

Рекомендации по изучению материала лекции «Лазеры в медицине. Основы фотомедицины»

По этой теме не будет практического занятия, но **в компьютерный тест на зачете материал лекции обязательно войдет.**

1. Лекция названа «Лазеры в медицине. Основы фотомедицины», но первая ее часть посвящена применению в медицине излучений **оптического диапазона**. Сюда входят **инфракрасное** излучение, **видимый свет** и **ультрафиолет**.

Особо рассмотрено **тепловое излучение**, которое находит все большее применение в медицине, - как для диагностики, так и для лечения. Основная его часть принадлежит **инфракрасному** диапазону.

Посмотрите на шкалу электромагнитных излучений, приведенную в лекции, и вспомните **расположение, характеристики** (длину волны, частоту) и **происхождение** указанных выше излучений.

2. Примером использования на практике излучений оптического диапазона является **метод фотоколориметрии** (иначе именуемый «фотометрический метод определения концентрации растворов», «концентрационная колориметрия»). Чувствительность метода очень высока, вследствие чего он и применяется широко в медицине для анализа лекарственных веществ (в том числе важен для судебно-медицинской экспертизы).
3. Как всегда, важно разобраться в физической сути этого метода. Он основан на **поглощении** света, а основным законом поглощения является известный вам закон **Бугера-Ламберта-Бера**. В лекции приведено выражение этого закона через оптическую плотность **D**. При работе с лекцией обращайте внимание на «напоминки» - они действительно напоминают вам о понятиях, явлениях и законах, с которыми вы уже знакомились ранее.
4. Конкретно в методе производится сравнение **интенсивности окраски** двух растворов одного и того же вещества, но разных концентраций. Эксперимент проводится в одинаковых условиях (смотрите лекцию, слайд 6), в результате чего исследуемые растворы отличаются. Кроме концентрации, только оптической плотностью. Это пример методики сравнения, позволяющей избежать учета ряда дополнительных параметров. Вывод расчетной формулы метода приведен в лекции.
5. Ранее сравнение производилось визуально, в настоящее время – только инструментально, что, конечно, обеспечивает значительно большую точность. Измерительные приборы – либо фотоэлектроколориметры (ФЭК), либо спектрофотометры, – обратите внимание на их различия.
6. Как вы знаете, лучше мы умеем регистрировать электрические величины, и поэтому в схему приборов для фотоколориметрии входят **датчики**, в данном случае **фотоэлементы**. На выходе датчика вместо интенсивности

света – сила тока, которую легко измерить. Схема прибора в целом приведена на слайде 9.

7. Далее в лекции рассматривается применение в медицине теплового излучения (читайте напоминалку!). Оно применяется как для диагностики – метод **термографии**, так и для лечения – **теплolечение**.
8. Термография основана на сильной зависимости энергетической светимости **R** от температуры (закон Стефана-Больцмана для серых тел, слайд 15). Поэтому метод обладает очень высокой чувствительностью. Метод неинвазивный, определение ведется с поверхности тела. Для визуализации используются жидкокристаллические индикаторы либо тепловизоры (последние с электронно-оптическим преобразователем, ЭОП, в качестве главной части), – обратите внимание на их особенности. На полученной картинке – **термограмме** – разные цвета и оттенки соответствуют разным температурам.
9. Теплolечение – один из методов физиотерапии. Источники теплового излучения используются как естественные – Солнце (**гелиотерапия**; обратите внимание в лекции на понятие **солнечной постоянной**), так и искусственные – лампы накаливания и инфракрасные излучатели. Лечебный эффект основан на образовании температурного градиента.

Вторая часть лекции

10. **Лазеры**, или **оптические квантовые генераторы (ОКГ)** широко применяются в современной медицине. В лекции рассмотрены физические основы их действия, дана принципиальная схема устройства, перечислены их виды и указаны свойства лазерного излучения.
11. В основе лазеров лежит явление **вынужденной** (индуцированной) **люминесценции**. Это явление уже упоминалось ранее, сейчас в лекции оно рассмотрено более подробно. Необходимо разобраться в его **механизме**, понять, какие **условия** должны быть созданы для реальной работы этого механизма.
12. Безусловно, необходимо понимать смысл всех упоминаемых терминов – **инверсная заселенность уровней, активное вещество, накачка, метастабильное состояние, оптический резонатор**. Нужно уметь зарисовать и пояснить **принципиальную схему устройства лазера**.
13. В лекции дана **классификация** лазеров по разным признакам – по типу активного вещества, режиму работы, характеристикам излучения. Разберитесь в ней – это слайды 11, 12.
14. Наконец, необходимо представлять себе те свойства лазерного излучения, которые и позволяют широко использовать его в медицине. Это **монохроматичность, когерентность, строгая направленность и большая мощность**.
15. Завершает лекцию краткое обозрение понятия и возможностей **фотомедицины**. На самом деле фотомедицина – важная, находящаяся в развитии часть медицины, основанная на применении **фотосенсибили-**

заторов, т.е. веществ, **резко повышающих чувствительность организма к свету**. Фотобиологические процессы с их участием называются соответственно **сенсibilизированными фотобиологическими процессами**. (Вспомните понятие фотобиологического процесса: происходит с участием света, приводит к изменению строения и свойств системы.)

16. Уделите серьезное внимание классификации фотосенсибилизаторов – их деление **по происхождению и по механизму действия**. В первом случае это экзогенные и эндогенные (обратите внимание на особенность последних, слайд 17, левая половина) фотосенсибилизаторы. Во втором – фотосенсибилизаторы, **сами химически изменяющиеся** под действием света, и **действующие опосредованно, через кислород**.
17. В лекции названы примеры экзогенных фотосенсибилизаторов (**псоралены**) и основные наши эндогенные – **порфирины и их производные**.
18. Разберитесь обязательно в механизме действия тех и других фотосенсибилизаторов, изучив их применение в медицине – для лечения кожных болезней и в фотодинамической терапии, соответственно. При этом обратите внимание на понятие «фотодинамический эффект» и его обязательные компоненты – **свет, хромофор, кислород**.
19. В двух приведенных примерах наблюдается фотодеструкция, приводящая к положительным результатам, – вспомните, что такое **фотодеструкция** (один из видов фотобиологических процессов, при котором происходит поражение, разрушение живой системы) и будьте готовы объяснить, почему в данном случае она играет положительную роль.

