

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 12.09.2025 08:48:46 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	 <p>МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)</p>	Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы фотобиологии» по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

**Фонд оценочных средств
для промежуточной аттестации
по дисциплине (модулю)**

Основы фотобиологии

Направление подготовки (специальность)
06.03.01 Биология

Направленность (профиль)
Биология

Присваиваемая квалификация
Бакалавр

Форма обучения
очная

Год (ы) набора: 2025

Челябинск, 2025 г.

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: **06.03.01 Биология**

Направленность (профили): Биофизика

Дисциплина: **Основы фотобиологии**

Семестры изучения: 7

Форма промежуточной аттестации: зачет

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «**Основы фотобиологии**» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Коды и содержание индикаторов	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач. УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач.	Знать: Для достижения УК-1.1. знать: особенности работы с периодическими изданиями (журналами, сборниками) по радиобиологии. Уметь: Для достижения УК-1.1. уметь: работать с информационными программами в сети Интернет, получать знания о современных представлениях и гипотезах о механизмах биологического действия излучений, основных последствиях действия излучений на клетку и организм. Владеть: Для достижения УК-1.2. владеть: выполнением экспериментальных исследований по оценке биологического действия неионизирующих излучений.
ПК-2	Способен применять знания и методы различных отраслей биологической науки для решения профессиональных задач при изучении биологических систем разного	ПК-2.1. Обладает знаниями о фундаментальных основах различных отраслей биологической науки.	Знать: Для достижения ПК-2.1. знать: основные методы дозиметрии неионизирующих излучений, механизмы и мишени биологического действия неионизирующих излучений. Уметь:

Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы фотобиологии» по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			стр. 2
	уровня организации.		<p>Для достижения ПК-2.1. уметь: пользоваться инструкциями к лабораторным приборам, протоколами методик, применять базовые знания по данной дисциплине на практике.</p> <p>Владеть:</p> <p>Для достижения ПК-2.1. владеть: навыками планирования научно-исследовательских работ в области фотобиологии.</p>

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации № задания
1	<p>УК-1</p> <p>Знать:</p> <p>Для достижения УК-1.1. знать: особенности работы с периодическими изданиями (журналами, сборниками) по радиобиологии.</p> <p>Уметь:</p> <p>Для достижения УК-1.1. уметь: работать с информационными программами в сети Интернет, получать знания о современных представлениях и гипотезах о механизмах биологического действия излучений, основных последствиях действия излучений на клетку и организм.</p> <p>Владеть:</p> <p>Для достижения УК-1.2. владеть: выполнением экспериментальных исследований по оценке биологического действия неионизирующих излучений.</p>	<p>1. Введение в дисциплину.</p> <p>2. Характеристика неионизирующих излучений.</p> <p>3. Механизмы и мишени биологического действия неионизирующих излучений.</p> <p>4. Биологические эффекты неионизирующих излучений.</p> <p>5. Основы безопасности неионизирующих излучений.</p>	Устный опрос, рефераты	Вопросы к зачету № 1-22

2	<p>ПК-2 Знать: Для достижения ПК-2.1. знать: основные методы дозиметрии неионизирующих излучений, механизмы и мишени биологического действия неионизирующих излучений.</p> <p>Уметь: Для достижения ПК-2.1. уметь: пользоваться инструкциями к лабораторным приборам, протоколами методик, применять базовые знания по данной дисциплине на практике.</p> <p>Владеть: Для достижения ПК-2.1. владеть: навыками планирования научно-исследовательских работ в области фотобиологии.</p>	<p>1. Механизмы и мишени биологического действия неионизирующих излучений.</p> <p>2. Биологические эффекты неионизирующих излучений.</p> <p>3. Основы безопасности неионизирующих излучений.</p>	Устный опрос, рефераты	Вопросы к зачету № 2-22
---	--	--	------------------------	-------------------------

Примечание: типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе дисциплины (модуля). Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.

3.2 Содержание оценочных средств

Оценочные средства промежуточной аттестации» представлены перечнем вопросов для зачета.

3.2.1 Теоретические вопросы к зачету

1. Фотобиология. Задачи. История развития.

Ответ: Фотобиология - раздел биологии, изучающий процессы, протекающие в биологических объектах под действием светового (оптического) излучения. Фотобиологической активностью обладает свет в видимом, ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах. Фотобиологические процессы широко распространены в живой природе. Среди них можно выделить процессы, связанные с накоплением солнечной энергии в синтезируемых соединениях,- фотосинтез; регуляторные и информационные реакции, протекающие в организмах под действием света, - зрение , фототаксис и фототропизм, фотостимуляция роста и развития, синтеза витаминов, пигментов и гормонов; различного рода деструктивные процессы, протекающие в организмах при их облучении светом и др. Важным является исследования биологического действия электромагнитных излучений радиочастотного диапазона. Задачами фотобиологии является познания о закономерностях и механизмах действия указанных факторов на биологические системы.

С давних времен было известно, что солнечный свет может индуцировать “полезные” (функционально-физиологические) и “вредные” (деструктивно модифицирующие) реакции организма. Начало фотобиологии было положено в 18—19 вв. открытием фотосинтеза, разработкой основ теории цветового зрения, изучением природных явлений, связанных с участием света (фотопериодизм, фототаксис и др.). К концу 19 века было известно, что свет задерживает рост некоторых колоний бактерий и может даже вызвать их гибель и, что ультрафиолетовые лучи вызывают более сильное воздействие на биологические ткани, чем инфракрасные. В 1903 г. Нильсу Финзену была присуждена Нобелевская премия за обнаружение важных эффектов воздействия света на протекание некоторых патологических процессов и применение света в терапии.

Этапы фотобиологических процессов: 1) поглощение кванта света, 2) внутримолекулярные процессы размена энергией (фотофизические процессы); 3) межмолекулярные процессы переноса энергии возбужденного состояния; 4) первичный фотохимический акт; 5) темновые реакции, заканчивающиеся образованием стабильных продуктов; 6) биохимические реакции с участием фотопродуктов; 7) общефизиологический ответ на действие света.

2. Оптический диапазон ЭМИ.

Ответ: К оптическому диапазону относится видимое электромагнитное излучение, ультрафиолетовое излучение и ближний инфракрасный диапазон. Ультрафиолетовое излучение - электромагнитное излучение оптического диапазона с длиной волны λ от 10 до 380 нм и частотой от $7,9 \cdot 10^{14}$ до $3 \cdot 10^{16}$ Гц. Оно было открыто немецким ученым Риттером в 1801 г.. Свет, видимый человеческим глазом, - электромагнитное излучение с длиной волны в диапазоне 380 – 780 нм ($3,8 \cdot 10^{14}$ – $7,9 \cdot 10^{14}$ Гц). Человеческий глаз воспринимает различные длины волн как разные цвета. Впервые видимый свет разложил в спектр И. Ньютон. Физическое объяснение этому явлению впервые представил в 1801 г. в Бэкервской лекции Томас Юнг. Инфракрасное излучение было открыто в 1800 г. английским учёным сэром Вильямом Гершелем. Это электромагнитные волны от 780 нм до 1 мм, что соответствует диапазону частот от $3,8 \cdot 10^{14}$ Гц до $3 \cdot 10^{11}$ Гц. Волны ИК длиннее, чем у видимого света, но короче, чем у радиоволн СВЧ диапазона. При этом фотобиологические эффекты (фотосинтез, фототаксис, фотопериодизм, фототропизм) возникают лишь под действием так называемого ближнего ИК диапазона (<10 мкм, $> 3 \cdot 10^{13}$ Гц).

