

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА КВАНТОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ**



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Декан фізичного факультету  
*В.Ю. Лазур* /Лазур В.Ю./

«28» червня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА (СИЛАБУС) НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«ВЗАЄМОДІЯ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ З БІООб'ЄКТАМИ»**

Рівень вищої освіти	<b>перший (бакалаврський)</b>
Галузь знань	<b>16 Хімічна та біоінженерія</b>
Спеціальність	<b>163 Біомедична інженерія</b>
Освітня програма	<b>Біомедична інженерія</b>
Статус дисципліни	<b>Вибіркова</b>
Мова навчання	<b>українська</b>

**Ужгород 2023 рік**

Робоча програма навчальної дисципліни «**Взаємодія фізичних полів з біоб'єктами**» для здобувачів першого рівня вищої освіти галузі знань **16 Хімічна та біоінженерія** спеціальності **163 Біомедична інженерія** освітньої програми **Біомедична інженерія**.

**Розробник:** Шафраньош І.І., завідувач кафедри квантової електроніки, док. фіз.-мат. наук, професор.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри квантової електроніки, протокол №10 від «23» червня 2023 р.

Завідувач кафедри  проф. Шафраньош І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету, протокол №10 від «28» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки
Загальна кількість годин – 120	3-й
Кількість модулів – 2	Семестр
Тижневих годин для денної форми навчання -6: аудиторних- 3 самостійної роботи студента - 3	5-й
	Лекції
	30
	Практичні (семінарські):
	30
Вид підсумкового контролю: залік	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота
	60

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Взаємодія фізичних полів з біооб'єктами**» є в отриманні студентами ґрунтовних знань про: природні та лабораторні джерела фізичних полів та їх вплив на живі організми, біоструктури; використання фізичних полів в біології та медицині.

– Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у студентів таких компетентностей.

**інтегральна компетентність:** здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

**загальні компетентності:**

ЗК1 - Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.;

ЗК5 - Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.;

ЗК6 - Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.;

ЗК9 - Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

**фахові компетентності:**

ФК4 - Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації);

ФК5 - Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем;

ФК6 - Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проектування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг;

ФК9 - Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами.

## 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Взаємодія фізичних полів з біооб'єктами**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка;

Електрика і магнетизм, оптика;

Квантова фізика;

Біофізика;

Анатомія, фізіологія та патологія людини.

#### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми **Біомедична інженерія**, вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення студентами програмних результатів навчання (ПРН):

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадженні біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.	ПРН2.
Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.	ПРН8.
Надавати рекомендації щодо вибору обладнання для забезпечення проведення діагностики та лікування.	ПРН12
Вміти аналізувати сигнали, які передаються від органів на прилади, та проводити обробку діагностичної інформації.	ПРН13
Вміти вибирати та рекомендувати відповідне медичне обладнання і біоматеріали для оснащення медичних закладів та забезпечення основних стадій технологічного процесу діагностики, профілактики та лікування.	ПРН16

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни **«Взаємодія фізичних полів з біооб'єктами»**

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Розуміти фізичні основи функціонування та застосування сучасних (електронних) медичних пристроїв та знати призначення та принципи роботи електронної медичної апаратури, техніку безпеки при роботі з нею.	ПРН2.
Уміти аналізувати склад і фізичні принципи дії медичних пристроїв та обладнання.	ПРН8.
Знати і вміти оцінювати характеристики фізичних зовнішніх факторів, що впливають на організм людини, та біофізичні механізми цих впливів.	ПРН12
Здатність до планування, організації та проведення медико-біологічних досліджень і підготовки звітності.	ПРН13
Уміти аналізувати склад, властивості біоматеріалів і фізичні принципи дії медичних пристроїв та обладнання.	ПРН16

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- стандартизовані тести;
- поточне опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- реферати;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- ректорська контрольна робота;
- залік.

### Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

#### Форми поточного контролю:

- індивідуальне та групове опитування;
- контрольна робота;
- розрахункові завдання;
- тести;
- підготовка реферату;
- захист виконаних завдань.

Форма модульного контролю:

Модульний контроль здійснюється в формі виконання студентом модульного контрольного завдання (контрольної роботи, тесту, колоквиуму тощо) згідно затвердженого кафедрою графіку.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік.