В С Ё !

Удачи в освоении материала!

ИЗЛУЧЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ. ОСНОВЫ ФОТОМЕДИЦИНЫ

ФОТОКОЛОРИМЕТРИЯ

**ТЕРМОГРАФИЯ
И ТЕПЛОЛЕЧЕНИЕ**

**ЛАЗЕРЫ И ИХ
ПРИМЕНЕНИЕ
В МЕДИЦИНЕ**

**СЕНСИБИЛИЗИРОВАН-
НЫЕ
ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ**

1. **ФОТОКОЛОРИМЕТРИЯ:
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ,
ПРИМЕНЕНИЕ В
МЕДИЦИНЕ.**
2. **ТЕПЛОВЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
В ДИАГНОСТИКЕ.**
3. **ТЕПЛОВЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
В ТЕРАПИИ.**
4. **ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ
РАБОТЫ ЛАЗЕРОВ.
СВОЙСТВА ЛАЗЕРНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ.**
5. **ОСНОВЫ
ФОТОМЕДИЦИНЫ.**

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей лекции
будут рассмотрены
методы,
основанные на разных
процессах
и имеющие разное
применение
в медицине —
методы лабораторной
диагностики,
клинической
диагностики
и терапии.

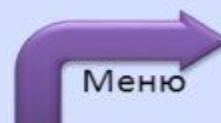
Объединяет их одно:
использование
(в качестве действующего
или исследуемого фактора)
излучений —
ВОЛНОВОЙ
(с меньшей длиной волны,
чем в радиодиапазоне,
но большей, чем у рентгенов-
ского и гамма-излучений)
и **корпускулярной**
природы.



Диапазоны электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение принято делить по частотным диапазонам (см. таблицу). Между диапазонами нет резких переходов, они иногда перекрываются, а границы между ними условны. Поскольку скорость распространения излучения (в вакууме) постоянна, то частота его колебаний жёстко связана с длиной волны в вакууме.

Название диапазона		Длины волн, λ	Частоты, ν	Источники
Радиоволны	Сверхдлинные	более 10 км	менее 30 кГц	Атмосферные явления. Переменные токи в проводниках и электронных потоках (колебательные контуры).
	Длинные	10 км — 1 км	30 кГц — 300 кГц	
	Средние	1 км — 100 м	300 кГц — 3 МГц	
	Короткие	100 м — 10 м	3 МГц — 30 МГц	
	Ультракороткие	10 м — 1 мм	30 МГц — 300 ГГц	
Инфракрасное излучение		1 мм — 780 нм	300 ГГц — 429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях.
Видимое (оптическое) излучение		780 — 380 нм	429 ТГц — 750 ТГц	
Ультрафиолетовое		380 — 10 нм	$7,5 \cdot 10^{14}$ Гц — $3 \cdot 10^{16}$ Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов.
Рентгеновские		$10 — 5 \cdot 10^{-3}$ нм	$3 \cdot 10^{16} — 6 \cdot 10^{19}$ Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц.
Гамма		менее $5 \cdot 10^{-3}$ нм	более $6 \cdot 10^{19}$ Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад.



1. МЕТОД ФОТОКОЛОРИМЕТРИИ

Фотометрический метод определения концентрации исследуемого вещества в растворе.

Называют также «концентрационная колориметрия».

Название – от слова «color» – цвет.

Производится сравнение интенсивности окраски растворов разной концентрации одного и того же вещества в проходящем свете.

Основан на законе поглощения света Бугера-Ламберта-Бера.

Закон Бугера-Ламберта-Бера

В лабораторной практике
используется
выражение этого закона
через оптическую
плотность:

$$D = \epsilon Cx.$$

Здесь

D – оптическая плотность,
C – концентрация,
X – толщина слоя раствора,
 ϵ – молярный показатель
поглощения
(молярная экстинкция)

Напоминалка

Поглощение света –
уменьшение его
интенсивности
при прохождении через
вещество
вследствие превращения
световой энергии в другие
виды энергии.

Молярный показатель
поглощения зависит от рода
вещества и длины волны ,
но не зависит от
концентрации.

Вывод расчетной формулы метода

Методика сравнения позволяет упростить расчеты.

Две абсолютно одинаковые кюветы с растворами одного и того же вещества, но разной концентрации помещаются на пути двух одинаковых потоков света одного и того же спектрального состава.

Тогда у этих растворов будут одинаковыми параметры ε и X .
Запишем закон Б.-Л.-Б. для каждого из растворов, а затем поделим одно уравнение на другое:

$$D_1 = \varepsilon C_1 X,$$

$$D_2 = \varepsilon C_2 X;$$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

$$C_2 = C_1 \cdot \frac{D_2}{D_1}$$

Измерительные приборы

Измерение оптической плотности

производится с помощью фотоэлектроколориметров (ФЭК)

или

спектрофотометров.

Используется излучение оптического диапазона.

ФЭК выделяет узкую область спектра **видимого** света с помощью фильтра.

Если вещество не поглощает в этой области, в раствор добавляют краситель.

Спектрофотометры включают

монохроматоры – устройства, выделяющие свет практически одной длины волны.

Они характеризуются несколько большей чувствительностью и точностью измерений.

Могут работать и в УФ, и в ИК- области.

