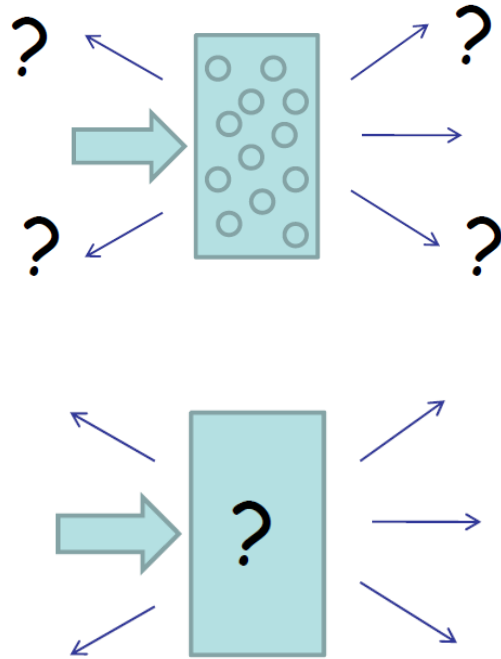




Лекция 2. Фундаментальные оптические свойства объектов

Губарев Ф.А.

Физические методы исследований



Физические методы исследований - это серия современных инструментальных техник, которые разрабатываются физиками и используются в химии, биологии и медицине. Следует различать прямую задачу и обратную задачу физического метода. Прямая задача: определить эффект от причины, когда свойства объекта хорошо известны. Мы изучаем переданное, отраженное или рассеянное излучение. Обратная задача: выявить причины эффекта, когда известен результат взаимодействия. Таким образом, нам нужно определить свойства объекта.

Физические методы исследования подразделяются на следующие:

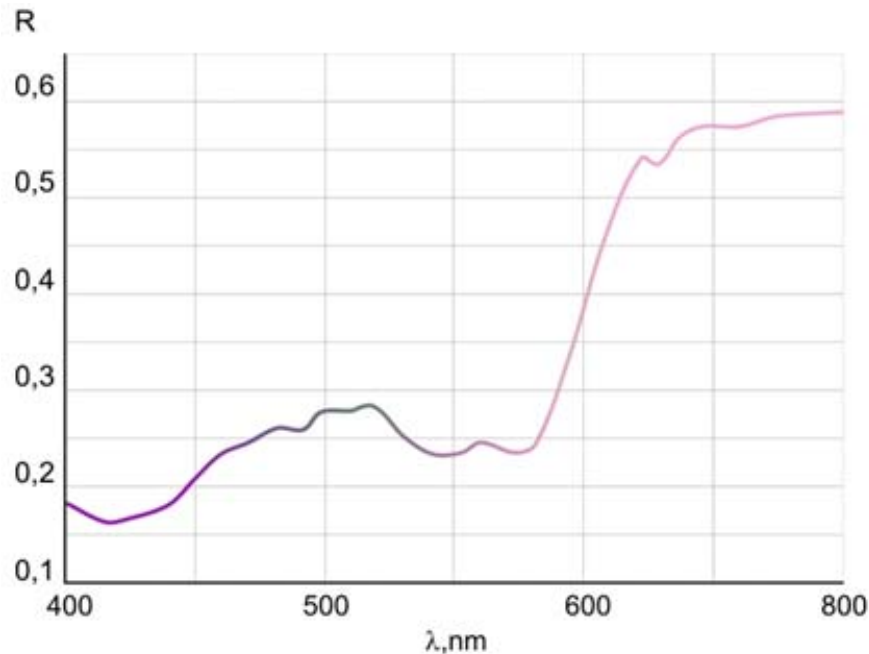
- Визуальный,
- Спектроскопические,
- Дифракция,
- Ионизация,
- Ядерный магнитный резонанс,
- Электронный парамагнитный резонанс.

