

«Затверджено»
на засіданні кафедри
медичної інформатики,
медичної і біологічної фізики
«27» серпня 2020 р.
протокол №1 від «27» серпня 2020 р.
Зав. кафедри _____ доцент Сілкова О.В.



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНОГО (СЕМІНАРСЬКОГО)
ЗАНЯТТЯ

Навчальна дисципліна	Медична і біологічна фізика
Модуль №2	Основи медичної фізики
Змістовний модуль	Електродинаміка, її медичне застосування. Основи медичної апаратури.
Тема заняття	Коливання і хвилі. Звук, інфразвук та ультразвук. Акустичні методи в медицині.
Курс	I,II
Факультет	Медичний № 1,2

1. Актуальність теми.

В житті коливальні процеси зустрічаються досить часто (зміна доби, пори року, артеріального тиску і т.д.). Така періодичність властива і процесам, які відбуваються в біологічних системах (біоритми), і вони викликають великий інтерес лікарів.

Для медиків і біологів особливу зацікавленість мають питання акустики - звук, інфразвук та ультразвук, їхні фізичні властивості, механізм дії дали велику можливість використовувати в медицині.

2. Конкретні цілі:

- Трактувати, класифікувати поняття: коливань, види коливань, основні фізичні характеристики коливань, види механічних хвиль
- Аналізувати основні характеристики звуку, інфра- та ультразвуку.
- Пояснювати механізм дії інфразвуку та ультразвуку на організм людини, їх використання в медичній практиці.
- Трактувати властивості звукових коливань

3. Базові знання, вміння, навички, необхідні для вивчення теми:

Дисципліни	Знати	Вміти
1. Попередні (забезпечуючі дисципліни): Фізика	поняття коливального руху, механічних хвиль. Означення параметрів механічних коливань та хвиль	
2. Наступні дисципліни ті, що забезпечуються: фізіологія оториноларингологія	Використання звукових методів в медицині	

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до заняття.

4.1. Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці до заняття:

Термін	Визначення
1. Звукові коливання.	механічні коливання з частотою від 16 Гц до 20000 Гц, які поширюються в пружному середовищі
2. Інфразвук, його вплив на організм людини.	частотою нижче 16 Гц. Частота власних коливань частин тіла 3-12 Гц. При дії інфразвуку може виникнути резонанс і викликати неприємні відчуття, привести до розриву органів. Інфразвук викликає біль, примушує коливатися внутрішні органи
3. Ультразвук, його вплив на організм людини та використання в медицині.	механічні коливання середовища з частотою від 20 кГц до 20 МГц. Механізм дії ультразвуку на біологічні об'єкти полягає в <i>тепловій, механічній і хімічній дії.</i>
4. Фізичні та фізіологічні характеристики звуку	Див. матеріали лекції

4.2. Теоретичні питання до заняття:

- Коливальний рух та його види.
- Основні фізичні характеристики коливального руху.
- Механічні хвилі, види механічних хвиль.
- Інфразвук, його вплив на організм людини.
- Ультразвук, його вплив на організм людини та використання в медицині.
- Звук, види звуків.
- Фізичні характеристики звукових коливань.
- Фізіологічні характеристики звукових коливань.
- Звуковий чи акустичний тиск.

4.3. Перелік навчальних практичних завдань, які необхідно виконати на практичному занятті:

- 1) Визначення меж частот, що сприймаються вухом людини з допомогою звукового генератора.
- 2) знайти резонансну частоту вуха (індивідуально)
- 3) визначити верхню межу частоти, що сприймає вухо (індивідуально)

Зміст теми

Звуком називають механічні коливання з частотою від 16Гц до 20000 Гц, які поширюються в пружному середовищі. Джерелом звуку завжди є тіло, яке коливається. Тіло приводить в рух навколишнє повітря, в якому поширюється хвиля.

