

Министерство образования Республики Беларусь  
Учебно-методическое объединение вузов Республики Беларусь  
по естественнонаучному образованию

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

  
А.И. Жук

Регистрационный № ТД- Г. 2731 тип.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Типовая учебная программа для высших учебных заведений  
по специальностям: 1-31 04 02 Радиофизика;

1-31 04 03 Физическая электроника;

1-98 01 01 Компьютерная безопасность (по направлениям)

(направление специальности 1-98 01 01-02 Компьютерная безопасность  
(радиофизические методы и программно-технические средства))

СОГЛАСОВАНО

Председатель УМО вузов Республики  
Беларусь по естественнонаучному  
образованию



  
В.В. Самохвал

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и  
среднего специального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

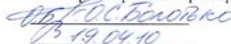
  
Ю.И. Миксюк



Ректор Государственного учреждения  
образования «Республиканский  
научно-исследовательский центр  
Министерства образования  
Республики Беларусь»

  
М.И. Демчук

Эксперт-нормоконтролер

  
О.С. Беловская

Минск 2009

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**В.А. Саечников** – заведующий кафедрой физики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент

**А.А. Спиридонов** – старший преподаватель кафедры физики Белорусского государственного университета

**С.В. Трухан** – старший преподаватель кафедры физики Белорусского государственного университета

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Кафедра физики** Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

**Ю.В. Развин** – доцент кафедры экспериментальной и теоретической физики Белорусского национального технического университета, кандидат физико-математических наук.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой физики Белорусского государственного университета  
(протокол № 2 от 18.09.2008 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета  
(протокол № 2 от 20.03.2009 г.);

Научно-методическим советом по физике учебно-методического объединения  
вузов Республики Беларусь по естественнонаучному образованию  
(протокол № 5 от 03.04.2009 г.)

Научно-методическим советом по компьютерной безопасности учебно-методического объединения вузов Республики Беларусь по естественнонаучному образованию  
(протокол № 2 от 22.04.2009 г.)

Ответственный за выпуск: **А.А. Спиридонов**

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Раздел «Электричество», являясь частью курса общей физики, имеет самостоятельные задачи: сообщить учащимся основные законы и экспериментальные факты, относящиеся к электромагнитному взаимодействию, научить раскрывать и обобщать физические закономерности, которым подчиняются наблюдаемые электромагнитные явления.

Изложение дисциплины основано на принципе, что основой решения всех задач классической электродинамики является единый метод, опирающийся на систему уравнений Максвелла, материальные уравнения, граничные условия и их следствия. Все рассматриваемые в курсе законы, закономерности, основные положения формулируются и доказываются с необходимой математической строгостью. При этом ряд вопросов изложены с несколько большей полнотой, чем принято обычно (отдельные вопросы сегнетоэлектричества и ферромагнетизма, электромагнитных колебаний и волновых процессов).

Строгость изложения предполагает применение аппарата высшей математики в достаточном объеме, поэтому при необходимости в курсе лекций рассматриваются отдельные вопросы высшей математики (в частности интегральное и дифференциальное исчисление, векторный анализ), которые могут представлять определенную трудность для понимания у студентов.

**Цель изучения дисциплины** – сформировать представление об основных электромагнитных явлениях, принципах и законах электромагнетизма и их математическом описании; выработать на основе изучения электромагнитных колебаний единый подход к анализу колебательных систем различной физической природы; научить решению задач с использованием аппарата высшей математики; дать навыки экспериментальной работы с использованием современных измерительных приборов и информационных технологий.