Физические методы исследований

Визуальная диагностика – это один из методов, используемых для обнаружения нарушений видимых критериев. С древних времен в медицине обозначалась необходимость не только в подробном описании нормы и патологии, но и в соответствующих иллюстрациях. С развитием технологии, фотографии постепенно заменяют шаблоны. Неоспоримыми преимуществами фотографического метода являются точность передачи формы и цвета объекта, высокоскоростная визуализация, воспроизводимость и относительно низкая стоимость. Каждое изображение содержит информацию о физическом состоянии объекта, находящегося под наблюдением. С развитием методов обработки изображений в настоящее время значительно улучшены диагностические возможности визуальных методов, особенно фотографических. Визуальные методы идут бок о бок со спектроскопическими методами. Сегодня мы привыкли к «обычным» снимкам в белом свете, и многие даже не думают, что изображение является результатом сложного взаимодействия квантов света, наблюдаемого субъекта и записывающего устройства. Используя спектроскопические методы, мы используем зависимость интенсивности излучения (I), передаваемой или рассеиваемой веществом на длине волны или частоте падающего излучения. Это исследование функции $I(\lambda, \nu)$. Коэффициент отражения определяется как:

$$R = 1 - T = 1 - I/I_0 \quad \text{where } T \text{ is transmission coefficient. } 3$$

Физические методы исследований



В случае кожи человека, это объект, который является поглощающей средой с сильными свойствами рассеяния из-за физической неоднородности.

Формирование спектра отражения кожи определяется двумя основными факторами: поглощением и рассеянием структур кожи, расположенных на разных глубинах, главным образом пигментами эпидермальной, дермальной бескровенной ткани и кровеносных сосудов.

С увеличением длины волны света глубина проникновения в ткань увеличивается, что сопровождается преобладанием рассеяния и поглощения в коэффициенте отражения. Диффузное рассеяние длинноволнового излучения носит Релеевский характер, поскольку размер частиц в среде меньше длины волны. Следует отметить, что при длине волны $\lambda > 1100$ нм коэффициент отражения резко падает из-за поглощения излучения водой.



Физические методы исследований

Третьим важным фактором в формировании цвета кожи является флуоресценция. Это излучение имеет большую длину волны, чем поглощенная. Ткани человека содержат большое количество спектров поглощения и излучения естественных флуорофоров, которые перекрываются, так что полный спектр флуоресценции имеет сложную форму.

Таким образом, вы можете заметить одну из возможных цепочек квантового взаимодействия легких и фотоактивных компонентов кожи. Белый свет содержит все длины волн спектра видимых волн, включая коротковолновые (фиолетовые) и длинноволновые (красные). Квантовая фиолетовая часть спектра попадает в ткань и частично поглощается меланином. Квантовая красная часть не так эффективно поглощается меланином, но возбуждает флуоресценцию порфирина. Некоторые из оставшихся фиолетовых лучей возбуждают флуоресценцию структурных белков. Структурные белки флуоресцируют с пиком интенсивности в синей области, но 10-15% их флуоресценции приходится на красную часть спектра. Обнаруженные флуоресцентные структурные белки синих фотонов, снова частично поглощаемые меланином, красные - возбуждают флуоресценцию порфирина. Порфирины, в свою очередь, флуоресцируют в красной части спектра на границе видимого диапазона.



Физические методы исследований

Таким образом, когда ткани взаимодействуют с белым светом, излучение синего спектра более «расходуется», чем красного. Красный, хотя и поглощается порфирином, вызывает его флуоресценцию по-прежнему в той же красной области. Результатом является знакомая глазу розовая здоровая кожа. Однако большое количество перекрывающихся сигналов значительно усложняет извлечение необходимой информации о свойствах объекта исследования. Кроме того, при использовании «домашних» камер в каждом цветовом канале из-за его большой спектральной ширины можно ввести «хвосты» смежных диапазонов флуоресцентных веществ, а иногда и часть источника отраженного излучения.

Для увеличения информативности фотографического изображения допускается три приема: сужение спектральной ширины источника света, сужение спектральной ширины записывающего устройства или, что более эффективно, и то и другое, т.е. использование узкополосного осветителя и детектора. Если узкополосный источник света направлен на возбуждение флуоресценции, а спектральные характеристики не соответствуют (полностью или частично) диапазону чувствительности детектора, фотография называется флуоресцентной. Это наиболее информативный тип специальной фотографии, в котором записаны характерные спектры излучения наблюдаемого объекта.

