

**УТВЕРЖДЕНО**

Первым заместителем Министра  
образования Республики Беларусь  
А. Г. Бахановичем

**10.09.2024**

Регистрационный № 6-05-08-018/пр.

**ФИЗИКА С ОСНОВАМИ БИОФИЗИКИ**

Примерная учебная программа  
по учебной дисциплине для специальностей:  
6-05-0811-02 Производство продукции животного происхождения,  
6-05-0831-01 Водные биоресурсы и аквакультура

**СОГЛАСОВАНО**

Первый заместитель Министра  
сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ С. А. Федченко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
образования, науки и кадровой политики  
Министерства сельского хозяйства и  
продовольствия Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ В. А. Самсонович  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
интенсификации животноводства и  
рыбохозяйственной деятельности  
Министерства сельского хозяйства и  
продовольствия Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ Н. А. Сонич  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель Учебно-методического  
объединения по образованию  
в области сельского хозяйства

\_\_\_\_\_ В. В. Великанов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
профессионального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ С. Н. Пищов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**СОГЛАСОВАНО**

Проректор по научно-методической  
работе Государственного учреждения  
образования «Республиканский  
институт высшей школы»

\_\_\_\_\_ И. В. Титович  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Эксперт-нормоконтролер

\_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Минск 2024

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

О.М. Астахова, доцент кафедры высшей математики и физики учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат педагогических наук, доцент;

М.П. Подобед, старший преподаватель кафедры высшей математики и физики учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра радиологии и биофизики учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», (протокол № 7 от 24.05.2023г.);

В.А. Седакова, заведующий кафедрой естествознания учреждения образования «Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова», кандидат технических наук, доцент

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:**

Кафедрой высшей математики и физики учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 10 от 21.06.2023 г.);

Методической комиссией факультета биотехнологии и аквакультуры учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 10 от 26.06.2023 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 10 от 28.06.2023 г.);

Научно-методическим советом по зоотехническим специальностям Учебно-методического объединения по образованию в области сельского хозяйства (протокол № 65 от 30.06.2023 г.)

Ответственный за редакцию: Т.И. Скикевич

Ответственный за выпуск: М.П. Подобед

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Необходимость изучения учебной дисциплины диктуется тем, что физические методы и приборы с каждым годом все больше проникают в науку и практику сельского хозяйства. В производственных лабораториях широко используют электронные и оптические методы анализа, применяется современная электрическая и оптическая аппаратура, рентгеноскопия, ультразвук, радиоизотопы. Проводятся приносящие большой экономический эффект исследования воздействия на сельскохозяйственных животных таких физических факторов, как электромагнитные волны, шум, ультрафиолетовое и инфракрасное излучения. Поэтому специалистам высшей квалификации, работающим в сельском хозяйстве, необходим достаточно высокий уровень как теоретической, так и практической подготовки в области физики и ее применений к биологическим объектам.

### **Цели учебной дисциплины:**

- формирование целостного мировоззрения и развитие системно-эволюционного стиля мышления;
- формирование системы физических знаний как фундаментальной базы подготовки специалистов;
- формирование навыков по грамотному применению положений фундаментальной физики в процессе научного анализа проблемных ситуаций, которые специалист должен решать при создании новых технологий.

### **Задачи учебной дисциплины:**

- изучение: основных законов физики и границ их применимости; фундаментальных физических констант; фундаментальных физических опытов и их роли в развитии науки;
- владение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование представлений о пределах применимости основных физических теорий для решения современных и перспективных технологических задач.

