

ALİ TƏHSİL MÜƏSSİSƏSİ MÜƏLLİMİNİN ÖZÜNÜTƏHSİLİ
САМООБРАЗОВАНИЕ ПЕДАГОГА В ВУЗЕ
SELF-EDUCATION OF A TEACHER AT A UNIVERSITY

UOT 37

Novruz İsa oğlu Musayev
pedaqogika elmləri doktoru, professor
Azərbaycan Tibb Universiteti
<https://orcid.org/0009-0003-0849-6856>
[https://doi.org/10.69682/arti.2024.91\(4\).186-190](https://doi.org/10.69682/arti.2024.91(4).186-190)

Elşad Novruz oğlu Musayev
respublika xəstəxanasının şöbə müdiri

ОРТА ҚУЛАĞИН СӘС YARDIMЛАРИНИН FİZİKİ ӘSASЛАРИ

Novruz İsa oğlu Musayev,
доктор педагогических наук, профессор
Азербайджанский Медицинский Университет

Эльшад Новруз оғлу Мусаев
заведующий отделением Республиканской больницы

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГОЛОСОВОГО АППАРАТА СРЕДНЕГО УХА

Novruz İsa Musaev,
doctor of pedagogical sciences, professor
Azerbaijan Medical University

Elshad Novruz Musaev
head of the department of the Republican Hospital

PHYSICAL BASICS VOICE PARTS OF THE MIDDLE EAR

Xülasə. Məqalə eşitmə prosesinin fiziki əsaslarına həsr edilmişdir. Göstərilmişdir ki, mürəkkəb fizioloji proses olan eşitmə hissi fiziki proseslər əsasında icra olunur. Müəyyən edilmişdir ki, həm alçaq tezlikli səs rəqsləri, həm eşitmə hissi yaradan səs rəqsləri və həm də daha yüksək tezlikli səs rəqslərinin eşitmə orqanına təsiri orta qulaqda baş verən fiziki proseslərlə tənzimlənir. Məqalədə eşitmə hissəsinin yaranmasında orta qulağın rolu və xarici qulaqdan orta qulağa daxil olan səs dalğalarının enerjisinin tənzimlənməsində orta qulağın oynadığı rolun fiziki əsasları ətraflı araşdırılmışdır.

Açar sözlər: *orqanizm, səs, eşitmə, qulaq, proses, tənzimləmə*

Аннотация Статья посвящена физическим основам слухового процесса. Показано, что слух, представляющий собой сложный физиологический процесс, осуществляется на основе физических процессов. Установлено, что как низкочастотные звуковые колебания, звуковые колебания, создающие чувство слуха, так и воздействие звуковых колебаний более высокой частоты на орган слуха регулируются физическими процессами, происходящими в среднем ухе.

В статье подробно рассмотрена роль среднего уха в формировании слуха и физические основы роли среднего уха в регуляции энергии звуковых волн, поступающих в среднее ухо из наружного уха.

Ключевые слова: *организм, звук, слышимость, ухо, процесс, регулирование*

Abstract. The article is devoted to the physical basis of the hearing process. It has been shown that hearing, which is a complex physiological process, is performed on the basis of physical processes. It has

been established that both low-frequency sound oscillations, sound oscillations that create a sense of hearing, and the effect of higher frequency sound oscillations on the auditory organ are regulated by physical processes occurring in the middle ear. In the article, the role of the middle ear in creating the sense of hearing and the physical basis of the role played by the middle ear in regulating the energy of the sound waves entering the middle ear from the outer ear have been examined in detail.

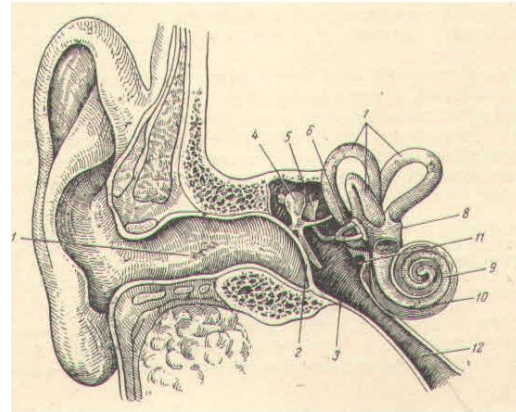
Keywords: organism, voice, hearing, ear, process, regulation