Физические методы исследований

В дополнение к фотографиям в белом свете существует широкий спектр спектроскопических методов. Основные спектроскопические методы следующие:

- Колориметрия,
- Флуоресцентные методы,
- Пламенная спектроскопия,
- УФ-спектроскопия,
- ИК-спектроскопия,
- Рамановская спектроскопия,
- Колебательная спектроскопия.



Физические методы исследований

Колориметрия - это наука или акт измерения изменений в переменных состояниях тела с целью получения теплопередачи, связанной с изменением ее состояния, например, в результате химических реакций, физических изменений или фазовых переходов при определенных ограничениях. Колориметрия и абсорбционная фотометрия позволяют определять концентрационные характеристики, зная интенсивность света, поглощаемого на этой длине волны.

Флуоресцентные методы дают информацию об изменении в макромолекулах под влиянием окружающей среды или связывании с другими молекулами.

Пламенная спектроскопия позволяет определить концентрацию элемента по интенсивности индуцированной радиацией теплового возбуждения атома. Образец материала (аналита) либо вводится в пламя в виде газа, распыленного раствора, либо непосредственно вставляется в пламя с помощью небольшой петли из проволоки, обычно платины. Тепло от пламени испаряет растворитель и разрушает химические связи и создает свободные атомы. Тепловая энергия также возбуждает атомы в возбужденных электронных состояниях, которые впоследствии излучают свет при возвращении в основное электронное состояние. Каждый элемент излучает свет с характерной длиной волны, которая рассеивается решеткой или призмой и детектируется на спектрометре.

Физические методы исследований

Значение **УФ-спектроскопии** связано с тем, что большинство биохимических соединений не поглощают свет в видимой области, поглощается ультрафиолет.

ИК (инфракрасная) спектроскопия позволяет идентифицировать многие биохимические соединения и изучать их свойства. Полосы поглощения находятся в инфракрасном спектре.

Рамановская спектроскопия позволяет различать молекулы структуры. По интенсивности полос можно судить о концентрации веществ.

Колебательная спектроскопия использует молекулярные колебания для расчета молекулярных силовых полей, тогда мы должны определить различные типы сил взаимодействия атомов в молекуле.

Электронная спектроскопия используется для изучения кинетики реакций, количественного анализа, изучения структуры молекул, изучения таутомерии и других трансформаций.

Метод ядерного магнитного резонанса - это метод структурного анализа и на основе магнитных взаимодействий радиочастотных полей и ядер, имеющих ненулевой собственный магнитный момент.



Физические методы исследований

Суть явления электронного парамагнитного резонанса - резонансное поглощение непарных электронов электромагнитного излучения. ЭПР позволяет исследовать объекты, которые имеют такие электроны и свободные радикалы, содержащие ионы. Дифракционные методы измеряют интенсивность рассеянного света от угла рассеяния. Они подразделяются на рентгенографию (рентгеновскую), нейтронографию, дифракцию электронов.



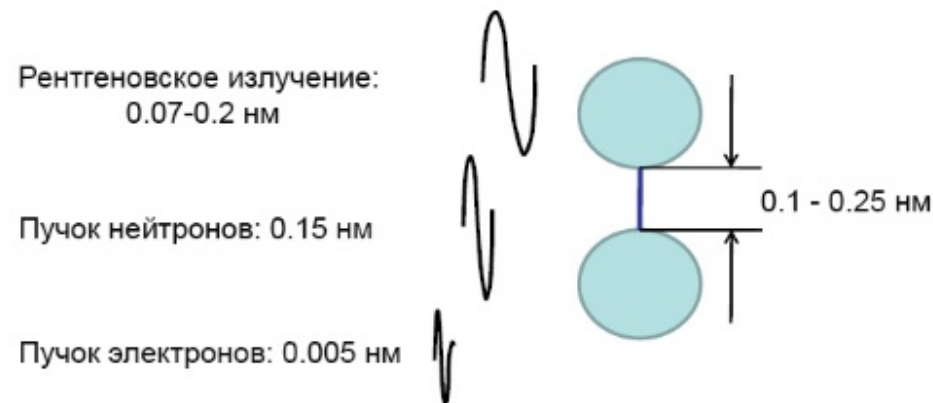
Рентгеновская диагностическая визуализация - один из важнейших инструментов современной медицины. Рентген-диагностическая визуализация основана на ткане-дифференциальном контрасте, возникающем при взаимодействии рентгеновских лучей и тканей. В дополнение к традиционному охвату контрастности ткани, основанной на рентгеновском излучении, они используют рентгенофазовый контраст ткани, который возникает из самой природы рентгеновского излучения в виде волны.