Для того щоб у людини виникло відчуття звуку необхідно:

- наявність джерела звуку;
- наявність пружного середовища між джерелом звуку та вухом;
- частота коливань джерела звуку повинна бути в межах 16-20000Гц;
- потужність звукових хвиль повинна бути такою, щоб визвати відчуття звуку.

Звукова хвиля має *фізичні параметри* (швидкість, амплітуда, період, частота, інтенсивність, звуковий тиск, довжина хвилі) і *фізіологічні параметри* (гучність, висота, тембр).

Звукові хвилі добре поширюються в пружних середовищах, відбиваються, спостерігається явище інтерференції, в наслідок якого збільшується або зменшується гучність звуку.

В медичній практиці широко використовуються наступні звукові методи дослідження:

Аускультация - вислуховання звуків фонендоскопом, які виникають всередині організму при диханні, роботі серця і т. д. *Фонокардіографія* - запис звуків, що супроводжують роботу серця. При цьому використовується мікрофон, підсилювач і реєструючий пристрій. Такий запис називається *фонокардіографією* (ФКГ) і записується одночасно з *електрокардіографією* (ЕКГ).

Перкусія - здійснюється методом постукування по поверхні тіла і аналізом звуків які виникають при цьому. Постукування проводиться спеціальним молоточком з гумовою головкою і спеціальною пластинкою з

пружного металу, яка називається плесиметром. Також користуються зігнутим пальцем однієї руки і стукають по фалангам пальців другої руки.

Метод визначення гостроти слуху називається *аудиометрією*. Взагалі визначають точки кривої межі чутливості при різних частотах. Втрата слуху визначається по різниці між одержаними даними і нормою, а графік називається аудіограмою.

Інфразвук - це звуки в частотою нижче 16 Гц. Ця область звукових хвиль не сприймається людським вухом.

Звукові хвилі цього діапазону добре поширюються в просторі на великі віддалі, мають велику проникаючу властивість, майже не послаблюються, мало поглинаються і розсіюються.

Інфразвукові хвилі виникають за різних умов: обдування вітром будинків, телеграфних стовпів, металевих споруд, рух людини і тварин, при роботі рівних двигунів. Зареєструвати їх можна лише спеціальними приладами. Ми живемо в світі інфразвуків і не підозрюємо про це. Справа в тому, що внутрішні органи людини мають свою власну частоту коливань в межах 3-12 Гц. Частота власних коливань тіла людини в лежачому положенні 3-4 Гц, стоячи 6-12 Гц, грудної клітини 5-8 Гц, черевної порожнини 3-4 Гц. При дії інфразвуку даної частоти може виникнути резонанс і викликати неприємні відчуття, привести до розриву органів.

Інфразвук невеликої потужності діє на барабанну перетинку вуха людини, викликає біль, примушує коливатися внутрішні органи людини, вдається, що у неї в організмі все вібрає. Основною причиною швидкої стомлюваності є робота людей в цехах, де працюють двигуни, шахтарів.

Інфразвуковий генератор потужністю 2 кВт може зруйнувати будинок. Руйнівна сила інфразвуку проявляється тоді, коли частота інфразвукових коливань співпадає з частотою власних коливань предметів, тіл.

Наукові дослідження показали, що інфразвук присутній практично скрізь, але в різни дозах. Найбільше ми відчуваємо його в тунелях, де рухаються поїзди і автомобілі, а також під мостами, естакадами. Вимірювання інфразвуку показали, що він підсилюється в малих приміщеннях, а на вулиці відчуваємо його менше, бо він губиться серед шуму вулиці.

Встановлено, що інфразвуки частотою 2-15 Гц, інтенсивністю 105 дБ сповільнюють зорову реакцію, люди стають неухважні, порушуються функції органів рівноваги людини, спостерігається дія інфразвуків на слуховий, вестибулярний аналізатори, центральну нервову систему, серцево-судинну систему.