Мощный естественный источник ИК - Солнце. Около 50% его излучения лежит в ИК-области. На ИК приходится от 70 до 80% энергии излучения ламп накаливания; его испускают и газоразрядные лампы, и все типы электрических обогревателей. Любое тело, нагретое до 3000 К (2727 С) и выше, имеет в своем спектре ультрафиолетовую компоненту. Чем выше температура тела, тем в большей степени проявляется ультрафиолетовая составляющая спектра.

УФ формируется как естественными, так и искусственными источниками (различные лампы, используемые в медицине, промышленности, коммерции...). Для большинства людей основным источником облучения является солнце. Общее количество ультрафиолетовых лучей, достигающих поверхности Земли, зависит от следующих факторов: от концентрации атмосферного озона над земной поверхностью; от высоты Солнца над горизонтом; от высоты над уровнем моря; от атмосферного рассеивания; от состояния облачного покрова; от степени отражения УФ-лучей от поверхности (воды, почвы).

3. Основные измеряемые характеристики ЭМИ оптического диапазона.

Ответ: Для характеристики видимого света как меры воздействия используют несколько фотометрических величин. Исторически первой из характеристик является энергетическая сила излучения (I_e) - одна из энергетических фотометрических величин, характеризующая мощность, переносимую излучением в некотором направлении. Равна отношению потока излучения, распространяющегося от источника излучения внутри малого телесного угла, к этому телесному углу [$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\Omega}$]. Иными словами, это угловая плотность потока излучения [Вт/ср]. Световой поток [Φ_e] излучения выражается в Вт. Другой важной фотометрической характеристикой зрения является зависимость спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения от длины волны ($V(\lambda)*Km$). Иногда Km называют также фотометрическим эквивалентом излучения.

В системе световых фотометрических величин используются редуцированные фотометрические величины, получаемые с использованием значений относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения. То есть величины, учитывающие восприятие света человеческим глазом. Например, в системе световых фотометрических величин аналогом для силы излучения является сила света (I_v). Человеческий глаз обладает наибольшей чувствительностью в области спектра, соответствующей зеленому цвету. Если излучение имеет другую частоту, то для достижения той же силы света (с точки зрения нашего восприятия) требуется большая энергетическая интенсивность источника. Сила света измеряется в единицах кандела (кд) или свеча. Обычный светодиод излучает до 3 кд; лампа накаливания ~ 100 кд, а Солнце – $2,8*10^{27}$ кд.

Одной из важных величин с гигиенической точки зрения является освещенность, равная отношению светового потока, нормально падающего на малый участок поверхности, к его площади [$E_v = d\Phi_v/d\sigma$]. Единицей измерения в СИ служит люкс. Φ_v – световой поток, воспринимаемый глазом (измеряется в люменах).

4. Инфракрасное излучение.

Ответ: Инфракрасное (ИК) излучение — это электромагнитные волны от 0,7 до 2000 мкм, что соответствует диапазону частот от 200 до 600000 ТГц. Волны ИК длиннее, чем у видимого света, но короче, чем у радиоволн СВЧ диапазона.

Все тела излучают энергию в виде фотонов, которые испускаются в случайном направлении со случайной фазой и частотой в широком диапазоне частот (тепловое излучение). Максимум излучаемой энергии у тел при температуре около 3000К, согласно закону Винна, приходится на инфракрасное излучение с $\lambda \sim 10$ мкм. В результате теплового движения атомов и молекул, они периодически сталкиваются и часть кинетической энергии переходит в потенциальную в виде спонтанных переходов электронов на более высокие энергетические уровни. Затем происходит релаксация с испусканием фотонов ИК диапазона. Возможен и обратный процесс. Согласно основному закону фотобиологии, биологический эффект может вызвать лишь свет такой длины волны, который поглощается отдельными молекулами-акцепторами или мембранами клеток. ИК-излучение поглощается кислородом, водой, некоторыми ферментами и биологическими структурами (в первую очередь, мембранами клеток); тепло увеличивает колебательную энергию биомолекул, утилизируется жидкими средами организма. Глубина проникновения зависит от температуры тела, длины волны ИК, когерентности излучения и его мощности. Ближний диапазон ИК - $\lambda = 0,7—2,5$ мкм. Нет жесткой границы между ИК и видимым диапазоном по длине волны чувствительность глаза быстро, но плавно снижается для длин волн, превышающих 700 нм. Поэтому ИК излучение у границы этой области можно увидеть, если оно достаточно интенсивное.

Некоторые связи молекул имеют характерные свойства: кратные связи сильнее одинарных, а связи типа X–H (N–H, O–H, C–H и т.д.) имеют легкий концевой атом водорода. Колебания первых аналогичны жестким пружинам. Вторые – пружинам, связывающим особенно легкие концевые шарики - так называемые обертонные колебания. Валентные колебания (обертонные и комбинированные) этих специфических связей лежат в области частот ближнего ИК спектра. Переходы между возбужденными состояниями молекул при обертонных и комбинированных колебаниях запрещены правилами отбора в квантовой механике. Но в волновой квантовой теории этот переход имеет не нулевую вероятность и это объясняет излучение и поглощение молекулами в этой области спектра. Молярная поглощающая способность в ближней ИК области обычно довольно мала. А значит – глубина проникновения больше, чем в других областях ИК спектра. На длине волны 0,95 мкм проникающая способность достигает максимума и составляет 6-7 см. Однако поглощение электромагнитного излучения водой значительно возрастает при 1,45 мкм (то есть глубина проникновения снижается). Почти все инфракрасное излучение Солнца является ближним инфракрасным. Сухой воздух практически прозрачен для ИК излучения. Влажность воздуха приводит к тому, что на поверхности Земли в тропических регионах преобладает излучение в среднем ИК диапазоне.

Инфракрасные лучи длиной до 1,4 мкм проникают в ткани на глубину нескольких сантиметров, поглощаются кровью и водой в слоях кожи и подкожной клетчатки, а также способны проникать через кости черепа и воздействовать на мозговые оболочки, мозговую ткань. Ближнее инфракрасное излучение до 1,45 мкм передается и фокусируется на чувствительной сетчатке так же, как видимый свет, в то же время не вызывает защитного рефлекса моргания. Поэтому ИК лазеры в этом диапазоне крайне опасны для глаз. Коротковолновое инфракрасное излучение может вызвать покраснение кожи в месте облучения, т.к. капиллярные сосуды расширяются, кровообращение усиливается и на месте облучения может появиться ожог.

Органы восприятия человека и других высших приматов не приспособлены под инфракрасное излучение (проще говоря, человеческий глаз его не видит), однако, некоторые биологические виды способны воспринимать органами зрения инфракрасное излучение. Например, зрение некоторых змей позволяет им видеть в инфракрасном диапазоне и охотиться на теплокровную добычу ночью (когда её силуэт обладает наиболее выраженным контрастом на фоне остывшей местности). Более того, у обыкновенных удавов эта способность имеется одновременно с нормальным зрением, в результате чего они способны видеть окружающее одновременно в двух диапазонах: нормальном видимом (как и большинство животных) и инфракрасном.

Среди рыб способностью видеть под водой в инфракрасном диапазоне отличаются такие рыбы, как пиранья, охотящаяся на зашедших в воду теплокровных животных, и золотая рыбка. Среди насекомых инфракрасным зрением обладают комары, что позволяет им с большой точностью ориентироваться на наиболее насыщенные кровеносными сосудами участки тела добычи.

Инфракрасное излучение вызывает в организме ряд биохимических сдвигов: повышение количества фосфора и натрия в крови.

Многочисленные работы указывают на участие нервной системы в ответных реакциях организма на инфракрасное облучение. Изменяется тонус вегетативной нервной системы и функциональное состояние центральной нервной системы: образуются специфические биологически активные вещества типа гистамина, холина, усиливается секреторная функция желудка, поджелудочной и слюнных желез, уменьшается нервно – мышечная возбудимость и т.д.

