектів теми.

Для кращого запам'ятовування означення РВ доцільно зосередити увагу студентів на шкалі електромагнітного випромінювання і акцентувати увагу, що РВ займає місце між ультрафіолетовим і  $\gamma$ -випромінюванням. Діапазони цих випромінювань частково перетинаються, тому в літературі по-різному вказують їх межі. Наприклад, пояснити, що перетин діапазонів РВ і  $\gamma$ -випромінювання пов'язаний із тим, що електромагнітні випромінювання класифікують за механізмом виникнення, а не за довжиною хвилі. Якщо мова йде про гальмування електронів у рентгенівській трубці або електронні переходи в атомах, то короткохвильове випромінювання є рентгенівським, якщо про внутрішні ядерні процеси –  $\gamma$ -випромінюванням.

Студенти вивчають РВ у кінці курсу медичної біофізики, тому ефективним методичним прийомом буде узагальнення знань на основі порівняння властивостей різного роду випромінюваних хвиль (шкала пружних, гравітаційно-капілярних та електромагнітних хвиль). Такий підхід є інформативним, дає змогу систематизувати набуті знання та наочно показати закономірності наукової картини світу [10, с. 245].

Під час пояснення принципу дії рентгенівської трубки, на нашу думку, доцільно глибше розкривати механізм виникнення

РВ. Результати аналізу навчально-методичної літератури [5–9] та практика викладання предмету показують, що в запропонованих поясненнях пропущені деякі елементи знань, що ускладнює розуміння навчального матеріалу студентами. У розробленій методиці вивчення теми ми пропонуємо наступне пояснення виникнення гальмівного РВ: катод з'єднують із джерелом низької напруги (8-12 В). Через проходження змінного електричного струму по спіралі катода вона нагрівається, а деякі її вільні електрони одержують додаткову енергію, якої достатньо, щоб залишити поверхню катода (*термоелектронна емісія*). За високої (анодної) напруги між катодом і анодом (50-300 кВ) електрони, що випускає нагрітий катод, прискорено рухаються до аноду і набувають великих швидкостей, а потім *різко гальмуються*, ударяючись у вольфрамову пластинку анода. Під час руху електрона виникає магнітне поле, індукція якого залежить від його швидкості. Під час гальмування електрона змінюється індукція магнітного поля і, згідно з *теорією Максвелла*, це зумовлює зміну електричного поля, яка, у свою чергу, призводить до зміни магнітного поля і т.д. Так збуджується електромагнітна хвиля, довжина якої тим менша, чим більша швидкість електрона до удару об перешкоду (чим різкіше електрон гальмуватиметься, тим швидше змінюватимуться вектори  $\vec{B}$  і  $\vec{E}$ , а хвиля буде коротшою (рис. 2)).

Незважаючи на детальний опис принципу дії рентгенівської трубки, студентам корисно задати уточнюючі запитання (або запропонувати пояснити виділені слова курсивом). Наприклад: 1. Питання для перевірки розуміння ініціювання РВ: Що таке *термоелектронна емісія*? Що відбувається



Рис. 1. Міжпредметні зв'язки теми «Рентгенівське випромінювання»



в момент удару електрона з анодом? Від чого залежить різкість гальмування електронів? Як теорія Максвелла пояснює виникнення електромагнітної хвилі? Приблизно який відсоток кінетичної енергії електрона переходить в енергію кванта РВ? 2. Питання для перевірки розуміння принципу роботи рентгенівської трубки як елемента медичної апаратури: які значення анодної напруги на рентгенівській трубці використовуються під час діагностики і терапії? Чому анод знаходиться під кутом до осі трубки? Чим покривають скісний торець анода? Більша частина кінетичної енергії електрона йде на нагрівання анода. Які заходи здійснюються для охолодження анода? Який струм (постійний чи змінний) використовується для живлення потужних рентгенівських трубок? Як регулюють значення струму, що проходить через трубку?

