

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Волинський національний університет імені Лесі Українки**

**Факультет (інститут) Навчально-науковий медичний інститут**

**Кафедра Фізичної терапії та ерготерапії**

**СИЛАБУС**

вибірковій навчальній дисципліні

**Медична та біологічна фізика**

(назва дисципліни)

**підготовки бакалавра (на базі повної загальної середньої освіти)**

(назва освітнього рівня)

**спеціальності 227 «Фізична терапія, ерготерапія»**

(шифр і назва спеціальності)

**освітньо-професійної програми 227 Фізична терапія, ерготерапія**

**(назва освітньо-професійної освітньо-наукової)**

**Силабус навчальної дисципліни «МЕДИЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ФІЗИКА»** підготовки бакалавра, галузі знань 22 «Охорона здоров'я», спеціальності 227 «Фізична терапія, ерготерапія», за освітньою програмою 227 Фізична терапія, ерготерапія.

**Розробник:** Абрамчук О.М., кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин ВНУ імені Лесі Українки

**Силабус навчальної дисципліни затверджено на засіданні кафедри фізичної терапії та ерготерапії**

протокол № 6 від 29.01.2021 р.

Завідувач кафедри:  ( Андрійчук О. Я. )

## I. Опис навчальної дисципліни

Для студентів денної форми навчання, бакалавр, галузі знань 22 «Охорона здоров'я», спеціальності 227 «Фізична терапія, ерготерапія», освітньо-професійної програми «Фізична терапія, ерготерапія»

| Найменування показників          | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь   | Характеристика навчальної дисципліни |
|----------------------------------|---|--------------------------------------|
| Денна форма навчання             | 22 «Охорона здоров'я»<br>227 «Фізична терапія, ерготерапія»<br>«Фізична терапія, ерготерапія»<br>Бакалавр | <b>Вибіркова</b>                     |
| Кількість годин/кредитів<br>90/3 |   | Рік навчання 2-й                     |
| ІНДЗ: <u>немає</u>               |   | Семестр 4-ий                         |
|                                  |   | Лекції 20 год.                       |
|                                  |   | Лабораторні 26 год.                  |
|                                  |   | Самостійна робота 38 год.            |
|                                  |   | Консультації 6 год.                  |
|                                  | Форма контролю: залік   |                                      |
| Мова навчання - українська       |   |                                      |

## II. Інформація про викладача

ППП Абрамчук Ольга Миколаївна  
Науковий ступінь кандидат біологічних наук  
Вчене звання доцент кафедри фізіології людини і тварин  
Посада доцент кафедри фізіології людини і тварин  
Контактна інформація т. (0332) 24-99-47, e-mail: [Abramchuk.Olha@vnu.edu.ua](mailto:Abramchuk.Olha@vnu.edu.ua)  
Дні занять <http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi?n=700>

## III. Опис дисципліни

**Анотація курсу.** Навчальна дисципліна «Медична та біологічна фізика» надає студентам, які готуються за першим (бакалаврським) рівнем галузі знань 22 «Охорона здоров'я», спеціальності 227 «Фізична терапія, ерготерапія», знання, навички та компетенції щодо явищ живої природи, які відбуваються на усіх рівнях її організації, починаючи від молекул і клітин та закінчуючи біосферою в цілому; механізмів дії зовнішніх полів на організм людини, які лежать в основі функціонування сучасної електронної медичної апаратури та визначають головні принципи її роботи і використання. Основні розділи дисципліни «Медична та біологічна фізика» для студентів є наступними: біологічна фізика (фізичні властивості біомембран, іонний транспорт крізь мембранні структури, електричні мембранні потенціали спокою та дії), медична фізика (медична електронна апаратура у діагностиці та терапії, медичне застосування основних фізичних законів разом з гемодинамікою і біореологією, оптичні та квантово-механічні методи, дія іонізуючого випромінювання на людину, основи дозиметрії іонізуючого випромінювання, тощо).