Orqanizm üzvi aləmin özünü tənzimləməyə qabil olan vahid bir varlığıdır. Orqanizm ancaq onu əhatə edən ətraf mühit cisimləri ilə qarşılıqlı təsirdə mövcud ola bilər və bu qarşılıqlı təsir prosesində o özünü tənzimləyir, təzələyir və mövcudluğunu təmin edir. İ.M. Seçenovun qeyd etdiyi kimi, “orqanizm, onun mövcudluğunu təmin edən xarici mühtəsiz mövcud ola bilməz”. Hər bir orqanizmin müəyyən mövcud olma şəraitinə ehtiyacı vardır. Hər bir orqanizm onun özünə uyğun olan həmin şəraitə uyğunlaşır və öz mövcudluğunu təmin edir. Həmin şəraitdə canlı orqanizm ətraf mühitlə maddə və enerji mübadiləsində olur və özünü lazım olan maddə və enerji ilə təmin edir. O cümlədən orqanizmin eşitmə orqanı olan qulaq da həmin orqanizmi ətraf mühit haqda olan lazımı informasiya ilə təmin edir.

Mərkəzi sinir sistemi, xarici mühit və canlı orqanizmin təşkilədiciləri haqqında informasiyanı, orqanizmin müxtəlif müxtəlif sahələrində və həmin təşkilədicilərdə yerləşən və qıcıqlanmaya həssas olan xüsusi resepsiya elementləri (üzlüləri) vasitəsilə alınan və afferent sinir telləri vasitəsilə yayılan impulsar vasitəsilə qəbul edir. O cümlədən eşitmə qıcıqları, eşitmə üzvü olan qulaqda (daxili qulaqda) yerləşən eşitmə reseptorları vasitəsilə əmələ gəlir və eşitmənin afferent sinir telləri vasitəsilə mərkəzi sinir sistemə ötürülür. Kibernetik anlayışdan istifadə etməklə demək olar ki, eşitmə sistemləri informasiyanı qəbul edir, emal edir və mərkəzi sinir sistemə ötürür. Eşitmə prosesinin yerinə yetirilməsində orta qulağın xüsusi rolu var.

Ayrı-ayrı səs dağaları da, işıq fotonları kimi informasiya mənbəyidir. Təbiət cisimlərinin çıxardığı səslər, bizi əhatə edən insanların danışmaları, işləyən maşınların səs-küyləri və s. bizə çoxlu miqdarda informasiyalardan xəbər verir. İnsanlar üçün onun əhəmiyyəti də elə bundadır. Bunların insanlar üçün əhəmiyyətini başa düşmək üçün, öz qulaqlarımızı müvəqqəti olaraq qapayaraq, özümüzü həmin eşitmə imkanlarından məhrum etmək kifayətdir. Canlı orqa-

nizmlərin eşitmə orqanı: xarici, orta və daxili qulaq sistemlərindən ibarətdir (ŞƏKİL 1).

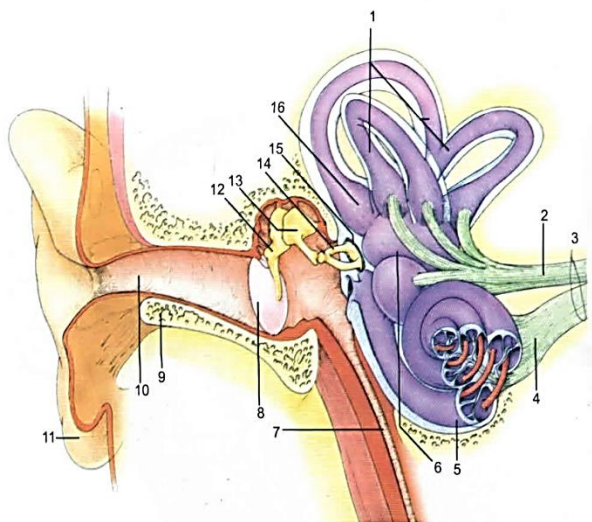


Şəkil 1. Qulağın quruluş sxemi

1 - xarici qulaq keçidi, 2 - təbil pərdəsi, 3 - orta qulağın boşluğu (təbil boşluğu), 4 - çəkiç, 5 - zindan, 6 - üzəngi, 7 - yarım dairəvi kanallar, 8 - qarçı girişi, 9 - vestibulyar pilləkən, 10 - təbil pilləkəni, 11 - oval pəncərə, 12 - yevstax borusu

