

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
биофизики и биотехнологии



В.Г. Артюхов
21.03.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.33 Биофизика**

1. Код и наименование направления подготовки:

06.03.01 Биология

2. Профиль подготовки:

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: биофизики и
биотехнологии

6. Составители программы:

Артюхов Валерий Григорьевич, доктор биологических наук, профессор,
Башарина Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС медико-биологического факультета, протокол № 2 от
21.03.2022 г.

8. Учебный год: 2024-2025

Семестр(-ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью курса «Биофизика» является последовательное изложение основ биофизики как самостоятельной науки, имеющей свой предмет и методы исследования, собственную теоретическую концептуальную базу и области приложения.

Задачи общего курса состоят в выявлении единства в многообразии биологических явлений путем раскрытия общих молекулярных механизмов взаимодействий, лежащих в основе биологических процессов. Конкретные задачи биофизики

- знание структуры и физических свойств биомолекул, понимание взаимосвязи структуры и функционирования молекул;
- изучение классификации, состава, структуры, физико-химических свойств, функций компонентов мембран, особенностей их межмолекулярных взаимодействий, механизмов транспорта веществ и ионов через мембраны;
- знание основ квантовой биофизики и фотобиологии, радиационной биофизики;
- получение практических навыков работы, освоение студентами биофизических методов анализа;
- формирование способности решать определенные исследовательские задачи, устанавливать причинно-следственные связи в функционировании биообъектов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к блоку базовых дисциплин (модулей) (Б.1), обязательная часть (Б.1.О.). Данная дисциплина является предшествующей к блоку 2 (Практики) и блоку 3 (Государственная итоговая аттестация) программы.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине / модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2	Способен применять принципы структурно-функциональной организации, использовать физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания	ОПК-2.1	Демонстрирует понимание принципов функционирования системы жизнеобеспечения и гомеостатической регуляции жизненных функций у растений, животных и человека, способы восприятия, хранения и передачи информации, ориентируется в современных методических подходах, концепциях и проблемах физиологии, цитологии, биохимии, биофизики, иммунологии	знать: биологическую и биофизическую терминологию, принципы функционирования биомолекул и субклеточных систем уметь: использовать фундаментальные биофизические представления в сфере профессиональной деятельности для решения новых задач; воспринимать инновации в целях совершенствования своей профессиональной деятельности владеть (иметь навык(и)): основными методами научного познания, современными методическими подходами, используемыми при биофизических исследованиях живых объектов
		ОПК-2.3	Применяет знание принципов клеточной организации	знать: биофизические понятия, теоретические основы биофизики, общие

			биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности, иммунологии, а также экспериментальных методов для решения профессиональных задач	молекулярные механизмы взаимодействий, лежащие в основе биологических (в т.ч. физиологических) процессов и явлений, принципы биофизических методов исследования уметь: устанавливать причинно-следственные связи в функционировании биообъектов, использовать полученные знания для решения профессиональных задач владеть (иметь навык(и)): методами работы с биологическими объектами в лабораторных условиях, навыки работы с современной аппаратурой в биофизической лаборатории
--	--	--	--	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 5 ЗЕТ / 180 ч.

Форма промежуточной аттестации – экзамен

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		№ сем. 6		
Аудиторные занятия	64	64		
в том числе: лекции	32	32		
практические				
лабораторные	32	32		
Самостоятельная работа	80	80		
Форма промежуточной аттестации экзамен	36	36		
Итого:	180	180		

13.1. Содержание дисциплины:

N п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Предмет и задачи биофизики. Проблемы современной биофизики	Предмет и задачи биофизики. Краткая история развития биофизики. Проблемы современной биофизики. Значение биофизики. Связь биофизики с медициной и фармацией	Онлайн-курс «Биофизика» ВГУ" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7261
1.2	Молекулярная биофизика	Молекулярная биофизика. Биофизика белка и нуклеиновых кислот. Уровни структурной организации белков. Фолдинг и денатурация белков. Конформационная подвижность (динамика) белков. Структура нуклеиновых кислот. Модель Уотсона – Крика, другие возможные формы ДНК.	

		Силы стабилизации структуры биополимеров. Роль воды в формировании структуры биомолекул	
1.3	Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран	<p>Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран. Современная модель мембраны. Фазовые переходы и микровязкость липидного бислоя. Пероксидное окисление липидов. Динамика биомембран.</p> <p>Модельные липидные мембраны.</p> <p>Применение липосом при изготовлении лекарств.</p> <p>Транспорт веществ (в том числе лекарственных препаратов) через биологические мембраны. Механизмы пассивного транспорта. Пассивный транспорт: диффузия, осмос, фильтрация, пиноцитоз, фагоцитоз.</p> <p>Активный транспорт веществ через мембрану. Механизм работы ионных насосов. Вторично активный транспорт.</p> <p>Электрические мембранные потенциалы, генерация потенциала покоя и потенциала возбуждения.</p> <p>Виды мембранных рецепторов. Механизм передачи сигнала в клетку.</p>	
1.4	Квантовая биофизика. Оптические методы анализа биосистем. Фотобиология	<p>Квантовая биофизика. Энергетические уровни молекул. Взаимодействие квантов света с молекулами. Условия поглощения кванта света. Электронные переходы при поглощении света в биомолекулах.</p> <p>Качественные и количественные показатели поглощения света. Спектральные свойства некоторых биомолекул.</p> <p>Люминесценция. Флуоресценция и фосфоресценция. Применение люминесцентного анализа в биологии и фармации.</p> <p>Фотобиологические процессы и их стадии.</p> <p>Определение концентрации исследуемого вещества в растворе спектрофотометрическим методом. Определение удельного коэффициента поглощения исследуемого вещества.</p>	
1.5	Кинетика и термодинамика биологических процессов	<p>Термодинамика биологических процессов, основные понятия. I и II начала термодинамики. Энтропия. Закон Гесса.</p> <p>Организм как открытая термодинамическая система. Стационарное состояние биологических систем. Уравнение Пригожина для открытой системы.</p>	
1.6	Радиационная биофизика	Механизмы поглощения энергии ионизирующих излучений. Дозиметрия. Взаимодействие разных видов ионизирующего излучения с атомами и молекулами вещества	
2. Практические занятия Не предусмотрены			
3. Лабораторные работы			
3.1	Предмет и задачи	Техника безопасности при работе с электрооборудованием, с химреактивами.	Онлайн-курс «Биофизика» ВГУ