Тривала дія інфразвуків викликає великі зміни клітин міокарду і його судин. Великі зміни спостерігаються в судинах кори головного мозку, капілярні судини розширюються, виникають набряки, порушується гемодинаміка. При дії інфразвуку частотою 16 Гц і інтенсивністю 110-120 дБ на гепатоцити відбуваються зміни як ядер (спостерігається їх деформація) так і в цитоплазмі (набухають мітохондрії). Цікаві зміни спостерігаються в обміні мікроелементів. Було встановлено, що при дії інфразвуку порушуються функції зовнішнього дихання, функціональний стан нервової системи, що призводить до порушення біоенергетичних процесів, зміни функціональної активності ферментативних систем, зміни

мікроелементів в організмі. Біологічна дія інфразвуку пояснюється дією його на паренхіму внутрішніх органів внаслідок трансформації механічної енергії інфразвуку в теплову, в енергію біохімічних і біомембранних процесів, через металокомпоненти, що входять до складу ферментів.

В медичній практиці використовують інфразвукові генератори для вібрації, вібромасажу. Малий ступінь затухання, співпадання частоти коливань в власними коливаннями біоритмів організму, можливість генерування на різних рівнях постійного тиску, інтенсивності інфразвуку дали медичним працівникам можливість використовувати його з іншими фізіотерапевтичними засобами та процедурами (тепловими, механічними, ультразвуковими). При захворюванні зорового нерву, судинної оболонки ока широко використовується *інфразвуковий іонофорез* - введення лікарських речовин при використанні інфразвуку.

Ультразвук — це пружні механічні коливання середовища з частотою від 20 кГц до 20 МГц.

В залежності від довжини хвилі і частоти ультразвукові хвилі розділяють на три області:

- низки ультразвукові частоти - $1,5 \times 10^4$ - 10^5 Гц,
- середні - 10^5 - 10^7 Гц,
- високі - 10^7 - 10^9 Гц.

Ультразвук відрізняється від звичайних звуків тим, що має велику частоту і малу довжину хвилі, тому добре фокусується, має малий кут розходження, поширюється прямолінійно. Це дає можливість сконцентрувати енергію в потрібному напрямі і невеликому об'ємі.

Механізм дії ультразвуку на біологічні об'єкти полягає в *тепловій, механічній і хімічній дії*.

Механічна дія пояснюється тим, що при проходженні ультразвуку через середовище в будь-якій точці можуть виникнути стискування і розрідження, рідина може розірватися і створити мікропорожнину, заповнену парами рідини. Це явище називають *кавітацією*. Якщо в кавітаційну бульбашку попадає бактерія, то вона може загинути, але руйнування частинок відбувається тоді, коли розміри більше довжини півхвилі. Кавітаційні порожнини існують не довго. Зміна тиску відбувається в високою частотою, молекули середовища рухаються з великою швидкістю, спостерігається тертя і іонізація молекул. Це сприяє утворенню великої кількості іонів і радикалів: H , H^+ , OH , OH^- . Іони і радикали вступають у взаємодію з речовиною біологічного об'єкту - білками і нуклеїновими кислотами, що приводить до змін молекул біологічно важливих речовин в клітинах.

Таким чином, клінічна дія ультразвуку полягає в тому, що внаслідок кавітації уповільнюються реакційно здібні речовини, що взаємодіють потім з білками і нуклеїновими кислотами клітин.

Хімічна дія спостерігається через певний проміжок часу після опромінювання. Цей час потрібний щоб в клітині утворились іони і радикали, які потім взаємодіють в речовинами клітини.

Тепловий ефект ультразвуку залежить від інтенсивності і пояснюється періодичними коливаннями, що приводить до підвищення температури.

Ультразвук широко використовується в терапії і діагностиці.