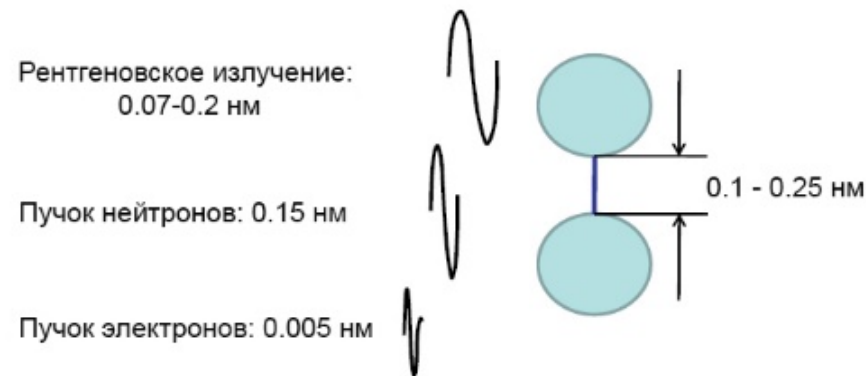
Физические методы исследований

Нейтронная дифракция или упругое рассеяние нейтронов - это применение рассеяния нейтронов к определению атомной и / или магнитной структуры материала. Образец, подлежащий исследованию, помещают в пучок тепловых или холодных нейтронов для получения дифракционной картины, которая обеспечивает информацию о структуре материала.

Техника похожа на рентгеновскую дифракцию, но из-за их различных рассеивающих свойств нейтроны и рентгеновские лучи обеспечивают дополнительную информацию: рентгеновские лучи подходят для поверхностного анализа, сильные рентгеновские лучи от синхротронного излучения подходят для небольших глубин или тонких образцов, а нейтроны с большой глубиной проникновения подходят для объемных образцов.



Физические методы исследований



Дифракция электронов - процесс рассеяния электронов на множестве частиц материи, в которых электроны проявляют волновые свойства. Это явление объясняется двойственностью волновых частиц в том смысле, что вещество частицы (в данном случае электрон взаимодействует с веществом) можно описать как волну.

При определенных условиях электронный пучок, проходящий через материал, можно зафиксировать дифракционную картину, соответствующую структуре материала. Поэтому процесс электронной дифракции широко используется в аналитических исследованиях различных материалов. Методы исследования структуры вещества, основанные на рассеянии ускоренных электронов на образце, иногда называют электроном. Дифракция электронов аналогична рентгеноструктурному анализу и нейтрону.

Физические методы исследований

Рентгеноструктурный анализ позволяет определять координаты атомов в решетке трехмерных кристаллических веществ. Одним из примеров является изучение пространственной структуры белков с использованием рентгеноструктурного анализа. Последовательность исследования: получение высокоочищенного белка; получение кристаллов белка, получение дифракционной картины (рентгеновское излучение); построение распределения электронной плотности в элементарной ячейке кристалла белка на основе рентгеновской карты; определение отдельных белковых атомов в молекулах в элементарной ячейке и размещение в пространстве молекул в клетке.

Идея методов ионизации следующая. При взаимодействии объекта с любым падающим излучением или потоком частиц, молекулы ионизируются, образуя новый поток частиц, который анализируется. Существует три основных типа ионизирующих методов:

- масс-спектрометрия,
- рентгеновской электронной спектроскопия,
- ультрафиолетовая электронная спектроскопия.