	биофизики.	Правила оказания первой помощи. Техника работы в лаборатории, знакомство со вспомогательным оборудованием.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7261
3.2	Молекулярная биофизика	Спектрофотометрия. Спектральные свойства белков и нуклеиновых кислот. Методы изучения конформационного состояния биомолекул. Исследование денатурации белка с помощью спектрофотометрического анализа	
3.4	Биофизика мембран	Определение активности некоторых мембранных ферментов.	
3.5	Квантовая биофизика. Оптические методы анализа биосистем. Фотобиология	Качественные и количественные показатели поглощения света. Определение концентрации заданного вещества в растворе с помощью спектрофотометрического метода анализа. Решение задач по теме Рефрактометрия. Знакомство с работой и принципом действия рефрактометра RL-1. Определение показателя преломления некоторых веществ и биологических систем. Расчет концентрации некоторых веществ по показателю преломления. Решение задач по теме.	
3.6	Радиационная биофизика	Использование радиометрического метода для определения активности радионуклидов. Определение β -радиоактивности препарата с заданной степенью точности. Измерение активности радиоактивного препарата в зависимости от геометрических условий счета.	

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Предмет и задачи биофизики. Проблемы современной биофизики.	2	-	2	10	14
2	Молекулярная биофизика.	4	-	6	14	24
3	Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран.	8	-	4	14	26
4	Квантовая биофизика. Фотобиология	8	-	12	14	34
5	Кинетика и термодинамика биологических процессов	6	-		14	20
6	Радиационная биофизика	4	-	8	14	26
	Итого	32	-	32	80	180

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение содержания дисциплины осуществляется с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ) – электронного учебного курса «Биофизика», расположенного по адресу: <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7261> на портале «Электронный университет ВГУ».

Перед началом учебных занятий обучающийся должен:

1. Проверить наличие доступа к курсу. В случае выявления проблем своевременно обратиться к преподавателю или в службу технической поддержки.

2. Изучить интерфейс курса, знать способы взаимодействия с преподавателем в рамках ЭУК: сообщение на форуме, отправка личного сообщения, чат.

3. Ознакомиться с целью и задачами дисциплины, перечнем формируемых компетенций и результатов обучения, программой дисциплины, календарным планом, траекторией освоения дисциплины, комплексом вопросов и требований для промежуточной аттестации.

4. Ознакомиться с перечнем основной и дополнительной литературы, а также списком электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины. Получить доступ к электронным библиотечным системам, на которые оформлена подписка ФГБОУ ВО «ВГУ».

На лабораторных занятиях студенты в составе малой группы (2 – 3 человека) выполняют учебно-исследовательскую работу. В ходе лабораторных работ студенты приобретают навыки обращения с биологическими объектами для определения их биофизических характеристик, умение определять эти характеристики (оптическая плотность, показатель преломления, вязкость, радиоактивность и др.) и анализировать полученные результаты. В конце лабораторного занятия результаты и материалы учебно-исследовательской работы докладываются преподавателю, при необходимости обсуждаются в группе (отчет о лабораторном занятии). В случаях пропуска лабораторного занятия по каким-либо причинам студент обязан его самостоятельно выполнить под контролем преподавателя во время индивидуальных консультаций.

Самостоятельная работа студентов осуществляется с использованием рекомендованных учебников и учебных пособий в ходе подготовки к практическим и лабораторным занятиям. Студенты знакомятся с теоретическим материалом в процессе лекционного курса, самостоятельно прорабатывают и усваивают теоретические знания с использованием рекомендуемой учебной литературы и учебно-методических пособий, согласно указанному списку (п.15).

Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы студентов, формирования общепрофессиональных компетенций (ОПК-2.1, ОПК-2.3). Текущая аттестация по дисциплине «Биофизика» проводится в виде письменного задания (текущая аттестация по темам: «Предмет и задачи биофизики Проблемы современной биофизики», «Молекулярная биофизика» и «Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран» и включает в себя регулярные отчеты студентов по лабораторным работам). Планирование и организация проверки в ходе текущих аттестаций знаний, умений и навыков осуществляется в соответствии с содержанием рабочей программы и календарно-тематическим планом с применением фонда оценочных средств. Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются в балльной системе и по решению кафедры могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся. Формой промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся является экзамен.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : учеб. для вузов / А.Н. Ремизов. – ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 656 с. – ЭБС «Консультант студента» - URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970435779.html