Тело человека постоянно излучает и поглощает инфракрасные лучи (радиационный теплообмен). Преобладание процессов поглощения над процессами излучения может привести к перегреванию организма и развитию теплового удара.

Пределы переносимости человеком ИК составляют 1,33—1,79 кал/см² (в зависимости от длины волны).

5. Видимый свет.

Ответ: Спектр видимого излучения (400-760 нм) определяется длиной волн, воспринимаемых сетчаткой глаза в виде определенного цвета. Специфика цветов определяется различной длиной волн. Основными источниками является солнечный свет, огонь и искусственные источники. При достижении излучением поверхности кожи оно либо рассеивается, либо поглощается. Только свет, поглощаемый молекулами (хромофоры) кожи, может вызвать фотобиологические реакции. Для каждой реакции на видимый свет обычно необходима фотосенсибилизация.

Свет является одним из ключевых факторов среды обитания большинства организмов. Рецепция света и трансформация его энергии лежит в основе зрения, фотосинтеза и ряда фоторегуляторных процессов у растений, в инициации которых участвуют специализированные фоторецепторы, например, родопсин, хлорофилл, фитохром, фототропин, криптохром. Поглощая свет определенного спектрального диапазона, фоторецепторы вступают в фотохимические реакции с образованием первичных фотопродуктов. Последние участвуют в биохимических процессах клеточной регуляции, что приводит к развитию конечных фотобиологических эффектов. В то же время свет индуцирует протекание в клеточных структурах различных деструктивных фотохимических реакций, природа и эффективность которых зависит от длины волны и интенсивности излучения, наличия соответствующих фотоактивных хромофоров и их внутриклеточной локализации, а также способности клеток к фотозащите и репарации фотоповреждений.

6. Ультрафиолетовое излучение.

Ответ: Любое тело, нагретое до 3000 К (2727 С) и выше, имеет в своем спектре ультрафиолетовую компоненту. Чем выше температура тела, тем в большей степени проявляется ультрафиолетовая составляющая спектра. УФ формируется как естественными, так и искусственными источниками (различные лампы, используемые в медицине, промышленности, коммерции...).

Для большинства людей основным источником облучения является солнце. Общее количество ультрафиолетовых лучей, достигающих поверхности Земли, зависит от следующих факторов: от концентрации атмосферного озона над земной поверхностью; от высоты Солнца над горизонтом; от высоты над уровнем моря; от атмосферного рассеивания; от состояния облачного покрова; от степени отражения УФ-лучей от поверхности (воды, почвы).

Источниками искусственного происхождения являются лампы дневного света, электросварочные дуги, автогенное пламя, плазмотроны, ртутно-кварцевые горелки. Интенсивным источником УФ-излучения с непрерывным спектром являются электронные потоки синхротронов, линейных ускорителей, мощных приборов СВЧ. К техногенным источникам УФ-излучения относятся более 70 различных лазерных систем, работающих в ультрафиолетовом и вакуумном ультрафиолетовом диапазоне. К техногенным источникам УФ-излучения относятся некоторые металлургические печи и домны по выплавке высокотемпературных металлов и сплавов с применением кислородного дутья, мощных электронных и плазменных потоков и т.п.

Различают 3 области УФ: область А (длинноволновая $\lambda=400-315$ нм); область В (средневолновая $\lambda=315-280$ нм); область С (коротковолновая $\lambda=280 - 200$ нм). Область С имеет наибольшую биологическую эффективность и иногда называется бактерицидной. Область В иногда называют эритемной, а А – общеоздоровительной.

По способу генерации УФ относится к тепловому излучению, по характеру воздействия на вещества - к неионизирующему, за исключением области С - частично ионизирующее. При взаимодействии УФ с веществом могут происходить когерентное рассеяние, фотовозбуждение молекул, фотодиссоциация и в коротковолновой области - ионизация

Основной механизм взаимодействия - когерентное рассеяние. Это рассеяние излучения с сохранением частоты и с фазой, отличающейся на от фазы первичного излучения. Таким образом, рассеянная волна может интерферировать с падающей волной или другими когерентно рассеянными волнами. Энергия квантов меньше, чем энергия ионизации атомов поглощающей среды. Такой квант переводит атом в возбужденное состояние (один из электронов переходит на одну из более удаленных от ядра орбит), но примерно через $\Delta t = 10^{-8}$ с атом возвращается в обычное состояние, излучив вторичный квант той же частоты, но нового направления. Рассеянные кванты ослабляют первичный поток. Этот механизм не является биологически активным.

При поглощении фотона молекула (М) может возбуждаться - фотовозбуждение. Этот процесс $M + h\nu \rightarrow M^*$ соответствует переброске электрона в более высокое состояние (M^*) возбужденное состояние. Возбужденные органические молекулы могут участвовать затем в процессах фотораспада $M^* \rightarrow M + h\nu$, фотодимеризации (объединение) $M^* + M \rightarrow (M^*.M) \rightarrow M + M + h\nu$, фотоокислорования $M^* + O_2 \rightarrow (M^*...O)$ и т.д. Таким образом, фотовозбуждение обеспечивает возникновение биологических эффектов.

Образование озонового слоя Земли связано с фотодиссоциацией. Озон в стратосфере Земли образуется под воздействием ультрафиолетового излучения на молекулу кислорода, вызывая её распад на два атома кислорода. Атомарный кислород затем взаимодействует с молекулами кислорода O_2 с образованием озона O_3 . Вода под

действием солнечного света при реакциях фотосинтеза в фотосинтетических растениях распадается на протоны, электроны и молекулы кислорода: $\text{H}_2\text{O} + 2 h\nu \rightarrow 2\text{H}^+ + 2 e^- + 0,5 \text{O}_2$; $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4e^- + \text{O}_2$

Характерной чертой для УФ-излучения является уменьшение прозрачности (увеличение коэф. поглощения) большинства тел, прозрачных в видимой области. УФ поглощается в тонком слое вещества (измеряется в микрометрах). Проникающая способность зависит от длины волны излучения. Наибольшую проникающую способность имеют длинноволновые УФ-лучи (попадая на кожу могут достигать поверхностных сосудистых сплетений).

Ультрафиолетовые лучи способны проникать через чистую воду. Однако, чем больше плотность воды — тем ниже их проникающая способность. При исследованиях вод мирового океана воздействие ультрафиолета на фотопластинку было заметно до глубины максимум 500–1000 м.

Биологическое действие УФ-А (315 – 400 нм): Поступающие на кожу ультрафиолетовые лучи почти полностью поглощаются в ней на глубине до 0,5 мм. Проходят через дерму, вызывая пигментацию, чаще без предварительной эритемы. Молекулы белков, нуклеиновых кислот и других органических соединений, поглотив фотоны УФ-излучения, распадаются и расщепляются. При этом образуются ионы, свободные радикалы, другие биологически активные вещества. Они, реагируя с молекулами других веществ, дополняют и усиливают повреждения. Однако полимерные молекулы с сетчатой структурой – молекулы меланина – подавляют данную реакцию, то есть служат эффективным средством защиты организма от влияния ультрафиолетового излучения. УФ-А регулирует рост и развитие растительных организмов; приводит к флюоресценции; благотворно влияет лишь в тех случаях, когда дозы облучения незначительны. При длительным облучении возможны фотостарение, новообразования кожи, некоторые фотодерматиты. Как правило, этот тип повреждений – результат воздействия продуктов свободно– радикальных реакций. Возможен фототоксикоз или фотоаллергия.