### **Задачи дисциплины:**

#### ***1. Изучить:***

- основные принципы и законы электростатики в вакууме и среде, их следствия и математические выражения;
- законы постоянного тока в интегральной и дифференциальной формах и методы расчета цепей постоянного тока;
- основные принципы и законы магнитостатики в вакууме и среде, их следствия и математические выражения;
- закон электромагнитной индукции, явление самоиндукции и взаимной индукции;
- основные положения теории электромагнитных колебаний и волн, методы их наблюдения и экспериментального исследования, законы переменного тока и методы расчета цепей переменного тока;
- систему уравнений Максвелла, граничные условия, материальные уравнения и их основные следствия;
- классическую и основы квантовой теории электропроводности, зависимость

электропроводимости от температуры, явление сверхпроводимости;  
 – электрические явления в контактах, основные полупроводниковые приборы и их применение в электронике,  
 – методы решения типовых задач по электромагнетизму с использованием аппарата высшей математики.

## **2. Приобрести навыки и умения:**

– раскрывать и обобщать физические закономерности, которым подчиняются изучаемые электромагнитные явления;  
 – корректно формулировать и решать задачи по электромагнетизму с использованием интегрально-дифференциального исчисления;  
 – применять методы точного экспериментального измерения электромагнитных величин, обработки и представления полученных результатов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **знать:**

– принципы и законы электромагнетизма и методы их математического описания;  
 – основные электромагнитные явления и способы их применения;

### **уметь:**

– проводить измерения и расчеты электрических и магнитных величин;  
 – проводить экспериментальные и теоретические исследования электромагнитных явлений.

Освоение программного материала предполагает работу на лекционных, практических и лабораторных занятиях, а также систематическую самостоятельную работу.

Дисциплина является основой для последующего изучения таких разделов теоретической физики как “Электродинамика”, а также специальных дисциплин “Теория колебаний”, “Физика полупроводников и полупроводниковых приборов”, “Теория волновых процессов”, “Методы математической физики”.

В соответствии с типовыми учебными планами по соответствующим специальностям типовая учебная программа предусматривает для изучения дисциплины всего 196 часов, из них аудиторных 102 часа, 68 часов – лекции, 34 часа – практические занятия. Рекомендуемая форма контроля: экзамен.

### ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование темы	Лекции	Практ. занятия	Всего
1.	Электростатика:			
	1.1 Введение	1	-	<b>1</b>
	1.2 Электростатическое поле в вакууме	5	4	<b>9</b>
	1.3 Электростатическое поле в диэлектриках	6	4	<b>10</b>
	1.4 Проводники в электростатическом поле	4	2	<b>6</b>
	1.5 Энергия электростатического поля	4	2	<b>6</b>
2.	Стационарный электрический ток:			
	2.1 Законы постоянного тока	3	2	<b>5</b>
	2.2 Электрические цепи постоянного тока	3	2	<b>5</b>
3.	Магнитное поле:			
	3.1 Магнитное поле проводников с током в вакууме	6	2	<b>8</b>
	3.2 Действие магнитного поля на движущийся заряд и проводники с током	4	2	<b>6</b>
	3.3 Магнитное поле в веществе	4	4	<b>8</b>
4.	Электромагнитная индукция:			
	4.1 Явление электромагнитной индукции	3	1	<b>4</b>
	4.2 Взаимоиндукция и самоиндукция	3	2	<b>5</b>
	4.3 Магнитная энергия	2	1	<b>3</b>
5.	Квазистационарные токи	8	4	<b>12</b>
6.	Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны	4	2	<b>6</b>
7.	Электропроводность	4	-	<b>4</b>
8.	Электрические явления в контактах	4	-	<b>4</b>
	<b>Итого:</b>	<b>68</b>	<b>34</b>	<b>102</b>

**Примечания:**

1. Расписание проведения аудиторных занятий: лекции – 2 раза в неделю, практические занятия – 1 раз в неделю.
2. В рамках проведения практических занятий предусматривается проведение двух контрольных работ.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

#### 1.1. Введение.

Электромагнитные взаимодействия в природе. Электромагнитное поле. Элементарный заряд и его свойства. Закон сохранения заряда.

#### 1.2. Электростатическое поле в вакууме

Закон Кулона. Экспериментальные проверки закона Кулона. Полевая трактовка закона Кулона. Теорема Остроградского-Гаусса. Дифференциальная формулировка закона Кулона.