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2..	Артюхов В.Г. Биологические мембраны: структурная организация, функции, модификация физико-химическими агентами: Учеб. пособие /В.Г. Артюхов, М.А. Наквасина. - Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2000. - 296 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/books/b27489.djvu >
	Биофизика : учеб. для вузов / под ред. В.Г. Артюхова. – М. : Академический Проект : Екатеринбург : Деловая книга, 2009. – 294 с.
3.	Артюхов В.Г. Оптические методы анализа интактных и модифицированных биологических систем./ В.Г. Артюхов, О.В. Путинцева. - Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1996. - 240 с.
4.	Владимиров Ю.А. Физико-химические основы фотобиологических процессов./ Ю.А. Владимиров, А.Я. Потапенко. - М.: Дрофа, 2006. - 285 с.
5.	Курс физики : учебник для студ. вузов, обуч. по естественнонауч. направлениям / А. Н. Ремизов, А. Я. Потапенко .— 3-е изд., стер. — М. : Дрофа, 2006 .— 720 с.
6	Практикум по биофизике / [В.Г. Артюхов и др.] ; Воронеж. гос. ун-т ; [под общ. ред. В.Г. Артюхова] .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016 .— 313 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
8	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ, ЭБС МЕДФАРМ, ЭБС Университетская библиотека
9	Elibrary.ru – научная электронная библиотека
10	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7261 - ЭУК «Биофизика» на платформе "Электронный университет ВГУ"
11	ЭБС "Консультант студента" : https://www.studentlibrary.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Артюхов В.Г. Молекулярная биофизика: механизмы протекания и регуляции внутриклеточных процессов : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, О.В. Башарина ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2012 .— 219 с.
2.	Артюхов В.Г. Структурно-функциональное состояние биомембран и межклеточные взаимодействия : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, М.А. Наквасина. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008. – 156 с.
3	Практикум по биофизике / [В.Г. Артюхов и др.] ; Воронеж. гос. ун-т ; [под общ. ред. В.Г. Артюхова] .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016 .— 313 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Учебная дисциплина реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Онлайн-курс «Биофизика» <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7261>- в котором размещена учебная и научная литература по курсу, материалы для подготовки к текущим и промежуточной аттестации.

Microsoft Office Professional 2003 Win32 Russian, бессрочная лицензия Academic Open, дог. 0005003907-24374 от 23.10.2006.

Офисная система LibreOffice 4.4.4 (Свободно распространяемое программное обеспечение)

Microsoft Windows Professional 8.1 Russian Upgrade Academic Open License No Level. Бессрочная лицензия Academic OLP, дог. 3010-07/73-14 от 29.05.2014.

Microsoft Office 2013 Russian Academic Open License No Level. Бессрочная лицензия Academic OLP, дог. 3010-07/73-14 от 29.05.2014

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций.

2. Информационно-коммуникационные технологии (консультации преподавателя через тематические форумы и вебинары с использованием

электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО "ВГУ" - Образовательный портал «Электронный университет ВГУ» (www.moodle.vsu.ru).

3. Информационные технологии (доступ в Интернет)

4. ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>

5.ЗНБ ВГУ www.lib.vsu.ru

6. Консультант плюс – информационно-справочная система

7.ЭБС «Университетская библиотека online» <https://biblioclub.ru/>

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа Специализированная мебель, проектор Acer X115H DLP, экран для проектора, ноутбук Lenovo G580 с возможностью подключения к сети «Интернет», WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 190
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа Специализированная мебель, экран настенный Digis Optimal-C DSOC-1103, проектор Acer X115H DLP, ноутбук Lenovo G500 с возможностью подключения к сети «Интернет», WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 365
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель, лабораторная посуда, pH-метр портативный HI83141, микроскопы Микмед, Спектрофотометр ПЭ-54-00 УФ, программно-методический комплекс биохимиллюм.анализа, центрифуга Eppendorf, шейкер-инкубатор для планшета Elmi SHAKER ST 3	г. Воронеж, Университетская пл., д.1, пом. I, ауд. 61
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Компьютеры Celeron, Pentium, проектор Sanyo, WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 67

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-2.1. Демонстрирует понимание принципов функционирования системы жизнеобеспечения и гомеостатической регуляции жизненных функций у растений, животных и человека, способы восприятия, хранения и передачи информации, ориентируется в современных методических подходах, концепциях и проблемах физиологии, цитологии, биохимии, биофизики, иммунологии	знать: биологическую и биофизическую терминологию, принципы функционирования биомолекул и субклеточных систем	Темы 1-4 : 1.Предмет и задачи биофизики. Проблемы современной биофизики. 2. Молекулярная биофизика. 3. Биофизика сложных систем. 4. Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран.	Комплект КИМ к текущей аттестации
	уметь: использовать фундаментальные биофизические представления в сфере профессиональной деятельности для решения новых задач; воспринимать инновации в целях совершенствования своей профессиональной деятельности	Темы: 2. Молекулярная биофизика. 4. Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран. 5. Квантовая биофизика. Оптические методы анализа биосистем. Фотобиология. 6. Радиационная биофизика.	Отчеты студентов по выполнению лабораторных работ
	владеть (иметь навык(и)): основными методами научного познания, современными методическими подходами, используемыми при биофизических исследованиях живых объектов	Темы 1.Предмет и задачи биофизики. Проблемы современной биофизики. 2. Молекулярная биофизика. 3. Биофизика сложных систем. 4. Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран. 5. Квантовая биофизика. Оптические методы анализа биосистем. Фотобиология. 6. Радиационная биофизика.	Отчеты студентов по выполнению лабораторных работ
ОПК-2.3. Применяет знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности,	знать: биофизические понятия, теоретические основы биофизики, общие молекулярные механизмы взаимодействий, лежащие в основе биологических (в т.ч. физиологических) процессов и явлений, принципы биофизических методов исследования	2. Молекулярная биофизика.. 4. Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран. 5. Квантовая биофизика. Оптические методы анализа биосистем. Фотобиология. 6. Радиационная биофизика.	Комплект КИМ к текущей аттестации