Orta qulağın dominant hissələrinə: təbil pərdəsi (tympanic membrane) və üç kiçik sümük (ossicles) və onları birləşdirən əzələ, qıvrıdaq və bağlar aiddir. Bu sümüklər doğuşdan əvvəl yetgin ölçüdə olurlar. Belə fərziyələr (fikirlər) vardır ki, döl ana bətnində uşaqlıqda olarkən eşidə bilir və körpə doğulmamışdan əvvəl atasının və anasının səslərini eşidir və öyrənir. Bu sümüklər xarici qulaqdakı hava mühitində yayılan mexaniki rəqsləri, daxili qulağın maye mühitə ötürür. Daxili qulaq mayesinin dalğa müqaviməti təxminən suyun dalğa müqavimətinə bərabərdir (ρ hasilinə xüsusi akustik impedans, müstəvi dalğalar üçün isə, ona dalğa müqaviməti deyilir. Hərada ki, ρ-həmin mühitin sıxlığı, c-isə səs dalğalarının həmin mühitdə yayılma sürətidir). Bildiyimiz kimi səs dalğaları havadan maye mühitə (məsələn, suyun) üzərinə perpendikulyar istiqamətdə düşürsə, düşən səs dalğalarının intensivliyinin ancaq 0,111%-i suya daxil olur. Bu çox azdır. Ona görə də orta qulağın əsas vəzifəsi – orta qulağın hava mühitindən orta qulağın maye mühitə üzərinə düşən səs dal-

ğalarının intensivliyinin daha çox hissəsinin daxili qulağa ötürülməsini təmin etməkdir. Texniki dildən istifadə etsək, deyə bilərik ki, orta qulaq, havanın dalğa müqavimətini və daxili qulaq mayesinin dalğa müqavimətini uzlaşdırır (uyğunlaşdırır). Yəni, eşitmə sümükləri təbil pərdəsindəki impedans ilə, daxili qulağın maye ilə dolu kameralarının impedansının uyğunlaşmasında əhəmiyyətli rol oynayır. Ossicles-lər oxşadıqları əşyaların adlarına uyğun adlarla adlandırılmışdır: malleus (çəkic), incus (zindan) və stape (üzəngi). Bu sümüklər öz aralarında elə birləşmişlərki (yerləşmişlərki), rəqsləri təbil pərdəsindən daxili qulağa səmərəli ötürürlər. Belə ki, çəkic dəstəyi (sapı) təbil pərdəsinə, çəkic özünü (dəmir hissəsi) isə, üzəngi ilə birləşmişdir (Şəkil 2 və 1-də göstərilmişdir).



Şəkil 2. DƏHLİZ-İLBİZ SINIRI (quruluşu), ПРЕДВЕРНО-УЛИТКОВЫЙ НЕРВ, (строение), N. VESTIBULOCOCHLEARIS.

- 1 - yarım dairəvi kanallar, полукружные каналы, canales semicirculares;
- 2 - dəhliz siniri, вестибулярный нерв, n. vestibularis;
- 3 - dəhliz-ilbiz siniri, преддверно-улитковый нерв, n. vestibulocochlearis;
- 4 - ilbiz siniri, улитковый нерв, n. cochlearis;
- 5 - ilbiz, улитка, cochlea;
- 6 - dəhliz, преддверие, vestibulum;
- 7 - eşitmə borusu, слуховая труба, tuba auditiva;
- 8 - təbil pərdəsi, барабанная перепонка, membrana tympani;
- 9 - gigəh sümüyü, височная кость, os. temporale;
- 10 - xarici qulaq keçəsi, наружный слуховой проход, meatus acusticus externus;
- 11 - qulaq seyvanı, ушная раковина, auricula;
- 12 - çəkic, молоточек, malleus;
- 13 - zindan, наковальня, incus;
- 14 - üzəngi, стремечко, stapes;
- 15 - dəhliz pəncərəsi, окно преддверия, fenestra vestibuli;
- 16 - ampula, ампула, ampula.

Beləliklə, onlar (təbil pərdəsi və sümüklər) xarici qulağın səs ötürücü borusu vasitəsilə həm eşitmə hissi yaradan səs dalğalarını, həm də hətta səs dalğalarından daha yüksək tezlikli dalğalarını da daxili qulağa ötürürlər. İnsan öz

səsini, əsasən səs havadan ötürülməsi sayəsində eşidir. Hər iki qulağınızı qapayın və səsinizin həcmindəki azalmanı dinləyin, onda deyilənlər aydınlaşar.