Потенциальность электростатического поля. Скалярный потенциал. Неоднозначность скалярного потенциала и его нормировка. Потенциал точечного заряда, системы точечных зарядов и непрерывного распределения зарядов. Связь напряженности и потенциала. Уравнение Пуассона и Лапласа. Нахождение электрического поля с использованием потенциала, прямым применением закона Кулона и с использованием теоремы Гаусса. Диполь в электростатическом поле.

#### 1.3. Электростатическое поле в диэлектриках

Понятие макроскопического (усредненного) поля в среде. Поляризованность. Поляризационные (связанные) и свободные заряды. Вектор электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость. Уравнения электрического поля в диэлектриках. Граничные условия для векторов  $\vec{E}$ ,  $\vec{D}$  и  $\vec{P}$ .

Механизмы поляризуемости диэлектриков. неполярные диэлектрики. Полярные диэлектрики. Зависимость их диэлектрической восприимчивости от температуры. Основные сведения о сегнетоэлектриках, пьезоэлектриках, пироэлектриках, электретах.

#### 1.4. Проводники в электростатическом поле

Условие равновесия свободных зарядов в проводнике и некоторые следствия из него. Электростатическая экранировка. Потенциал проводника. Емкость уединенного проводника. Система проводников. Конденсаторы и их емкость. Общая задача электростатики. Теорема единственности. Понятие о методе изображений для решения некоторых электростатических задач.

#### 1.5. Энергия электростатического поля

Энергия системы точечных зарядов. Энергия взаимодействия при непрерывном распределении зарядов. Собственная энергия. Объемная плотность энергии электрического поля. Энергия поля поверхностных зарядов. Энергия заряженных проводников и конденсатора. Энергия диполя во внешнем поле.

Силы в электрическом поле. Силы, действующие на точечный заряд, диполь и непрерывно распределенный заряд. Силы, действующие на диэлектрик и проводник. Энергетический метод определения сил.

## 2. СТАЦИОНАРНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

### 2.1. Законы постоянного тока

Электрическое поле при наличии постоянного тока. Уравнение непрерывности. Обобщенный закон Ома. Сторонние электродвижущие силы. Дифференциальная форма закона Джоуля-Ленца. Работа, совершаемая при прохождении тока, развиваемая мощность.

### 2.2. Электрические цепи постоянного тока

Линейные цепи. Правила Кирхгофа. Методы анализа линейных цепей. Переходные процессы в цепи с конденсатором. Токи в сплошной среде. Заземление линий передач.

## 3. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

### 3.1. Магнитное поле проводников с током в вакууме

Поле движущегося заряда. Теорема о циркуляции вектора  $\vec{B}$ . Закон взаимодействия элементов тока (закон Лапласа-Био-Савара-Ампера). Полевая трактовка закона взаимодействия элементов тока. Релятивистская природа магнитного поля.

Закон Био-Савара. Вектор магнитной индукции. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции в стационарном случае. Вихревой характер магнитного поля. Магнитный поток. Теорема Гаусса для вектора  $\vec{B}$ .

### 3.2. Действие магнитного поля на движущийся заряд и проводники с током

Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Ускорители заряженных частиц. Определение удельного заряда электрона и ионов. Закон Ампера. Пондеромоторные взаимодействия проводников с током. Рамка с током в магнитном поле.

### 3.3. Магнитное поле в веществе

Магнитное поле при наличии магнетиков. Поле элементарного тока. Магнитный момент элементарного тока. Механизмы намагничивания. Вектор намагниченности. Напряженность магнитного поля. Постоянные магниты. Граничные условия для векторов поля. Измерение магнитной проницаемости, индукции и напряженности поля внутри магнетика. Магнитная экранировка.



Диамagnetики и парамагнетики. Механизмы намагничивания. Природа диамagnetизма, ларморова прецессия. Зависимость парамагнитной восприимчивости от температуры. Закон Кюри.

Ферромагнетизм. Петля гистерезиса. Зависимость ферромагнитных свойств от температуры. Границы между доменами. Механизмы перемагничивания. Понятие о антиферромагнетизме, ферромагнетизме и ферромагнитном резонансе.