иммунологии, а также экспериментальных методов для решения профессиональных задач	уметь: устанавливать причинно-следственные связи в функционировании биообъектов, использовать полученные знания для решения профессиональных задач	2. Молекулярная биофизика. 4. Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран. 5. Квантовая биофизика. Оптические методы анализа биосистем. Фотобиология. 6. Радиационная биофизика.	отчеты студентов по выполнению лабораторных работ
	владеть (иметь навык(и)): методами работы с биологическими объектами в лабораторных условиях, навыки работы с современной аппаратурой в биофизической лаборатории	2. Молекулярная биофизика. 4. Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран. 5. Квантовая биофизика. Оптические методы анализа биосистем. Фотобиология. 6. Радиационная биофизика.	Отчеты студентов по выполнению лабораторных работ
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ к промежуточной аттестации

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Оценка результатов обучения на промежуточной аттестации происходит по следующим показателям:

1. Знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины «Биофизика».
2. Способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.
3. Умение связывать теоретические знания с практическими навыками.
4. Умение устанавливать междисциплинарные связи.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Ответ студента полностью соответствует всем оцениваемым показателям. Компетенции сформированы полностью и используются в полном объеме.	Отлично
Ответ студента не полностью соответствует всем оцениваемым показателям, компетенции сформированы и проявляются фрагментарно и не в полном объеме. При ответе студент допускает незначительные ошибки и неточности, которые устраняются им самостоятельно.	Хорошо
Ответ студента не в полной мере соответствует оцениваемым показателям. Компетенции сформированы в общих чертах, при ответе обучающийся допускает существенные ошибки и неточности, демонстрирует поверхностные знания дисциплины, не способен сочетать	Удовлетворительно

теоретические знания и практические умения и навыки.	
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Компетенции не сформированы. Знания студента не систематизированы, он допускает грубые профессиональные ошибки, не способен переносить теоретические знания на практику, устанавливать междисциплинарные связи.	Неудовлетворительно

20.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

20.3.1. Перечень вопросов для формирования контрольно-измерительных материалов текущей аттестации

1. Дайте определение биофизики как науки. Что является целью биофизики как науки?
2. Дайте определения основным разделам биофизики.
3. Охарактеризуйте пептидную связь.
4. Охарактеризуйте типы вторичной структуры белка. Какими связями она поддерживается?
5. Охарактеризуйте водородную связь.
6. Опишите механизм возникновения гидрофобных взаимодействий.
7. Что представляет собой домен белковой молекулы? Чем доменная структура отличается от четвертичной структуры?
8. Каков молекулярный механизм возникновения серповидно-клеточной анемии?
9. Что собой представляет современная модель мембраны?
10. Нарисуйте и поясните схему строения мембраны.
11. Какие функции выполняют мембранные белки?
12. Классификация мембранных белков по их положению в мембране.
13. В каком фазовом состоянии находятся липиды биомембран?
14. Какие основные классы липидов мембран вы знаете?
15. Какие типы перемещения молекул возможны в биомембране?
16. При понижении температуры в липидах мембраны происходит фазовый переход I рода. Как при этом изменится толщина мембраны? Ответ поясните.
17. Что собой представляет латеральная диффузия молекул в мембране?
18. Охарактеризуйте реакции перекисного окисления липидов.
19. Как изменяется вязкость мембран при воспалительных процессах? Ответ поясните.
20. Последовательность передачи сигнала в клетку от мембранного рецептора.
21. Что собой представляют липосомы?
22. Для чего используют липосомы при изготовлении некоторых лекарств?
23. Какие виды мембранного транспорта вы знаете?
24. Что такое антипорт?
25. Что такое симпорт?
26. Какие виды облегченной диффузии вы знаете? Приведите примеры.
27. Отличия облегченной диффузии от простой.
28. Что собой представляют ионные каналы?
29. Что собой представляют ионные насосы?
30. Какие типы ионных насосов вы знаете?
31. Что такое метаболический потенциал?

32. Уравнение Теорелла для пассивного мембранного транспорта.
33. Закон Фика (для пассивного транспорта незаряженных частиц)
34. Почему при транспорте глюкозы в клетки эпителия кишечника против градиента концентрации энергия не затрачивается?
35. Механизм формирования потенциала покоя. Какие ионы являются определяющими при формировании потенциала покоя?
36. Механизм формирования потенциала действия. Какие ионы являются определяющими при формировании потенциала действия?
37. Соотношение проницаемости мембраны для ионов в состоянии покоя и в состоянии возбуждения.
38. Ток ионов натрия в I фазе потенциала действия является активным или пассивным? Как он осуществляется через мембрану?
39. Что такое мембранный потенциал?
40. Уравнение Томаса.
41. Уравнение Гольдмана – Ходжкина – Каца. .
42. Свойства потенциала действия
43. Термодинамика биологических процессов. Классификация термодинамических систем.
44. I начало термодинамики. Приложение I начала термодинамики к биологическим системам.
45. Энтальпия. Закон Гесса.
46. II начало термодинамики. Приложение II начала термодинамики к биологическим системам.
47. Организм как открытая термодинамическая система. Уравнение Пригожина для открытой системы.
48. Стационарное состояние и термодинамическое равновесие.
49. Молекулярность, порядок и скорость химических реакций.
50. Автокаталитические и цепные реакции.
51. Механизм действия ферментов.
52. Типы биохимических реакций.
53. Константы скорости.
54. Кинетика Михаэлиса – Ментен и причины отклонения от нее.
55. Аллостерические ферменты.
56. Понятие о кооперативности.
57. Значение положительной кооперативности.
58. Значение отрицательной кооперативности.