### Розподіл балів, які отримують студенти (модуль I)

Поточне оцінювання та самостійна робота									Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	...	...	...	60	100
5	10	5	5	10	5					

### Розподіл балів, які отримують студенти (модуль II) T1, T2 ... – теми

Поточне оцінювання та самостійна робота									Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5		...	...	...	60	100
5	5	10	10	10						

## Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувана вищої освіти	Кількість	Модуль 1	Модуль 2	
		Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	6	30	8	30
Презентація	1	5	1	5
Реферат	1	5	1	5
Модульна контрольна робота	1	60	1	60
<b>Разом</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

### Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Виконання модульних контрольних робіт здійснюється в письмовій (або електронній) формі. Модульний контроль знань студентів здійснюється після завершення вивчення навчального матеріалу змістового модуля.

Виконання практичного завдання передбачає перевірку рівня оволодіння студентом теоретичними знаннями та практичними навичками стосовно якісного і кількісного аналізу електромагнітних процесів у різних середовищах.

При оцінюванні знань враховується в першу чергу повнота, правильність і вичерпність відповідей на поставлені в модульних контрольних роботах запитання. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 4-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення контролю було виявлено:

1. Наявність у студента всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту.
2. Вміння студента в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту.
3. Глибоке розуміння студентом взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії.
4. Високий рівень підготовленості студента з питань курсу до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях студентів не має бути значних помилок. Відмінно виконана робота демонструє наявність у студента творчих здібностей.

Оцінка «добре» виставляється, коли студент письмово відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму курсу. У відповідях, які оцінені на «добре», можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей. Студент спроможний з допомогою літератури ліквідувати всі недоліки у відповідях.

Оцінка «задовільно» виставляється, коли студент дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми курсу. У відповідях, які оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «незадовільно» виставляється за роботу, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу курсу, а у наявних його письмових відповідях є як принципи, так і грубі помилки. Студенти, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, вважаються такими, що одержали оцінку «незадовільно».

### Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Взаємодія фізичних полів з біооб'єктами» здійснюється у формі заліку.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо студент достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "не зараховано" - якщо студент викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, студент не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчаті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90 та вище	зараховано	A	відмінно
82-89	зараховано	B	добре
74-81	зараховано	C	добре
64-73	зараховано	D	задовільно

60-64	зараховано	E	задовільно
35-59	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
0-34	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

За бажанням студента результуюча підсумкова залікова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до залікової книжки та екзаменаційної відомості.

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1. Фізичні поля

**Тема 1.** Вступ. Основні особливості курсу. Поняття фізичного поля. Проблемні питання. Коротка характеристика фізичних полів. Засоби захисту.

**Тема 2.** Постійні електричні і магнітні поля та їх характеристики. Природні та штучні джерела полів.

**Тема 3.** Електромагнітні поля. Фізичні характеристики і їх вимірювання. Закономірності виникнення та поширення. Засоби захисту.

**Тема 4.** Акустичне поле. Фізичні характеристики і їх вимірювання. Фізика акустичних коливань. Закономірності виникнення та поширення. Інфразвук. Ультразвук. Фізика ультразвуку та його отримання.

**Тема 5.** Гравітація. Гравітаційне поле Землі. Гравітаційна та динамічна маси. Фізична суть явищ перевантаження та невагомості.

**Тема 6.** Живі організми як джерела електромагнітних полів. Електромагнітні властивості біоструктур.

#### Модуль 2. Прояви дії фізичних полів на біооб'єкти.

**Тема 1.** Вплив іонізуючого електромагнітного випромінювання на біооб'єкти і його дозиметрія. Дія різних джерел Вплив іонізуючого випромінювання на біоструктури. Рентгенівське та гама-випромінювання. Апаратура для променевої терапії и хірургії Процеси репарації.

**Тема 2.** Вплив випромінювання оптичного діапазону на біооб'єкти. Поглинання та люмінесценція молекул біоструктур. Фотобіологічні процеси. Закони теплового випромінювання. Дія інфрачервоного випромінювання на біооб'єкти. Фотосинтез як приклад перетворення енергії біооб'єктами. Джерела оптичного випромінювання. Використання неіонізуючого випромінювання в медицині.

**Тема 3.** Вплив неіонізуючого випромінювання. Радіочастотний діапазон. Моделі дії радіочастотного діапазону на біооб'єкти та використання в медицині. Терапевтичний діапазон та його вплив на живі системи. Терапевтичне випромінювання в медицині.

