

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Биофизика

**Код модуля**  
1155319(1)

**Модуль**  
Основы анатомии и общая биофизика

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Колчанова Светлана Геннадьевна	кандидат физико-математических наук	доцент	департамент фундаментальной и прикладной физики
2	Тебеньков Александр Владимирович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

**Авторы:**

- Колчанова Светлана Геннадьевна, доцент, департамент фундаментальной и прикладной физики
- Тебеньков Александр Владимирович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Биофизика**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	1
		Реферат	1

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Биофизика**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1 -Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	Д-1 - Демонстрировать навыки самообразования З-2 - Интерпретировать основные теоретические положения фундаментальных разделов естественных наук, необходимые для освоения компетенций по профилю деятельности П-2 - Демонстрировать навыки использования основных естественнонаучных законов, теорий и принципов в важнейших практических приложениях	Домашняя работа Зачет Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Реферат

	У-2 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов с использованием знаний фундаментальных разделов естественных наук и объективных законов природы	
ПК-1 -Способен использовать знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	З-1 - Знать основные методы теоретических и экспериментальных физических исследований П-1 - Предлагать использование методов теоретических и экспериментальных физических исследований при решении поставленных задач У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы	Домашняя работа Зачет Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Реферат

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	5,9	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – не предусмотрено</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.50</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	5,16	70
<i>реферат</i>	5,14	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.5</b>		

<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–зачет</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– 0.5</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения

	обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах.
  2. Водородные связи. Особенности воды как растворителя.
  3. Основные методы изучения конформационной подвижности белков.
  4. Молекулярная организация биологических мембран. Состав биомембран.
  5. Подвижность молекулярных компонентов в мембранах.
  6. Механические свойства мембран. Механизмы разрушения липидного слоя.
  7. Возникновение дефектов типа «сквозная пора». Модель критической поры. Образование критических пор в электрическом поле и при фазовых переходах.
  8. Пассивный транспорт веществ через биомембраны.
  9. Активный транспорт.
  10. Потенциал действия. Измерение потенциалов в возбудимых мембранах.
  11. Строение саркомера. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла.
  12. Принципы преобразования энергии в механохимических системах.
  13. Электромеханическое сопряжение в мышцах.
  14. Основные этапы моделирования. Классификация моделей.
  15. Методы определения вязкости жидкости. Клинический метод определения вязкости крови.
  16. Особенности течения крови в различных участках кровеносного сосуда, пульсовая волна.
  17. Особенности кровотока при локальном сужении сосуда. Резистивная модель.
  18. Применимость законов термодинамики к описанию живых систем.
- Примерные задания