Биологическое действие УФ-В (280 – 315 нм): эритемное (сложный рефлекс, в возникновении которого участвуют активные продукты фотолиза). Проникают до сосудистого слоя, вызывая обильную пигментацию и эритему, стимулируют работу жировых желез и нервных окончаний кожи. Эритема появляется через 1–6 часов после воздействия и постепенно уменьшается через 1–3 дня. При передозировке они вызывают ожог (химический). Продукты фотолиза, распространяясь по кровеносному руслу, раздражают также нервные окончания кожи и через центральную нервную систему рефлекторно воздействуют на все органы.

Под влиянием ультрафиолетовых лучей с длиной волны 280–313 нм провитамины, содержащиеся в кожной смазке выделяемой сальными железами, превращаются в витамин D

Физиологическая роль витамина D заключается в том, что он способствует усвоению кальция. Солнечное голодание проявляется в раздражительности, бессоннице, быстрой утомляемости человека. Световому голоданию способствует оконное стекло, которое поглощает 90–95% ультрафиолетовых лучей и не пропускает лучи в диапазоне 310–340 нм. Окраска стен также имеет существенное значение. Например, желтая окраска полностью поглощает ультрафиолетовые лучи. УФ-В стимулирует рост ангиобластов, активизируют образование соединительной ткани, ускоряют процессы эпителизации кожи, что имеет очень важное практическое значение. Их применяют при лечении ран и язв, особенно медленно заживающих.

УФ-С (<280 нм): Жесткий ультрафиолет. Оказывает бактерицидное и частично витаминообразующее действие (витамин D)

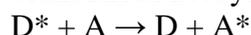
Канцерогенное действие (ожоги, дерматит, деградация коллагена, развитие эрозий, язв,

доброкачественных и злокачественных опухолей). Механизм действия – фотолиз и фотолизис. Молекулы биополимеров содержат кольцевые группы молекул, содержащие углерод и азот, которые интенсивно поглощают излучение с длиной волны 260–280 нм. В процессе фотолизиса образуются осколки молекул, оказывающие сильное действие на организм. Так, например, из аминокислоты гистидина образуется гистамин – вещество, расширяющее кровеносные капилляры и увеличивающее их проницаемость. Кроме фотолиза под действием ультрафиолетовых лучей в биополимерах происходит денатурация. При облучении светом определенной длины волны электрический заряд молекул уменьшается, они слипаются и теряют свою активность – ферментную, гормональную, антигенную и пр. УФ с 250–265 нм вызывают денатурацию белков. Сочетание этих процессов определяет картину действия на клетку УФ-С. Самая чувствительная к действию УФ-С лучей функция клетки – деление. Ультрафиолетовые лучи вызывают в нуклеиновых кислотах изменения, которые влияют на рост, деление, наследственность клеток, т.е. на основные проявления жизнедеятельности.

7. Преобразование энергии света в энергию химических связей.

Ответ: Преобразование энергии света в энергию хим. реакций определяется следующими законами. Закон Гротгуса (1817)-Дрепера (1843): Химические изменения в системе может вызывать только поглощаемый ею свет. Этот закон определяет необходимое, но не достаточное для протекания фотохимической реакции условие. Закон Вант-Гоффа (1904): Количество превратившегося в фотохимической реакции вещества пропорционально количеству поглощенной энергии света. Закон Штарка-Эйнштейна (закон фотохимической эквивалентности) (1912): Каждый поглощенный квант света в первичном акте вызывает активацию только одной молекулы.

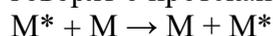
Процессы переноса энергии играют исключительно важное значение в фотохимии. В результате протекания таких процессов возбужденная молекула донора D^* переходит в основное состояние, передавая свою энергию молекуле акцептора A , которая при этом становится возбужденной:



Пример: облучаем пар из ртути и таллия; $Hg + h\nu (254 \text{ нм}) \rightarrow Hg^*$; $Hg^* + Tl \rightarrow Hg + Tl^*$; $Tl^* \rightarrow Tl + h\nu (\sim 300 \text{ нм})$; в отсутствие ртути линий флуоресценции таллия нет.

Процессы, в которых образование возбужденных молекул A^* происходит таким путем носят название сенсibilизированных.

В том случае, когда в качестве донора и акцептора выступают одинаковые молекулы M , говорят о протекании процессов миграции энергии



Электронные переходы приводят к перераспределению электронной плотности в молекулах и в общем случае сопровождаются изменением дипольного момента и кислотности.

Квантовый выход фотохимической реакции (Φ) равен отношению числа прореагировавших молекул к числу поглощенных фотонов. По закону эквивалентности Эйнштейна-Штарка, каждый поглощенный фотон вызывает фотохимическое возбуждение одной молекулы. Это означает, что теоретически первичный квантовый выход всегда равен 1. Экспериментальные значения квантового выхода могут значительно отклоняться от 1 за счет вторичных процессов. Высокие значения квантового выхода ($\Phi > 1$) свидетельствуют о протекании цепной реакции. Низкие значения ($\Phi < 1$) характерны для реакций, включающих процессы релаксации, т.е. потери энергии возбуждения.

8. Излучательный и безизлучательный перенос энергии.

Ответ: Перенос электронной энергии может осуществляться излучательно и

безызлучательно (по индуктивному и обменному механизмам).

Механизмы безызлучательного переноса энергии: колебательная релаксация; внутренняя конверсия; интеркомбинационные переходы (спин-орбитальное взаимодействие).

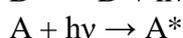
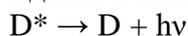
При поглощении энергии фотонов молекулы получают колебательную и вращательную энергию. В конденсированной среде избыточная колебательная энергия молекул быстро теряется при столкновениях с окружающими молекулами, приводя к колебательной релаксации. При нормальных температурах процесс колебательной релаксации протекает за 10^{-12} - 10^{-14} с, что много быстрее, чем процесс флуорисценции.

Внутренняя конверсия - безызлучательный переход между двумя состояниями одной мультиплетности. При этом переходы между верхними возбужденными состояниями являются очень быстрыми (константа скорости для этих процессов имеет величину порядка $10^{11} - 10^{13} \text{ с}^{-1}$) и являются причиной крайне редкого испускания фотонов из верхних состояний. Вследствие высокой плотности возбужденных состояний S_n ($n > 1$) соответствующие поверхности потенциальной энергии расположены близко друг к другу или перекрываются, что заметно увеличивает скорость внутренней конверсии. Внутренняя конверсия $S_1 \rightsquigarrow S_0$ происходит достаточно медленно, в том числе и из-за большой разницы в энергиях состояний S_0 и S_1 , и с ней может конкурировать флуоресценция.

Интеркомбинационные переходы - взаимодействие между движущимися электронами и их собственными магнитными моментами, обусловленным спином.

Электронные состояния молекул в действительности не являются чисто синглетными и триплетными состояниями. Наличие спин-орбитального взаимодействия приводит к смешению этих состояний, что делает возможными переходы между ними (интеркомбинационные переходы). Из-за их мультивариантности (особенно у органических радикалов) возникает возможность практически любого низкоэнергетического перехода.

Для осуществления излучательного переноса энергии необходимо, чтобы акцептор А поглощал фотоны, испускаемые возбужденной молекулой D^*



Очевидно, что эффективность такого переноса энергии будет определяться степенью перекрывания спектра испускания донора и поглощения акцептора, квантовым выходом испускания и коэффициентом молярного поглощения и концентрацией акцептора.

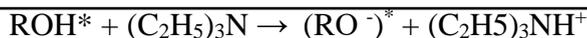
Пример – перенос ИК излучения в молекулярном газе с малыми градиентами температуры. Взаимодействие излучения с газом проявляется в излучательных переходах между колебательными, вращательными или колебательно-вращательными состояниями молекул.

9. Основные фотохимические реакции.