Як свідчить практика, в студентів є прогалини в знаннях про фотони і  $\gamma$ -кванти, тому під час пояснення цього навчального матеріалу доцільно повторити фізичний зміст цих понять.

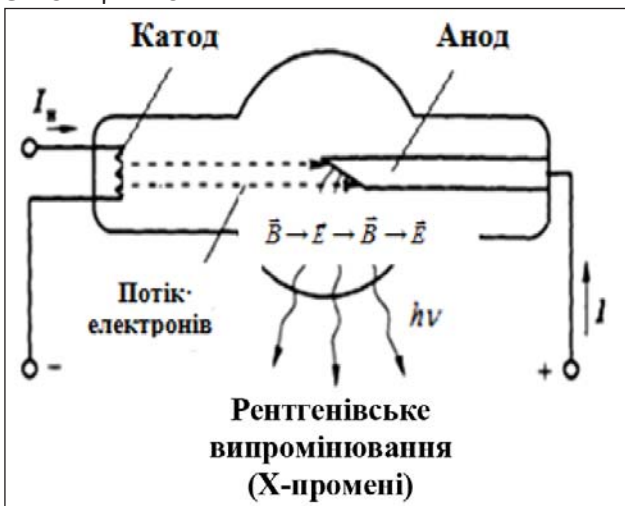


Рис. 2. Рентгенівська трубка

Під час вивчення графіку розподілу інтенсивності по неперервному спектру слід наголосити, що спектральний склад випромінювання залежить від значення напруги в рентгенівській трубці, рис. 3.1. Із підвищенням напруги зростає швидкість і енергія електронів, що рухаються до анода. Це спричинює різкіше гальмування швидких електронів і вибивання ними електронів із глибших орбіт атома анода. Внаслідок цього зменшується довжина хвилі РВ, і зростає жорсткість випромінювання.

У випадку зміни температури накалювання катода зростає емісія електронів, тому збільшується струм в трубці, але спектральний склад випромінювання не змінюється (рис. 3.2). Звернути увагу студентів, що в навчальних посібниках іноді вказують силу струму, а не температуру.

Для самостійної роботи студентів можна запропонувати вивчення спектрів РВ за допомогою Microsoft Excel [11].

Під час пояснення закону Мозлі – додати, що характеристичне РВ створюють атоми елементів із достатньо великим порядковим номером ( $Z$ ). Випромінювання виникає в момент переходів електронів між внутрішніми оболонками атомів анода з одного з верхніх рівнів на один із нижніх. Кількість таких переходів є обмеженою, і кожний із них спричинює випромінювання з певною довжиною хвилі. Цим пояснюється, що РВ, отримане таким чином, має лінійчатий спектр, характер якого залежить від речовини анода [5, с. 351].

Слід звернути увагу студентів на те, що спектри випромінювання оптичного діапазону обумовлені переходом валентних електронів із збуджених верхніх станів в їх основний стан. На відміну від оптичних спектрів, характеристичні рентгенівські спектри не залежать від хімічного оточення і для даного виду атомів вони завжди

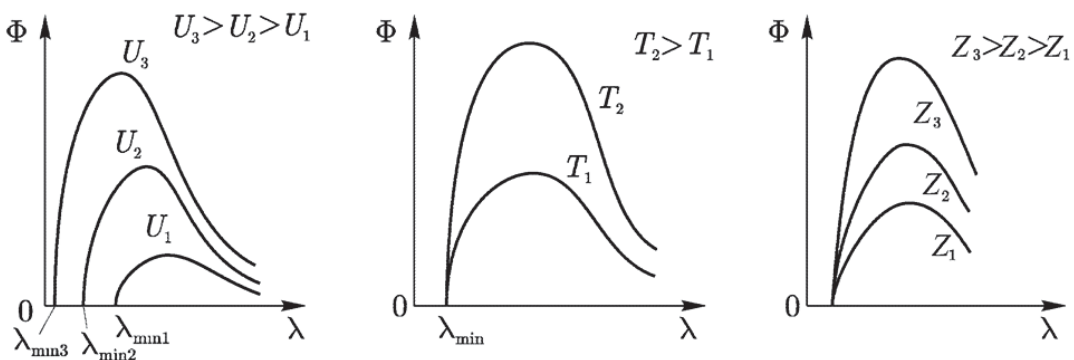


Рис. 3. Спектр гальмівного рентгенівського випромінювання:

