

Физические основы интроскопии

Мамаева С.Н., доцент КОиЭФ

Интрoскопия (лат. *intro* — внутри, др.-греч. σκοπέω — смотрю; дословный перевод **внутривидение**)

Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины БЗ.В.ДВ.6.1. «Физические основы интроскопии» является: приобретение теоретических знаний об основах интроскопии биообъектов как техники использования проникающих излучений для исследования внутренней структуры организма

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1. **Знать:** основные законы теории реконструкций в интроскопии, пути решения задач в медицинской интроскопии, получение основных представлений теории интегральной геометрии. Основные физические законы, лежащие в основе интроскопии и схемы реализации регистрации структуры объектов.

2. **Уметь:** использовать преобразование Радона для трансмиссионной рентгеновской томографии, использовать интегральные преобразования такие как Фурье-, Лапласа-преобразования и др. для создания алгоритмов и схем реконструкции физических (и медицинских) параметров исследуемого объекта.

3. **Владеть:** методиками использования полученных теоретических знаний по интроскопии для решения конкретных (курсовых и дипломных работ) задач с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

Обзор прогрессивных методов интроскопии; основы ультразвуковой интроскопии; уравнение Навье и его декомпозиция; распространение ультразвуковых волн в упругих телах; граничные условия; принципы геометрической акустики; объемные волны; отражение и преломление объемных волн; приложения к количественной ультразвуковой интроскопии; физические основы радиоволновой интроскопии; электромагнитные волны в направляющих системах с распределенными параметрами; взаимодействия электромагнитного поля с тестируемым объектом; электромагнитные средства измерения объема, массы, однородности среды и иных характеристик; обработка сигналов и изображений; физические основы методов токовихревой интроскопии; базовые уравнения электромагнитного поля в проводящей и слабопроводящей средах; теоретические основы моделирования токовихревых датчиков; обработка сигналов; модели взаимодействия электрического поля с композитными диэлектрическими средами; диэлектрическая спектрометрия; перспективы развития методик неинвазивного оценивания; тенденции фундаментальных исследований в области неразрушающего контроля, в том числе медицинского приборостроения, материаловедения и предотвращения загрязнения окружающей среды. Лабораторный практикум.

Основная литература

1. С.Е. Улин, В.Н. Михайлов, В.Г. Никитаев, А.Н.Алексеев, В.Г. Кириллов-Угрюмов, Ф.М. Сергеев «Физические методы медицинской интроскопии». М.: МИФИ, 2009, С-308. Рекомендовано УМО «Ядерная физика и технологии».
2. Б.А. Костылев, Б.Я. Наркевич «Медицинская физика». Учебное пособие. М.: «Медицина», 2008 г. С — 459.

Дополнительная литература

1. К. Уэстбрук, К. Кауж Рот, Д. Тэлбот «Магнитно-резонансная томография». Практическое руководство. М.: Изд-во Бином. Лаборатория знаний. 2012 г. С — 448.
2. Наркевич Б.Я., Костылев В.А. Физические основы ядерной медицины. Учебное пособие. АМФ-Пресс, Москва 2001г. С —60.

В.А. Костылев
Б.Я. Наркевич

МЕДИЦИНСКАЯ
ФИЗИКА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

С.Е. УЛИН, В.Н. МИХАЙЛОВ, В.Г. НИКИТАЕВ,
А.Н. АЛЕКСЕЕВ, В.Г. КИРИЛЛОВ-УТРОМОВ, Ф.М. СЕРГЕЕВ

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
МЕДИЦИНСКОЙ ИНТРОСКОПИИ

Рекомендовано УМО «Либерецкая физика и физиология»
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений

Москва 2009

Московский Государственный Университет
им. М.В. Ломоносова,
физический факультет

Ассоциация Медицинских Физиков России

БИБЛИОТЕЧКА МЕДИЦИНСКОГО ФИЗИКА

Наркевич Б.Я., Костылев В.А.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

Учебное пособие

АМФ-Пресс
Москва 2001

Основные методы

Выделяют три основных вида интроскопических методов:

- 1) **проекционные** — получение теневого изображения объекта;
- 2) **томографические** — получение томографического изображения объекта;
- 3) **эхозондирование**, в том числе доплеровское.