### 3. Мета і завдання навчальної дисципліни

**Метою викладання** навчальної дисципліни «Медична і біологічна фізика» є: формування у студентів системи знань про базові фізичні принципи та підходи до

дослідження процесів у живій природі, фізико-технічні принципи функціонування медичних пристроїв, використання математичних методів в біомедичних дослідженнях, які складають основу предметних компетентностей з медичної та біологічної фізики і є невід'ємною складовою професійної компетентності майбутнього фахівця галузі охорони здоров'я.

**Основними завданнями** є знати загальні фізичні та біофізичні закономірності, що лежать в основі процесів, які відбуваються в організмі людини; характеристики фізичних зовнішніх факторів, що впливають на організм людини, та біофізичні механізми цих впливів; призначення та принципи роботи електронної медичної апаратури, техніку безпеки при роботі з нею. вміти: проводити математичну і комп'ютерну обробку медико-біологічної інформації; користуватися медичною апаратурою, що застосовується в діагностиці, електростимуляції та фізіотерапії (зокрема, в електрокардіографії, реографії, імпеданс-плетизмографії, аудіометрії, оптичних та квантово-механічних приладах і системах, приладах радіометричного та дозиметричного контролю.

#### **4. Результати навчання**

ЗК 7. Здатність працювати з фаховою інформацією.

ЗК 8. Здатність навчатися, здійснювати особистий професійний розвиток та впроваджувати знання у практичну діяльність.

ЗК 10. Здатність працювати з фаховою інформацією. 8. Здатність навчатися, здійснювати особистий професійний розвиток та впроваджувати знання у практичну діяльність.

ФК 2. Здатність аналізувати будову, нормальний та індивідуальний розвиток людського організму та його рухові функції.

ФК 3. Здатність розуміти та пояснювати патологічні процеси, які піддаються корекції заходами фізичної терапії, ерготерапії.

ФК 7. Здатність аналізувати, вибирати і трактувати отриману інформацію.

ПР 4. Здатність застосовувати методи й інструменти оцінки/діагностики для вимірювання структурних змін та порушених функцій організму, трактувати отриману інформацію, демонструючи доказове прийняття рішень.

ПР 8. Здатність ефективно провадити професійну діяльність, застосовуючи сучасні науково-доказові дані.

ПР 10. Здатність до безпечного та ефективного використання пристроїв, приладів та обладнання для проведення реабілітаційних заходів; пристроїв та обладнання для контролю основних життєвих показників пацієнта; технічних допоміжних засобів пересування та самообслуговування.

#### **5. Структура навчальної дисципліни**

Для студентів денної форми навчання, бакалавр, галузі знань 22 «Охорона здоров'я», спеціальності 227 «Фізична терапія, ерготерапія», освітньо-професійної програми «Фізична терапія, ерготерапія»

| Назви змістових модулів і тем                        | Кількість годин |              |        |       |           | Форма контролю*/<br>Бали |
|--|-----------------|--------------|--------|-------|-----------|--------------------------|
|  | Усього          | у тому числі |        |       |           |                          |
|  |                 | Лек.         | Лб. р. | Конс. | Сам. роб. |                          |
| 1  | 2               | 3            | 4      | 5     | 6         | 7                        |
| <b>Змістовий модуль 1. Основи біологічної фізики</b> |                 |              |        |       |           |                          |
| <b>Тема 1.</b> Основні принципи                      | 8               | 1            | 2      | 1     | 4         |                          |