1) за умови різної напруги в трубці; 2) за умови різної температури катода (струму в трубці); 3) за умови різних речовинах анода, що відрізняються параметром  $Z$  [9, с. 394]



однакові. Ця особливість становить основу рентгенівського спектрального аналізу, який дозволяє за частотами характеристичного випромінювання речовини визначити її елементний склад за формулою Мозлі. Послаблення потоку РВ речовиною відбувається внаслідок взаємодії РВ з електронними оболонками атомів речовини.

На нашу думку, наочність дає змогу краще зрозуміти навчальний матеріал [12, с. 16]. Під час пояснення механізмів взаємодії за допомогою ілюстрації ми виокремлюємо інформацію, про які електрони (внутрішні чи зовнішні оболонки) йде мова за умов різних взаємодій квантів РВ із речовиною.

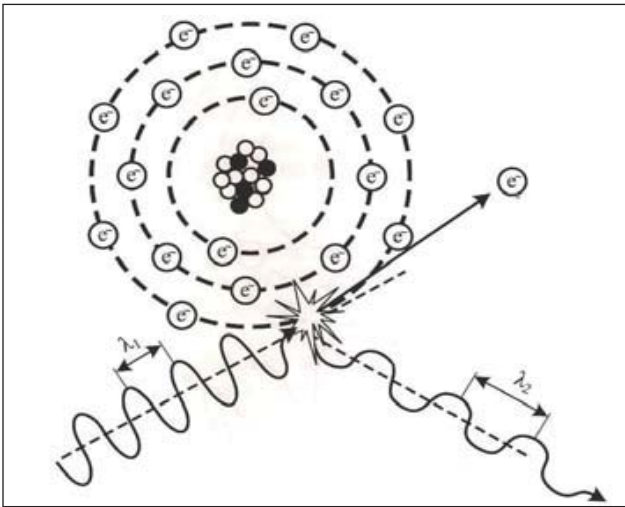


Рис. 4. Схема некогерентного розсіяння

На рис. 4 зображено некогерентне розсіяння (комптонівське розсіяння), на якому ми чітко зазначали, що у вторинного РВ  $\lambda_1 < \lambda_2$ , а за формулою  $\nu = \frac{c}{\lambda}$  слідує, що  $\nu_1 > \nu_2$ .

Для нашого дослідження певний інтерес мала класифікація проектів за домінуючим методом (дослідницькі, інформаційні, практико-орієнтовані), за кількістю учасників – групові [13]. Зміст діяльності під час роботи над навчальним проектом поділявся на етапи: організаційно-підготовчий, технологічний та узагальнюючий. На підготовчому етапі студенти розбивалися на групи професійного спрямування, для прикладу табл. 2. У групах обговорювалися назва проекту, його мета, основні проблеми теми, завдання дослідження та форми звітності своєї діяльності. Під час технологічного етапу викладач спостерігає, контролює, консультує, допомагає. Заключний етап – узагальнюючий. Студенти порівнювали виконаний проект із задуманим, усували недоліки, звітували на практичному занятті про виконану роботу. Викладач аналізує, консультує, слухає, приймає участь в оцінці проекту тощо. Спостереження за студентами, які виконували проекти, свідчать, що вони самостійно обирали спосіб представлення інформації, партнерів, питання теми, проявляли співробітництво.