Знания, полученные при изучении учебной дисциплины «Физика с основами биофизики», востребованы при изучении учебных дисциплин: «Физиология и этология сельскохозяйственных животных», «Разведение сельскохозяйственных животных» (специальности 6-05-0811-02 «Производство продукции животного происхождения»), «Зоология», «Эксплуатация и охрана водных ресурсов» (специальности 6-05-0831-01 «Водные биоресурсы и аквакультура»).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен развить и закрепить базовые профессиональные компетенции:

- проводить анализ физических явлений в природе и понимать их роль в практике производства продукции животноводства (для специальности 6-05-0811-02 «Производство продукции животного происхождения»);
- использовать основные физические явления и понимать их значение в производстве сельскохозяйственной продукции (для специальности 6-05-0831-01 «Водные биоресурсы и аквакультура»).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

*иметь представление:*

- о месте физики и биофизики в системе естественных наук;
- о физике и биофизике как особом способе познания мира;
- о содержании основных разделов физики и биофизики;
- о современных средствах и достижениях физики и биофизики;
- о биофизических процессах, протекающих в организме животных;

*знать:*

- основные законы физики и биофизики;
- электронные и оптические методы анализа;
- современную электрическую и оптическую аппаратуру;
- рентгеноскопию, ультразвук, радиоизотопы;
- современные средства вычислительной техники;

*уметь:*

- использовать основные законы физики и биофизики в вопросах, связанных с процессами, происходящими в биологических системах;
- применять электронные и оптические методы анализа;
- использовать современную электрическую и оптическую аппаратуру;
- пользоваться современными средствами вычислительной техники;

*владеть:*

- основными положениями современной физики и биофизики;
- физической интерпретацией ряда биологических явлений;
- методами решения практических задач, используя законы физики и биофизики;
- навыками объяснения на основе законов физики механизма биологических процессов;
- аналитическим и числовым решением задач физики и биофизики;
- самостоятельной смысловой постановкой прикладных задач физики и биофизики;
- теоретическими и практическими знаниями в области физики и ее применения к биологическим объектам.

В процессе обучения студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

В соответствии с примерными учебными планами на изучение учебной дисциплины по специальностям: 6-05-0811-02 «Производство продукции животного происхождения», 6-05-0831-01 «Водные биоресурсы и аквакультура» предусмотрено 100 часов, в том числе 52 часа аудиторных занятий. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: 16 часов – лекции, 36 часов – лабораторные занятия.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – зачет.

## 2. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

для специальностей 6-05-0811-02 «Производство продукции животного происхождения», 6-05-0831-01 «Водные биоресурсы и аквакультура»

№ п.п.	Название разделов	Всего аудиторных часов	В том числе	
			лекции	лабораторные занятия
1	Введение. Физические основы механики	10	2	8
2	Молекулярная физика и термодинамика	14	4	10
3	Электричество и магнетизм	14	4	10
4	Геометрическая и волновая оптика	12	4	8
5	Элементы атомной физики	2	2	
Всего		52	16	36

### 3. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

#### **Введение. Физические основы механики**

Физика как наука, ее предмет и методы исследования. Формы движения материи, изучаемые физикой. Значение физики для биологии. Предмет и методы исследования биофизики. Краткая история развития биофизики. Место биофизики среди других естественных наук. Перспективы развития физики и биофизики в свете перестройки аграрных отношений в стране.

Понимание механики движения целого организма, опорно-двигательного аппарата человека и животных для целей анатомии и физиологии. Физические основы некоторых лабораторных и диагностических методов, используемых в практике медико-биологических исследований.

**Кинематика и динамика материальной точки.** Механическое движение. Система отсчета. Скорость и ускорение как производные радиус-вектора. Нормальная и тангенциальная составляющие вектора ускорения. Законы Ньютона в инерциальных системах отсчета. Невесомость, перегрузки, их влияние на организм животных. Работа переменной силы. Кинетическая и потенциальная энергия. Мощность некоторых сельскохозяйственных машин и мощность двигательного аппарата животных.

**Вращательное движение твердого тела.** Вращение твердого тела относительно неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Центрифуги и их применение (сепарирование молока, разделение макромолекул форменных элементов крови и т.д.). Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Момент инерции. Моменты инерции некоторых тел правильной геометрической формы. Моменты инерции конечностей в локомоторном аппарате животных. Применение вращающихся тел в сельскохозяйственной технике. Кинетическая энергия вращающегося тела. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса и примеры его применения.