|   |    |    |    |   |    |                |
|---|----|----|----|---|----|----------------|
| біомеханіки   |    |    |    |   |    | ДС/ 3          |
| <b>Тема 2.</b> Термодинамічний метод вивчення медико-біологічних систем. Термодинаміка відкритих систем.  | 6  | 2  | 2  |   | 2  | ДС, Т/3        |
| <b>Тема 3.</b> Біофізика мембран. Мембранний транспорт  | 7  | 2  | 2  | 1 | 2  | ДС, Т/3        |
| <b>Тема 4.</b> Біопотенціали. Медична біофізика м'язів  | 6  | 1  | 2  | 1 | 2  | ДС, Т/2        |
| <b>Тема 5.</b> Медична біофізика дихання  | 5  | 1  | 2  |   | 2  | ДС, Т/2        |
| <b>Тема 6.</b> Основи біореології. Фізичні та біофізичні основи реографії.  | 8  | 1  | 2  | 1 | 4  | ДС, Т/3        |
| Разом за змістовим модулем 1  | 40 | 8  | 12 | 4 | 16 | 16             |
| <b>Змістовий модуль 2. Основи медичної фізики</b>   |    |    |    |   |    |                |
| <b>Тема 7.</b> Медична біофізика у фізичній реабілітації. Загальна характеристика і класифікація електронних медичних приладів.                             | 7  | 2  | 2  | 1 | 2  | ДС, Т, /4      |
| <b>Тема 8.</b> Поняття про електрографію органів і тканин. Фізичні та біофізичні основи електрокардіографії.  | 8  | 2  | 2  |   | 4  | ДС, Т /3       |
| <b>Тема 9.</b> Магнітне поле та його характеристики. Електромагнітні коливання і хвилі у біологічних середовищах. Дія електромагнітного поля на біооб'єкти. | 6  | 2  | 2  |   | 2  | ДС, Т/3        |
| <b>Тема 10.</b> Медична біофізика органів чуття   | 9  | 2  | 2  | 1 | 4  | ДС, Т, /4      |
| <b>Тема 11.</b> Теплове випромінювання і застосування його в медицині та фізичній реабілітації  | 5  | 1  | 2  |   | 2  | ДС, Т, /3      |
| <b>Тема 12.</b> Індуковане випромінювання. Лазери, їх використання в медицині.  | 8  | 2  | 2  |   | 4  | ДС, Т, /3      |
| <b>Тема 13.</b> Іонізуюче випромінювання. Рентгенівські промені. Радіоактивність та її застосування в медицині.   | 7  | 1  | 2  |   | 4  | ДС, Т, /4      |
| Разом за змістовим модулем 2  | 50 | 12 | 14 | 2 | 22 | 24             |
| <b>Види підсумкових робіт</b>   |    |    |    |   |    | Бал            |
| Модульна контрольна робота №1   |    |    |    |   |    | МКР/КР, Т, /30 |
| Модульна контрольна робота №2   |    |    |    |   |    | МКР/КР, Т, /30 |
| <b>Всього годин/балів</b>   | 90 | 20 | 26 | 6 | 38 | 100            |

**Форма контролю\*:** ДС – дискусія, Т – тести, МКР/КР – модульна контрольна робота/ контрольна робота.

## 6. Завдання для самостійного опрацювання

| № з/п | Тема   |
|-------|--|
| 1.    | Механічні коливання та хвилі   |
| 2.    | Види теплообміну. Теорема Пригожина  |
| 3.    | Бомбовий калориметр. Дихальний калориметр  |
| 4.    | Критерії стійкості системи при термодинамічній рівновазі і в стаціонарному стані     |
| 5.    | Нелінійна термодинаміка необоротних процесів   |
| 6.    | Методи, які використовуються для дослідження біологічних макромолекул                |
| 7.    | Абсорбційна та диференційна спектрофотометрія  |
| 8.    | ЯМР-топографія   |
| 9.    | Електронний парамагнітний резонанс (ЕПР)   |
| 10.   | Дослідження дисперсії імпедансу біологічних тканин                                   |
| 11.   | Математична модель Ходжкіна-Хакслі   |
| 12.   | Класифікація первинних та вторинних посередників                                     |
| 13.   | Механіка і енергетика скорочення   |
| 14.   | Конформаційна гіпотеза енергетичного спряження                                       |
| 15.   | Нем'язова форма рухливості   |
| 16.   | Моделювання біофізичних процесів   |
| 17.   | Закони теплового випромінювання. Термографія   |
| 18.   | Основні положення квантової механіки. Атомні та молекулярні спектри                  |
| 19.   | Резонансні методи квантової механіки   |
| 20.   | Застосування лазерів в медицині  |
| 21.   | Первинні механізми дії радіоактивного випромінювання та потоків частинок на речовину |

## 7. Практичний розділ

1. Система одиниць вимірювання. Обчислення похибок. Методи вимірювання лінійних розмірів, ваги та маси.

2. Дослідження пружних властивостей біологічних тканин.