Опромінення ультразвуком малої інтенсивності (1 Вт/см^2), дає позитивний ефект, цитоплазма клітин здійснює бурний круговий рух і внаслідок чого прискорюються фізіологічні процеси. Якщо інтенсивність ультразвуку буде більша, рух цитоплазми прискорюється, з'являються кавітаційні бульбашки. Явище кавітації приводить до зміни структури клітин, що може привести до гомогенізації тканин взагалі.

Рушійна сила ультразвуку використовується для стерилізації різних предметів і речовин (бактерицидна дія), для руйнування злоякісних пухлин, в нейрохірургії (ультразвуковий скальпель), в стоматології (ультразвукова бормашина), в травматології (ультразвукове вварювання кісток), в офтальмології (ультразвукові окуляри). Механічна дія ультразвуку лежить в основі гомогенізації тканин з метою вилучення біологічно активних речовин. В фармацевтичній промисловості ультразвук використовують для приготування високодисперсних емульсій (емульсія камфорного масла).

В цілях діагностики ультразвук використовують для визначення структури внутрішніх органів в нормі та при патології їх розмірів, проводять фотографування пухлин, крововиливів, наявності металевих, дерев'яних, скляних предметів в тканинах.

За межею високих ультразвукових хвиль розміщується гіперзвуковий діапазон $10^9 - 10^{13}$ Гц. Гіперзвук по-іншому взаємодіє з середовищем, так як частоти відповідають частотам електромагнітних хвиль дециметрового, сантиметрового і міліметрового діапазонів. Гіперзвукові частоти 10^9 герц в повітрі відповідає довжина хвилі $3,4 \times 10^{-5}$ см, яка відповідає довжині вільного пробігу молекул в повітрі при даних умовах. Тому в газах при нормальних умовах гіперзвуки практично не поширюються. В рідинах поширюються на великі відстані. Добрими провідниками гіперзвуку є тверді тіла в вигляді монокристалів при низьких температурах.

Сучасні методи одержання і реєстрації гіперзвуку засновані на використанні п'єзоелектричного і магнітострикційного ефектів, їх одержують, наприклад, завдяки вакуумному напиленню плівок із п'єзоелектричних матеріалів на торець звукопроводу, що має форму кристалічного стержня із сапфіру, рубіну, кварцу і інших речовин.

Унікальні властивості гіперзвуку дали можливість використовувати його в області фізики твердого тіла (для дослідження стану речовин), акустоелектроніці і акустооптиці.

Механічні коливання частотою від 16 до 20000 Гц, що поширюються в пружному середовищі, викликають в ньому механічні хвилі, одержали назву *звукових* чи *акустичних хвиль*. Ці хвилі сприймаються людським вухом.

Звукові коливання з частотою меншою 16 Гц (*інфразвуки*) і більшою 20000 Гц (*ультразвуки*) людським вухом не сприймаються. Такий умовний розподіл звукових коливань на чутні і нечутні звуки зв'язаний з особливостями будови людського вуха. Тому індивідуальні можливості сприймання звуків у різних людей неоднакові. Діти можуть сприймати звуки частотою до 22000 Гц, дорослі - частотою 16000 - 18000 Гц, а ці самі люди в похилому віці не можуть сприймати звуки з частотою більшою за 11000 - 12000 Гц.

Звуки, що сприймаються людським вухом, поділяються на *тони*, *шуми* і *звукові удари*. Періодичне звукове коливання, основною характеристикою

якого є частота, називається *чистим* або *простим гармонічним тоном*. Такі тони можна одержати за допомогою камертона чи звукового генератора. *Негармонічні (ангармонічні)* звукові коливання називаються складними тонами. Це звучання музикальних інструментів чи людської мови. Складний тон завжди можна розкласти на прості, тобто у вигляді суми простих чистих тонів (ряд Фур'є). При цьому тон з найменшою частотою називається *основним*, а всі інші тони *обертонами* (вищими тонами). Якість звуку, що визначається його частотним складом, називається *тембром звуку*. Акустичний спектр складного тону - *лінійний* - і являє собою набір частот з показом їх відносної інтенсивності (амплітуди).