**Некоторые вопросы биомеханики.** Механика живых систем. Сочленения и рычаги в опорно-двигательном аппарате животных и человека. Степени свободы вращения отдельных частей организма. Работа и мощность животных и человека.

**Свойства упругих тел.** Кристаллические и аморфные тела. Физические свойства полимеров. Жидкие кристаллы. Деформация твердых тел. Закон Гука. Модуль упругости. Прочность, предел прочности. Потенциальная энергия упруго деформированного тела.

Использование упругих материалов в ветеринарной медицине и сельскохозяйственной технике.

**Механические колебания и волны.** Колебательные движения в биологических объектах (колебания сердечной мышцы, крыльев птиц, колебательные процессы в клетках и т.д.).

Гармонические колебания. Уравнения и графики смещения. Скорость и ускорения при гармонических колебаниях. Период колебаний пружинного маятника. Энергия колеблющейся точки. Механические вибрации, вызываемые вентиляторами, компрессорами и пр. в промышленном животноводстве. Действие вибраций на организм и продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы. Сложение гармонических колебаний, происходящих по одной прямой. Биение. Гармонический спектр сложного колебания. Затухающие и вынужденные колебания.

Резонансные явления в технике и биологических процессах.

Волны в упругих средах. Уравнение волны. Перенос энергии волной. Интенсивность волны.

Волны в упругих средах. Уравнение волны. Одномерное волновое уравнение. Перенос энергии волной. Интенсивность волны.

**Биоакустика.** Природа звука. Источники звука: струны, мембраны, трубы, сирена. Высота, тембр и интенсивность звука. Звуковое давление. Уровень интенсивности звука. Бел и децибел. Громкость звука и единицы ее изменения. Пороги.

Взаимодействие ультразвука с веществом звукового ощущения у человека и у некоторых сельскохозяйственных животных. Шум как стресс-фактор, его влияние на живой организм и продуктивность сельскохозяйственных животных. Борьба с шумом при интенсивном ведении животноводства и птицеводства.

Ультразвук, методы его получения и регистрации, его физические свойства. Ультразвук в мире животных.

Биофизика инфразвука. Действие инфразвука на животных (разрыв кровеносных сосудов при большой интенсивности, изменение частоты альфа-волн мозга, действие на вестибулярный аппарат, продуктивность крупного рогатого скота, расстройство органов зрения и т.п.). Источники инфразвука при промышленном ведении животноводства.

**Гидродинамика.** Течение идеальной жидкости. Уравнение неразрывности потока. Уравнение Бернулли и следствие из него. Статистическое и динамическое давление в потоке и методы их изменения. Применяемые в ветеринарной лабораторно-клинической практике приборы, действие которых основано на законе Бернулли. Течение вязкой жидкости. Формула Ньютона. Коэффициент внутреннего трения и методы его измерения на основе законов Стокса и Пуазейля. Закон Стокса в технологии молочных продуктов и при лабораторно-клинических исследованиях крови. Движение тел в жидкости. Число Рейнольдса.

Распределение давления при течении реальной жидкости по разветвленным трубам. Физическая модель сосудистой системы. Перераспределение энергии в эластичных стенках кровеносных сосудов и значение этого явления для кровообращения. Пульсовая волна. Сердце как источник энергии потока крови. Применение законов гидродинамики в сельском хозяйстве (доильные установки, молокопроводы и др.).

**Молекулярная физика и термодинамика.** Описание молекулярного строения вещества и хаотического движения молекулярно-кинетическим (статическим и термодинамическим методами). Значение термодинамики биологических систем, теплообмена организма, молекулярных свойств биологических жидкостей и использование низких температур и нагретых сред в ветеринарной медицине.

**Основы молекулярно-кинетической теории.** Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа и следствие из него. Постоянная Больцмана. Понятие о степенях свободы. Распределение энергии молекул по степеням свободы. Внутренняя энергия идеального газа. Распределение молекул по скоростям. Средняя длина свободного пробега молекул.