Датчики и регистрационные устройства

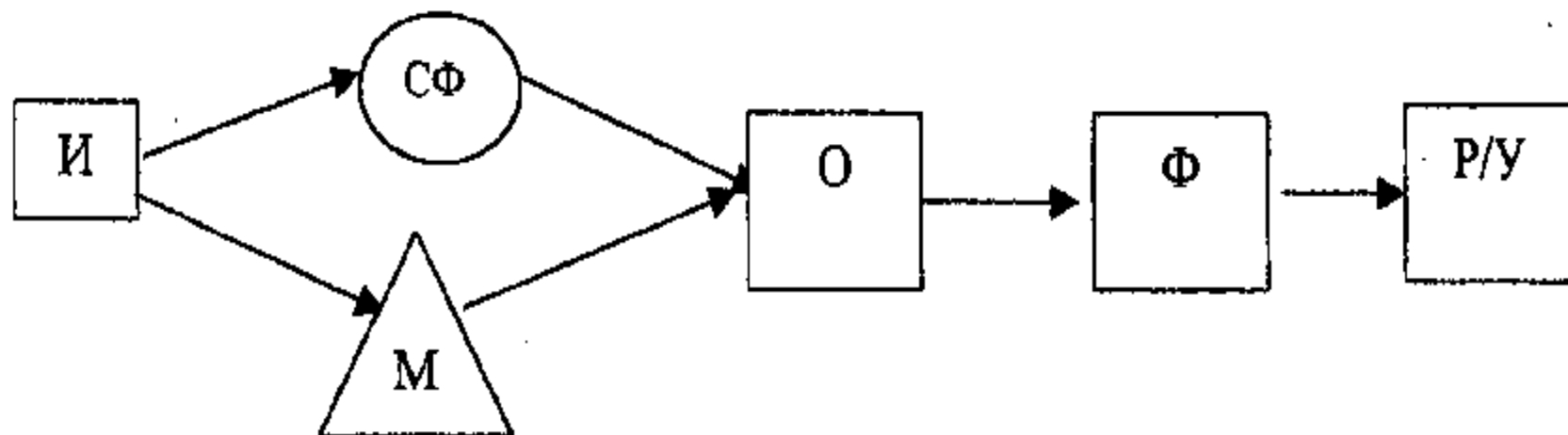
В современных приборах для концентрационной фотометрии используются

фотоэлементы — датчики, преобразующие неэлектрическую величину (интенсивность света) в электрическую (силу тока).

Чем больше концентрация раствора, тем больше его оптическая плотность и степень поглощения, соответственно меньше интенсивность пропущенного света и сила тока.

Сила тока измеряется микроамперметром. Но шкала прибора показывает сразу D .

Общая блок-схема измерительных приборов для фотоколориметрии



И – источник излучения, СФ – светофильтр, М – монохроматор,
О – объект исследования, Ф – фотозлемент,
Р/У – регистрирующее устройство.

Образцы приборов

Фотоэлектроколориметр
APEL AP-101



Спектрофотометр PD-303



ФОТОКОЛОРИМЕТРИЯ В МЕДИЦИНЕ

В медицине метод широко применяется для анализа лекарственных веществ, так как позволяет работать с малыми концентрациями вещества (порядка $10^{-8} - 10^{-12}$ М). В частности, он используется в судебно-медицинской экспертизе.

Кроме того, можно определять pH среды (с добавлением индикаторов), активность ферментов (после добавления реагентов на продукты ферментативной реакции), а также оценивать скорость роста микроорганизмов по увеличению оптической плотности культуральной жидкости.

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Тепловое излучение
используется
в медицине
как для диагностики,
так и
в лечебных целях.

Диагностический метод:
термография.
Применение для лечения:
теплотечение.

Напоминка

Тепловым называется
электромагнитное излучение,
которое происходит
за счет энергии внутреннего
хаотического теплового
движения частиц вещества.

Его интенсивность и
спектральный состав
зависят от температуры тела.

2. ТЕРМОГРАФИЯ

Большая часть энергии, высвобождаемой в метаболических процессах организма, переходит в теплоту.

Способы теплообмена организма с окружающей средой:

- **тепловое излучение**
- **теплопроводность**
- **конвекция**
- **испарение**

Соотношение зависит от внешних условий и характера жизнедеятельности.

В среднем на долю теплового излучения приходится половина общего количества теплотерь.

Основная его часть принадлежит инфракрасному диапазону.

ТЕРМОГРАФИЯ –

**это определение
температуры
разных точек
поверхности тела
с целью оценки
физиологического
состояния
органов и систем
и выявления патологии.**

**Распределение
температуры
по различным точкам
поверхности тела
достаточно
характерно и зависит
от состояния
организма.**

Так, местная температура
меняется при
воспалительных
процессах, наличии
опухолей; температура
вен зависит от состояния
кровообращения.

Достоинства метода

- **Высокая чувствительность.**

Даже малое повышение температуры тела вызывает заметное увеличение излучения, которое надежно фиксируется приборами.

- **Практически полная безвредность.**

Метод неинвазивный, не связан с воздействием каких-либо внешних факторов.

Напоминалка

Закон Стефана-Больцмана для серых тел:

$$R_{\text{с.т.}} = \alpha \cdot \sigma \cdot T^4,$$

где R – энергетическая светимость

α – коэффициент поглощения,

σ – константа Стефана-

Больцмана

T – абсолютная температура.

Т.е. имеет место сильная температурная зависимость энергетической светимости.

Визуализация

Два основных способа:

- жидкокристаллические индикаторы
- тепловизоры

ЖК-индикаторы

Молекулярная структура жидких кристаллов и их оптические свойства очень чувствительны к изменению температуры, при этом кристалл меняет свой цвет.

Способ прост и удобен в применении, причем фиксируется сразу T объекта.

Тепловизоры

Главная часть – электронно-оптический преобразователь (ЭОП).

ЭОП преобразует спектральный состав излучения и усиливает яркость изображения.

Его работа основана на внешнем фотоэффекте.