На узагальнюючому практичному занятті група «Історики» доповнювала виступи інших груп історичними фактами. На нашу думку, перед розповіддю про природу рент-

Таблиця 2

Група	Питання теми	Форма звітності
Історики	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Відкриття РВ.</li> <li>2. Історична послідовність розвитку рентгенівських приладів діагностики та терапії.</li> <li>3. Розвиток рентгенології в Україні.</li> </ol>	Презентація
Фізики-теоретики	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Природа рентгенівських променів.</li> <li>2. Гальмівне РВ і характеристичне РВ.</li> <li>3. Фізичні основи використання РВ в медицині.</li> <li>4. Первинні фізичні механізми взаємодії РВ з речовиною (когерентне розсіяння, фотоефект, ефект Комптона).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Презентація.</li> <li>2. Графіки (спектри РВ за допомогою Microsoft Excel).</li> <li>3. Комп'ютерне моделювання механізмів взаємодії РВ з речовиною.</li> </ol>
Лікарі-рентгенологи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методи рентгенодіагностики (рентгеноскопія, флюорографія, рентгенографія, ангіографія, рентгенотелебачення, КТ та ін.).</li> <li>2. Рентгенотерапія.</li> <li>3. Рентгенохірургія.</li> <li>4. Променеві навантаження при рентгенодіагностиці і рентгенотерапії.</li> <li>5. Проблеми ризику, пов'язаного із дією РВ.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Таблиця тканинних доз за рентгенологічних обстежень.</li> <li>2. Рисунки або відеофрагменти щодо технічних основ роботи КТ і методики дослідження.</li> <li>3. Фото та відеофільм екскурсії в діагностичний центр (або відеофільм з мережі Інтернет).</li> </ol>
Фармацевти (лаборанти)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рентгенівський структурний аналіз в медико-біологічних дослідженнях.</li> </ol>	Презентація
Експерти	Готують запитання та задачі з теми	Буклети із завданнями



генівських променів доцільно коротко повідомити про відкриття РВ, досліди Лауе (1912), праці Пулюя. Перед виступом групи «Рентгенологи» цікавим є повідомлення про історичну послідовність становлення рентгенології та відомих лікарів минулого в Україні. Громадськість університетських міст була досить детально і своєчасно проінформована про відкриття В.К. Рентгена, що дало значний науковий поштовх, а вчені на українських територіях (Г.Г. Де-Метц, О.К. Погорелко, О.К. Белоусов, М.Д. Пильчиков та ін.) активно включилися у світовий процес вивчення Х-променів. Формування першого покоління крупних фахівців із медичної рентгенології в Лівобережній Україні (С.П. Григор'єв, Ю.О. Гольдингер, Л.В. Орлов, А.Ю. Штернман, В.Ф. Берві) відбувалося досить повільно, вирішальну роль на цьому шляху відігравав значний ентузіазм лікарів, їх цілеспрямованість, технічні та організаторські здібності. Значний вклад у розвиток в Україні медичної рентгенології як окремої медичної дисципліни за часів радянської влади зробили українські рентгенологи: професори Г.О. Хармандар'ян (репресований) та Н.М. Безчинська (перша жінка – доктор наук з медичної рентгенології в Україні), Я.Б. Войташевський, Я.Л. Шик, П.А. Тально-Гринцевич та ін. [14].

Група «Фізики-теоретики» доповідала теоретичні питання теми. Результат діяльності студенти подавали у вигляді статті,

реферату, презентації з гіпертекстом, доповіді. Виступи можуть супроводжуватися графіками, отриманими на основі вивчення спектрів РВ за допомогою Microsoft Excel [11], комп'ютерними моделями механізмів взаємодії РВ з речовиною.

Група «Рентгенологи» найбільше приділяла увагу методам рентгеновської діагностики, терапії і хірургії. Наприклад: методи рентгенотерапії (табл. 3). Із таблиці студенти мають зробити висновок, що, змінюючи напруження на рентгеновській трубці, можна генерувати РВ різної проникаючої здатності [15, с. 69].