1. Оцените коэффициент распределения  $K$  между водной ( $\epsilon_1 \approx 81$ ) и неполярной фазой ( $\epsilon_2 \approx 3$ ) фазами для иона ( $r \approx 0,2 \text{ нм}$ ), используя формулу Борна? ( $T \approx 27^\circ \text{C}$ )
2. Оцените величину равновесного потенциала для клетки сердечной мышцы для ионов  $\text{Na}^+$ , если концентрации ионов  $C_i = 15 \text{ ммоль/л}$  и  $C_o = 145 \text{ ммоль/л}$ .
3. Оценить величину давления в мембране, находящейся под действием разности потенциалов  $\varphi \approx 0,5 \text{ В}$ , если  $h = 4 \text{ нм}$  и удельная емкость  $C_M = 0,6 \text{ мкФ/см}^2$ ?
4. Оценить критический радиус и критическую энергию поры в "замороженной" мембране, для которой  $\sigma \approx 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$  и  $\gamma \approx 10 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$ .
5. Определить отношение длин экранирования в водной ( $\epsilon_1 \approx 81$ ) и липидной ( $\epsilon_2 \approx 3$ ) фазах, если  $C_1$  в 1000 раз больше, чем  $C_2$ .
6. Оценить критический радиус и критическую энергию поры в мембране толщиной 10 нм, находящейся в поле  $E = 10^7 \text{ В/м}$  ( $\epsilon = 2$ ,  $\sigma \approx 1 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$  и  $\gamma \approx 10 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$ ).
7. Оцените концентрацию ионов  $\text{Cl}^-$  внутри клетки мышцы лягушки, если  $C_o = 120 \text{ ммоль/л}$  и  $\varphi_{\text{Cl}^-} = -87 \text{ мВ}$ .
8. Удельная электрическая емкость мембраны аксона, измеренная внутриклеточным микроэлектродом, оказалась равной  $0,5 \text{ мкФ/см}^2$ . По формуле плоского конденсатора оцените толщину гидрофобного слоя мембраны с диэлектрической проницаемостью 2.
9. Какое расстояние на поверхности мембраны эритроцита проходит молекула фосфолипида за 1 с в результате латеральной диффузии? Коэффициент латеральной диффузии принять равным  $10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$ . Сравните с окружностью эритроцита диаметром 8 мкм.
10. Критический радиус липидной поры в мембране зависит от краевого натяжения поры, поверхностного натяжения мембраны и мембранного потенциала. Рассчитайте критический радиус поры при отсутствии мембранного потенциала. Принять краевое натяжение поры  $10^{-11} \text{ Н}$ , поверхностное натяжение липидного бислоя  $0,3 \text{ мН/м}$ .
11. Чему равна напряженность электрического поля на мембране в состоянии покоя, если концентрация ионов калия внутри клетки  $125 \text{ ммоль/л}$ , снаружи –  $2,5 \text{ ммоль/л}$ , а толщина мембраны 8 нм?
12. Рассчитайте амплитуду потенциала действия, если концентрация калия и натрия внутри клетки возбудимой ткани соответственно:  $125 \text{ ммоль/л}$ ,  $1,5 \text{ ммоль/л}$ , а снаружи  $2,5 \text{ ммоль/л}$  и  $125 \text{ ммоль/л}$ .

LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### Базовый

#### 5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Потенциал действия. Измерение потенциалов в возбудимых мембранах.
2. Строение саркомера. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла.
3. Принципы преобразования энергии в механохимических системах.
4. Электромеханическое сопряжение в мышцах.
5. Основные этапы моделирования. Классификация моделей.
6. Методы определения вязкости жидкости. Клинический метод определения вязкости крови.
7. Особенности течения крови в различных участках кровеносного сосуда, пульсовая волна.
8. Особенности кровотока при локальном сужении сосуда. Резистивная модель.



## 9. Применимость законов термодинамики к описанию живых систем.

### Примерные задания

- Каков механизм образования карты электрических потенциалов на поверхности тела человека?
- Почему амплитуды одних и тех же зубцов ЭКГ в один и тот же момент времени в различных отведениях не одинаковы?
- Радиус сосуда уменьшили вдвое. Во сколько раз изменится объемная скорость кровотока при неизменном градиенте давления?
- Вычислите давление крови на расстоянии 5 см от начала сосуда, если в начале сосуда давление составляет  $10^4$  Па, его радиус 1 мм, вязкость крови  $0,005 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , линейная скорость движения крови 20 см/с.
- Во сколько раз изменится скорость падения давления в начале диастолы, если гидравлическое сопротивление мелких сосудов увеличилось на 20%?
- Во сколько раз гидравлическое сопротивление участка аорты (радиус аорты 1,25 см) меньше, чем гидравлическое сопротивление участка артерии той же длины (радиус артерии 2,5 мм). Вязкость крови в артерии составляет 0,9 вязкости крови в аорте.
- Во сколько раз должно увеличиться давление крови в начале крупного сосуда, чтобы при сужении его просвета на 30% давление на выходе из сосуда и объемная скорость кровотока остались бы прежними. В отсутствие сужения падение давления в сосуде составляет 0,2 от давления в начале сосуда.
- Оцените, какое время эритроцит находится в капилляре.
- Перечислите основные виды движения в системе кровь-сосуд.
- Перечислите границы применимости закона Пуазейля.
- Дайте определение моделированию биологических процессов.
- Перечислите особенности течения крови при локальном сужении сосуда.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Молекулярная биофизика
2. Биофизика мембранных процессов
3. Биофизика мышечного сокращения

Примерные задания

Примерные вопросы по теме «Молекулярная биофизика»

Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах.