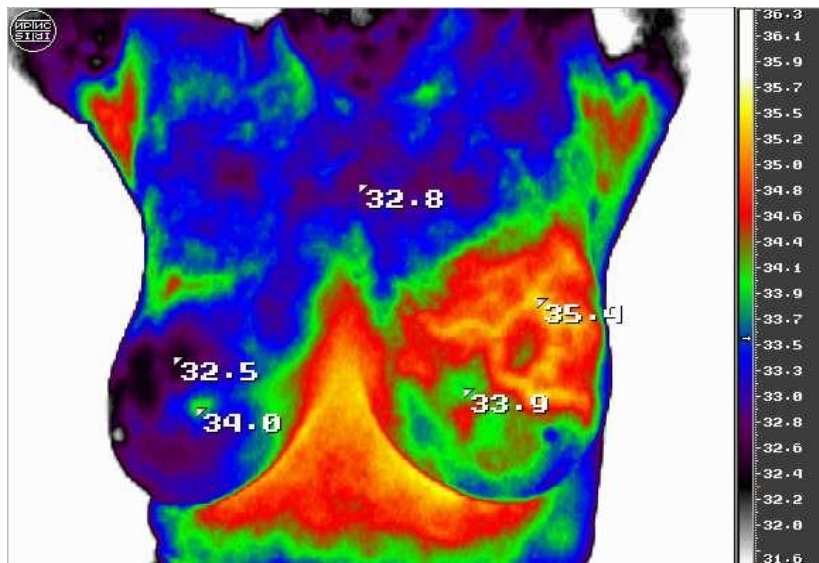
Тепловое излучение тела поступает на ЭОП, где его состав меняется с переходом из инфракрасной в видимую область спектра.

Усиленный сигнал
измененного
спектрального состава
подается на
телевизионную систему,
и на экране телевизора
возникает изображение
объекта.

При этом его части,
имеющие разную
температуру,
различны по цвету.

На термограмме
разные цвета и оттенки
соответствуют разным
температурам.
«Холодные» участки тела
окрашены в синий цвет,
а участки с более высокой
температурой –
в зеленый, красный,
желтый
и белый, означающий
самую высокую
температуру.

Термограмма молочных желез с опухолью левой железы



Пример
термо-
графа

Применение в медицине

Для разрешения вопроса о недостаточности артериального кровообращения: в этом случае температура тела значительно ниже.

Для ранней диагностики воспалительных процессов и опухолей: температура значительно повышена. Термография молочных желез даже эффективнее маммографии.

3. ТЕПЛОЛЕЧЕНИЕ

**ТЕПЛОЛЕЧЕНИЕ –
применение
теплового излучения
в терапии.**

**Является одним из методов
физиотерапии,
т.е. использования
для лечения
различных физических
факторов.**

**Самый мощный источник
теплового излучения –
Солнце,**

**около 50% его излучения
лежит в ИК-области.**

***Величина потока
солнечной радиации,
приходящегося на
единицу (1 м²) площади
границы земной
атмосферы,***

**называется
солнечной постоянной,
она равняется 1350 Вт.**

Гелиотерапия (солнцелечение)

Атмосфера ослабляет излучение и изменяет его спектральный состав, сдвигая максимум спектра в сторону больших длин волн (470 нм на границе атмосферы и около 555 нм на поверхности Земли). Использование в медицине для лечения дозированного солнечного излучения называется ***гелиотерапией***.

В лечебных целях используются также **искусственные источники теплового излучения: лампы накаливания (соллюкс) и инфракрасные излучатели (инфраруж).** Наибольший эффект дает коротковолновая часть ИК излучения, близкая к видимому свету.

ИК – излучение проникает в тело на глубину около 20 мм, вызывая прогревание слоев кожи.

Лечебный эффект основан на образовании температурного градиента, что приводит к активизации терморегулирующей системы,

улучшению кровоснабжения.

В результате ускоряется тканевая регенерация, повышается местная сопротивляемость тканей.

В более широком смысле к теплолечению относят также применение теплоносителей:

парафина, озокерита и грязей различного происхождения.

Их эффект является более сложным, комплексным.

Абсолютными противопоказаниями для теплолечения является наличие опухолей, активная форма туберкулеза, болезни крови.

4. ЛАЗЕРЫ



ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЛАЗЕРОВ

**ЛАЗЕРЫ –
ОПТИЧЕСКИЕ
КВАНТОВЫЕ
ГЕНЕРАТОРЫ (ОКГ).**

В ОСНОВЕ –

**ВЫНУЖДЕННАЯ
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ.**

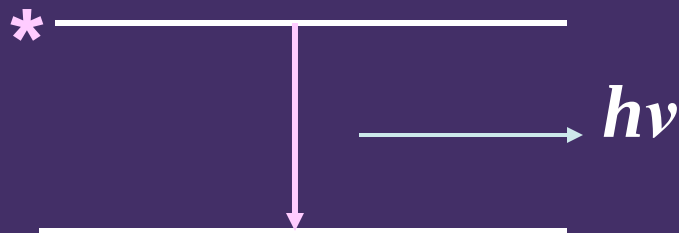
**«Light Amplification by
Stimulated Emission of
Radiation» -**

**«Усиление света путем
вынужденного
излучения». - 1960 г.**

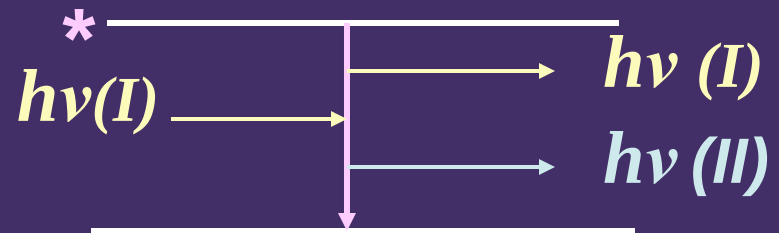
**Но первым квантовым
генератором был мазер
– квантовый
генератор ЭМ волн
СВЧ-диапазона
(микроволн). – 1955 г.,
Басов, Прохоров и Таунс.**