Звуки, що складаються з великої кількості аперіодичних коливань різних інтенсивностей, що відрізняються складною часовою залежністю, називаються шумами. Спектр шуму - *суцільний*.

Одинока звукова хвиля великої інтенсивності, що виникає, наприклад, при пострілі, сильному вибуху, плеску в долоні, називається *звуковим ударом*.

Тести для самоконтролю:

1. Якими фізичними параметрами характеризуються коливання:
 - а) частотою;
 - б) періодом;
 - в) інтенсивністю;
 - г) довжиною хвилі;
 - д) амплітудою.
2. Якими фізичними параметрами характеризуються хвилі:
 - а) частотою;
 - б) інтенсивністю;
 - в) довжиною хвилі;
 - г) швидкістю.
3. Які ефекти використовуються для створення штучних ультразвукових коливань:
 - а) п'єзоефект;
 - б) термоелектричний ефект;
 - в) магнітострикція;
 - г) ефект Пелтьє.
4. Яку дію на біологічні об'єкти має ультразвук:
 - а) теплову;
 - б) електричну;
 - в) механічну;
 - г) хімічну.
5. Які звукові діагностичні методи існують:
 - а) фонокардіографія;
 - б) електрокардіографія;
 - в) реографія;
 - г) аускультация;
 - д) перкусія.
6. В якому середовищі можуть

поширюватися звукові коливання:

- а) повітря;
 - б) вода;
 - в) вакуум;
 - г) тверде тіло.
7. Який спектр має шум:
- а) лінійчастий;
 - б) смугастий;
 - в) суцільний.

Задачі, які доповнюють самостійну роботу на практичному занятті:

1. Чи може орган мови людини генерувати чисті тони?
2. Якими фізичними факторами характеризується тембр людського голосу?
3. Чому ультразвукові хвилі можна концентрувати в тонкі пучки, а звукові хвилі ні?
4. Від яких факторів залежить нагрівання біологічних тканин при впливі ультразвукового випромінювання?
5. Чому за допомогою ультразвукової ехо-локації легко можна виявити камінці в нирках, в печінці?
6. Від чого залежать мінімальні розміри камінців, які можуть бути виявлені в тканинах організму за допомогою ультразвуку?
7. Які фізичні явища використовуються при перкусії? Чому за допомогою перкусії можна визначити контури проекції органів на поверхню організму?

Матеріали післяаудиторної самостійної роботи,

Підготувати доповідь на тему: «Сучасні акустичні методи дослідження та лікування в медицині».

Література:

Навчальна (основна):

1. Медична і біологічна фізика / За ред. О. В. Чалого, 2-ге видання – К.: Книга - плюс, 2004
2. Медична і біологічна фізика (практикум) / за ред. О. В. Чалого. – К.: Книга – плюс, 2003
3. Тиманюк В. А., Животова Е. Н. Біофізика. – К.: Вища шк., 2001.
4. Іщейкіна Ю.О., Макаренко В.І., Тронь Н.В. Медична і біологічна фізика [Навчальний посібник] – Полтава: Шевченко Р.В., 2012. – 352 с., іл.

Додаткова:

- Ливенцев Н.М. Курс фізики. - М.: Высшая школа, 1978.
- Ремизов А.Н. Медицинская й биологическая физика. - М.: Высшая школа, 1987.
- Хорбенко И.Г. Звук, ультразвук, инфразвук. - М.: Знание, 1986.
- Губанов Н.И. й соавт. Медицинская биофизика. - М., 1978.
- Лабораторний практикум по біофізиці /Доценко В.І., Лазарович В.Г., Пилипченко В.І., Чайка О.М. - Полтава, 2002.
- Русяев В.Ф., Мищенко С.В., Пронина Н.В. Медицинская физика. -Полтава, 2001.