Завдання, які готують студенти групи «Експерти», мають бути проблемного характеру, а у випадку неповної відповіді – ними доповнена. Наприклад, питання групі «Рентгенологи»: яким чином можна регулювати жорсткість РВ, яке дає трубка? Чому жорстке РВ більш шкідливе за біологічною дією, ніж м'яке? Чи відрізняються зображення під час рентгеноскопії і рентгенографії? Які переваги і недоліки цих методів діагностики? Порівняйте фізичні принципи і можливості ультразвукової і рентгеновської діагностики, назвіть їх переваги і недоліки. Які принципи і можливості рентгеновської КТ? У чому різниця між рентгеновською КТ і МРТ? У чому проявляється перевага спірального КТ-сканування? Які способи зниження дози опромінення пацієнта під час рентгенодіагностики? Як проявляється суттєва соматична дія РВ?

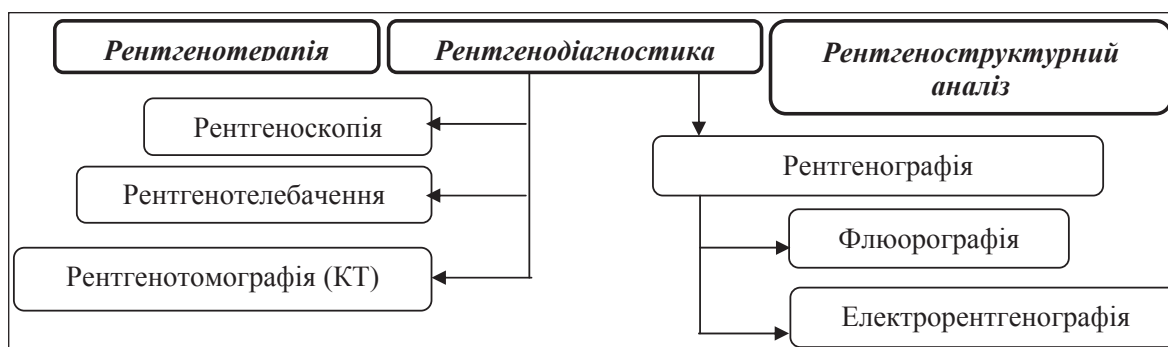


Рис. 5. Схема підрозділів рентгенології

Таблиця 3

Методи рентгенотерапії			
Далекодистанційна рентгенотерапія		Близькодистанційна рентгенотерапія	
Поверхнева (опромінення осередку ураження на глибині до 1 см від поверхні)	$U = 100-120 \text{ кВ}$	на глибині до 1 см від поверхні шкіри; опромінення злоякісних пухлин (меланом шкіри, рак шкіри і губи I і II стадії та ін.)	$U = 60 \text{ кВ}$ Разова доза 2–4 Гр Сумарна доза 60–75 Гр
напівглибока (до 3 см)	$U = 140-160 \text{ кВ}$		
глибока (до 5 см)	$U = 200-230 \text{ кВ}$	терапія ультрам'яким РВ – шкіра та слизові оболонки до 1,5 мм; лікування поверхневих запальних процесів (екзема, дерматити).	$U = 10-25 \text{ кВ}$



Аналізуючи схему про рентгенодіагностику (рис. 5), слід наголосити, що під час рентгеноскопії, коли лікар тривалий час розглядає зображення на люмінесцентно-

му екрані, відбувається значне променеве навантаження на організм, а під час рентгенографії час експозиції для одержання рентгенівської світлин складає частини