Sümüklər sistemindən biri çəkic, öz dəstəyi (sapı) vasitəsilə təbil pərdəsinə (sahəsi $S_1=64 \text{ mm}^2$) birləşir (toxunur), çəkic digər tərəfi isə (dəmir başlığı) zindanla əlaqəlidir (bağlıdır). Təbil pərdəsinin rəqsi, çəkic dəstəyi və zindanın çıxıntısı ilə əmələ gələn lingin (manivellanın) daha uzun qoluna (çiyinə, dəstəyə) ötürülür, çəkic dəmir başına birləşmiş üzəngi isə həmin rəqsləri kiçildilmiş amplitudda, lakin əvəzində isə gücləndirilmiş (böyüdülmüş) qüvvədə (təzyiqdə) qəbul edir. Daxili qulağın oval pərdəsinə söykənən üzənginin səthinin sahəsi $S_2=3,2 \text{ mm}^2$ -a bərabərdir. Gücləndirilmiş qiymətdə qüvvəyə malik olan rəqslər daxili qulağın oval pərdəsinə (sahəsi $S_2=3 \text{ mm}^2$) ötürülür. Səsin təbil pərdəsinə göstərdiyi təzyiqi vasitəsilə, yəni, ossicle-larda olan ling fəaliyyəti nəticəsində gücləndirilir. Təbil pərdəsinin sahəsinin oval pəncərənin sahəsi ilə müqayisəsində (1:22 nisbətində) burada daha güclü artma baş verir. Bu artım səs dalğalarının oval pəncərənin membranına olan təzyiqi təxminən 22 dəfə artırır. Bu vəziyyət çox mühüm əhəmiyyətə malikdir. Belə ki, təbil pərdəsinin səthinə düşən nisbətən zəif səs dalğaları, oval pəncərənin membranının müqavimətini dəf etmək imkanına və ilbizdə olan mayeləri (peri və endolimfa mayələrini) hərəkətə gətirmək imkanına malik olur.

Ling güclənməsinin modelini izah edək. Orta qulaq sümükçükləri vasitəsilə hava mühitində yayılan səs rəqsləri oval pəncərəyə verilir və endolimfa mayesinin rəqsinə çevrilir (səbəb olur).

Orta qulağı daxili qulaqdan ayıran divar üzərində oval pərdədən başqa, həmdə sərbəst dəyirmi (dairəvi) pəncərə mövcuddur. Oval pəncərənin membranında əmələ gələn rəqslər, ilbizin endolimffa mayeçində yayılaraq sönmədən dairəvi pəncərəyə qədər çatır. Əgər bu pəncərə olmasaydı, onda ilbizin kanalında olan mayenin (endolimfa) sıxılmaması səbəbindən rəqs alınması mümkün olmazdı.

Model göstərir ki, təbil pərdəsinə təsir göstərən F_m qüvvəsinin, lingin L_m qoluna hasilinin nəticəsi olan moment fırlanması, oval pən-

cərənin F_0 qüvvəsinin lingin L_0 qoluna hasilindən alınan moment fırlanmasına bərabərdir:

$$M_m = F_m \cdot L_m; M_0 = F_0 \cdot L_0$$

$$M_m = M_0 \text{ olduğundan}$$

$$F_m \cdot L_m = F_0 \cdot L_0$$

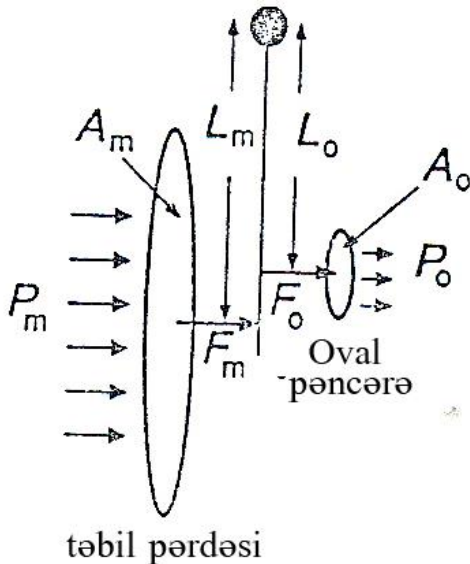
Bu ifadədəki iki qüvvəni: F_m və F_0 -ni oval pəncərənin və təbil pərdəsinin sahəsindən asılılıq formasında göstərmək olar. $F_m = P_m \cdot S_m$ və $F_0 = P_0 \cdot S_0$, beləliklə,

$$P_m S_m L_m = P_0 S_0 L_0$$

Buradan

$$\frac{P_0}{P_m} = \left(\frac{S_m}{S_0} \right) \cdot \left(\frac{L_m}{L_0} \right)$$

Orta qulağın modeli



Şəkil 3.