**Тема 4.** Дія акустичного поля на біооб'єкти. Розповсюдження звукових хвиль в біологічних середовищах. Звукові механорецептори та вестибулярний апарат. Біологічна дія інфразвукових коливань. Використання інфразвуку в медицині. Ультразвук. Дія ультразвуку на організм людини. Ультразвукова терапія.

**Тема 5.** Дія гравітаційного поля на біооб'єкти. Макроскопічні прояви невагомості в умовах космосу на організм людини. Вплив космофізичних факторів на фізіологічні параметри. Гравітаційна терапія.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

№	Т е м и	Кількість годин усього годин	Лекції, годин	Практичі (семінарські) заняття, годин	Самостійна робота, годин
1	Вступ. Основні особливості курсу. Поняття фізичного поля. Проблемні питання. Коротка характеристика фізичних полів. Засоби захисту.	8	2	2	4
2	Постійні електричні і магнітні поля та їх характеристики. Природні та штучні джерела полів.	8	2	2	4
3	Електромагнітні поля. Фізичні характеристики і	11	4	3	4

	їх вимірювання. Закономірності виникнення та поширення. Засоби захисту.				
4	Акустичне поле. Фізичні характеристики і їх вимірювання. Фізика акустичних коливань. Закономірності виникнення та поширення. Інфразвук. Ультразвук. Фізика ультразвуку та його отримання.	11	4	3	4
5	Гравітація. Гравітаційне поле Землі. Гравітаційна та динамічна маси. Фізична суть явищ перевантаження та невагомості.	8	2	2	4
6	Живі організми як джерела електромагнітних полів. Електромагнітні властивості біоструктур.	8	2	2	4
	<b>Всього за модуль I</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>30</b>

## Модуль 2

1	Вплив іонізуючого електромагнітного випромінювання на біооб'єкти і його дозиметрія. Дія різних джерел Вплив іонізуючого випромінювання на біоструктури. Рентгенівське та гама-випромінювання. Апаратура для променевої терапії и хірургії Процеси репарації.	9	3	2	4
2	Вплив випромінювання оптичного діапазону на біооб'єкти. Поглинання та люмінесценція молекул біоструктур. Фотобіологічні процеси. Закони теплового випромінювання. Дія інфрачервоного випромінювання на біооб'єкти. Фотосинтез як приклад перетворення енергії біооб'єктами. Джерела оптичного випромінювання. Використання неіонізуючого	12	3	4	5

	випромінювання в медицині.				
3	Вплив неіонізуючого випромінювання. Радіочастотний діапазон. Моделі дії радіочастотного діапазону на біооб'єкти та використання в медицині. Терачастотний діапазон та його вплив на живі системи. Терачастотне випромінювання в медицині.	12	3	2	5
4	Дія акустичного поля на біооб'єкти. Розповсюдження звукових хвиль в біологічних середовищах. Звукові механорецептори та вестибулярний апарат. Біологічна дія інфразвукових коливань. Використання інфразвуку в медицині. Ультразвук. Дія ультразвуку на організм людини. Ультразвукова терапія.	11	3	4	4
5	Дія гравітаційного поля на біооб'єкти. Макроскопічні прояви невагомості в умовах космосу на організм людини. Вплив космофізичних факторів на фізіологічні параметри. Гравітаційна терапія.	8	2	2	4
	<b>Всього за модуль II</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>30</b>
	<b>Всього годин за курс</b>	<b>120</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>60</b>

### 6.3. Теми практичних занять (семінарських)

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Характеристики постійних електричних та магнітних полів.	2
2.	Гама-частотне та рентгенівське випромінювання. Його вплив на біоб'єкти та застосування в медичній практиці.	2
3.	Характеристики оптичного випромінювання. Джерела оптичного випромінювання. Його вплив на біоб'єкти та застосування в медичній практиці.	2
4.	Випромінювання радіочастотного діапазону. Його вплив на біоб'єкти та застосування в медичній практиці.	2
5.	Випромінювання терачастотного діапазону. Його вплив на біоб'єкти та застосування в медичній практиці.	4
6.	Акустичне поле та його характеристики. Його вплив на біоб'єкти та застосування в медичній практиці.	4
7.	Гравітаційне поле.	2
8.	Вплив магнітного поля Землі і Місяця на біоб'єкти.	2
9.	Природня та штучна гравітація.	2
10.	Генерація електричних полів живими організмами.	2
11.	Магнітобіологія.	3
12.	Високоенергетичні космічні випромінювання та їх вплив на флору та фауну.	3
Сума:		30

### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Т Е М А	Кількість годин
-------	---------	-----------------

#### МОДУЛЬ 1

1.	Електричне та магнітне поля Землі. Технологічні джерела електричних та магнітних полів.	4
2.	Електромагнітні поля, їх джерела та характеристики.	4
3.	Магнітобіологія.	6

4.	Магнітотерапія.	6
5.	Природні та штучні джерела акустичних полів.	4
6.	Природня та штучна гравітація.	4
7.	Генерація електромагнітних полів живими організмами.	4
	<b>Р А З О М</b>	<b>30</b>

## МОДУЛЬ 2

1.	Дія постійних електричних та магнітних полів на живі організми.	4
2.	Дія гама-частотного та рентгенівського випромінювання на живі організми.	4
3.	Дія оптичного випромінювання на живі організми.	4
4.	Дія випромінювання радіочастотного діапазону на живі організми.	4
5.	Дія випромінювання терачастотного діапазону на живі організми.	6
6.	Дія акустичного поля на живі організми.	4
7.	Дія електромагнітного та корпускулярного випромінювання Сонця на живі організми.	4
	<b>Р А З О М</b>	<b>30</b>

### **7. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна** (у разі потреби)

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор. Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки. Програмне забезпечення: Windows 10, Microsoft PowerPoint.

## 8. Рекомендована література

### Базова

1. Фізичні поля і живі організми. Шафраньош І.І., Суховія М.І., Шафраньош М.І. (підручник для студентів спеціальності «Біомедична інженерія»). Ужгород: Видавництво УжНУ, «Говерла», 2021. –213 с.
2. Методи медико-біологічних досліджень. Суховія М.І., Шафраньош М.І., Шафраньош І.І., (навчальний посібник для студентів спеціальності «Біомедична інженерія»). Ужгород: Видавництво УжНУ, «Говерла», 2022. – 45 с.
3. М.М. Чаварга, І.І. Шафраньош. Техніка лазерів. Фізичний практикум. Навчальний посібник. Ужгород, 2021, 52 с

### Допоміжна

1. I.I. Shafranyosh, M.I. Sukhoviya. Inelastic collisions of the uracil molecules with electrons//J. Chem. Phys. 2012.- V. 137, p. 184303-184309.
2. Фізика для інженерних спеціальностей. *Кредитно-модульна система*: Навч. посібник. – У 2 ч. – Ч. 2. / В.В. Куліш, А.М. Соловійов, О.Я. Кузнецова, В.М. Кулішенко. – К.: НАУ, 2005. – 380с.
3. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: У 3 кн. – Кн. 3. *Оптика. Фізика атома та атомного ядра*: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 2003. – 311с.
4. Чалий О. В. Медична і біологічна фізика: підруч. [для студ. вищ. мед. закл. освіти III–IV рівнів акредитації] / під ред. О. В. Чалого. – К.: ВПОЛ, 2001. – Т.2. – 415 с.
5. Костюк П. Г. Біофізика: підруч. [для студ. біолог., медичних та фізичних факультетів вузів] / під ред. П. Г. Костюка. – К.: Обереги, 2001. – 544 с.
6. V. F. Minaev, M. I. Shafranyosh, Yu. Yu Svida, M. I. Sukhoviya, I. I. Shafranyosh, G. V. Baryshnikov, and V. A. Minaeva. Fragmentation of the adenine and guanine molecules induced by electron collisions //J. Chem. Phys. 2014.- V. 140, p. 184303-184309 с.

## 9. Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

Д.І. Остафійчук, В.В. Волошук, Ю.А. Білобрицький МАГНІТНЕ ПОЛЕ. МАГНІТОБІОЛОГІЯ. МАГНІТОТЕРАПІЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).

<https://core.ac.uk/download/pdf/144960654.pdf>

Г.І. Чурюмов. Фізичні моделі та інструментарій для 3-D візуалізації взаємодії низькоінтенсивного електромагнітного поля з мікро- та нанооб'єктами різної фізичної природи та біосередовищами (кров).

[https://openarchive.nure.ua > bitstream > document](https://openarchive.nure.ua/bitstream/document) PDF

Л.В. Жорина, Г.Н. Змиевской. Основы взаимодействия физических полей с биообъектами. Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 374 с.

<http://ebooks.bmstu.ru/catalog/63/book1029.html>