

Лабораторна робота № 1

Дослідження реакції головного мозку на світлові та звукові дратівники

Мета роботи: Провести аналіз результатів часу затримки при різних дратівниках

1.1 Теоретичні відомості

ФІЗИКА СЛУХУ

Слухова система пов'язує безпосередній приймач звукової хвилі з ГОЛОВНИМ МОЗКОМ.

Використовуючи поняття кібернетики, можна сказати, що слухова система одержує, переробляє і передає інформацію. Зі всієї слухової системи для розгляду фізики слуху виділимо зовнішнє, середнє і внутрішнє вухо.

Зовнішнє вухо складається з вушної раковини 1 і зовнішнього слухового проходу 2 (рис. 1.1).

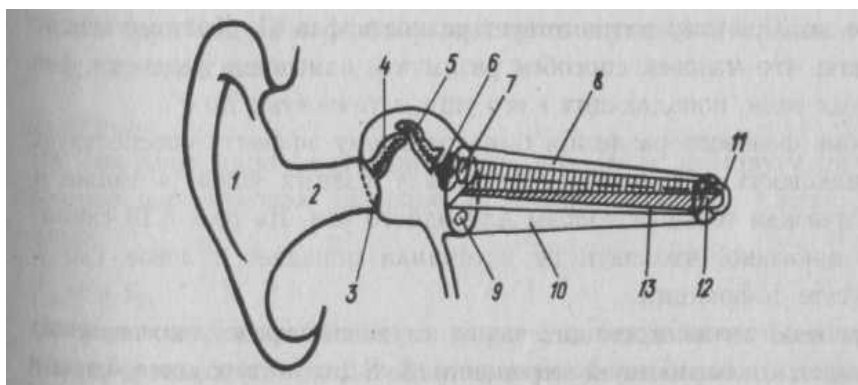


Рисунок 1.1-Схема слухової системи

Вушна раковина у людини не грає істотної ролі для слуху. Вона сприяє визначенню локалізації джерела звуку при його розташуванні в сагітальній площині. Пояснимо це. Звук від джерела потрапляє у вушну раковину. Залежно від положення джерела у вертикальній площині (рис. 1.2) звукові хвилі по-різному дифрагмуватимуть на вушній рако-

вині із-за її специфічної форми. Це приведе і до різної зміни спектрального складу звукової хвилі, що потрапляє в слуховий прохід. Людина в результаті досвіду навчилася асоціювати зміну спектру звукової хвилі з напрямом на джерело звуку (напрями А, Б і В на рис. 1.2).

Володіючи двома звукоприймачами (вухами), людина і тварини здатні встановити напрям на джерело звуку і в горизонтальній площині (бінауральний ефект; рис. 1.3). Це пояснюється тим, що звук від джерела до різних вух проходить різну відстань і виникає різниця фаз для хвиль, що потрапляють в праву і ліву вушні раковини.

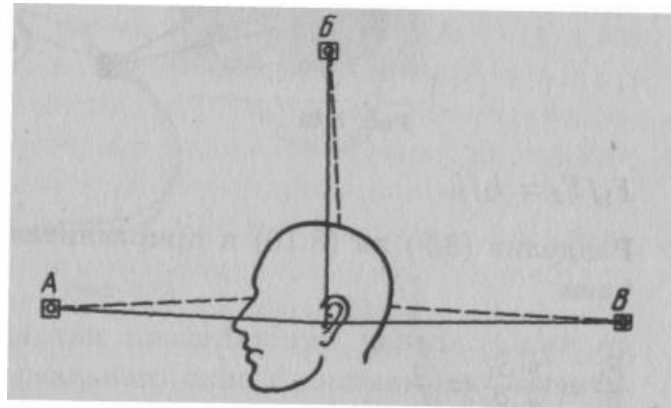


Рисунок 1.2- Асоціація зміну спектру звукової хвилі з напрямом на джерело звуку

Різним напрямом на джерело звуку в горизонтальній площині відповідатимуть різниці фаз між 0° і 180° . Вважають, що людина з нормальним слухом може фіксувати напрями на джерело звуку з точністю до 3° , цьому відповідає різниця фаз 6° . Тому можна вважати, що людина здатна розрізнити зміну різниці фаз звукових хвиль, що потрапляють в його вуха, з точністю до 6° .