Ответ: Основные фотохимические реакции: фотодиссоциация (фотораспад); фотоперенос электрона; фотоперенос протона; фотофосфорелирование; фотоокисление и фотовосстановление; фотоизомеризация; фотоприсоединение и фотозамещение; цепные реакции.

Пример фотораспада: при фотолизе хлористого нитрозила (NOCl) светом в видимой области (400-600 нм) молекула попадает в диссоциативное состояние и распадается на NO и Cl.

Фотоперенос протона от молекулы-донора к молекуле-акцептору. Одна из этих молекул находится в электронно-возбужденном состоянии (синглетом или триплетном). Происходит вследствие изменения кислотности pK_a молекул при их фотовозбуждении. Примеры: реакция 2-нафтола ROH в синглетном возбужденном состоянии ROH^* с аминами



Стадии: 1) образование возбужденного комплекса с водородной связью, 2) перенос протона в возбужденном комплексе, 3) диссоциация первичного продукта (напр., возбужденной ионной пары) на ионы. Зависит от полярности растворителя: в полярных (вода, ацетонитрил) происходит появление свободно сольватированных ионов, а при средней полярности образуются ионные пары.

Различают меж- и внутримолекулярные процессы. В последнем передача протона происходит между кислотной и основной группами в одной молекуле.

Межмолекулярный может осуществляться как при бимолекулярном взаимодействии, так и при фотовозбуждении комплексов с водородной связью в невозбужденном состоянии.

Реакции фотоизомеризации и перегруппировки всегда протекают внутримолекулярно.

Одним из примеров фотоизомеризации являются ароматические углеводороды (стильбены).

10. Квантовый выход и скорость фотохимической реакции.

Квантовый выход фотохимической реакции (Φ) равен отношению числа прореагировавших молекул к числу поглощенных фотонов. По закону эквивалентности Эйнштейна-Штарка, каждый поглощенный фотон вызывает фотохимическое возбуждение одной молекулы. Это означает, что теоретически первичный квантовый выход всегда равен 1. Экспериментальные значения квантового выхода могут значительно отклоняться от 1 за счет вторичных процессов. Высокие значения квантового выхода ($\Phi > 1$) свидетельствуют о протекании цепной реакции. Низкие значения ($\Phi < 1$) характерны для реакций, включающих процессы релаксации, т.е. потери энергии возбуждения.

Скорость фотохимических реакций определяется вероятностью поглощения квантов света молекулами исходных веществ. Она пропорциональна интенсивности действующего света, растет с ростом концентрации вещества и обратно пропорциональна частоте света. От температуры зависит слабо. Эффект температуры обусловлен как вторичными процессами, так и тем, что с повышением температуры обратные реакции могут ускоряться в большей степени, чем прямые. Обычно за единицу фотохимической интенсивности принимают Эйнштейн (энергия одного моля фотонов, равная $Nh\nu$) в секунду.

В начале 20-х годов прошлого века было высказано предположение о том, что некоторые фотохимические реакции могут происходить в результате последовательного поглощения двух квантов света, причем второй квант поглощается молекулой, находящейся в возбужденном состоянии. Это подтверждается, тем что у некоторых процессов скорость протекания реакции зависит от квадрата интенсивности света.

Сегодня эта теория все еще в разработке...

11. Проникающая способность излучения.

Ответ: Свет различных длин волн поглощается одним и тем же веществом неодинаково. Зависимость поглощательной способности вещества от длины волны света называется спектром поглощения.

Классическая физика 19-го века описала законы отражения, преломления и поглощения света эмпирически. Например, закон Бугера — Ламберта — Бера, определяющий ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде: $I(l) = I_0 e^{-k\lambda l}$, где $I(l)$ - интенсивность света, прошедшего слой вещества толщиной l ; I_0 - интенсивность света на входе в вещество; $k\lambda$ - показатель поглощения, зависящий от длины волны и поглощающего вещества.

Инфракрасные лучи длинноволнового диапазона (9-420 мкм) задерживаются в поверхностных слоях кожи. Самые короткие волны оптического диапазона, соответствующие ближнему ИК излучению < 1 мкм, проникают в ткани человека на глубину в несколько сантиметров и нагревают их. Молярная поглощающая способность в ближней ИК области обычно довольно мала. А значит – глубина проникновения больше, чем в других областях ИК спектра. При длине волны 0,95 мкм проникающая способность достигает максимума и составляет 6-7 см. На длине волны, соответствующей красному свету на границе видимости (0,76 мкм) проникающая способность снижается до 2,5 см. Далее, в диапазоне видимого света, ЭМИ взаимодействует с поверхностью тела, отражаясь либо поглощаясь в тонком поверхностном слое кожи - 0,3-0,4 см. Характерной чертой для ближнего (длинноволнового) УФ-излучения является уменьшение прозрачности (увеличение коэф. поглощения) большинства тел, прозрачных в видимой области. УФ поглощается в тонком слое вещества (измеряется в микрометрах). Наибольшую проникающую способность имеют длинноволновые УФ-лучи (попадая на кожу могут достигать поверхностных сосудистых сплетений).

12. Туннельный эффект в биологии и химии.

Ответ: Положение частицы в пространстве (например, электрона на орбитали) ограничивается собственной энергией. Переход в другое состояние требует преодолеть некий потенциальный барьер.

Решение уравнения Шредингера предсказывает ненулевую вероятность для нахождения частицы за потенциальным барьером.

Химическая реакция заключается в преодолении атомом или группой атомов активационного барьера. Атомы движутся через барьер со стороны области реагентов в сторону области продуктов. Если эти атомы или группы тяжелые, они движутся через барьер классически, как массивные точки, скользящие по поверхности. Константа скорости реакции представляет собой скорость преодоления барьера, отнесенную к единице концентрации частиц. Однако если реакция лимитируется движением электронов или легких атомов, например, атомов водорода, дейтерия, гелия, то вероятность туннелирования под барьером становится заметной по сравнению с вероятностью перехода по поверхности

В результате константа скорости становится заметно выше, чем это ожидается на основе классической теории. Во-первых, возникает зависимость константы скорости от изотопной массы атомов (изотопный эффект), когда скорость реакции с производными водорода выше, чем скорость реакции с производными дейтерия

Во-вторых, вероятность туннелирования не зависит от температуры, в то время как «классическая» константа скорости экспоненциально убывает с понижением температуры. Поэтому при понижении температуры наблюдается характерный эффект – константа скорости в области низких температур для реакций с легкими атомами убывает до какого-то предела, а затем перестает изменяться.

Пример: Первичный акт фотосинтеза – поглощение кванта света и разложение молекулы воды за счет энергии этого кванта – осуществляется в клетках растений на так называемой фотосистеме II (photosystem II, PS-II). Она представляет собой несколько молекул хлорофилла в окружении особых белков и кислород-выделяющего центра (*oxygen-evolving center, OEC*) в виде кластера $\text{CaMn}_4\text{O}_5(\text{H}_2\text{O})_4$, связанного с окружающими белками координационными связями. При фотохимическом возбуждении молекулы хлорофилла, электрон с этой молекулы «перепрыгивает» на ближайшую молекулу белка и по цепи аминокислот белков «бежит» до кислород-выделяющего центра. При накоплении четырех электронов на этом центре, молекула воды, координированная на нем, расщепляется на H^+ (уходит внутрь клетки и вызывает

реакции синтеза молекулы АТФ на другом центре – фотосистеме I) и O_2 , (выделяется в атмосферу). Синтезирующаяся АТФ внутри клетки вызывает синтез углеводов из CO_2 на специальных ферментах. При этом движение электрона с хлорофилла на белок и вдоль белковой цепи осуществляется по механизму туннелирования.

13. Этапы фотобиологических процессов.