Ling qaydasını sxematik izah edək. Təbil pərdəsinə P_m səs təzyiqi təsir edir. Bu təzyiq

$$F_m = P_m S_m$$

qüvvəsi ilə əlaqədardır.

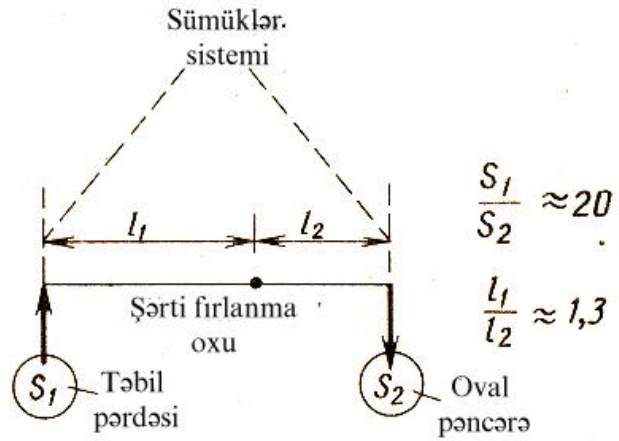
Bu vaxt daxili qulağın oval pəncərəsinə (pərdəsinə) F_0 qüvvəsi təsir edir və bu qüvvə daxili qulağın mayesində P_0 təzyiqi yaradır. Onlar arasında əlaqə

$$F_0 = P_0 S_0$$

kimidir.

Sümüklər sistemi ling (manivella) kimi işləyir və adam (insan) üçün daxili qulaq tərəfindən qüvvədə 1,3 dəfə uduş verir. (Sxematik formada şəkil 4-də).

Ona görə də yazmaq olar:



Şəkil 4.

$$\frac{F_m}{F_0} = \frac{L_0}{L_m}$$

Düsturlar arasındakı əlaqəni nəzərə alsaq alarıq:

$$\frac{F_m}{F_0} = \frac{P_m S_m}{P_0 S_0} = \frac{L_0}{L_m}$$

Buradan:

$$\frac{F_m}{F_0} = \frac{S_m}{S_0} \cdot \frac{L_m}{L_0} = 20 \cdot 1,3 = 26$$

və ya loqarifmik vahidlə

$$L(\text{dB}) = 20 \lg \left(\frac{P_0}{P_m} \right) = 20 \cdot \lg 26 = 20 \cdot 1,415 = 28(\text{dB})$$

Orta qulaq, xarici qulağın yaratdığı təzyiqli bu nisbətdə böyüdərək daxili qulağa ötürür.

Beləliklə, ling fəaliyyəti nəticəsində qüvvə və $(L_m/L_0) = 1,3$ faktoru qədər artır. Təbil pərdəsinin faydalı sahəsinin, üzənginin əsasına nisbəti $(A_m/A_0) = 10$ -dir. Bu qazanc plyus ling qazancı 1,3 ümumi təzyiqli qazancı üçün təxminən 16 alırıq. Beləki, orta qulaq təzyiqli nisbətində 18 dB qazancı təmin edir.

Bu eşitmənin təsirini və həssaslığını artırır. Qazanca başqa bir formada da baxmaq olar. Qazanc, əsasən səs rəqsləri xarici qulaqdan daxil olaraq, daxili qulaq mayələrində rəqs yara darkən, orta qulağın havanın impedansı ilə daxili qulaq mayesinin impedansının uyğunlaşdırılması hesabına yaranır. İmpedans uyğunluğu dedikdə, təbil pərdəsinin vasitəsilə orta qulağın səsin havadakı enerjisi ilə daxili qulaq mayesindəki enerjisini uyğunlaşdırılması nəzərdə tutulur. (Faydalı təmini nəzərdə tutulur). Əgər təbil pərdəsi olmasaydı və səs bir başa oval pəncərəyə zərbə endirsəydi, onda səsin 99,9%-i əks olardı və 30 dB itgi olardı. Deməli, orta qulaq 30