3. Будова та функції біологічних мембран. Транспорт речовин через мембрану. Механізми генерації потенціалів спокою та дії

4. Призначення та класифікація. обладнання для реєстрації медичної та біологічної інформації.

5. Основні групи медичних електронних приладів і апаратів. Техніка безпеки.

6. Біофізика дихання. Методика спірометрії.
7. Вивчення поляризації електродів. Гальванізація та лікувальний електрофорез
8. Електрокардіографія
9. Реографія
10. Ультразвукові та інфразвукові коливання, їх джерела та уловлювачі.  
Вивчення будови та призначення апаратів УВЧ та НВЧ
11. Електроміографія (поверхнева та стимуляційна)
12. Визначення фізичної працездатності м'язів. Велоергометрія
13. Вивчення деяких біофізичних властивостей зорового аналізатора

#### **IV. Політика оцінювання**

Практичні навички оцінюються за результатами виконання лабораторних робіт. Лабораторна робота може бути оцінена, якщо студент виконав всі завдання, оформив роботу, зробив висновки.

Під час проведення лабораторних робіт проводиться усне опитування чи тестування для перевірки знань студентів. Оцінки за виконання лабораторних робіт, поточний та модульний контроль знань не підлягають перездачі. Під час консультацій, що проводяться згідно з навчальним графіком, здійснюється опитування студентів, що були відсутні на заняттях з поважних причин (офіційна довідка, заява).

Модульний контроль (модульна контрольна робота) проводиться письмово. Модульний зріз передбачає розв'язання тестових завдань, ситуативних задач та відповіді на запитання, які складаються на основі лекційного курсу, практичних занять і питань, які виносяться на самостійне опрацювання, та розв'язування розрахункових задач. "Ціна" одного завдання визначається залежно від кількості завдань в роботі. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати за одну модульну контрольну роботу – 30 балів (загалом 60 балів за дві модульні контрольні роботи).

#### **V. Підсумковий контроль**

Оцінювання знань студентів здійснюється за результатами поточного й модульного контролю. При цьому завдання із цих видів контролю оцінюються в діапазоні від 0 до 100 балів включно.

У випадку незадовільної підсумкової оцінки, або за бажання підвищити рейтинг, студент складає залік у формі *усного опитування, що включає розв'язок розрахункової задачі*. При цьому на залік виноситься *60 балів*, а бали, набрані за результатами модульних контрольних робіт, анулюються. Для отримання заліку потрібно набрати не менше 60 балів за 100-бальною шкалою. У відомості та індивідуальному навчальному плані студента в графі «оцінка за національною шкалою» робиться відповідний запис.

У разі наявності документа, що засвідчує навчання на сертифікованих курсах, онлайн-курсах, які дотичні до тем дисципліни, можливе зарахування певної кількості годин, відповідно до [Положення про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки](#)

### Перелік питань до заліку

Залік проводиться в усній формі, письмова частина – розв’язання типових задач з медичної та біологічної фізики. Запропоновані теоретичні питання та різні типи задач охоплюють усі теми курсу «Медична та біологічна фізика».