Ответ: Фотобиологические процессы - процессы, которые начинаются с поглощения квантов света биологически функциональными молекулами и заканчиваются соответствующей физиологической реакцией в организме или тканях. Все разнообразие фотобиологических процессов условно можно свести к реализации нескольких последовательных стадий:

- поглощение кванта света;
- внутримолекулярные процессы размена энергией (фотофизические процессы)
- межмолекулярные процессы переноса энергии возбужденного состояния
- первичные фотохимические реакции с образованием продуктов, способных участвовать в химических реакциях без участия света;
- темновые реакции, заканчивающиеся образованием стабильных продуктов;
- биохимические реакции с участием фотопродуктов
- общефизиологический ответ на действие света.

Энергия фотонного возбуждения составляет несколько электрон-вольт, в то время как энергия теплового возбуждения при обычных температурах не превышает нескольких сотых электронвольта ($E_{\text{фот}} \gg E_{\text{тепл}}$). Высокая энергия фотовозбуждения и обуславливает возможность протекания таких реакций, которые в обычных условиях неосуществимы.

14. Зрение.

Ответ: Восприятие света глазом является фотобиологическим процессом. Глаз представляет собой устройство, в котором световая энергия, получаемая светочувствительными элементами (фоторецепторными клетками), преобразуется в энергию электрических импульсов, распространяющихся по зрительному нерву от органов зрения к центральной нервной системе (ЦНС).

Свет, попадающий в глаз, фокусируется оптической системой глаза на сетчатке, покрывающей внутреннюю полусферу глазного яблока. Поглощение света и образование нервных импульсов, формирующих в ЦНС ощущение света, происходит в сетчатке, представляющей собой многослойную клеточную систему, светочувствительные элементы которой - палочки и колбочки – получили название в связи с их специфической формой. Палочки находятся на всей поверхности сетчатки и служат рецепторами черно-белого зрения, а колбочки, сконцентрированные в центральной части сетчатки, отвечают за цветное зрение.

Помимо человека, цветным зрением обладают и другие позвоночные, однако спектральные характеристики глаз животных и человека, как правило, не совпадают. Так, лошади, овцы и свиньи различают лишь красный и зеленый цвета, Животные, ведущие сумеречный и ночной образ жизни – волки, кошки – не нуждаются в аппарате цветного зрения, в их глазах колбочки отсутствуют.

Глаза пчел весьма чувствительны к ультрафиолетовому свету, но совершенно не воспринимают красного. Именно поэтому пчелы не посещают и не опыляют красных цветов (за исключением цветов красного мака, которые хорошо отражают ультрафиолетовые лучи солнца и поэтому кажутся пчелам ультрафиолетовыми). Большинство красных цветов посещается и опыляется мелкими птицами благодаря тому, что глаза почти всех птиц обладают особенно высокой чувствительностью к красному свету.

У многих насекомых, в том числе вредителей, максимум чувствительности зрения лежит в ультрафиолетовой части спектра. В связи с этим разработан и применяется на практике (в сельском и лесном хозяйстве) новый способ борьбы с вредными насекомыми – ультрафиолетовая ловушка, где приманкой служит ультрафиолетовый свет ртутно-кварцевой лампы.

Восприятие человеком света разной длины волны при одинаковых энергетических характеристиках вызывает не только различное цветовое ощущение, но и ощущение различной интенсивности света.

15. Фототаксис.

Ответ: Фототаксис - движения свободно передвигающихся простейших организмов к источнику света или от него. Это выгодно для фототрофных организмов, поскольку они могут наиболее эффективно ориентироваться для получения света для фотосинтеза. Фототаксис называется положительным, если движение происходит в направлении увеличения интенсивности света, и отрицательным, если направление противоположное. У прокариот наблюдаются два типа положительного фототаксиса. Первый называется скотофоботаксисом (от слова "скотофобия"), который наблюдается только под микроскопом. Это происходит, когда бактерия случайно выплывает из области, освещаемой микроскопом. Вхождение в темноту сигнализирует клетке изменить направление вращения жгутиков и снова выйти на свет. Второй тип фототаксиса - это истинный фототаксис, который представляет собой направленное движение вверх по градиенту к увеличивающемуся количеству света. Это аналогично положительному хемотаксису, за исключением того, что аттрактантом является свет, а не химическое вещество.

Фототаксические реакции наблюдаются у многих организмов, таких как *Serratia marcescens*, *Tetrahymena* и *Euglena*. У каждого организма есть своя специфическая биологическая причина фототаксической реакции, многие из которых являются случайными и не служат конечной цели. Фототаксис может быть выгоден для фототрофных бактерий, поскольку они могут наиболее эффективно ориентироваться для получения света для фотосинтеза.

16. Фототропизм.

Ответ: Фототропизм относится к направленному росту фотосинтезирующих организмов, преимущественно растений, в ответ на световые раздражители. Это явление имеет решающее значение для автотрофных организмов, таких как растения, которые полагаются на фотосинтез синтезировать собственные питательные вещества.

Посредством сложного процесса фотосинтеза эти организмы преобразуют свет, воду и углекислый газ (CO₂) в необходимые сахара, способствуя как производству энергии, так и росту. Учитывая, что растения по своей природе сидячие, у них отсутствует способность перемещаться в поисках оптимальных условий освещенности.

В качестве компенсаторного механизма они используют фототропизм для оптимизации поглощения света листьями. Эта адаптивная реакция гарантирует, что они используют максимальную световую энергию для фотосинтеза, тем самым способствуя их выживанию и росту. Существует два основных типа фототропизма: положительный и отрицательный. Положительный фототропизм характеризуется ростом по направлению к источнику света - поведение, обычно наблюдаемое у побегов растений.

И наоборот, отрицательный фототропизм, иногда называемый «афототропизмом», приводит к росту вдали от света. Примечательно, что корни растений преимущественно обладают отрицательным фототропизмом, хотя они также демонстрируют гравитропизм — реакцию роста на гравитационную силу Земли. На клеточном уровне механизм,

лежащий в основе фототропизма, включает гормон ауксин.

Клетки, расположенные на стороне растения, дистальнее источника света, имеют более высокую концентрацию ауксина. Такое дифференциальное распределение ауксина приводит к удлинению этих клеток, заставляя растение наклоняться к свету. Фототропизм — один из различных тропизмов растений, которые представляют собой реакцию роста на определенные внешние раздражители. Важно различать отрицательный фототропизм и скототропизм.

В то время как первое относится к росту вдали от света, второе конкретно означает рост в направлении тьмы. Большинство побегов растений проявляют положительный фототропизм и регулируют свои хлоропласты внутри листьев для оптимизации эффективности фотосинтеза.

Однако некоторые кончики побегов виноградной лозы проявляют отрицательный фототропизм, что позволяет им приближаться и взбираться на твердые темные объекты. Синергетический эффект как фототропизма, так и гравитропизма гарантирует, что растения ориентируются и растут в направлениях, наиболее выгодных для их выживания и роста.

17. Биохемилюминесценция.

Ответ: Биохемилюминесценция представляет собой довольно интенсивное свечение, наблюдаемое у ряда биологических объектов и связанное с наличием специализированных ферментных систем, специально предназначенных для генерации квантов света. Классическим примером такой ферментной системы является люциферин-люциферазная светляков. Излучение квантов хемилюминесценции в ходе работы этой системы происходит вследствие окисления специального вещества — люциферина (D-2-(6'-окси-2-бензотиазолил)- \square 2-тиазолин-4-карбоновая кислота), который затем восстанавливается под действием фермента люциферазы.