Проекционные методы

В проекционных методах проводят зондирование (облучение) объекта с некоторого ракурса и получают его теневое изображение (проекцию). Чаще всего в качестве зондирующего используют рентгеновское излучение (рентгенография).

Проекционные методы работают по принципу «один ракурс — один снимок». При этом никакие математические преобразования для получения изображения не проводятся, имеют место только методы пост-обработки (регулировка яркости-контраста, и т. д.).

Томографические методы

При увеличении количества ракурсов и, соответственно, количества снимков (многоракурсная съёмка), можно применить томографические алгоритмы реконструкции и получить уже не теневые, а томографические изображения.

Для томографических методов иерархию можно представить как:

двумерная томография: много ракурсов в одной плоскости — набор одномерных проекций плюс математическая обработка — двумерная томограмма;

трёхмерная послойная томография: множество ракурсов во множестве параллельных плоскостей — набор одномерных проекций плюс математическая обработка — набор двумерных томограмм — трёхмерная томограмма;

трёхмерная произвольная томография: множество ракурсов во множестве произвольных (в том числе, пересекающихся) плоскостей — набор одномерных проекций плюс математическая обработка — трёхмерная томограмма (решение обратной томографической задачи с применением преобразований Радона (рентгеновская компьютерная томография, магнитно-резонансная томография) или экспоненциального преобразования Радона (радионуклидная томография)).

Эхозондирование

В ряде случаев, некоторые методы эхозондирования (например, обычное ультразвуковое исследование), ошибочно относят к томографии, что терминологически не верно. Несмотря на то, что в ультразвуковом исследовании также получают изображение некоторого сечения (томоса) — метод его получения не является томографическим: отсутствует многоракурсная съёмка в пересекающихся направлениях и, самое главное, отсутствует решение обратной томографической задачи. Для получения ультразвукового снимка нет никакой необходимости в особой математической предобработке. Ультразвуковой преобразователь (на самом деле это набор небольших отдельных ультразвуковых преобразователей) посылает ультразвуковую волну (ультразвуковой веерный пучок), которая частично отражается от границ неоднородностей и возвращается к ультразвуковому преобразователю, где и регистрируется. Принцип же получения снимка в упрощённой форме можно представить следующим образом: по одной оси откладываются номера отдельных преобразователей (направление), вторая ось — временная задержка отклика (расстояние), яркость — интенсивность отклика.

Физические основы интроскопии

Введение

1. Электромагнитное излучение
2. Радиоволны
3. Оптический диапазон
электромагнитного излучения
- 3.1. Инфракрасное излучение
- 3.2. Ультрафиолетовое излучение
- 3.3. Видимое излучение
4. Лазерное излучение
5. Рентгеновское излучение
6. Гамма-излучение
7. Элементарные частицы
8. Ультразвуковое излучение

К каждому излучению будут даваться общее определение; общие характеристики; область применения в медицине; устройства и оборудования, в которых применяется излучение.

Введение

Интроскопия — это визуальное наблюдение объектов, явлений и процессов в оптически непрозрачных телах и средах, а также в условиях неполной видимости. Визуальное наблюдение достигается путем преобразования невидимых излучений объекта в видимое изображение. В настоящее время для визуализации изображений используются почти все известные электромагнитные волны, начиная от радиоволн до гамма-излучения.

С помощью электромагнитного излучения можно получить изображение как внешних, так и внутренних структур исследуемого объекта. Например, рентгеновское излучение применяется для получения визуального изображения костных и других биологических тканей; импульсное радиоизлучение в ядерно-магнитной резонансной (ЯМР) томографии используется для получения изображения костного или головного мозга; оптическое излучение, используемое в оптических, электронных, сканирующих зондовых микроскопах позволяет получать изображение объектов с учетом всей цветовой гаммы, раскрывая информацию о форме биологических тканей, их температуре, составе крови, локализации воспаленных участков, исследовать отдельные молекулы, механизмы биохимических процессов на уровне генов, белковых молекул и т.д.