## **4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ**

### **4.1. Явление электромагнитной индукции**

ЭДС индукции в движущихся проводниках. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Дифференциальная формулировка закона электромагнитной индукции Фарадея. Вихревое электрическое поле. Принцип действия динамо-машины и электромотора. Индукционный ускоритель электронов (бетатрон).

### **4.2. Взаимоиндукция и самоиндукция**

Индуктивность. Явление самоиндукции. Взаимная индукция. Переходные процессы в цепи с индуктивностью. Коэффициент взаимоиנדукции.

### **4.3. Магнитная энергия**

Магнитная энергия одиночного контура и 2-х связанных контуров. Плотность энергии магнитного поля. Энергия магнитного поля при наличии магнетиков. Энергия магнетика во внешнем магнитном поле.

Силы в магнитном поле. Объемные силы, действующие на несжимаемые магнетики. Вычисление сил из выражения для энергии.

## **5. КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЕ ТОКИ**

Цепь с источником переменных сторонних ЭДС, сопротивлением, емкостью и индуктивностью. Метод векторных диаграмм и комплексных амплитуд. Расчет магнитных цепей. Работа и мощность переменного тока. Вращающееся магнитное поле. Принцип работы синхронных и асинхронных двигателей. Согласование нагрузки с генератором. Токи Фуко. Резонансы в цепи переменного тока. Цепи с учетом взаимной индукции. Трансформаторы. Векторные диаграммы простейших случаев работы трансформатора. Основные сведения о трехфазном токе. Соединение звездой и треугольником.

Скин-эффект и его использование в технике. Фильтры низких и высоких частот, основные характеристики и физические принципы их реализации.



## 6. УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Ток смещения. Система уравнений Максвелла, физический смысл отдельных уравнений. Граничные условия. Материальные уравнения.

Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плотность потока электромагнитной энергии. Вектор Умова - Пойнтинга. Движение электромагнитной энергии вдоль линий передач. Колебательный контур, свободные и вынужденные электрические колебания.

Основные сведения об излучении электромагнитных волн. Плоские электромагнитные волны и их свойства. Применения электромагнитных волн.

Электромагнитные поля в движущихся средах.

## 7. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ

Классическая теория электропроводности и ее затруднения. Объяснение законов Ома, Джоуля-Ленца, Видемана-Франца на основе классической электронной теории. Зависимость электропроводности от температуры, явление сверхпроводимости.

Электрический ток в электролитах, в плазме. Механизм электропроводности электролитов. Зависимость их электропроводности от температуры. Электролиз. Законы Фарадея. Электропроводность газов. Основные типы газового разряда. Плазменное состояние вещества. Термоэлектронная эмиссия.

Понятие о зонной теории твердых тел. Расщепление энергетических уровней и образование зон. Энергетические зоны металлов, полупроводников и изоляторов. Собственная проводимость полупроводников. Примесная (электронная и дырочная) проводимость. Доноры и акцепторы. Температурная зависимость проводимости полупроводников.

## 8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В КОНТАКТАХ

Контактные явления. Законы Вольта. Контактная разность потенциалов. Термоэлектродвижущая сила, эффект Пельтье и эффект Томсона. Выпрямляющее действие полупроводникового контакта. Полупроводниковый диод и транзистор. Понятие о микроэлектронике.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 1. Рекомендуемая литература

#### *Основная*

1. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики, т. 3. Электричество. / Д. В. Сивухин. М.: Наука, 1983. 688 с.
2. *Матвеев А.Н.* Электричество и магнетизм. / А.Н. Матвеев. М.: Высшая школа, 1983. 463 с.
3. *Калашников С.Г.* Электричество. / С.Г. Калашников. М.: Наука, 1985. 485 с.
4. *Тамм И.Е.* Основы теории электричества. / И.Е.Тамм. М.: Наука, 1989. 490с.
5. *Иродов, И. Е.* Задачи по общей физике. Учебное пособие. / И. Е. Иродов. СПб.: Лань, 2006. 416 с.