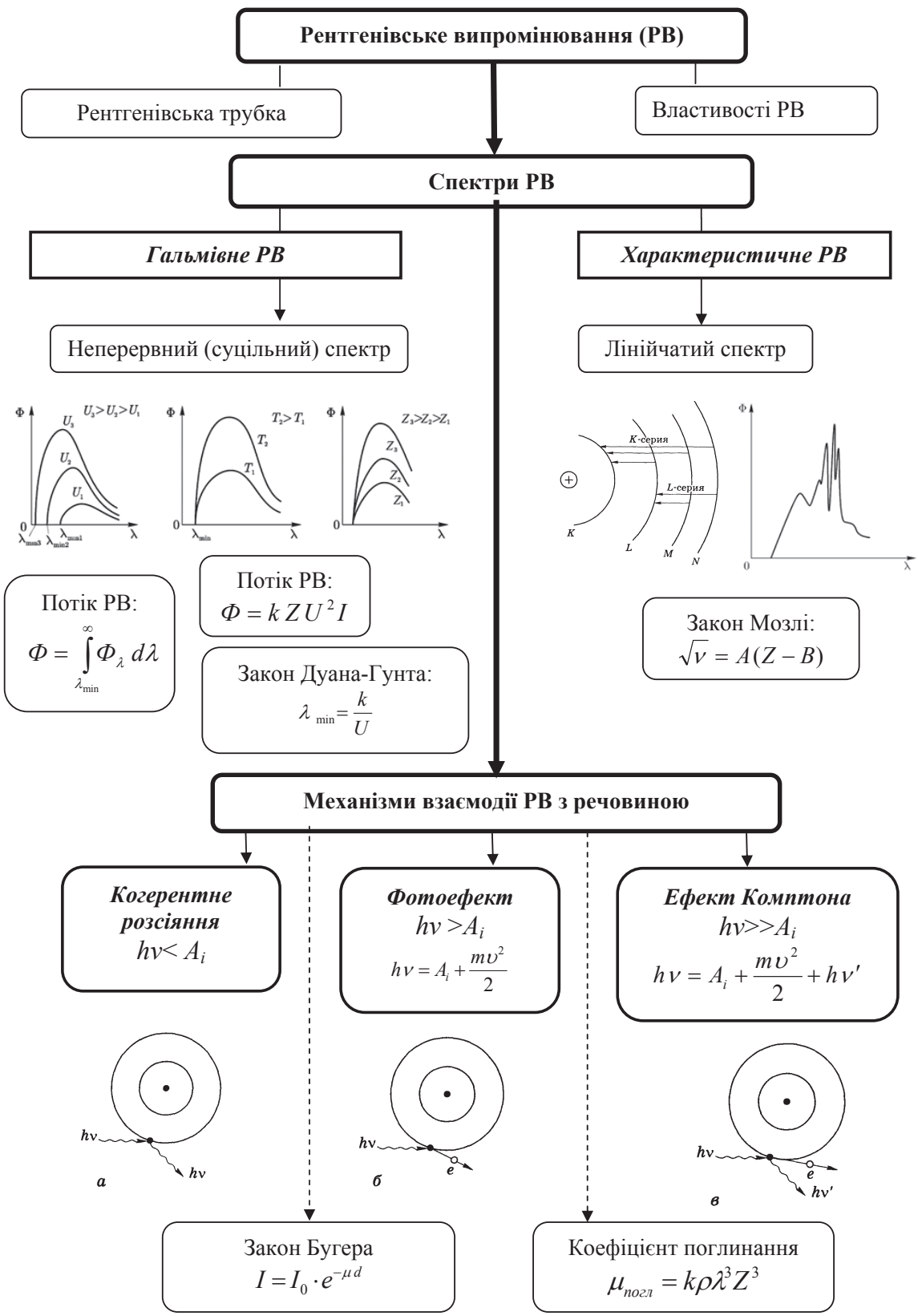


Рис. 6. Структурно-логічна схема до теми «Рентгенівське випромінювання»



секунди, тому променева навантаження в сотні разів менше. Суттєве зниження дози опромінення досягається за рахунок застосування підсилювачів рентгенівського зображення, телевізійних систем, чутливих датчиків і цифрових методів опрацювання зображень.

Завершити заняття пропонуємо узагальненням знань на основі структурно-логічної схеми до теми [16, с. 250], рис. 6, або таблиці «Електромагнітне випромінювання: дія на біологічні об'єкти і застосування в медицині» [8, с. 503].