Явление переноса в газах: диффузия, теплопроводность, внутреннее трение. Уравнение переноса. Диффузия. Закон Фика. Диффузионные процессы в легких. Основные закономерности диффузии в клетках и тканях организма. Диффузия газов в почву. Теплопроводность. Закон Фурье. Виды теплообмена в живых организмах. Физические основы терморегуляции организма. Теплопроводность и конвекция в сельском хозяйстве (теплопроводность почвы, конвекционные потоки воздуха в животноводческих помещениях и др.).

**Реальные газы.** Насыщенные пары и их свойства. Сжижение газов, их хранение и применение жидких газов в ветеринарии (при искусственном осеменении). Влажность и методы ее измерения. Понятие о микроклимате и его значении в ветеринарии и зоотехнии.

**Молекулярные явления в жидкостях.** Поверхностный слой в жидкостях. Коэффициент поверхностного натяжения и методы его измерения. Дополнительное давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капиллярные явления. Формула Борелли-Жюрена. Капиллярные явления в почве и биологических процессах.

**Физические основы термодинамики.** Предмет термодинамики. Термодинамические параметры и процессы. Термодинамическое содержание понятий “теплота” и “работа”. Внутренняя энергия системы. Первое начало термодинамики. Теплоемкости идеального газа. Уравнение Майера. Работа газа в изопроцессах. Применение первого начала термодинамики к процессам в идеальном газе. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Второе начало термодинамики. Принцип действия тепловой машины. Цикл Карно, его к.п.д. Тепловые машины и холодильные установки в сельском хозяйстве (танки для охлаждения молока, холодильные камеры, камеры созревания мясных туш и пр.).

**Основы термодинамики биологических систем.** Понятие об открытых термодинамических системах. Живой организм как открытая термодинамическая система. Первое начало термодинамики в биологии. Превращение энергии в биологических системах и энергетический баланс живого организма. Перенос тепла в живых организмах. Второе начало

термодинамики в биологии. Скорость изменения энтропии и стационарное состояние. Формула Пригожина.

## Электричество и магнетизм

Направления медико–биологических приложений электромагнитных явлений.

**Электростатика.** Электрический заряд. Электрическое поле (СЭП). Проводники в электрическом поле. Электростатическая защита. Заземление электроустановок. Электростатические явления в элеваторах, при перевозке горючих жидкостей и т.п. Борьба с этими явлениями и их использование. Диэлектрики в СЭП. Поляризация диэлектриков, виды поляризации. Диэлектрическая проницаемость. Диэлектрические свойства тканей организма (мозг, жировая, костная и др. ткани) и изменения диэлектрической проницаемости ткани при патологии. Диэлектрические проницаемости некоторых продуктов сельскохозяйственного производства и их связь с качеством этих продуктов.

**Постоянный ток и его действие на биологические системы.** Электрический ток в металлах. Закон Ома в дифференциальной форме. Потенциометры. Тепловое действие тока. Электронагревательные устройства в промышленном животноводстве и птицеводстве. Электрический ток в электролитах. Подвижность ионов. Удельная электропроводность. Законы электролиза. Электролитическая поляризация. Прохождение постоянного тока через живые ткани. Действие постоянного тока на организм животных. Гальванизация. Электрофорез лекарственных веществ. Электрокинетические явления.

**Электромагнетизм.** Магнитное взаимодействие проводников с током. Постоянное магнитное поле (ПМП). Закон Ампера. Индукция магнитного поля и единицы ее измерения. Вещество в ПМП. Магнитная проницаемость. Вещества диамагнитные и ферромагнитные. Действие ПМП на биологические объекты. Геомагнитное поле, его циклические изменения и влияние его на популяции живых существ. Применение магнитного поля в терапевтических целях

Электромагнитная индукция. Основной закон электромагнитной индукции. Явление самоиндукции. Индуктивность и единица ее измерения. Энергия магнитного поля.

**Переменный ток и его действие на биологические системы.** Получение переменного тока. Действующие значения переменного тока и напряжения. Цепи переменного тока с активным, емкостным и индуктивным сопротивлением. Полное сопротивление цепи переменного тока при последовательном соединении элементов цепи. Обобщенный закон Ома. Мощность в цепи переменного тока. Коэффициент мощности. Прохождение переменного тока через живые ткани. Эквивалентные схемы биологических объектов. Полное сопротивление живых тканей переменному току. Действие переменного тока на организм животных.