Спонтанная и вынужденная люминесценция

**СПОНТАННАЯ
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ –
ПОСЛЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ
МОЛЕКУЛЫ
ИЗЛУЧЕНИЕ
ВОЗНИКАЕТ
САМОПРОИЗВОЛЬНО.**



**ВЫНУЖДЕННАЯ
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ -
ИЗЛУЧЕНИЕ ВОЗНИКАЕТ
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
С ВОЗБУЖДЕННОЙ
ЧАСТИЦЕЙ
НОВОГО ФОТОНА.**



Оптический квантовый усилитель

В РЕЗУЛЬТАТЕ
ВЫНУЖДЕННОГО КВАНТО-
ВОГО ПЕРЕХОДА
ОТ ЧАСТИЦЫ В ОДНОМ
И ТОМ ЖЕ НАПРАВЛЕНИИ
РАСПРОСТРАНЯЮТСЯ ДВА
ОДИНАКОВЫХ ФОТОНА –

- ПЕРВИЧНЫЙ, ВЫНУЖДАЮЩИЙ,
- И ВТОРИЧНЫЙ, ВНОВЬ ИСПУЩЕННЫЙ.

ВСТРЕЧА КАЖДОГО
С ВОЗБУЖДЕННОЙ
ЧАСТИЦЕЙ



4 ОДИНАКОВЫХ ФОТОНА



8



16

И Т.Д. -

ЛАВИНООБРАЗНОЕ
НАРАСТАНИЕ

числа фотонов



УСИЛЕНИЕ СВЕТА ПРИ ЕГО
ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ
СИСТЕМУ

Условия реализации ОКУ

СИСТЕМА –

**ОПТИЧЕСКИЙ
КВАНТОВЫЙ
УСИЛИТЕЛЬ.**

УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ :

- 1. *ИНВЕРСНАЯ*
(ПРОТИВОПОЛОЖНАЯ
НОРМАЛЬНОЙ)
ЗАСЕЛЕННОСТЬ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
УРОВНЕЙ.**

**ПРОЦЕСС ВОЗБУЖДЕНИЯ
ВЕЩЕСТВА С ЦЕЛЬЮ
СОЗДАНИЯ ИНВЕРСИИ
НАСЕЛЕННОСТЕЙ –**

НАКАЧКА:

***ОПТИЧЕСКАЯ,
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ,
ХИМИЧЕСКАЯ.***

- 2. *МЕТАСТАБИЛЬНОЕ
ВОЗБУЖДЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ***

Пояснения

В обычном состоянии вещества большинство его молекул находится в основном состоянии.

В этом случае вероятность встречи фотона с уже возбужденной частицей мала.

Для увеличения этой вероятности необходимо:

- **увеличить число возбужденных частиц путем сообщения системе большого количества энергии;**
- **добиться того, чтобы возбужденное состояние было сравнительно устойчивым, долгоживущим – метастабильным.**

Превращение ОКУ в ОКГ

3. ДЛЯ ПРЕВРАЩЕНИЯ
ПРОЦЕССА УСИЛЕНИЯ В
ПРОЦЕСС ГЕНЕРАЦИИ-
ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ
ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ.

В ЛАЗЕРАХ –
С ПОМОЩЬЮ
ОПТИЧЕСКОГО
РЕЗОНАТОРА:

это ДВА ЗЕРКАЛА,
СПЛОШНОЕ И
ПОЛУПРОЗРАЧНОЕ.

ЯЧЕЙКА С АКТИВНЫМ
ВЕЩЕСТВОМ -
МЕЖДУ НИМИ.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ЛАЗЕРА

спл



п/пр



А В

С Н

Принципиальная схема лазера

**АВ – активное вещество,
в котором происходит
вынужденная
люминесценция.**

СН – система накачки.

**Слева и справа от ячейки
с АВ – зеркала.**

**Вынужденно испущенные
АВ фотоны многократно
отражаются от зеркал и
повторяют свой путь в
веществе.**

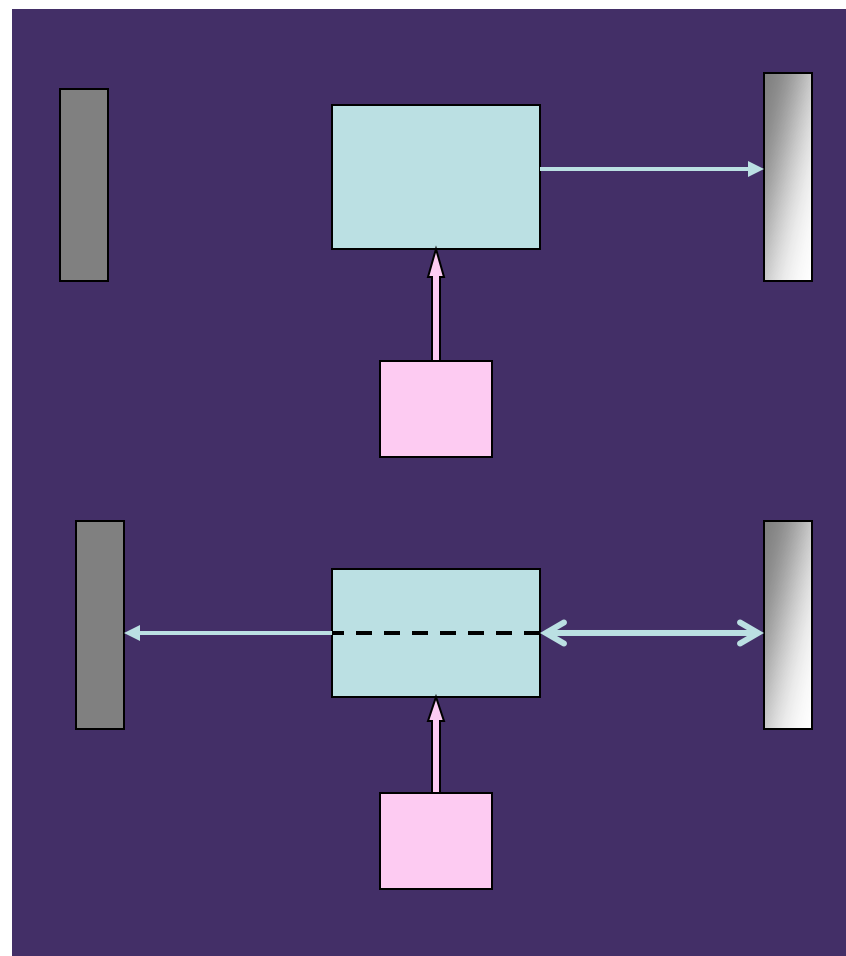
**При этом
число их встреч с воз-
бужденными частицами
увеличивается**