Особенности воды как растворителя. Гидрофобные и гидрофильные взаимодействия в биоструктурах.

Примерные вопросы по теме «Биофизика мембранных процессов»

Механические свойства мембран. Модель критической поры. Образование критических пор в электрическом поле и при фазовых переходах.

Потенциал покоя. Потенциал действия.

Примерные вопросы по теме «Биофизика мышечного сокращения»

Принципы преобразования энергии в механохимических системах.

Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем.

Электромеханическое сопряжение в мышцах.

1. Средние значения концентрации ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  в аксоплазме гигантского аксона кальмара соответственно равны  $410 \text{ моль/м}^3$ ,  $49 \text{ моль/м}^3$ ,  $40 \text{ моль/м}^3$ , а в морской воде -  $10 \text{ моль/м}^3$ ,  $460 \text{ моль/м}^3$ ,  $540 \text{ моль/м}^3$ . Вычислить потенциал Нернста для этих ионов при температуре  $27^\circ\text{C}$ .
2. Среднее значение концентрации ионов  $K^+$  в аксоплазме гигантского аксона кальмара равно  $410 \text{ моль/м}^3$ . Вычислить концентрацию для этих ионов в морской воде при температуре  $17^\circ\text{C}$ . Потенциал Нернста для ионов  $K^+$  составляет  $\phi_k = -96 \text{ мВ}$ .
3. Определить концентрацию ионов  $Cl^-$  в аксоплазме гигантского аксона кальмара. Концентрация этих ионов в морской воде  $540 \text{ моль/м}^3$ . Потенциал Нернста для ионов хлора при температуре  $27^\circ\text{C}$  равен  $-67 \text{ мВ}$ .
4. Оценить критический радиус и критическую энергию поры в мембране толщиной  $10 \text{ нм}$ , находящейся в поле  $E=10^7 \text{ В/м}$  ( $\epsilon=2$ ,  $\sigma \approx 1 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$  и  $\gamma \approx 10 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$ )

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Реферат

Примерный перечень тем

1. Основные методы изучения конформационной подвижности белков: люминесцентные методы, ЭПР, ЯМР, ЯГР спектроскопии.
2. Клетка как элементарная живая система. Строение клетки.
3. Виды транспорта через мембрану: осмос и осмотическое давление, фильтрация.
4. Ионные каналы и ионофоры. Подвижные переносчики (валиномицин, нирегицин) и каналобразующие агенты (грамицидин А, аламецитин).
5. Биофизика мышечного сокращения: модели Хаксли, Дещеревского, Хилла. Теории механизма мышечного сокращения.
6. Математические методы и модели описания гемодинамики.

Примерные задания

Помимо основного текста, должны быть даны определения основных терминов. Также необходимо привести уточняющие схемы с пояснениями. Реферат должен содержать титульный лист, список сокращений, основной текст и список используемой литературы.

LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

### 5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Водородная связь. Ее роль в формировании структуры белка.
2. Особенности структуры воды и ее свойства.
3. Что происходит при растворении в воде неполярных молекул?
4. Энергия перехода неполярных молекул из гидрофобной в водную фазу.
5. Какие молекулы называют амфифильными, гидрофильными, гидрофобными?
6. Какое агрегатное состояние применимо для описания полимеров?
7. Какие физические методы используют для исследования строения вещества?