#### *Дополнительная*

1. *Савельев И.В.* Курс общей физики, т. 2. / И.В. Савельев. М.: Астрель-АСТ, 2006. 345 с.
  2. *Парселл Э.* Берклеевский курс физики. Т.2. Электричество и магнетизм. / Э.Парселл. М.: Наука, 1983, 353с.
  3. *Фейнман Р. и др.* Фейнмановские лекции по физике. Вып. 5, 6. / Р. Фейнман. М.: Мир, 1977. 235с.
  4. *Овчинкин В.А. и др.* Сборник задач по общему курсу физики. / В.А. Овчинкин. М.: МФТИ, 1999. 367с.
- Новодворская Е. М., Дмитриев Э. М.* Методика проведения упражнений по физике во вузе. / Е. М. Новодворская. М.: Вышш.школа. 1981. 318 с.

### 2. Рекомендуемые темы практических занятий

1. Закон Кулона. Принцип суперпозиции.
2. Теорема Гаусса и теорема о циркуляции. Потенциал электростатического поля.
3. Проводники в электростатическом поле. Метод изображений.
4. Электрические поля в диэлектриках. Пондеромоторные силы.
5. Емкость. Электрические цепи с конденсаторами.
6. Работа и энергия в электростатике.
7. Постоянный электрический ток. Переходной процесс в RC-цепи.
8. Законы постоянного электрического тока.
9. Контрольная работа.
10. Магнитное поле постоянных токов. Сила Ампера.
11. Магнитное поле в веществе.
12. Закон электромагнитной индукции. Индуктивность.
13. Магнитная энергия. Уравнения Максвелла.
14. Свободные электрические колебания.
15. Вынужденные электрические колебания.
16. Контрольная работа.
17. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.

### 3. Примерный список контрольных вопросов

1. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции.
2. Теорема Гаусса.
3. Теорема о циркуляции вектора  $E$ . Потенциал.
4. Емкость.
5. Энергия электрического поля. Плотность энергии.
6. Электростатическое поле при наличии проводников.
7. Общая задача электростатики.
8. Законы постоянного тока.
9. Закон Био-Савара-Лапласа.
10. Сила Лоренца.
11. Закон электромагнитной индукции.
12. Индукция токов в движущихся проводниках.
13. Энергия магнитного поля. Плотность энергии.
14. Диамагнетики. Механизмы намагничивания. Природа диамагнетизма, ларморова прецессия.
15. Парамагнетики. Механизмы намагничивания. Зависимость парамагнитной восприимчивости от температуры. Закон Кюри.
16. Ферромагнетизм. Петля гистерезиса. Зависимость ферромагнитных свойств от температуры. Границы между доменами. Механизмы перемагничивания.
17. Колебательный контур, свободные незатухающие и затухающие электрические колебания.
18. Система уравнений Максвелла в вакууме.
19. Резонанс напряжения в цепи переменного тока.  
Резонанс токов в цепи переменного тока.
20. Расчет цепей квазистационарного тока методом векторных диаграмм и комплексных амплитуд.
21. Работа и мощность переменного тока.
22. Электрическое поле в диэлектриках. Вектор поляризации. Связанные заряды. Диэлектрическая проницаемость. Вектор электрической индукции. Граничные условия для векторов  $E$  и  $D$ .
23. Магнитное поле в веществе. Вектор намагниченности. Теорема о циркуляции вектора  $H$ . Граничные условия для векторов  $B$  и  $H$ .
24. Уравнения Максвелла в веществе.
25. Плотность потока электромагнитной энергии. Вектор Умова - Пойнтинга.
26. Движение электромагнитной энергии вдоль линий передач.
27. Линейный осциллятор: уравнение колебаний, характеристики затухания, резонансные кривые.
28. Термоэлектродвижущая сила, эффект Пельтье и эффект Томсона.
29. Механизм электропроводности электролитов. Зависимость их электропроводности от температуры. Электролиз. Законы Фарадея.