20.3.2. Перечень практических заданий

1. Построить спектр поглощения раствора сывороточного альбумина, охарактеризовать спектральные свойства данного белка.
2. Охарактеризовать спектральные свойства однокомпонентного белка; используя литературные данные, объяснить, какими электронными переходами обусловлены максимумы поглощения альбумина.
3. Построить спектр поглощения раствора оксигемоглобина, охарактеризовать его спектральные свойства.
4. Охарактеризовать спектральные свойства оксигемоглобина; используя литературные данные, объяснить, какими электронными переходами обусловлены данные максимумы.
5. Исследовать спектральные свойства термомодифицированных растворов сывороточного альбумина.

6. Сделать выводы о влиянии температуры (термоденатурации) на структурные свойства белков.

7. Определить концентрацию заданного вещества в растворе с помощью градуировочной прямой

8. Сделать выводы о спектральных свойствах некоторых лекарственных препаратов; о возможности применения закона Бугера – Ламберта – Бера для определения концентрации данных веществ в растворе.

9. Определить величины относительной, удельной и приведенной вязкости растворов некоторых неорганических солей.

20.3.3. Шаблон отчета о выполнении лабораторной работы

Отчет о выполнении лабораторной работы № __ <Название темы>, выполненной в рамках дисциплины Б1.О.33 Биофизика обучающимся ____ курса <Ф.И.О.>, направление подготовки — 06.03.01 Биология

Цель работы:

Этапы работы:

Оборудование и материалы:

Ход работы: (краткое описание хода работы с указанием первичных данных, расчетных формул, результатов промежуточных и конечных расчетов; иллюстративный материал (графики, фотографии и пр.), обобщающие таблицы)

Выводы:

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Критериями оценивания выполнения лабораторной работы являются:

- подготовка к занятию (оформление занятия в рабочей тетради в соответствии с методическими рекомендациями);
- ответы на устные вопросы по теме занятия и содержанию лабораторной работы;
- активность и самостоятельность при выполнении заданий;
- оформление результатов в соответствии с методическими рекомендациями;
- умение анализировать, обсуждать полученные результаты и самостоятельно формулировать выводы.

Работа считается выполненной и зачтенной, если студент в конце занятия представил отчет в соответствии с данными методическими рекомендациями.

20.3.4. Перечень вопросов для формирования контрольно-измерительных материалов (промежуточная аттестация)

1. Биофизика как наука. Предмет и задачи биофизики.
2. Основные разделы биофизики, их краткая характеристика.
3. История развития биофизики.
4. Современные проблемы биофизики.
5. Области спектра электромагнитного излучения.
6. Спектральные методы исследования в биофизике.
7. Природа взаимодействия квантов разных областей электромагнитного спектра с молекулами вещества.

8. Характеристика излучений электромагнитного диапазона, используемого в молекулярной спектроскопии.
9. Методы оптической молекулярной спектрофотометрии (фотонейтриметрия, флуориметрия, рефрактометрия).
10. Абсорбционный фотометрический анализ.
11. Рентгеноструктурный анализ, нейтронография.
12. Рефрактометрия. Понятие о рефракции. Виды рефракции.
13. Устройство и принцип работы рефрактометра.
14. Показатель преломления вещества, его связь с концентрацией раствора.
15. Вязкость. Закон Ньютона. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.
16. Вязкость крови.
17. Виды вязкости.
18. Характеристическая вязкость биополимеров.
19. Квантовая биофизика, ее цели и задачи.
20. Энергетические уровни молекул.
21. Электронные переходы при поглощении света в биомолекулах. Типы электронных переходов при поглощении света в УФ- и видимой области.
22. Условия поглощения света.
23. Способы дезактивации возбужденных состояний молекул.
24. Миграция энергии, ее виды.
25. Схема поглощательных и дезактивационных переходов в молекулах (схема Яблонского).
26. Понятие об оптической плотности, светопропускании и светопоглощении.
27. Качественные и количественные показатели поглощения света. Закон Бугера – Ламберта – Бера, отклонения от него. Применение закона для определения концентрации вещества в растворе.
28. Молярный и удельный коэффициенты поглощения, их применение для определения концентрации веществ.
29. Спектр поглощения, его характеристика.
30. Спектры поглощения биомолекул (на примере белков). Хромофоры.
31. Спектры поглощения биомолекул (на примере нуклеиновых кислот). Хромофоры.
32. Связь спектров поглощения со структурой макромолекул.
33. Люминесценция. Виды люминесценции.
34. Применение люминесцентного анализа в биологии.
35. Люминесценция. Правило Каши и закон Вавилова.
36. Люминесценция. Закон Стокса.
37. Фотобиологические процессы. Основные стадии фотобиологического процесса.
38. Спектры фотобиологического действия.
39. Фотохимические реакции в белках.
40. Фотохимические реакции в липидах.
41. Фотохимические реакции в нуклеиновых кислотах.
42. ДНК как основная внутриклеточная мишень при летальном и мутагенном действии ультрафиолетового света.
43. Фотоиндуцированные реакции при повреждении ДНК.
44. Механизмы фотодинамических процессов.
45. Радиобиология. Основные проблемы радиобиологии.
46. Радиоактивность, виды радиоактивных излучений.
47. Использование радиометрического метода для определения радиоактивности вещества.
48. Применение радионуклидов в биологии и медицине.