8. Какие физические методы используют для исследования подвижности молекул вещества?
9. При фазовом переходе мембранных фосфолипидов из жидкокристаллического состояния в гель толщина бислоя изменяется. Как при этом изменится напряженность электрического поля в мембране?
10. С помощью спин-меченных молекул фосфолипидов установлен градиент вязкости по толщине мембраны. Определите, где вязкость выше: у поверхности мембраны или в ее центре?
11. Критический радиус липидной поры в мембране зависит от краевого натяжения поры, поверхностного натяжения мембраны и мембранного потенциала. Выведите формулу для критического радиуса поры.
12. Критический радиус липидной поры в мембране зависит от краевого натяжения поры, поверхностного натяжения мембраны и мембранного потенциала. Выведите формулу для критического радиуса поры в присутствии электрического поля.
13. Как изменится облегченная диффузия ионов калия с участием молекулы валиномицина после фазового перехода мембранных липидов из жидкокристаллического состояния в гель?
14. Какова связь коэффициента диффузии с вязкостью среды?
15. Какова связь проницаемости с вязкостью вещества мембраны. Приведите все необходимые уравнения и объясните их физический смысл.
16. Какова связь между проницаемостью мембраны и проницаемостью примембранных слоев воды. Выведите необходимые уравнения и объясните их физический смысл.
17. Для каких молекул или ионов основным барьером служит липидный бислой и почему?
18. Показать, что уравнение Нернста-Планка сводится к уравнению Фика для диффузии незаряженных частиц.
19. Возможен ли одновременный транспортный перенос ионов калия и натрия по схеме симпорта, антипорта, унипорта?
20. Какой транспорт ионов создает мембранную разность потенциалов: пассивный или активный?
21. Как соотносятся проницаемости мембраны аксоны кальмара для различных ионов в покое и при ее возбуждении?
22. Почему суммарный ток  $I_m(t)$  вначале идет ниже оси времени? Чем это определяется?
23. Как можно объяснить характер изменений токов ионов натрия и калия при изменении потенциала на мембране?
24. Рассчитайте равновесный потенциал для ионов натрия для кардиомиоцита. Сравните его с потенциалом для нервного волокна.
25. Рассчитайте равновесный потенциал для ионов кальция для кардиомиоцита. Сравните его с потенциалом для нервного волокна.
26. Рассчитайте равновесный потенциал для ионов калия для кардиомиоцита. Сравните его с потенциалом для нервного волокна.
27. Опишите этапы формирования мембранного потенциала.
28. Электродиффузия иона в однородной среде.
29. Перечислите основные положения модели скользящих нитей.

30. Перечислите режимы экспериментального исследования активного сокращения мышц.
31. Опишите зависимость мощности мышцы от нагрузки.
32. Перечислите основные этапы электромеханического сопряжения в мышцах.
33. Почему при различных начальных длинах мышцы изометрическое сокращение имеет различную форму зависимости  $F(t)$ ?
34. В чем состоят отличия электромеханического сопряжения в кардиомиоците и скелетной мышце?
35. Основные этапы моделирования. Классификация моделей. Основные требования к моделям.
36. Вязкость жидкости. Уравнение Ньютона. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Течение вязкой жидкости по трубам. Формула Пуазейля
37. Движение тел в вязкой жидкости. Закон Стокса. Методы определения вязкости жидкости.
38. Система кровообращения. Большой и малый круги кровообращения. Линейная и объемная скорость кровотока. Особенности течения крови в различных участках кровеносного сосуда, пульсовая волна.
39. Градиент скорости течения крови в различных участках кровеносной системы и его значение в развитии патологических состояний. Особенности кровотока при локальном сужении сосуда. Резистивная модель. Гемодинамические следствия стеноза и атеросклероза сосудов, гипоксия тканей.
40. Показатели производительности работы сердца. Особенности гемодинамики при сердечной недостаточности.
41. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Энтропия. Применимость законов термодинамики к описанию живых систем.
42. Стационарное состояние. Принцип минимума производства энтропии. Теорема Пригожина.
43. Организм как открытая система. Термометрия и калориметрия. Физические свойства нагретых и холодных сред, используемых для лечения. Применение низких температур в медицине
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-1	У-1	Домашняя работа Реферат