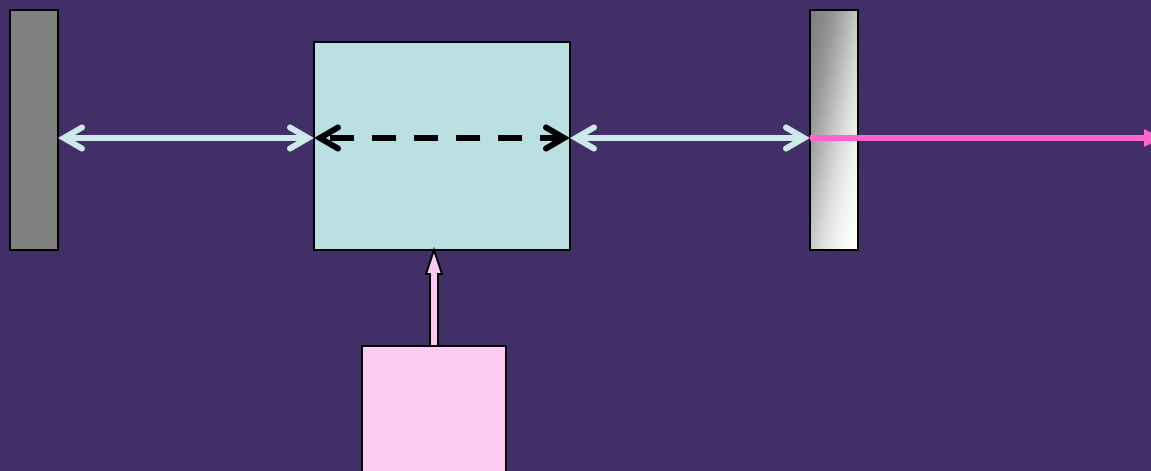
**появляются все новые
фотоны,
интенсивность
люминесценции растет.**

Принцип работы лазера

Когда интенсивность
вынужденной
люминесценции
достигает критической
величины,
излучение выходит
наружу
через полупрозрачное
зеркало.



Принцип работы лазера



ВИДЫ ЛАЗЕРОВ

ЛАЗЕРЫ РАЗЛИЧАЮТСЯ:

- 1) ПО ИСПОЛЬЗУЕМОМУ АКТИВНОМУ ВЕЩЕСТВУ;**
- 2) ПО РЕЖИМУ РАБОТЫ;**
- 3) ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ИЗЛУЧЕНИЯ –**
МОЩНОСТИ,
ДЛИТЕЛЬНОСТИ,
ДЛИНЕ ВОЛНЫ,
КОЭФФИЦИЕНТУ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ.

(1)

Существуют лазеры:

- ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ:**
АВ – стекла
с примесью кристаллов
(пример - рубиновый)
 - ЖИДКОСТНЫЕ**
 - ГАЗОВЫЕ (пример - гелий-неоновый)**
 - ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ**
- и некоторые другие.**

ВИДЫ ЛАЗЕРОВ

(2) РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЛАЗЕРОВ:

- СТАЦИОНАРНЫЙ
- ИМПУЛЬСНЫЙ
СВОБОДНОЙ
ГЕНЕРАЦИИ
- ГИГАНТСКИХ
ИМПУЛЬСОВ

(короткие, но очень
мощные – получаются
при управлении
потерями энергии в АВ)

(3) *КОЭФФИЦИЕНТ
ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ*
показывает, какая
часть энергии накачки
непосредственно
преобразуется в
энергию лазерного
излучения.

Из названных лазеров
наибольший к.п.д.
имеют
полупроводниковые.

СВОЙСТВА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- ❖ **МОНОХРОМАТИЧНОСТЬ**
- ❖ **КОГЕРЕНТНОСТЬ**
- ❖ **СТРОГАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ (пучок почти параллельный)**
- ❖ **БОЛЬШАЯ МОЩНОСТЬ**

Монохроматичность – одинаковая длина волны. – Позволяет облучать селективно данное вещество.

Когерентность – одинаковая фаза и частота колебаний.

Строгая направленность. – Локальное действие.

Мощность. – Применение в хирургии.

ЛАЗЕРЫ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ И СТОМАТОЛОГИИ



Применение лазера в обследовании и хирургии глаза.



5. ОСНОВЫ ФОТОМЕДИЦИНЫ

Особый вид ФБ
процессов -

СЕНСИБИЛИЗИРОВАННЫЕ

Это ФБ ПРОЦЕССЫ,
протекающие С УЧАСТИЕМ
ВЕЩЕСТВ,
РЕЗКО ПОВЫШАЮЩИХ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ
СИСТЕМЫ К СВЕТУ.

САМИ ЭТИ ВЕЩЕСТВА –
ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ

Фотосенсибилизаторы
различаются

- по происхождению
и
- по механизму
действия.

ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ:
ЭКЗОГЕННЫЕ и
ЭНДОГЕННЫЕ.

- ЭКЗОГЕННЫЕ
ВВОДЯТСЯ В ОРГАНИЗМ
ИЗВНЕ.

Пример:
ПСОРАЛЕНЫ →
ФОТОТЕРАПИЯ КОЖНЫХ
БОЛЕЗНЕЙ .

Классификация по происхождению

- **ЭНДОГЕННЫЕ
ПРИСУТСТВУЮТ В
ОРГАНИЗМЕ
ПОСТОЯННО,
НО КАК ФОТОСЕНСИБИ-
ЛИЗАТОРЫ
ПРОЯВЛЯЮТ СЕБЯ
ЛИШЬ В СЛУЧАЕ
РЕЗКОГО
ВОЗРАСТАНИЯ
КОНЦЕНТРАЦИИ.**

**Это бывает
ПРИ НЕКОТОРЫХ
ПАТОЛОГИЯХ.**

**ЭНДОГЕННЫЕ
ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ
В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА –
главным образом,
*ПОРФИРИНЫ И ИХ
ПРОИЗВОДНЫЕ.***

Классификация по механизму действия

**ПО МЕХАНИЗМУ
ДЕЙСТВИЯ:
2 ТИПА (КЛАССА)
фотосенсибилизаторов.**

**I – САМИ ХИМИЧЕСКИ
ИЗМЕНЯЮТСЯ под
влиянием света.**

**КАК ПРАВИЛО, ИХ ДЕЙСТВИЕ
НЕ ЗАВИСИТ ОТ ПРИСУТ-
СТВИЯ КИСЛОРОДА.**

**К этому классу относятся
псоралены.**

**Совместное действие
псоралена и УФ зоны А –
ПУФА (PUVA) –
воздействие –
приводит к излечению
псориаза.**

Механизм

**Псорален по структуре
близок к азотистым
основаниям ДНК.**

ПУФА-воздействие

НА СВЕТУ ОБРАЗУЕТ
КОВАЛЕНТНЫЕ СВЯЗИ С 1-2
ОСТАТКАМИ ТИМИНА ⇒

- ОБРАЗОВАНИЕ
БЕССМЫСЛЕННОГО
СЛОВА
- КОВАЛЕНТНО
СОЕДИНЯЮТСЯ
2 ЦЕПОЧКИ В СПИРАЛИ ДНК
↓
СЧИТЫВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ
СТАНОВИТСЯ
НЕВОЗМОЖНЫМ.

Имеются механизмы
РЕПАРАЦИИ
(восстановления
повреждений).

НО КЛЕТКИ ТКАНЕЙ
ПСОРИАЗНЫХ БЛЯШЕК
ЖИВУТ В ОЧЕНЬ
БЫСТРОМ ТЕМПЕ ⇒
МЕХАНИЗМЫ РЕПАРАЦИИ
НЕ УСПЕВАЮТ
СРАБАТЫВАТЬ ⇒
БОЛЬНЫЕ КЛЕТКИ
ПОВРЕЖДАЮТСЯ,
РАЗРУШАЮТСЯ ⇒
Выздоровление.

Фотодинамический эффект

II - СОЕДИНЕНИЯ,
которые под
действием света
САМИ ХИМИЧЕСКИ НЕ
ИЗМЕНЯЮТСЯ,
А ЛИШЬ ПЕРЕХОДЯТ В
ВОЗБУЖДЕННОЕ,
ОБЫЧНО ТРИПЛЕТНОЕ,
СОСТОЯНИЕ,

ПОСЛЕ ЧЕГО ОТДАЮТ
ЭНЕРГИЮ
ВОЗБУЖДЕНИЯ
КИСЛОРОДУ.

Конечный результат
процесса связан
С **ИЗМЕНЕНИЕМ**
СОСТОЯНИЯ
КИСЛОРОДА
И ЕГО ПОСЛЕДУЮЩИМ
ОКИСЛИТЕЛЬНЫМ
ДЕЙСТВИЕМ.

В целом действие этих
фотосенсибилизаторов –

ФОТОДИНАМИЧЕСКИЙ
ЭФФЕКТ.

Фотодинамический эффект

ТРИ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ
КОМПОНЕНТА
фотодинамического
эффекта:

- СВЕТ
- ХРОМОФОР
(вещество-
фотосенсибилизатор,
поглощающее свет)
- КИСЛОРОД

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ОНКОЛОГИИ

В кровь больного
вводятся производные
гематопорфирина (ПГП) –
эндогенного порфирина,
получаемого из
донорской крови.

Они избирательно
поглощаются раковыми
клетками.

Фотодинамическая терапия

Эти клетки становятся чувствительными к низкоинтенсивному красному излучению лазера.

При облучении лазером в больных клетках накапливается

синглетно возбужденный кислород $O_2(S^*)$,
 $\approx$ в 100 раз более сильный окислитель, чем $O_2(T)$.

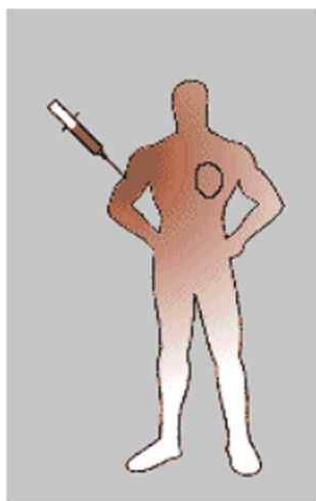
Он и вызывает избирательное повреждение опухолевых клеток

(резкое увеличение ионной проницаемости биомембран, инактивация белков-ферментов, ...).