Поскольку излучение квантов означает, что испускающая их система теряет энергию, длительное свечение возможно при условии восполнения тем или иным образом теряемой энергии. В случае биохемилюминесценции восполнение энергии, теряемой с квантами свечения, происходит с помощью аденозинтрифосфата (АТФ). В отсутствие этого макроэргического соединения свечение люциферин-люциферазной системы быстро затухает. Если же окисление люциферина протекает с достаточной скоростью, квантовый выход свечения оказывается очень высок — квант хемилюминесценции испускается 4 окисленными молекулами люциферина из каждых 5 образовавшихся. Генерируемая при функционировании люциферин-люциферазной системы хемилюминесценция располагается в видимой области спектра (500-650 нм), а максимум излучения приходится на 550-575 нм (в зависимости от вида светляка). Интересно, что положение максимума в спектре люциферин-люциферазной системы определяется видом светляка, люцифераза которого используется. Это дает основания полагать, что спектр излучения меняется вследствие различий в свойствах комплекса возбужденного продукта окисления люциферина с конкретной люциферазой.

Выраженная зависимость люциферин-люциферазной биохемилюминесценции от количества доступных макроэргических соединений (АТФ, ГТФ и т.д.) в образце позволяет применять анализ этого вида свечения для точного определения содержания таких соединений в исследуемом образце. В настоящее время доступны различные синтетические субстраты с ковалентно присоединёнными к ним молекулами АТФ. Распад этих субстратов при тех или иных условиях сопровождается высвобождением этого макроэргического вещества в среду в свободном виде. В присутствии люциферина и люциферазы при таком распаде будет выявляться весьма яркое свечение объекта, по кинетике которого можно оценить, например, эффективность функции разрушающего синтетический субстрат фермента. Возможны и иные варианты использования подобных

субстратов.

Другой пример биолюминесценции – свечение некоторых видов бактерий. Биолюминесценция бактерий связана с окислением 2 основных субстратов: восстановленного флавиномононуклеотида (ФМН \square H_2) и длинноцепочечного алифатического альдегида (например, миристинового $C_{12}H_{12}CHO$). Схема процессов, приводящих к генерации квантов биолюминесценции у бактерий, приведена на рис. 27.

Квантовые выходы генерации квантов биолюминесценции у бактерий гораздо ниже, чем у люциферин-люциферазной системы светляков и лежат в интервале от 0,04 до 0,17. Спектр излучения расположен в спектральной области 430-600 нм, а спектральное положение максимума испускания зависит от вида бактерии. Обычно этот максимум находится в интервале от 472 до 545 нм.

Биохемилюминесценция (сверхслабое свечение) – низкоинтенсивное (с интенсивностью порядка 10^3 квант/см²/с) свечение тканей и клеток, не связанное с наличием специализированных ферментных систем. Причиной этой хемилюминесценции является генерация в биологических образцах свободных радикалов (супероксидного радикала, кислорода в синглетном состоянии, гидроксильного радикала, перекисных радикалов и т.д.). Часть продуцируемых радикалов затем рекомбинирует, обуславливая формирование продуктов в электронно-возбужденном состоянии. В качестве примеров свечения данного типа можно привести хемилюминесценцию при перекисном окислении липидов и при активации фагоцитирующих клеток.

18. Поляризация света в природе.

Ответ: Поляризацией - называется преобразование света из естественного в плоскополяризованный. Поляризация присуща только поперечным волнам. Поляризацией - воздействие на световые или электромагнитные колебания, вследствие которого они происходят в определённом направлении, в определённой плоскости. Поляризатор – это оптическое устройство, способное превращать свет из естественного в плоскополяризованный. Основное свойство электромагнитных волн – поперечность колебаний векторов напряжённости электрического и магнитного полей по отношению к направлению распространения волны. В природе существует обширный класс электромагнитных волн, в которых колебания электрического и магнитного полей совершаются в строго определённых направлениях. Если вектор напряжённости электрического поля электромагнитной волны колеблется вдоль некоторого направления в пространстве, говорят о линейной поляризации. Электромагнитная волна в этом случае называется полностью поляризованной. Существуют волны, у которых по мере распространения векторы напряжённости электрического и магнитного полей изменяются таким образом, что траектория их движения в плоскости, поперечной направлению распространения волны, представляет собой эллипс или окружность. В этом случае говорят, соответственно, об эллиптической, или круговой, поляризации электромагнитной волны. Поляризация естественного света может происходить различными способами. Одним из наиболее распространённых способов является поляризация света при отражении от неполяризующей поверхности под углом Брюстера. При таком отражении световые волны, колеблющиеся в горизонтальной плоскости, полностью отражаются, в то время как волны, колеблющиеся в вертикальной плоскости, поглощаются.

Еще одним способом поляризации естественного света является прохождение света через определенные материалы, называемые поляризационными фильтрами. Поляризационные фильтры пропускают только световые волны, колеблющиеся в определённой плоскости. Одним из наиболее известных примеров поляризации света в

природе является поляризация света в атмосфере. Когда свет от Солнца проходит через атмосферу, он сталкивается с молекулами воздуха и другими частицами. В результате этого столкновения световые волны могут быть поляризованы в горизонтальной плоскости. Это объясняет почему небо кажется голубым, так как голубой цвет связан с поляризацией света в горизонтальной плоскости. Вода также может вызывать поляризацию света. Когда свет падает на поверхность воды под определенным углом, он отражается и поляризуется в горизонтальной плоскости. Это объясняет почему поверхность воды может казаться блестящей и отражать горизонтальные объекты, такие как небо или деревья. Некоторые растения и животные также могут использовать поляризацию света для своих нужд. Например, некоторые насекомые, такие как пчелы и мухи, могут ориентироваться по поляризации света для поиска пищи или навигации. Растения также могут использовать поляризацию света для определения направления источника света и регулирования своего роста и развития.

19. Когерентное излучение, лазеры.

Ответ: Когерентность – явление коррелированного (согласованного) протекания во времени и в пространстве колебательных или волновых процессов.

Когерентное излучение имеет упорядоченные амплитуду, частоту, фазу, поляризацию и направление распространения. Кроме спонтанного излучения возбужденного атома существует вынужденное излучение, когда атомы начинают излучать энергию под действием внешнего электромагнитного поля. Явление вынужденного излучения дает возможность управлять излучением атомов с помощью электромагнитного поля и таким путем усиливать или генерировать когерентное световое излучение. Такими генераторами являются лазеры. Свет от лазера имеет особенные и очень ценные свойства, выгодно отличающие его от света обычных, тепловых источников.

Излучение лазера когерентно и практически полностью монохроматично. Ранее подобные свойства были лишь у радиоволн от хорошо стабилизированных передатчиков.

Распространение вынужденного излучения происходит только вдоль оси резонатора. В связи с этим расширение лазерного луча очень слабое, имеет почти незаметную расходимость (несколько угловых секунд).

Благодаря вышеназванным свойствам лазерный луч способен фокусироваться в точку невероятно маленького размера. Энергия в точке его фокуса имеет огромную плотность. По причине монохроматичности излучения и чрезвычайной плотности энергии, лазерное излучение может достигать очень высоких температур. К примеру, температура излучения импульсного лазера мощностью порядка петаватта (10^{15} Вт) составляет более 100 миллионов градусов.

Лазер незаменим в генной инженерии и нанотехнологиях (которые работают с объектами размером порядка миллионной доли миллиметра — 10^{-9} м).

При помощи лучей лазера преодолеваются масштабные ограничения — разрезаются, передвигаются и соединяются между собой невидимые для глаза составляющие части генов, биологических молекул и нанотехнологические детали.

В 2018 году нобелевская премия по физике «за изобретение оптического пинцета и его применение в биологических системах» была присуждена создателю оптического пинцета Артуру Эшкину.

20. Медико-биологическое применение лазерных технологий.