Окрім фазової відмінності бінауральному ефекту сприяє неоднаковість інтенсивностей звуку у різних вуха, а також і «акустична тінь» від голови для одного вуха. На рис. 1.3 схематично показано, що звук від джерела потрапляє в ліве вуха в результаті дифракції.

Звукова хвиля проходить через слуховий прохід і частково відображається від барабанної перетинки 3. В результаті інтерференції падаючої і відбитої хвиль може виникнути акустичний резонанс. Це виникає тоді, коли довжина хвилі в чотири рази більше довжини зовнішнього слухового проходу. Довжина слухового проходу у людини приблизно рівна 2,3 см; отже, акустичний резонанс виникає при частоті

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^2}{4 \cdot 2,3 \cdot 10^{-2}} = 3 \text{кГц}$$

Найбільш істотною частиною середнього вуха є барабанна перетинка 3 і слухові кісточки: молоточок 4, ковадло 5 і стремечко 6 з відповідними м'язами, сухожиллями і зв'язками. Кісточки здійснюють передачу механічних коливань від повітряного середовища зовнішнього вуха до рідкого середовища внутрішнього. Рідке середовище внутрішнього вуха має хвилевий опір приблизно рівний хвилевому опору води. При прямому переході звукової хвилі з повітря у воду передається лише 0,122% падаючої інтенсивності. Це дуже мало. Тому основне призначення середнього вуха — сприяти передачі внутрішньому вуху більшої інтенсивності звуку. Використовуючи технічну мову, можна сказати, що середнє вуха погоджує хвилеві опори повітря і рідини внутрішнього вуха.

Система кісточок на одному кінці молоточком пов'язана з барабанною перетинкою (площа $S_1 = 64 \text{ мм}^2$), на другому — стремечком — з овальним вікном 7 внутрішнього вуха (площа $S_2 = 3 \text{ мм}^2$).

На барабанну перетинку діє звуковий тиск p_1 , що обумовлює силу

$$F_1 = p_1 S_1 \tag{1.1}$$

На овальне вікно внутрішнього вуха при цьому діє сила F_2 , що створює звуковий тиск p_2 в рідкому середовищі. Зв'язок між ними:

$$F_2 = p_2 S_2 \quad (1.2)$$

Система кісточок працює як важіль з виграшем в силі з боку внутрішнього вуха в 1,3 разу у людини (схемне зображення дано на рис. 1.4), тому можна записати

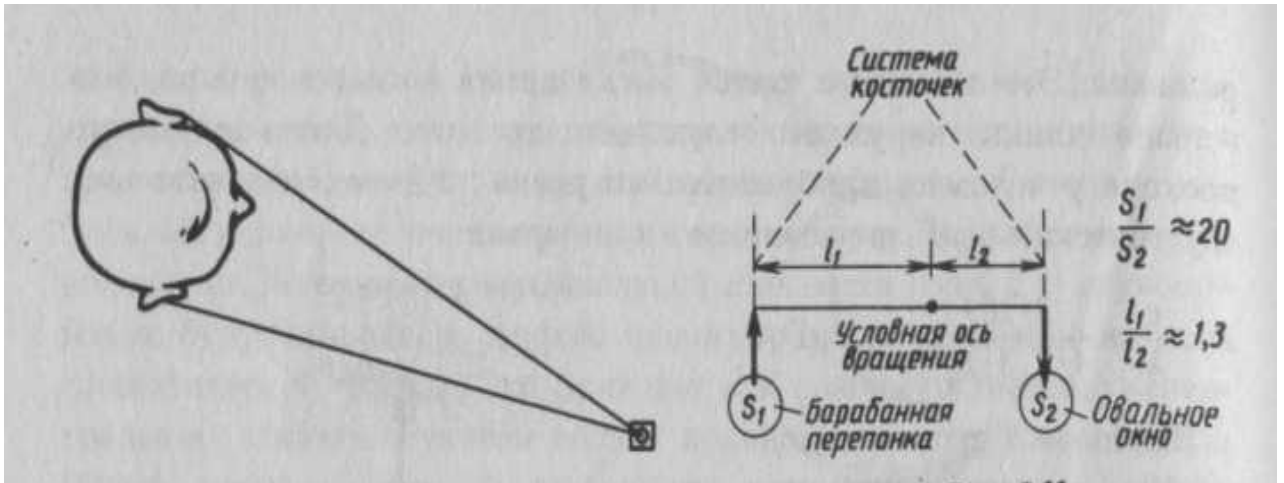


Рисунок 1.3- Дифракція звуку

Рисунок 1.4-Схема роботи кісточок

$$F_1 / F_2 = l_2 / l_1 \quad (1.3)$$

Розділивши (1.1) на (1.2) і прирівнюючи це відношення (1.3), одержуємо

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{p_1 S_1}{p_2 S_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