#### 4. Рекомендуемые формы контроля знаний

##### Контрольные работы

1. Электростатика и постоянный ток.
2. Постоянное магнитное поле и законы переменного тока.

##### Индивидуальные контролируемые самостоятельные работы

1. Электростатическое поле в вакууме.
2. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.
3. Емкость. Электрические цепи с конденсаторами. Энергия электростатического поля.
4. Работа и энергия электростатического поля.
5. Магнитное поле в вакууме.
6. Магнитное поле в веществе.
7. Электромагнитная индукция.
8. Переменный ток.

##### Тесты

1. Вопрос закрытой формы содержит формулировку вопроса и несколько вариантов ответа на него, один или несколько из которых являются правильными.
2. Вопрос на последовательность предоставляет тестируемому кроме формулировки вопроса еще и набор из нескольких фраз, которые необходимо расположить в правильной последовательности.
3. Вопрос на соответствие помимо формулировки вопроса содержит два множества фраз (элементов) – множество выбора и множество соответствия и при ответе необходимо выбрать правильные подмножества из обоих множеств.
4. Вопрос с фиксированным ответом предусматривает введение ответа на вопрос в виде набора слов или чисел.

##### Рефераты

1. Электричество в живой природе.
2. Из истории электричества.
3. Электрические величины и способы их измерения. Измерительные приборы.
4. Плоские, сферические, цилиндрические конденсаторы и их соединения.
5. Ферромагнетизм. Зависимость ферромагнитных свойств от температуры.
6. Основы расчета электрических цепей переменного тока методом векторных диаграмм и комплексных амплитуд.
7. Принцип работы синхронных и асинхронных двигателей.
8. Скин-эффект и его использование в технике.
9. Фильтры низких и высоких частот, основные характеристики и физические принципы их реализации.
10. Ускорители заряженных частиц. Линейные и циклические ускорители заряженных частиц.

11. Зависимость электропроводимости металлов от температуры, явление сверхпроводимости.
12. Зависимость электропроводимости полупроводников от температуры.
13. Собственная проводимость полупроводников. Примесная (электронная и дырочная) проводимость. Доноры и акцепторы.
14. Выпрямляющее действие полупроводникового контакта Полупроводниковый диод и транзистор.
15. Термоэлектродвижущая сила, эффект Пельтье и эффект Томсона.
16. Электропроводность газов. Основные типы газового разряда.
17. Электрический ток в вакууме. Термоэлектронная эмиссия.
18. Плазменное состояние вещества.
19. Переходные процессы в электрических цепях постоянного тока.
20. Электромагнитное поле Земли.
21. Электрические двигатели постоянного тока.
22. Генераторы переменного тока. Устройство и принцип действия.
23. Эффект Холла. Датчики Холла.
24. Методы расчета цепей трехфазного тока.
25. Передача электромагнитной энергии на расстояние.
26. Спектр электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитного поля.
27. Дипольный излучатель Герца. Излучение и распространение электромагнитных волн в свободном пространстве.
28. Взаимодействие электромагнитных волн со средой распространения.

При планировании в учебные программы могут быть включены темы, отсутствующие в перечне практических, лабораторных занятий, если они соответствуют учебной программе. Степень углублённого изучения отдельных подразделов, содержание лекций, практических занятий, самостоятельной работы студентов, индивидуальной работы под руководством преподавателя определяются соответствующими кафедрами физики вузов с учётом числа часов, отводимых на изучение электричества. В учебных программах может при этом изменяться порядок изложения материала без нарушения основного замысла курса.

На занятиях используются различное лабораторное оборудование, приборы, компьютерные программы, видео и кинофильмы, схемы, плакаты, макеты, стенды и другие современные технические средства обучения.

Контроль текущей успеваемости студентов осуществляется путём проведения контрольных работ, коллоквиумов, защит лабораторных работ, выполнения контролируемых самостоятельных работ, в том числе и с использованием компьютерных методов тестирования.