В настоящее время в медицинской интроскопии также активно используется ультразвуковое излучение (УЗИ). УЗИ позволяет получить изображение внутренних органов. Диагностические приборы на основе УЗИ в основном используются в акушерстве, кардиологии, урологии.

Радиоактивное излучение изотопов, распределенных и накопленных определенным образом во внутренних органах с патологией, позволяет получать изображение органов путем регистрации этого излучения.

В современной медицинской интроскопии также используются пучки нейтральных и заряженных частиц (нейтроны, протоны, электроны, ионы). Пучки частиц применяются для диагностики и профилактики различных заболеваний.

Развитие современных компьютерных технологий расширили возможности медицинской интроскопии. Использование компьютерных технологий позволяет получать трехмерные статические и динамические изображения исследуемых объектов, обрабатывать с большой скоростью полученные данные, используя постоянно развивающиеся математические методы.

Развитие медицинской интроскопии достигается благодаря объединению усилий, прилагаемых в различных областях науки: медицины, физики, математики, химии, электроники, компьютерных технологий и др.

В связи с интенсивным развитием медицинской интроскопии, увеличения объема медицинской технологии, развития научных исследований в медицинской физике возрастает проблема подготовки профессиональных кадров для создания, обслуживания и эксплуатации современного медицинского диагностического оборудования.

Основы волновой и квантовой теории электромагнитного излучения

Методы медицинской интроскопии основываются на современных представлениях о физической природе электромагнитного и других видов излучений. Волновая и квантовая теории с большой точностью применяются для описания процессов распространения различных видов излучений и их взаимодействия со средой. Физические и математические модели, лежащие в основе этих теорий, используются для понимания физических процессов и явлений, которые используются в современной интроскопии.

Волновая теория электромагнитного излучения

Теория электромагнитных волн рассматриваемых как переменное электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве с конечной скоростью (равной скорости света в вакууме), основывается на теории Максвелла, сформулированной им в 1865 г. Генерируемые и регистрируемые различными способами электромагнитные волны обладают широким диапазоном частот (или длин волн), а также свойствами. Электромагнитные волны делятся на несколько видов по условным границам: радиоволны, световые волны, рентгеновское и гамма-излучения.

Таблица 1. Основные виды электромагнитных волн

Вид излучения	Длина волны, м	Частота волны, Гц	Источник излучения
Радиоволны	$10^3 - 10^{-4}$	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^{12}$	Колебательный контур Вибратор Герца Массовый излучатель Ламповый генератор
Световые волны:			
Инфракрасное излучение	$5 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{11} - 3,75 \cdot 10^{14}$	Лампы Лазеры
Видимый свет	$8 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7}$	$3,75 \cdot 10^{14} - 7,5 \cdot 10^{14}$	
Ультрафиолетовое излучение	$4 \cdot 10^{-7} - 10^{-9}$	$7,5 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{17}$	
Рентгеновское излучение	$2 \cdot 10^{-9} - 6 \cdot 10^{-12}$	$1,5 \cdot 10^{17} - 5 \cdot 10^{19}$	Трубки Рентгена
Гамма-излучение	$< 6 \cdot 10^{-12}$	$> 5 \cdot 10^{19}$	Радиоактивный распад Ядерные процессы Космические процессы

Для однородной изотропной среды вдали от зарядов и токов, создающих электромагнитное поле, из уравнений Максвелла следует, что векторы напряженностей переменного электромагнитного поля удовлетворяют волновому уравнению типа:

$$\Delta \vec{E} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad \Delta \vec{H} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$$

где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ — оператор Лапласа

v — фазовая скорость

Функция, удовлетворяющая волновым уравнениям, описывает волну. Таким образом, электромагнитные поля могут существовать в виде электромагнитных волн.