**Электрические явления в биологических системах.** Электродные и ионные потенциалы. Уравнение Нернста. Концентрационный элемент.

Физические свойства клеточных мембран. Транспорт веществ через клеточные мембраны под действием электрохимического градиента. Осмос. Закон Вант Гоффа. Осмотические явления в клетке. Кинетика активного транспорта. Понятие о натрий-калиевом насосе. Равновесие Доннана. Механизм образования биопотенциалов. Биопотенциалы покоя и действия. Измерение биопотенциалов.

**Биологическое действие электромагнитного поля.** Взаимодействие электромагнитного поля (ЭМП) с веществом. Физические механизмы потери энергии электромагнитным полем в веществе. Потери проводимости и диэлектрические потери. Физический механизм действия высокочастотного ЭМП на живой организм. Чувствительность живых существ к ЭМП различных частот. Техника безопасности при работе с ЭМП. Применение ЭМП в ветеринарной физиотерапии (диаметрия, дарсонвализация, индуктотермия, УВЧ-терапия, микроволновая терапия), физический механизм этих методов.

### **Геометрическая и волновая оптика**

Природа света. Шкала оптического излучения. Механизм распространения световых волн. Применение законов оптического излучения для исследования биологических объектов (микроскопия, спектроскопия, рефрактометрия, поляриметрия, колориметрия). Использование оптического излучения для диагностики заболевания (термография). Оптическая физиотерапия.

**Геометрическая оптика.** Отражение и преломление света. Полное отражение света и использование этого явления в оптических приборах. Световоды и применение волоконной оптики в ветеринарной диагностике и хирургии. Рефрактометры и их применение в ветеринарной лабораторной практике. Микроскоп. Оптическая схема микроскопа. Увеличение и разрешающая способность микроскопа.

**Волновая оптика.** Интерференция света и способы ее наблюдения (опыт Юнга, кольца Ньютона, интерференция в тонких пленках, просветление оптики). Интерференционный микроскоп. Дифракция света. Дифракционная решетка. Определение длины световой волны дифракционной решеткой.

Поляризация света, поляризованный и естественный свет. Поляризация отражения и преломления света. Законы Малюса и Брюстера. Двойное лучепреломление. Призма Николя и поляроиды.

Вращение плоскости поляризации оптически активными веществами. Поляриметры и их применение в ветеринарной лабораторной практике. Поляризационный микроскоп и его применение в биологии.

**Взаимодействие света с веществом.** Дисперсия света. Спектры и их типы, спектральные закономерности. Спектральный анализ. Поглощение

света. Закон Бугера. Закон Бера. Метод колориметрии. Фотометрический колориметр. Спектры солнечного света и света, создаваемого искусственными источниками. Биологическое значение солнечного света. Видимый свет как один из факторов микроклимата при интенсивном ведении животноводства и птицеводства. Электрическое освещение теплиц, птичников и пр.

Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, их свойства и методы наблюдения. Бактерицидные и эритемные лампы. Биологическое действие ультрафиолетовой части спектра и механизм этого действия. Ультрафиолетовое излучение и озоновый слой в атмосфере. Применение ультрафиолетового освещения для санации воздушной среды в птичниках, стерилизация молока и профилактики ряда заболеваний в ветеринарной физиотерапии для улучшения волосяного покрова пушных зверей, диагностики заболеваний и пр.

**Квантово-оптические явления.** Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Квантовые свойства света. Формула Планка. Тепловое излучение тела животных. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна. Фотон. Корпускулярно-волновой дуализм света. Понятие о фотохимических и фотобиологических реакциях. Биофизика зрительного восприятия.

### **Элементы атомной физики**

**Строение атома.** Планетарная модель атома. Теория Бора. Строение электронных оболочек атомов. Энергетические диаграммы. Объяснение спектральных закономерностей. Спин электрона. Принцип Паули. Волновые свойства электрона, формула де Бройля. Дифракция электронов. Электронный микроскоп и его применение в биологических исследованиях.