**Висновки.** Встановлено, що удосконалити зміст навчального матеріалу теми «РВ» можна за такими основними напрямками: пояснення системи знань про РВ на основі системно-структурного та історико-методологічного підходів; застосування фундаментальних ідей під час формування елементів знань теми; інтеграція знань природничо-наукового циклу; досягнення та практичні впровадження нових наукових знань про РВ і його застосування в медицині. З'ясовано, що застосування проектної технології у вивченні медичної біофізики сприяє розвитку в студентів проєктувальних, конструкторських, гностичних, комунікативних, організаційних умінь, актуальних для подальшої професійної діяльності. Недоліки: займає багато часу підготовки, вимагає від викладача відповідної підготовки.

Подальші перспективи дослідження вбачаємо в розробці курсу дистанційного навчання до даної теми.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бар'яхтар В.Г. Фізика. 11 клас. Академічний рівень. Профільний рівень / В.Г. Бар'яхтар, Ф.Я. Божинова, М.М. Кірюхін, О.О. Кірюхіна. – Х. : Ранок, 2011. – 320 с.
2. Сиротюк В.Д. Фізика: [підруч. для 11 кл. (рівень стандарту)] / [В.Д. Сиротюк, В.І. Баштовий]. – Харків : Сидія, 2011. – 304 с.
3. Коршак Є.В. Фізика : [підруч. для 11 кл. (рівень стандарту)] / [Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, В.Ф. Савченко]. – К. : Генеза, 2011. – 256 с.
4. Засекіна Т.М. Фізика : [підруч. для 11 кл. (академічний рівень, профільний рівень)] / [Т.М. Засекіна, Д.О. Засекін]. – Харків : Сидія, 2011. – 336 с.
5. Ємчик Л.Ф. Основи біологічної фізики і медична апаратура : [підручник] / [Л.Ф. Ємчик]. – К. : ВСВ «Медицина», 214. – 392 с.
6. Медична і біологічна фізика : [підруч. для студ.] / [О.В. Чалий, Б.Т. Агапов, Я.В. Цехмістер та ін.] ; за ред. О.В. Чалого. – К. : Книга плюс, 2005. – 760 с.
7. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : [учеб. для вузов] / [А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко]. – М. : Дрофа, 2010. – 558 с.
8. Тиманюк В.А. Биофизика : [учеб. для студентов вузов] / [В.А. Тиманюк, Е.Н. Животова]. – К. : Изд-во НФАУ, 2003. – 704 с.
9. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики с элементами реабилитологии. Лекции и семинары : [учеб. пособие.] / [В.Н. Федорова, Л.А. Степанова] – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 624 с.
10. Садовий М.І. Становлення та розвиток фундаментальних ідей дискретності та неперервності у курсі фізики середньої школи / М.І. Садовий. – Кіровоград : Принт-Імідж, 2001. – 396 с.
11. Кобзар О.О. Вивчення спектрів рентгенівського та теплового випромінювання за допомогою Microsoft Excel / О.О. Кобзар, О.Б. Суцов // Наукові записки. – Вип.82. – Серія : Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2009. – Ч. 2. – С. 41–45.
12. Bazika D.A. Radiation Medicine / D.A. Bazika, H.V. Kulinich, M.I. Pylypenko. – K. : ВСВ «Медицина», 2013. – 224 с.
13. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования : [учеб. пособие для студ. пед. вузов и системы повыш. квалиф. пед. кадров] / [Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркин, М.В. Моисеева, А.Е. Петров] ; под ред. Е.С. Полат. – М. : издательский центр «Академия», 2000. – 272 с.
14. Кисільова Т.О. Становлення і розвиток медичної рентгенології : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. істор. наук : спец. 07.00.07 «Історія науки і техніки» / Т.О. Кисільова. – Харків, 2015. – 21 с.
15. Ковальський О.В. Радіологія. Променева діагностика / О.В. Ковальський, Д.С. Мечев, В.П. Данилевич. – Вінниця : Нова Книга, 2013. – 512 с.
16. Стадніченко С.М. Сучасне трактування ролі начочності при формуванні знань з медичної біофізики / С.М. Стадніченко // Вища освіта України. – 2014. – Т. II. – Вип. 3(54) – С. 250–258.