49. Взаимодействие радиоактивного излучения с веществом. Проникающая способность радиоактивного излучения.
50. Виды доз радиоактивного излучения. Дозиметрия.
51. Доза ионизирующего излучения, ее мощность. Единицы поглощенной и экспозиционной доз ионизирующего излучения. Понятие предельно допустимой дозы (ПДД).
52. Относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений (ОБЭ). Какова связь ОБЭ с линейной передачей энергии (ЛПЭ)?
53. Принцип работы счетчика Гейгера.
54. Взаимодействие разных видов радиоактивного излучения с атомами и молекулами вещества.
55. Кислородный эффект в радиобиологии
56. Основные направления в развитии теоретических представлений о биологическом действии радиации.
57. Средства ослабления (радиопротекторы) действия радиации.
58. Средства усиления лучевых реакций (радиосенсибилизаторы).
59. Сущность теории мишени. Ее научная обоснованность.
60. Критика теории мишени: соответствие ее положений современным экспериментальным результатам воздействия ионизирующего излучения на биосистемы (белки, ферменты, нуклеиновые кислоты, биомембраны, хромосомы и т.д.).
61. Достоинства и слабые стороны гипотезы липидных радиотоксинов.
62. Структурно-метаболическая теория биологического действия радиации.
63. Молекулярная биофизика: проблемы, направления, методы исследования
64. Силы стабилизации структуры биополимеров.
65. Роль воды в формировании структуры биомолекул.
66. Уровни структурной организации белков: первичная и вторичная структура белка
67. Уровни структурной организации белков: третичная и четвертичная структура белка
68. Связь конформационной подвижности и функционирования белка
69. Понятие о фолдинге белков.
70. Денатурация белков.
71. Биофизика белка. Динамические свойства белков.
72. Структура и функции биологических мембран. Современная модель биомембраны.
73. Физические свойства биомембран, их связь с функционированием мембран.
74. Динамика структурных элементов биомембраны.
75. Фазовые переходы, микровязкость липидного бислоя.
76. Влияние физико-химических факторов на структуру и функции биомембран.
77. Мембранные липиды, основные классы липидов. Пероксидное окисление липидов, его значение в норме и при патологии.
78. Концепция гидрофобного слоя в организации биомембран. Понятие о рафтах.
79. Модельные липидные мембраны, их строение, способы приготовления, перспективы применения в медицине.
80. Транспорт веществ через биологические мембраны. Активный и пассивный транспорт. Унипорт и симпорт.
81. Пассивный транспорт веществ через биомембрану. Уравнения Теорелла, Нернста-Планка, Фика.

82. Виды пассивного транспорта веществ через биомембрану. Простая и облегченная диффузия.
83. Ионные каналы: механизм работы, селективность. Основные семейства ионных каналов (Na^+ -канал; Ca^{2+} -канал; K^+ -канал).
84. Лигандоперируемые каналы (рецепторы).
85. Активный транспорт. Ионные насосы, молекулярный механизм их работы.
86. Вторично активный транспорт.
87. Классификация электрических потенциалов биосистем. Электрические потенциалы модельных систем.
88. Механизм формирования потенциала покоя. Уравнения Нернста, Гольдмана, Томаса.
89. Механизм формирования потенциала действия (возбуждения). Уравнения Нернста, Гольдмана, Томаса.
90. Свойства потенциала действия, его фазы.
91. Термодинамика биологических процессов. Основные понятия термодинамики. Классификация термодинамических систем.
92. I начало термодинамики. Приложение I начала термодинамики к биологическим системам. Энтальпия. Закон Гесса.
93. II начало термодинамики. Приложение II начала термодинамики к биологическим системам.
94. Организм как открытая термодинамическая система. Уравнение Пригожина для открытой системы.
95. Стационарное состояние и термодинамическое равновесие.

20.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме письменных работ (выполнение практико-ориентированных заданий, лабораторные работы) и устных докладов. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используется количественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции: ФОС

К электромагнитному ионизирующему излучению относится

1. протонное излучение
2. нейтронное излучение

3. коротковолновый УФ-свет

4. видимый свет

Флуоресценция – это

1. испускание кванта света при переходе электрона с возбужденного синглетного электронного уровня на основной
2. испускание кванта света при переходе электрона с возбужденного триплетного электронного уровня на основной
3. поглощение кванта света при переходе электрона с основного электронного уровня на синглетный возбужденный
4. вид миграции энергии

Выберите верные утверждения

1. Величина светопропускания пропорциональна концентрации раствора
2. Раствор с концентрацией 1 моль/л в кювете толщиной 1 см имеет величину светопоглощения, равную молярному коэффициенту поглощения
3. молярный коэффициент поглощения не зависит от условий измерения и характеризует способность молекул данного вещества поглощать свет той или иной длины волны
4. молярный коэффициент поглощения зависит от условий измерения – концентрации вещества, длины оптического пути и др

При альфа- распаде:

1. заряд ядра и массовое число уменьшается
2. заряд ядра уменьшается, а массовое число не меняется
3. заряд ядра повышается, а массовое число не меняется
4. заряд ядра и массовое число не меняется.

Согласно закону Бугера – Ламберта – Бера

1. Оптическая плотность прямо пропорциональна концентрации раствора
2. Оптическая плотность обратно пропорциональна концентрации раствора
3. Светопропускание прямо пропорционально концентрации раствора
4. Светопоглощение прямо пропорционально концентрации раствора

6. Выберите верные утверждения

1. излучение гамма-квантов связано с электронными переходами во внутренних электронных слоях атома
2. излучение квантов в рентгеновском диапазоне обусловлено внутриядерными процессами
3. испускание квантов УФ и видимого излучения или взаимодействие вещества с ними является следствием (или результатом) перехода внешних электронов на другие электронные уровни
4. излучение в радиоволновом диапазоне обусловлено переходами между колебательными и вращательными уровнями молекул