Ответ: Существует широкий спектр медицинского применения лазерного излучения. Зачастую он связан с поверхностью человеческого тела, доступной для излучения. Например, в хирургии глаза и коррекции зрения (LASIK), стоматологии, дерматологии (например, фотодинамической терапии рака), в различных видах косметических процедур, таких как удаление татуировок и удаление волос.

Лазеры используются также для внутреннего хирургического вмешательства. Лазеры позволяют при разрезе тканей сократить кровотечение до минимума.

Для медицинского применения необходимы разные типы лазеров, в зависимости от длины световой волны, выходной мощности, импульсного формата излучения и т.д. Во многих случаях, длины волны лазерного излучения выбраны так, чтобы обеспечить направленное воздействие на определенные вещества. Некоторые субстанции (например, пигменты татуировки или кариес зубов) поглощают свет сильнее, чем окружающие ткани, так что лечение может быть более направленным.

Медицинские лазеры не всегда используются только для терапии. Некоторые из них могут помочь в диагностике, например, с помощью методов глазных изображений, лазерной микроскопии и спектроскопии.

Современные направления медико-биологического применения лазеров могут быть разделены на две основные группы:

1) использования лазерного излучения в качестве инструмента исследования. Лазер здесь играет роль уникального светового источника при спектральных исследованиях, в лазерной микроскопии, голографии и др.

2) в качестве инструмента воздействия на биологические объекты:

2.1) воздействие на ткани патологического очага. Применение лазеров в дерматологии и онкологии для облучения патологических тканевых образований, которое приводит к их коагуляции.

2.2) рассечение тканей. Хирургическое применение лазеров.

2.3) физиотерапевтическое воздействие - влияние обычно не вызывает явных морфологических изменений, но приводит к определенным биохимическим и физиологическим сдвигам в организме. Применение гелий-неонового лазера в целях биостимуляции при вяло текущих раневых процессах, трофических язв и др.

21. Медико-биологическое использование излучения оптического диапазона.

Ответ: Светолечение, или фототерапия — применение с лечебными и профилактическими целями электромагнитных колебаний оптического диапазона (света), включающих инфракрасное, видимое и ультрафиолетовое излучения. Следует помнить, что и лекарственные вещества, принятые внутрь или нанесенные на кожу, также могут существенно изменять процессы поглощения. В физиотерапии используют ближнюю область инфракрасного излучения с длиной волны от 2 мкм до 760 нм, получаемую с помощью искусственных источников света, эти лучи поглощаются на глубине до 1 см. Энергия инфракрасных лучей относительно невелика, при их поглощении наблюдается в основном усиление колебательных и вращательных движений молекул и атомов, т.е. броуновское движение. За счет глубокого прогревания тканей расширяются сосуды, ускоряется кровоток, обмен белков и аминокислот. Благодаря этому механизму действия светолечение инфракрасным излучением позволяет уменьшать отечность, ослаблять воспалительные процессы и восстанавливать поврежденные ткани. Это обуславливает применение ИК-излучения в лечении заболеваний внутренних органов и опорно-двигательного аппарата, а также для восстановления после травм, операций и параличей. Помогает в устранении негнойных хронических процессов в подострой и хронической стадии. Но есть и строгие противопоказания к облучению ИК-лучами – любые опухоли, болезни крови и гнойники. Видимое излучение (400-780 нм). Действует через сетчатку глаз, но может проникать и в кожу на 1 см. Этот участок электромагнитного спектра включает в себя 7 цветов. Гамма представлена красным, оранжевым, желтым, зеленым, голубым, синим и фиолетовым. Каждый из них обладает специфическим воздействием. Проникая через зрительные рецепторы в кору головного мозга, влияет на психоэмоциональное состояние человека. Например, красный и оранжевый свет возбуждают корковые и подкорковые нервные центры, а синий и фиолетовый их подавляют. Данный механизм действия светолечения относится уже к хромотерапии (цветолечению). Волны видимого света короче, чем инфракрасные. По этой причине кванты обладают большей энергией и влияют на различные биохимические процессы. В частности, активизируют иммуногенез кожи и улучшают трофику тканей. Ультрафиолетовое излучение (180-400 нм). Обладает наибольшей энергией и по активности превосходит другие виды. Но проникает в кожу всего на 0,5-1 мм, что позволяет лечить кожные заболевания поверхностных слоев (эпидермиса) и в отдельных случаях – дермы. УФ-лучи обладают противовоспалительным, успокаивающим, противозудным, десенсибилизирующим и иммуносупрессивным действием. Неслучайно с увеличением солнечных дней в году состояние хронических дерматозов улучшается. В светолечении ультрафиолетовым излучением, в свою очередь, применяют три основных спектра. Это лучи коротковолновые (С-спектр, 180-280 нм), средневолновые (В-спектр, 280-320 нм) и длинноволновые (А-спектр, 320-400 нм). В дерматологии самым перспективным направлением стало лечение кожных заболеваний специальным ультрафиолетом 311 нанометров. Относится к средневолновому В-спектру, но является безопасным узкополосным излучением с минимальными побочными эффектами.

1. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

В рамках **текущего контроля** в течение семестра для оценки знаний, умений, навыков, получаемых в ходе изучения дисциплины, учитываются устные опросы и защита рефератов.

Критерием успешности освоения учебного материала **по окончанию учебного семестра** (промежуточная аттестация) является экспертная оценка преподавателя, учитывающая: текущую успеваемость в течение семестра (устный опрос, рефераты). Кроме того, экспертная оценка преподавателя может основываться на регулярности посещения обязательных учебных занятий, успешности выполнения установленных на данный семестр объемов рабочей программы.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса.

1.2. Критерии оценивания ответов на теоретические вопросы зачета

Неудовлетворительно:

Полнота ответа – Студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, отсутствуют межпредметные связи.

Структурированность – Нет.

Логика изложения – Отсутствует логика в изложении материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Нет.

Удовлетворительно:

Полнота ответа – Студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не достаточно правильные формулировки, ответ отличается низким уровнем самостоятельности.

Структурированность – Не всегда прослеживается четкость и структурированность.

Логика изложения – Не всегда прослеживается логика изложения материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Затрудняется с ответами, ответ отличается низкой самостоятельностью.

Хорошо:

Полнота ответа – Студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его; ответ отличается меньшей обстоятельностью.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью.

Отлично:

Полнота ответа – Студент полно излагает учебный материал на основе лекций и дополнительной литературы, осуществляет межпредметные связи; владеет понятийным аппаратом и уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью.

1.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

«1 уровень» - ознакомление (иметь общее представление, узнавать);

«2 уровень» - понимание учебного материала, излагаемого в учебнике, методической разработке или преподавателем;

«3 уровень» - умение логично, последовательно, достаточно полно и точно излагать изученный материал;

«4 уровень» - творчески использовать полученные знания.

Для удовлетворительной (положительной) оценки знаний требуется минимум 3-й уровень усвоения учебного материала.

Требования (критериальные показатели) к уровню освоения дисциплины

Результат зачета	Требования к знаниям
Зачтено	Знает основные определения, последователен в изложении материала, демонстрирует базовые знания дисциплины, владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.
Не зачтено	Не знает основных определений, непоследователен и сбивчив в изложении материала, не обладает определенной системой знаний по дисциплине, не в полной мере владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

06.03.01 Биология, ОПОП Биология, ФОС РЦД Основы фотобиологии, год набора 2025, форма обучения очная

Проректор по учебной работе утверждено 24.02.2025 А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Председатель Ученого совета

биологического факультета согласовано Д.С. Сташкевич

Заседанием кафедры радиационной биологии

Протокол заседания № 7 от 21.02.2025

Заведующий кафедрой согласовано А.В. Аклеев

Автор (составитель) Е.А. Шишкина

Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1