1. Деформації, їх види. Пружність та пластичність. Закон Гука. Модуль Юнга. Деформаційні властивості біологічних тканин.
2. Внутрішнє тертя. В’язкість. Формула Ньютона для внутрішнього тертя. Ньютонівські та неньютонівські рідини. В’язкість крові.
3. Стаціонарний плин рідин. Рівняння неперервності. Лінійна та об’ємна швидкості. Основне рівняння динаміки рідин.
4. Ламінарний та турбулентний плин. Число Рейнольдса. Рівняння Бернуллі. Плин в’язких рідин. Формула Пуазейля. Гідрравлічний опір.
5. Основні положення рівноважної термодинаміки. Ентропія. Принцип Больцмана.
6. Основні положення нерівноважної термодинаміки (лінійний закон, виробництво ентропії, спряження потоків). Стаціонарний стан відкритих систем. Теорема Пригожина.
7. Структурна організація біологічних мембран. Фізичні властивості біомембран. Рідкокристалічний стан біомембран. Динамічні властивості мембран.
8. Пасивний транспорт речовин крізь мембранні структури. Рівняння Фіка. Швидкість дифузії. Рівняння Нернста-Планка. Електрохімічний градієнт і потенціал. Рівняння Теорелла.
9. Активний транспорт, основні види. Молекулярна організація активного транспорту на прикладі роботи К-На-наосу. Спряження потоків.
10. Природа мембранного потенціалу спокою (рівноважні потенціали Нернста для різноманітних іонів, дифузійний потенціал, потенціал Доннана).
11. Природа мембранного потенціалу спокою (основні рівняння електродифузії іонів в стаціонарному стані, проникності мембрани для іонів в стані спокою).
12. Потенціал дії (ПД). Гіпотеза виникнення ПД. Еквівалентна електрична схема мембрани.
13. Поширення потенціалу дії в біологічних мембранах. Швидкість поширення потенціалу. Особливості поширення потенціалу дії в мієліновому волокні.
14. Акустика. Фізичні характеристики звуку. Фізика слуху, характеристики слухового відчуття. Закон Вебера-Фехнера.
15. Аудиометрія. Шкала інтенсивності та шкала гучності звуку, одиниці. Пороги чутності та больового відчуття. Аудиограма.
16. Ультразвук. Основні властивості та особливості поширення ультразвуку. Інфразвук, фізичні характеристики інфразвуку. Дія ультразвуку та інфразвуку на біологічні тканини та органи людини.
17. Електричні характеристики біологічних тканин. Закон Ома в диференційній формі. Провідність біологічних тканин. Ємнісні властивості. Еквівалентна електрична схема.



18. Біофізичні основи електрографії. Поняття про еквівалентний електричний генератор. Концепція Ейнтховена про генез ЕКГ (інтегральний електричний вектор серця, дипольний потенціал, система відведень).
19. Серце як струмовий електричний диполь (струмовий диполь та його характеристики, дипольний потенціал серця).
20. Імпеданс біологічних тканин. Імпеданс. Дисперсія імпедансу. Фізичні основи реографії.
21. Магнітне поле та його характеристики. Магнітні властивості речовин. Фізичні основи магнітобіології.
22. Фізичні процеси в біооб'єктах під дією електричних, магнітних полів та електромагнітного поля (поляризація, струми провідності, індуктивні та зміщення).
23. Фізичні основи терапевтичних методів (гальванізація, франклінізація, діатермія, індуктотермія, дарсонвалізація, УВЧ- та НВЧ-терапія, мікрохвильова резонансна терапія). Теплова та специфічна дія.
24. Випромінювання та поглинання світла атомами та молекулами. Спектри випромінювання і поглинання. Спектрофотометрія.
25. Люмінесценція: види, основні закономірності, властивості. Закон Стокса. Застосування люмінесценції в медицині.
26. Індуковане випромінювання. Рівноважна та інверсна заселеність енергетичних рівнів. Лазери, принцип дії та застосування в медицині.
27. Резонансні методи квантової механіки, їх застосування в медицині. Електронний парамагнітний та ядерний магнітний резонанси.
28. Рентгенівське випромінювання, спектр та характеристики, застосування в медицині. Взаємодія рентгенівського випромінювання з речовиною. Закон послаблення рентгенівського випромінювання.
29. Радіоактивність. Види радіоактивності. Основний закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду. Активність, одиниці активності.
30. Іонізуюче випромінювання та його види. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною. Захист від дії іонізуючого випромінювання. Біофізичні основи взаємодії іонізуючого випромінювання з біологічними тканинами.
31. Дозиметрія іонізуючого випромінювання. Експозиційна та поглинена дози. Біологічна дія випромінювання, біологічна еквівалентна доза. Потужність дози. Одиниці доз та потужностей доз.