**Люминесценция.** Различные виды люминесценции. Фотолюминесценция твердых и жидких тел. Правило Стокса. Квантовый механизм люминесценции. Биолюминесценция.

Оптические квантовые генераторы (лазеры). Физические и биологические свойства лазерного излучения в биологических исследованиях, в медицине ветеринарии.

**Рентгеновское излучение.** Получение рентгеновского излучения и его свойства. Рентгеновская трубка. Мощность рентгеновской трубки. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Атомные рентгеновские спектры. Закон Мозли. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Биологическое действие рентгеновского излучения.

## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Литература

#### *Основная*

1. Грабовский, Р. И. Курс физики / Р. И. Грабовский. – М.: Высш. шк., 1980. – 607 с.
2. Грабовский, Р. И. Курс физики / Р. И. Грабовский. – СПб.: Лань, 2005. – 607 с.
3. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика / А. Н. Ремизов. – М.: Высшая школа, 1987. – 638 с.
4. Наркевич, И. И. Физика / И. И. Наркевич, Э. И. Волмянский, С. И. Лобко. – Минск: Высш. шк., 2004. – 679 с.
5. Соболевский, В. И. Физика и биологическая физика / В. И. Соболевский. – Витебск: УО ВГАВМ., 2005. – 103 с.
6. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М.: Академия, 1990. – 478 с.
7. Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы / И. Е. Иродов. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2000. – 352 с.
8. Луцевич, А. А. Физика / А. А. Луцевич. – Минск: Высш. шк. 2000. – 495 с.

#### *Дополнительная*

1. Волькенштейн, М. В. Биофизика / М. В. Волькенштейн. – М.: Наука, 1988. – 590 с.
2. Акопян, В. Б. Лечит ультразвук / В. Б. Акопян. – М.: Колос, 1983. – 112 с.
3. Богданов, К. Ю. Физика в гостях у биолога / К. Ю. Богданов. – М.: Наука, 1986. – 140 с.
4. Иваницкий Г. Р. Мир глазами биофизика / Г. Р. Иваницкий. – М.: Педагогика, 1985. – 153 с.
5. Матюхин, В. А. Биоэнергетика и физиология плавания рыб / В. А. Матюхин. – Новосибирск: Наука, 1973. – 154 с.
6. Алферов, Ж. И. Физика и жизнь / Ж. И. Алферов. – М.: Наука и жизнь, 2001. – 255 с.
7. Сена, А. А. Единицы физических величин и их размерности / А. А. Сена. – М.: Наука, 1985. – 304 с.
6. Ремизов, А. Н. Курс физики / А. Н. Ремизов, А. Я. Потапенко. – М.: Дрофа, 2004. – 720 с.
8. Сенько, Е. Е. Курс физики / Е. Е. Сенько, В. М. Кротов. – Могилев: МГУ, 2005. – 126 с.
9. Белановский, А. С. Основы биофизики ветеринарии / А. С. Белановский. – М.: Агропромиздат, 1985. – 271 с.

## **4.2. Методы (технологии) обучения**

В процессе освоения учебной дисциплины используется модульно-рейтинговая технология. Основными методами обучения, отвечающими целям учебной дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях и при самостоятельной работе.

## **4.3. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы**

При организации самостоятельной работы обучающихся, кроме использования при изучении лекционных материалов (включая электронные и бумажные тексты лекций), учебников, учебно-методических пособий, реализуются следующие формы самостоятельной работы: выполнение индивидуальных лабораторных работ, подготовка рефератов по отдельным разделам учебной дисциплины, выносимым на самостоятельное изучение.

## **4.4. Перечень рекомендуемых средств диагностики компетенций**

Для оценки учебных достижений студентов в приобретении компетенций рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- типовые задания;
- тесты по отдельным разделам и дисциплине в целом;
- письменные контрольные работы;
- устный опрос;
- зачет.