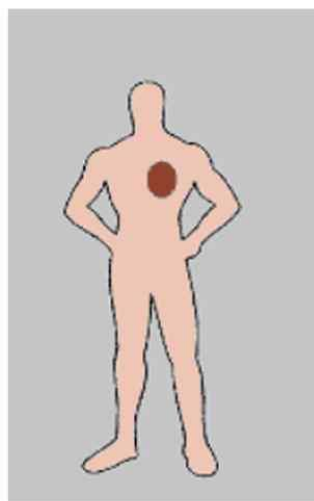
Эти клетки разрушаются, взамен образуется здоровая ткань

(фотодеструкция со знаком плюс).

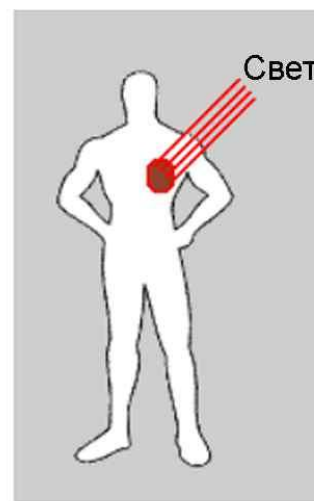
Этапы фотодинамической терапии



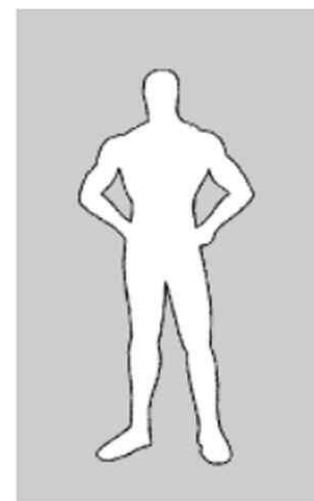
Введение
фотосенси-
билизатора



Накопление
фотосенси-
билизатора
в опухоли

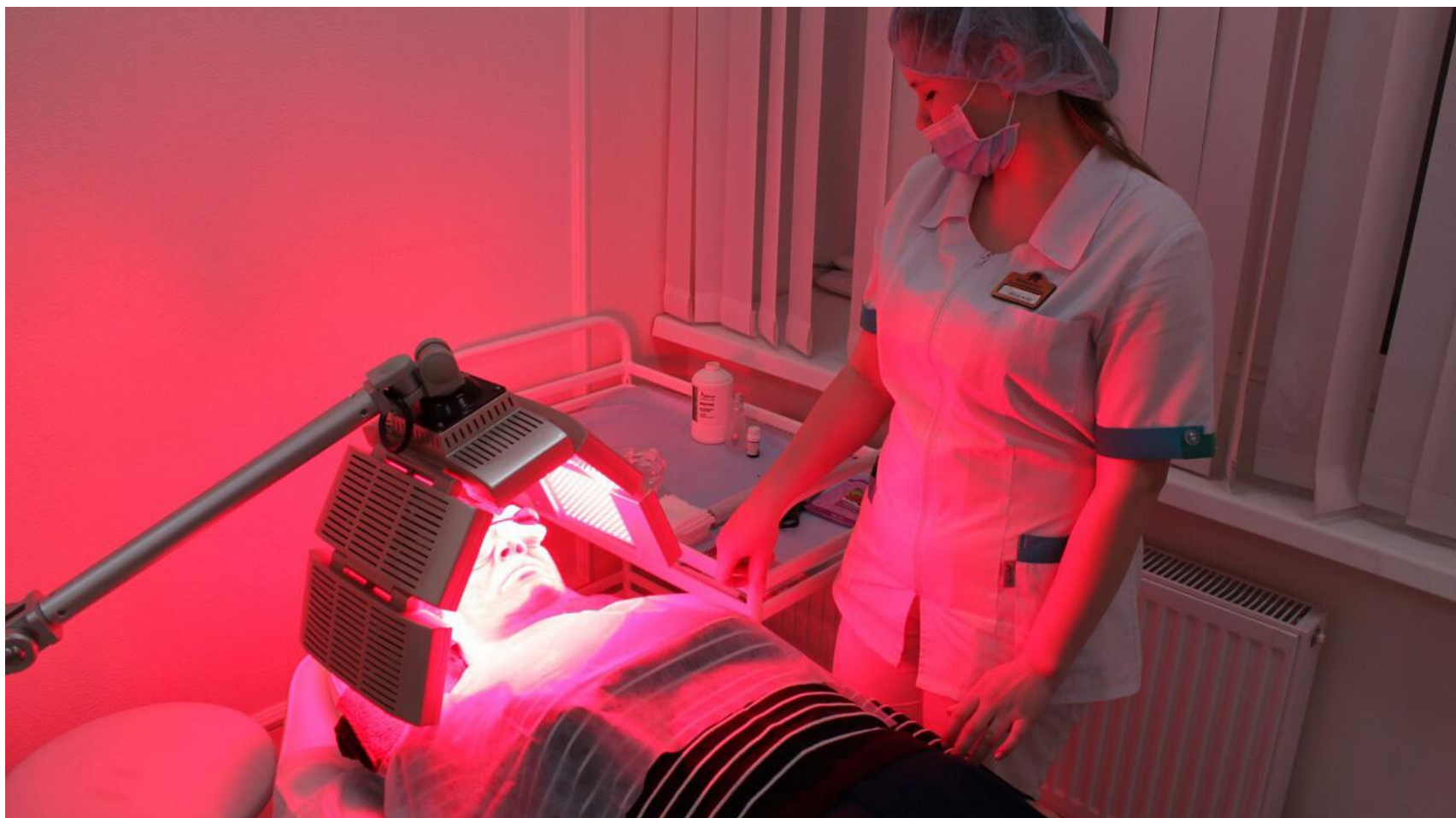


Облучение
видимым
светом



Селективное
разрушение
опухоли

Фотодинамическая терапия в действии



Ссылка для прохождения тестирования

После изучения лекции необходимо пройти тестирование в курсе Moodle системы дистанционного обучения.

Название раздела: лекция по теме «Лазеры в медицине. Основы фотомедицины»