

Физические основы интроскопии

Мамаева С.Н., доцент КОиЭФ

Интроскопия (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 «Либерец 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:

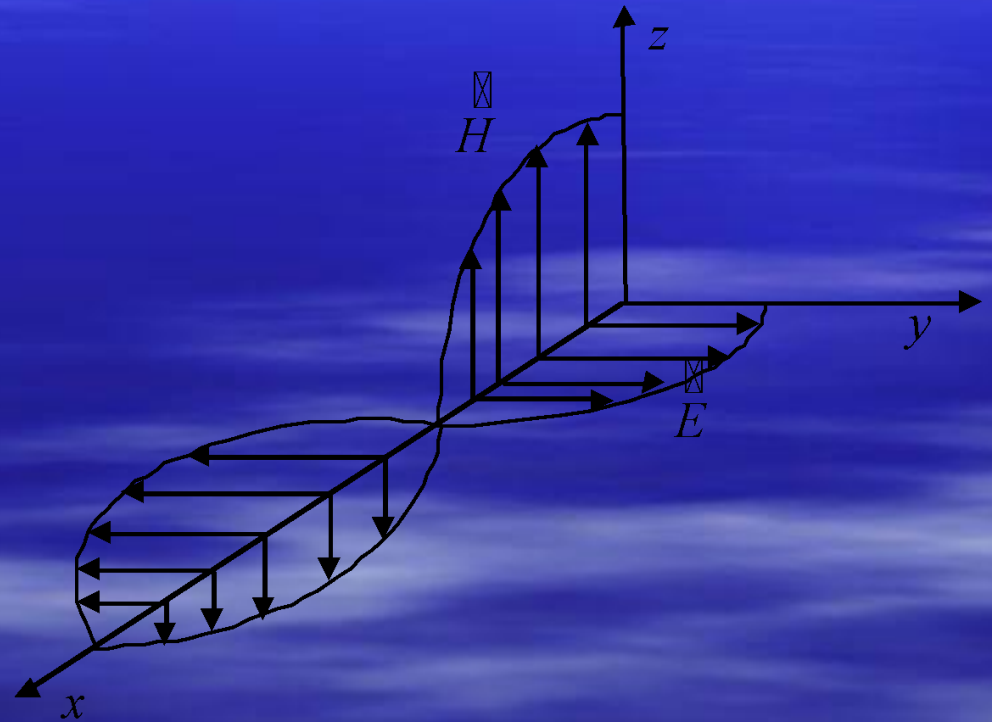
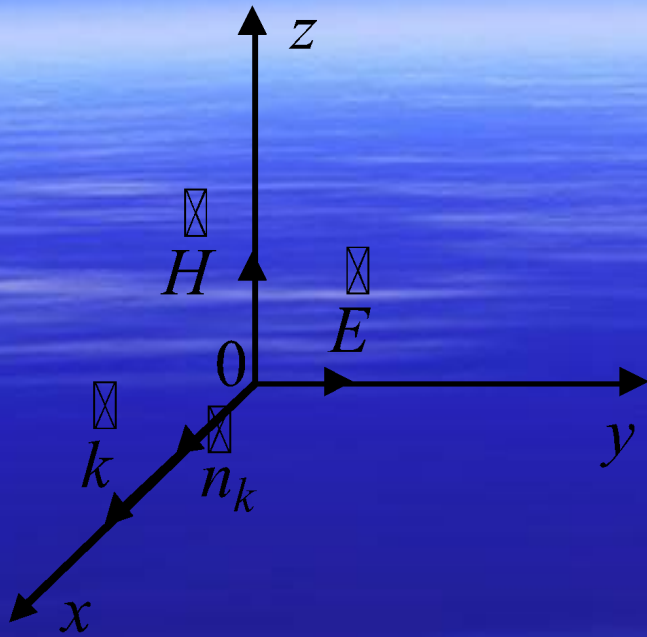


Рис. Векторы напряженностей электрического и магнитного полей образуют правовинтовую систему

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!