Латеральная диффузия молекул в мембране это

1. диффузия молекул из одного липидного слоя в другой
2. диффузия молекул через биологическую мембрану
3. диффузия молекул в мембране в пределах одного слоя
4. диффузия белковых молекул из одного липидного слоя в другой

Агрегатное состояние липидов в биологических мембранах

1. аморфное
2. твердокристаллическое
3. газовое
4. жидкое

Вязкость мембран повышается

1. при увеличении содержания ненасыщенных жирных кислот в липидах

2. при уменьшении содержания стероидов
3. при протекании пероксидного окисления липидов
4. при повышении температуры

Перенос молекул воды через полупроницаемую мембрану из области меньшей концентрации в область большей концентрации растворенного вещества

1. облегченная диффузия
2. осмос
3. активный транспорт
4. фильтрация

Лигандуправляемые ионные каналы

1. открываются при присоединении лиганда
2. обладают ферментативной активностью
3. открываются при изменении концентрации ионов
4. открываются при изменении заряда на мембране

Вторичная структура белка поддерживается связями

1. водородными между пептидными группами
2. водородными между радикалами аминокислот
3. дисульфидными
4. пептидными

Вопросы с кратким ответом

1. Концентрацию белка в прозрачной биологической жидкости можно определить путем измерения значения

Ответ: оптической плотности раствора

2. Логарифм отношения интенсивности света, падающего на образец, к интенсивности света, вышедшего из образца – это

Ответ: Оптическая плотность

3. Хромофорами белков в области 260-280 нм являются

Ответ: ароматические аминокислоты

4. Хромофором гемоглобина в видимой области спектра является

Ответ: гем

5. Испускание кванта света при переходе электрона с возбужденного электронного уровня на основной – это

Ответ: Люминесценция

6. Сдвиг спектров люминесценции в более длинноволновую область спектра по сравнению со спектром поглощения – это закон

Ответ: закон Стокса

7. Единица радиоактивности в системе СИ это

Ответ: Беккерель

8. Поглощенная доза радиоактивного излучения в системе СИ измеряется в

Ответ: Грех

9. Лимитирующей стадией фолдинга белков является

Ответ: расплавленная глобула

10. Перенос молекул кислорода через клеточную мембрану происходит путем

Ответ: простой диффузии

11. В состоянии покоя соотношение коэффициентов проницаемости мембраны аксона кальмара для разных ионов $P_K:P_{Na}:P_{Cl} = ?$

Ответ: $P_K:P_{Na}:P_{Cl} = 1:0.04:0.45$

12. Какими липидами обогащены рафты?

Ответ: сфингомиелином и холестерином

13. Белки, находящиеся на поверхности мембраны

Ответ: периферические

Дать краткий ответ на вопрос

1. Принцип действия спектрофотометра

Ответ: Сущность фотометрии как приема измерений заключается в измерении интенсивности света, прошедшего через пробу. Принцип действия спектрофотометра основан на измерении отношения интенсивности двух световых потоков: прошедшего через исследуемый образец (I) и падающего на него (I_0), таким образом определяется светопропускание или оптическая плотность исследуемого образца относительно контрольного раствора. При этом оптическую плотность контроля принимают равной нулю. Контроль, а затем опытный образец поочередно устанавливают на пути светового потока. Световые потоки фотоприемниками преобразуются в электрические сигналы.

2. Решить задачу

Коэффициент молярного поглощения вещества при длине волны 412 нм равен 2000 л/(моль·см). Светопропускание исследуемого раствора в кювете толщиной слоя 1 см равно 0.10. Чему равна концентрация раствора?

Ответ: 0,0005 моль/л

1. Что собой представляет вторичноактивный транспорт?

Ответ: Существуют системы транспорта через мембраны, которые переносят вещества из области их низкой концентрации в область высокой концентрации без непосредственного расхода энергии метаболизма клетки (как в случае первично-активного транспорта). Такой вид транспорта называется *вторично-активным транспортом*. Вторично-активный транспорт некоторого вещества возможен только тогда, когда он связан с транспортом другого вещества по его концентрационному или электрохимическому градиенту. Энергия при этом расходуется на поддержание градиента другого вещества, транспорт которого сопряжен с данным веществом. Это может быть симпорт или антипорт транспортируемых веществ. При симпорте двух веществ они связываются одновременно с одним переносчиком прежде, чем произойдет конформационное изменение этого переносчика. Так как ведущее вещество перемещается по градиенту концентрации или электрохимическому градиенту, управляемое вещество вынуждено перемещаться против своего градиента. Ионы натрия являются обычно ведущими веществами в системах симпорта клеток животного. Высокий электрохимический градиент этих ионов создается натрий-калиевым насосом. Управляемыми веществами являются сахара, аминокислоты и некоторые другие ионы. Например, при всасывании питательных веществ в желудочно-кишечном тракте глюкоза и аминокислоты поступают из клеток тонкой кишки в кровь путем симпорта с ионами натрия.

2. Облегченная диффузия через мембрану

Ответ: Пассивный транспорт веществ с помощью белков-переносчиков называют *облегченной диффузией*. Полярные вещества (аминокислоты, моносахариды), заряженные частицы (ионы) проходят через мембраны с помощью облегченной диффузии при участии белков-каналов или специальных транспортных белков. Участие белков-переносчиков обеспечивает более высокую скорость облегченной диффузии по сравнению с простой пассивной диффузией. При связывании транспортируемого вещества с транспортным

белком происходят конформационные изменения в молекуле переносчика, в результате которых вещество переносится через мембрану и высвобождается на другой стороне. Белки-переносчики – это трансмембранные белки (как правило), которые специфически связывают молекулу транспортируемого вещества и, изменяя конформацию, осуществляют перенос молекулы через липидный слой мембраны. В белках-переносчиках всех типов имеются определённые участки связывания для транспортируемой молекулы. Они могут обеспечивать как пассивный, так и активный мембранный транспорт. Скорость облегчённой диффузии зависит от ряда причин: от трансмембранного концентрационного градиента переносимого вещества, от количества переносчика, который связывается с переносимым веществом, от скорости связывания вещества переносчиком на одной поверхности мембраны (например, на наружной), от вязкости мембраны. Облегчённая диффузия не требует специальных энергетических затрат за счёт гидролиза АТФ. Эта особенность отличает облегчённую диффузию от активного трансмембранного транспорта.