звідки

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{S_1}{S_2} \cdot \frac{l_1}{l_2} = 20 \cdot 1,3 = 26$$

або в логарифмічних одиницях

$$L_{ог} = 20 \lg \left(\frac{p_2}{p_1} \right) = 20 \lg 26 = 20 \cdot 1,415 \approx 28 \text{ дБ}$$

На такому рівні збільшує середнє вухо передачу зовнішнього звукового тиску внутрішньому вуху.

Ще одна з функцій середнього вуха — ослаблення передачі коливань у разі звуку великої інтенсивності. Це здійснюється рефлекторним розслабленням м'язів кісточок середнього вуха. Середнє вухо з'єднується з атмосферою через слухову (євстахієву) трубу. Зовнішнє і середнє вухо відносяться до звукопровідної системи. Звукоприймаючою системою є внутрішнє вухо.

Головною частиною внутрішнього вуха є равлик, що перетворює механічні коливання в електричний сигнал. Окрім равлика до внутрішнього вуха відноситься вестибулярний апарат, який до слухової функції відношення не має.

Равлик людини є кістковим утворенням завдовжки близько 35 мм і має форму конусоподібної спіралі з $2\frac{3}{4}$ завитками. Діаметр у основи близько 9 мм, висота рівна приблизно 5 мм.

На рис. 1.1 равлик показаний схемно розгорненим для зручності розгляду.

Уздовж равлика проходять три канали. Один з них, який починається від овального вікна 8, називається вестибулярними сходами. Інший канал йде від круглого вікна 9, він називається барабанними сходами 10. Вестибулярні і барабанні сходи сполучені у області куполу равлика за допомогою маленького отвору — гелікотреми 11. Таким чином, обидва ці канали в деякому роді представляють єдину систему, наповнену перилімфою. Коливання стремечка 6 передаються мембрані овального вікна 7, від неї перилімфі і мембрані круглого вікна 9. Простір між вестибулярними і барабанними сходами називається каналом равлика 12, він заповнений ендолімфою. Між каналом равлика, і барабанними сходами уздовж равлика проходить основна (базиллярна) мембрана 13. На ній знаходиться кортієв орган, що містить рецепторні (волоскові) клітини, від равлика йде слуховий нерв.

Кортієв орган (спіральний орган) і є перетворювачем механічних коливань в електричний сигнал.

Довжина основної мембрани близько 32 мм, вона розширюється і потоншується в напрямі від овального вікна на верхівці равлика (від ширини 0,1 до 0,5 мм). Основна мембрана — вельми цікава для фізики структура, вона володіє частотно- виборчими властивостями. На це звернув увагу ще Гельмгольц, який представляв основну мембрану аналогічно ряду настроєних струн піаніно. Лауреат Нобелівської премії Бекеші встановив помилковість цієї теорії резонатора. У роботах Бекеші було показано, що основна мембрана є неоднорідною лінією передачі механічного збудження. При дії акустичним стимулом по основній мембрані розповсюджується хвиля.

Залежно від частоти ця хвиля по-різному затухає. Чим менша частота, тим далі від овального вікна розповсюдиться хвиля по основній мембрані, перш ніж вона почне затухати. Так, наприклад, хвиля з частотою 300 Гц до початку загасання розповсюдиться приблизно до 25 мм від овального вікна, а хвиля з частотою 100 Гц досягає свого максимуму близько 30 мм.

На підставі цих спостережень були розроблені теорії, згідно яким сприйняття висоти тону визначається положенням максимуму коливання основної мембрани. Таким чином, у внутрішньому вусі простежується певний функціональний ланцюг: коливання мембрани овального вікна — коливання перилімфи — складні коливання основної мембрани — роздратування волоскових клітин (рецептори кортієва органу) — генерація електричного сигналу.

Деякі форми глухоти пов'язані з поразкою рецепторного апарату равлика. В цьому випадку равлик не генерує електричні сигнали при дії механічних коливань. Можна допомогти таким глухим, для цього необхідно імплантувати електроди в равлика, і на них подавати елект-

ричні сигнали, відповідні тим, які виникають при дії механічного стимулу.