Фазовая скорость электромагнитных волн определяется выражением:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

По теории Максвелла электромагнитные волны являются поперечными, т.е. векторы напряженностей электрического и магнитного полей волны взаимно перпендикулярны и лежат в плоскости, перпендикулярной вектору распространения волны:

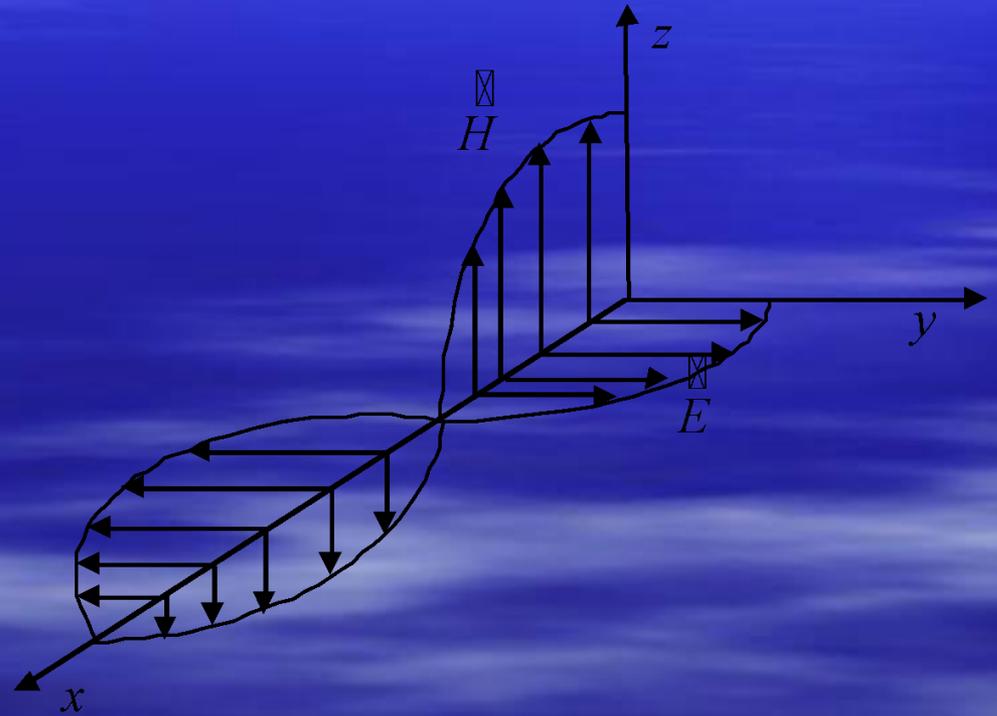
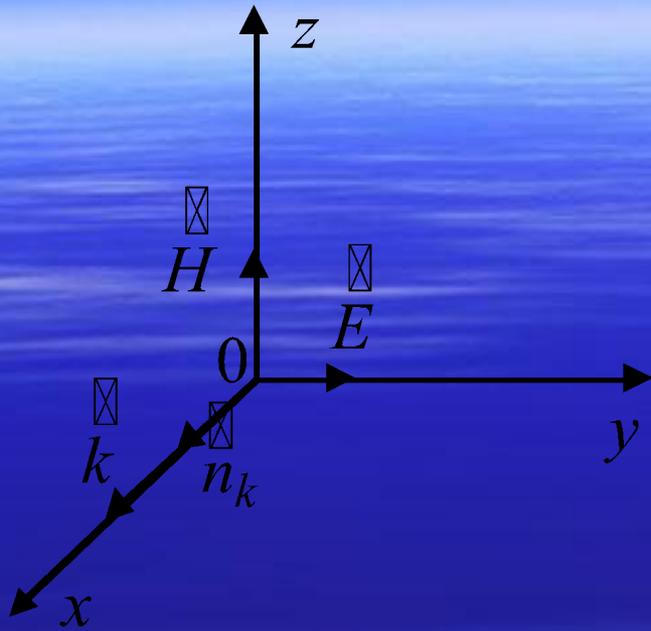


Рис. Векторы напряженностей электрического и магнитного полей образуют правовинтовую систему

Для описания процессов взаимодействия электромагнитных волн со средой используются следующие основные физические величины и закономерности:

1) Показатель преломления среды: $n = \frac{c}{v}$

2) Длина волны в среде: $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$

3) Коэффициенты отражения и пропускания среды:

$$\rho = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad \tau = \frac{4n_1n_2}{(n_1 + n_2)^2}$$

4) Поглощение (абсорбция) электромагнитных волн описывается законом Бугера:

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

Спасибо за внимание!