Физические методы исследований

Чтобы изучать живую ткань пациента в процессе реабилитации в посттравматический период и следующий период лечения, используются следующие методы:

- МРТ (магнитно-резонансная томография);
- мониторинг биопотенциалов;
- Рентгеновский;
- ультразвуковые исследования;
- оптическая томография;
- другие, такие как визуальный осмотр, осмотр, сенсорные и инструментальные методы и т. Д.



Физические методы исследований

Физические методы имеют значительные различия в плане сложности, надежности и затрат. Существует сравнительная таблица их преимуществ и недостатков в соответствии с критериями:

- особые требования к исследовательским условиям (лабораторные, специальные материалы, такие как проводящие гели, одноразовые электроды и т. д.);
- наличие и стоимость оборудования (например, томографический сканер стоит несколько сотен тысяч долларов);
- требования к квалификации персонала (т.е. специалист по МРТ должен иметь высокое качество обучения;
- у хирурга-травматолога должен быть большой опыт работы с пациентами);
- скорость медицинского обследования (визуальный осмотр является самым быстрым методом, но он дает только косвенные доказательства, в то время как подробный МРТ и рентгеновский снимок занимают много времени, как для сбора данных, так и для их интерпретации);
- возможность использования в условиях мобильных центров здоровья (МРТ и рентгеновское оборудование обычно стационарно).



Физические методы исследований

№	Название	Достоинства	Недостатки
1.	Магнито-резонансная томография	<ul style="list-style-type: none">- высокая информативность данных,- комплексное обследование тканей,- простота процедуры.	<ul style="list-style-type: none">- высокая стоимость оборудования,- потребность в особых условиях,- требование высокой профессиональной квалификации,- влияние излучения на пациента
2.	Контроль биопотенциалов	<ul style="list-style-type: none">- достаточно высокая информативность данных,- относительная простота процедуры,- относительная доступность оборудования;- возможность проведения тестов в режиме реального времени;	<ul style="list-style-type: none">- потребность в специальном оборудовании для экспертизы,- потребность в расходных материалах,- относительно высокие требования к специалистам.
3.	Рентгеновское исследование	<ul style="list-style-type: none">- разовое всестороннее исследование областей в целом,- высокоскоростные измерения,- относительно высокая надежность	<ul style="list-style-type: none">- особые требования к помещениям,- воздействие излучения на пациента,- стационарное оборудование



Физические методы исследований

№	Название	Достоинства	Недостатки
4.	Ультразвуковые исследования	<ul style="list-style-type: none">- доступность оборудования,- относительная безопасность оборудования,- относительная мобильность оборудования,- относительная безопасность оборудования	<ul style="list-style-type: none">- относительно малая информативность данных (из-за специфики метода измерения),- потребности в расходных материалах,- более узкий сектор приложений
5.	Оптическая томография	<ul style="list-style-type: none">- относительная безопасность оборудования,- относительная мобильность оборудования- высокая скорость измерений	<ul style="list-style-type: none">- относительно малая информативность данных,- на сегодня нет готового устройства
6.	Сенсорные и инструментальные методы (визуальный осмотр, осмотр, пальпация и т.д.)	<ul style="list-style-type: none">- простота- доступность- высокая скорость измерений,- минимальные затраты	<ul style="list-style-type: none">- субъективность данных,- реальная корреляция квалификации и профессионального опыта- ограниченная применимость,- очень ограниченные данные



Физические методы исследований

Анализ современных подходов к исследованиям в специализированной реабилитационной и спортивной медицине, как области с повышенной частотой травм конечностей (переломы, трещины, поломка мягких, хондральных, мышечных тканей и т.д.), показывает, что их лечение требуют высокоэффективных подходов.

Необходимость быстрого возвращения потерпевшего или спортсмена к работе, как правило, это может быть препятствием для долгосрочной госпитализации с высоким риском неправильного заживления пораженной ткани. Качество терапевтического и реабилитационного лечения во многом зависит от стратегии и тактики различных методов лечения на соответствующих этапах реабилитации.



Спасибо за внимание!