Таке протезування основної функції равлика (кохлеарне протезування) розробляється у ряді країн. Кохлеарний протез показаний на рис. 1.5, де 1 — основний корпус, 2 — заушина з мікрофоном, 3 — вилка електричного роз'єму для під'єднання до електродів, що імплантуються.

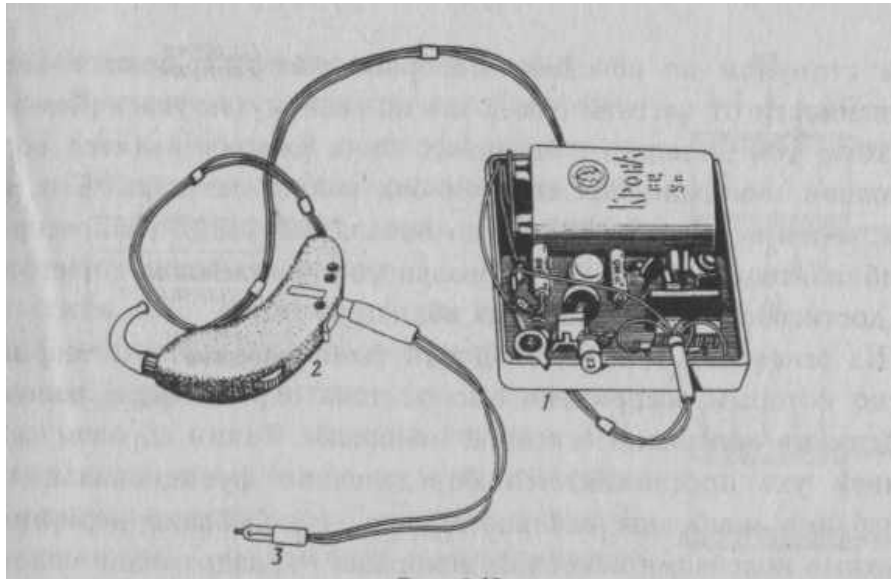


Рисунок 1.5-Кохлеарний протез

ОПТИЧНА СИСТЕМА ОКА І ДЕЯКІ ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ

Око людини є своєрідним оптичним приладом, що займає в оптиці особливе місце. Це пояснюється, по-перше, тим, що багато оптичних інструментів розраховані на зорове сприйняття, по-друге, око людини (і тварини), як вдосконалена в процесі еволюції біологічна система, приносить деякі ідеї по конструюванню і поліпшенню оптичних систем.

Око може бути представлено як центрована оптична система, утворена рогівкою (Р), рідиною передньої камери (К) і кришталиком (Х), обмежена спереду повітряним середовищем, позаду — склоподібним тілом (рис. 1.6). Головна оптична вісь (ОО) проходить через оптичні центри рогівки і кришталика. Крім того, розрізняють ще зорову вісь ока (ЗО), яка визначає напрям найбільшої світлочутливості і проходить через центри кришталика і жовтої плями (Ж). Кут між головною оптичною і зоровою осями складає близько 5'.

Основне заломлення світла відбувається на зовнішній межі рогівки, оптична сила якої рівна приблизно 40 дптр, кришталика — близько 20 дптр, а всього ока — близько 60 дптр.

Пристосування ока до чіткого бачення різне видалених предметів називають акомодацією.

У дорослої здорової людини при наближенні предмету до ока до відстані 25 см акомодація здійснюється без напруги і завдяки звичці розглядати предмети, що знаходяться в руках, око найчастіше акомодує саме на цю відстань, звану відстанню якнайкращого зору.

Для характеристики роздільної здатності ока використовують найменшу точку зору, при якому людське око ще розрізняє дві точки предмету.

У медицині роздільну здатність ока оцінюють гостротою зору. За норму гостроти зору береться одиниця, в цьому випадку найменша точка зору дорівнює 1'.