## VI. Шкала оцінювання

| Сума балів<br>за всі види навчальної<br>діяльності | Оцінка за національною шкалою |  |
|--|-------------------------------|--|
|  | Оцінка                        | Для заліку   |
| 90 – 100   | Відмінно                      | Зараховано   |
| 82 – 89  | Дуже добре                    |  |
| 75 – 81  | Добре                         |  |
| 67 – 74  | Задовільно                    |  |
| 60 – 66  | Достатньо                     |  |
| 1 – 59   | Незадовільно                  | Незараховано<br>(з можливістю<br>повторного складання) |

## VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси

1. Абрамчук О.М. Дистанційний курс «Біофізика» (рекомендувати до використання) <http://194.44.187.60/moodle/course/view.php?id=309>
2. Абрамчук О. М. Молекулярна та клітинна біофізика : термінологічний збірник / О. М. Абрамчук, Т. В. Качинська ; Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Біологічний факультет, Кафедра фізіології людини і тварин. - 2-ге вид. перероб. та доп. - Луцьк, 2017. – 70 с. <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/13093>
3. Антонюк В. С. Біофізика і біомеханіка / В. С. Антонюк, М. О. Бондаренко, В. А. Ващенко та ін. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 346 с. Афанасьєв В.А. Оптические измерения: Учебник для вузов / В.А. Афанасьев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1981. – 229 с.
4. Бобицький Я. В. Лазерні технології: навч. посіб. Ч. 1 / Я. В. Бобицький, Г. Л. Матвійшин. — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. – 316 с.
5. Годлевський Л. С. Бібліотека студента-медика. Основи біологічної і медичної фізики, інформатики й апаратура / Л. С. Годлевський. – Одеса, 2003. – 256 с.
4. Доброва В. І. Біофізика та медична апаратура / В. І. Доброва, В. О. Тіманюк. – Київ, 2006. – 199 с.
5. Зима В.Л. Біофізика : Збірник задач : Навч. посіб. / В.Л. Зима. – К : Вища школа, 2001. – 124 с.
6. Ємчик Л.Ф. Медична і біологічна фізика / Л.Ф. Ємчик, Я.М. Кміт. – Львів : Світ, 2003.
7. Костюк П. Г. Біофізика : Підручник / П. Г. Костюк, В. Л. Зима, І. С. Магура. – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 567 с.
8. Коцан І.Я. Біофізика, фізіологія: термінологічний довідник / І.Я. Коцан, М.С. Мірошніченко, М.Ю. Макачук. – Луцьк : Вежа, 2010. – 410 с.
9. Личковський Е.І. Фізичні методи аналізу та метрологія : підручник / Е.І.Личковський, В.О. Тіманюк, О.В.Чалий [та ін.]. – Вінниця : Нова книга, 2014. – 464 с.
10. Лопушанський Я. Збірник задач і запитань з медичної і біологічної фізики / Я. Лопушанський. - Львів, Наукове товариство ім.Тараса Шевченка, 2006.
11. Марценюк В.П. Медична та біологічна фізика : навч. посібн. / В.П. Марценюк, В.Д. Дідух, Р.Б. Ладиката ін. – Тернопіль : ТДМУ, 2012.- 304 с.
12. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. Учебное пособие для вузов / М.М. Мирошников. – Л. : Машиностроение, 1977. – 600 с.

13. Самойлов В. О. Медицинская биофизика : учебник для вузов / В. О. Самойлов. – СПб. : СпецЛит, 2013. – 591 с.
14. Свідрук Т.А. Медична біофізика. Інтегрований курс лекцій. – Вінниця: Мед. коледж, 2010. -
15. Свідрук Т.А. Основи біологічної фізики і медична апаратура / Т.А. Свідрук. – К. : ВСВ «Медицина», 2017. – 264 с.
16. Стеценко Г.С. Медична техніка: посібн. / Г.С. Стеценко, Я.І. Панішкевич, В.І. Гриценко [та ін.]. – Луцьк: Надстир'я, 2002.- 288 с.
17. Тиманюк В.А. Биофизика / В.А. Тиманюк, Е.Н. Животова. – Киев, 2004. – 702 с.
18. Шевченко А.Ф. Основи медичної і біологічної фізики. – К.: Медицина, 2008.
19. Чалий О.В. Медична і біологічна фізика: підручник / О.В. Чалий, Б.Т. Агапов, Я.В. Цехмістер [та ін.]. – Вінниця : Нова Книга, 2017. – 528 с.
20. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: Учебник для студентов вузов / Ю.Г. Якушенков. – 4-е изд., переаб. и доп. – М. : Логос, 1999. – 480 с.