Дать развернутый ответ на вопрос

Что собой представляет кислородный эффект при лучевом поражении?

Ответ: кислородный эффект – это явление усиления лучевого поражения организмов в присутствии кислорода (при повышении его концентрации) по сравнению с поражением при облучении в условиях гипоксии или аноксии. Под кислородным эффектом в радиобиологии понимают также защитное действие пониженного содержания кислорода (гипоксии) при облучении живых организмов ионизирующей радиацией. Кислородный эффект впервые был описан еще в 1909 г. Г. Шварцем. Используя предельно переносимое снижение концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе (для мышей – 7 %, для крыс – 5 %), А. Дауди и сотр. (1950) отметили высокий процент защиты этих животных, облученных рентгеновскими лучами в абсолютно смертельной дозе. Кислородный эффект обнаружен по различным показателям лучевого поражения как в модельных системах, так и в экспериментах на всех уровнях биологической организации (субклеточном, клеточном, тканевом, органном и организменном). При снижении содержания кислорода в биообъекте значительно ослабляются все радиобиологические реакции (биохимические нарушения, мутации, угнетение роста и развития) и повышается выживаемость облученных организмов. В настоящее время еще полностью не ясно, какие свойства кислорода ответственны за его радиомодифицирующее действие. Механизм защитного действия гипоксии объясняется тем, что при облучении в присутствии молекул кислорода образуются пероксидные радикалы, которые усиливают действие ионизирующих излучений на жизненно важные макромолекулы и структуры клеток и (или) ослабляют эффективность внутриклеточных защитных веществ. Количественным выражением изменения эффекта облучения под влиянием кислорода служит ФИД (фактор изменения дозы), который в данном случае называют коэффициентом кислородного усиления (ККУ). Величина кислородного эффекта зависит главным образом от вида ионизирующего излучения и условий облучения. Наибольший кислородный эффект наблюдается при действии рентгеновских и γ -лучей. С ростом плотности ионизации кислородный эффект уменьшается, а при действии наиболее плотно ионизирующих излучений, например α -частиц, исчезает.

Практически сенсibilизирующее действие кислорода при облучении животных клеток может проявиться только в том случае, когда он присутствует непосредственно в момент облучения. В то же время в водных растворах макромолекул кислородный эффект может быть очень мал или отсутствует. При описании модифицирующего действия O_2 на биомолекулы необходимо учитывать вклад различных типов радикальных частиц, образующихся при облучении исследуемой системы. Например, в присутствии O_2 вместо радикалов H^\bullet , OH^\bullet и $e^-_{гидр}$, инактивирующих макромолекулы, могут возникать радикалы O_2^\bullet ($O_2 + e^-_{гидр} \rightarrow O_2^\bullet$). Кроме того, кислородный эффект зависит также от наличия и свойств защитных веществ (в основном сульфгидрильных соединений), соотношения вкладов прямого и косвенного действия радиации.

Кислородный эффект находит применение в лучевой терапии: повышение содержания кислорода в опухоли и создание гипоксических условий в окружающих тканях позволяют усиливать лучевое поражение опухолевых клеток с одновременным уменьшением повреждения здоровых тканей.

Теорема Пригожина

Ответ: И.Пригожин на основе изучения открытых систем сформулировал основное свойство стационарного состояния (1946): *в стационарном состоянии при фиксированных внешних параметрах скорость продукции энтропии в открытой системе, обусловленная протеканием необратимых процессов, постоянна во времени и минимальна по величине:*

$$diS/dt \rightarrow \min$$

Таким образом, согласно теореме Пригожина стационарное состояние характеризуется минимальным рассеянием энергии. Условия стационарного процесса оказываются эквивалентными условиям минимума прироста энтропии. Это утверждение справедливо только для тех открытых систем, в которых выполняются линейные соотношения между величинами скоростей и движущих сил процессов. Кроме того, открытые системы должны находиться в частично-равновесном состоянии, при котором процессы их обмена с окружающей средой протекают равновесным образом.

Живые организмы поставлены природой в весьма выгодные с точки зрения энергообеспечения условия: поддержание гомеостаза требует минимального потребления энергии.

В соответствии с теоремой Пригожина для поддержания стационарного состояния тратится некоторое количество энергии, причем в каждом случае самое минимальное. Организм стремится работать на самом выгодном энергетическом режиме. При этом энтропия возрастает с минимальной скоростью. Принцип минимума прироста энтропии представляет собой количественный критерий для определения общего направления самопроизвольных изменений в открытой системе, т.е. количественный критерий эволюции открытых систем. На основе изменения величин прироста энтропии можно предсказать переход системы в конечное стационарное состояние, если эти процессы протекают вблизи равновесия.

Однако теорема Пригожина не позволяет характеризовать стационарное состояние с точки зрения устойчивости к внешним воздействиям и самопроизвольным флуктуациям в самой открытой системе. Теорема Пригожина приложима к живым организмам лишь в качестве первого приближения, ибо она предполагает постоянство кинетических параметров, которое в организме в полной мере не выдерживается, особенно в начальный период его развития.