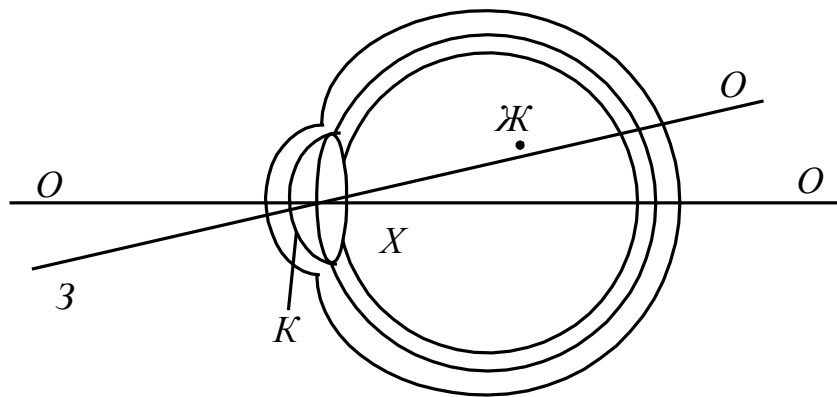
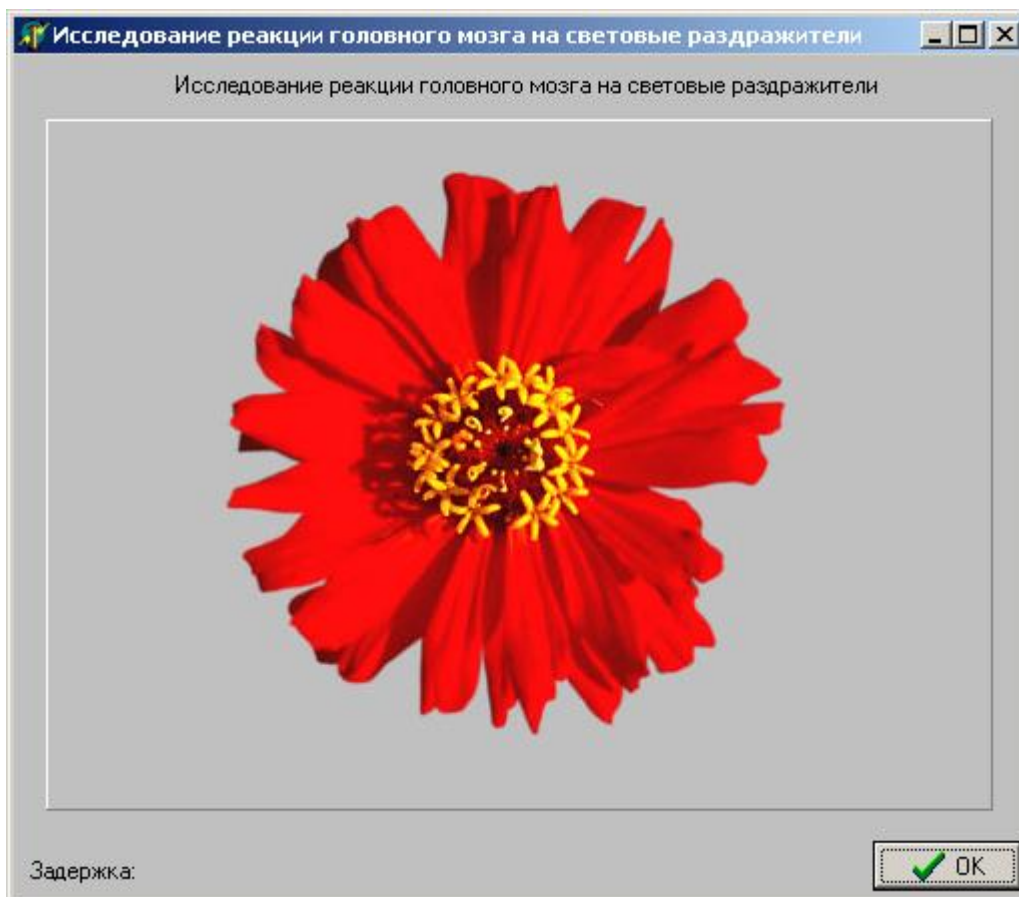


Рисунок 1.6-Отична система ока.

1.2 Виконання роботи

1. Отримати результати затримки часу реакції головного мозку на світлові дратівники на початку та в кінці заняття. Побудувати графіки залежності часу затримки від номера вимірювання.



2. Отримати результати затримки часу реакції головного мозку на звукові

дратівники на початку та в кінці заняття. Побудувати графіки залежності часу затримки від номера вимірювання.



3. Зробити висновки про причини відміни результатів на початку та в кінці заняття за результатами вимірювань.

1.3 Контрольні питання

1. Слухова система людини.
2. Фактори, що впливають на слух.
3. Характеристики слуху.
4. Недоліки системи слуху та засоби їх усунення.
5. Оптична система ока.
6. Характеристики оптичної системи.
7. Фактори, які впливають на оптичну систему.
8. Недоліки оптичної системи ока та засоби їх усунення.