dB itgi əvəzinə 18 dB qazanc təmin edir. Orta qulaqda impedansa təsir edən faktorlar, əsasən təbil pərdəsinin gərginliyi (elastikliyi - dartılmış vəziyyətdə olması) və onun kütləsidir. Qulağın impedans uyğunluğu 400-dən 4000 Hs-ə qədər olan intervalda kifayət qədər yaxşı təmin edilir. 400 Hs-dən aşağı «yay» (yəni təbil pərdəsi) çox gərgin (dartılmış) olur və 4000 Hs-dən yuxarı təbil pərdəsinin kütləsi çox böyük olur. Orta qulaq impedans uyğunluğuna yuxarıda təsvir olunan porşen və ling işi nəticəsində təzyiqin gücləndirilməsi ilə kömək edir. Uca səslər eşitmə hissini zədələyə bilər. Orqanizmdə uca səslərdən qorunma mexanizmi mövcuddur. Üzəngi sümüyünə bərkidilmiş üzəngi əzələsi və çəkcik sümüyünün qarmağına birləşmiş təbil əzələsinin vətəri qulağın uca səslərdən mühafizəsində əhəmiyyətli rol oynayırlar. Uca səs orta qulaqda ossicle-ləri yanlara dartaraq, daxili qulağa çatan səs intensivliyini azaldır. Bu üsulla 15 dB azaltma mümkündür. Bu əzələlər uca səslərin təsirinə 15 msan və daha çox vaxt ərzində cavab verməlidir (uca səsin qarşısını almağı çətdirməlidir). Çatmasa zədələnmə bu qısa müddət ərzində baş verə bilər.

Deməli, qeyd etdiyimiz kimi orta qulağın başqa bir funksiyası da səsin intensivliyi çox böyük olduqda (eşitmə normasından artıq olduqda) rəqsin daxili qulağa verilməsinin zəiflətməsidir. Bu orta qulaq sümüklərinin əzələlərinin reflektor olaraq boşalması (zəifləməsi) nəticəsində həyata keçirilir. Orta qulaqda iki əzələ mövcuddur: tensor tympani əzələsi və stapedius əzələsi. Bunlardan birincisi, qısalaraq, təbil pərdəsinin

gərilməsini (dartılmasını) qüvvətləndirir və qüvvətli səslər təsir etdikdə onun rəqsinin amplitudunu qısaldır (azaldır) və ikincisi isə üzəngini tənzimləyir (düzəldir) və bununla da onun hərəkətini məhdudlaşdırır.

Bu əzələlərin qısalma dərəcəsi, səs rəqslərinin amplitudasının dəyişməsi zamanı dəyişir və avtomatik olaraq səs sümükləri vasitəsilə daxili qulağa daxil olan səs enerjisinini tənzimləyir. Bununla da qulağa daxil olan səs həddindən çox yüksək olduqda təbil pərdəsinə yüksək tezliklə rəqs etməkdən və dağılmaqdan qoruyur. Orta qulağın hər iki əzələsinin qısalması (tənzimlənməs) reflector olaraq avtomatik baş verir, artıq yüksək səsin təsirindən 10 milli saniyə sonra səsin təsiri normallaşır. Təbil boşluğunu burunun tənəffüs yolu ilə birləşdirən yevstaxiyev borusunun hesabına təbil boşluğunda təzyiq normal atmosfer təzyiqinə bərabər olur və nəticədə təbil pərdəsinin normal rəqsi üçün şərait yaranır.

Xarici və orta qulaq səs ötürücü sistemə aiddir. Səs qəbul edən sistem isə daxili qulaqdır.

Problemin aktuallığı. Eşitmə prosesinin fiziki əsaslarının araşdırılması tibbi diaqnostika və müalicənin dərinədən öyrənilməsində önəmli rol oynayır.

Problemin elmi yeniliyi. Səs rəqslərinin müxtəlif intervallarının qulaqda yayılmasının fiziki əsaslarının araşdırılması elmi yanaşmadır.

Problemin təcrübi əhəmiyyəti. Eşitmə orqanında səs dalğalarının fiziki əsaslarının araşdırılması həkimlər, tibb universiteti tələbələri və ümumiyyətlə tibbi personal üçün çox böyük təcrübi əhəmiyyətə malikdir.

Ədəbiyyat:

1. Губанов Н. И., Утепбергенов А.А. Медицинская биофизика. -Москва. Медицина, -1978. - 335 с.
2. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика. -Москва: Высшая школа, -1987. - 637 с.
3. Musayev N. İ. Tibbi və bioloji fizikanın ixtisas fənləri ilə əlaqəli tədrisinin elmi-metodiki əsasları (monoqrafiya). -Bakı: Hüquq ədəbiyyatı nəşriyatı, 2010. -509 s.
4. Бабский Е. Б. и др. Физиология человека. -М.: Медицина, -1966. -656 с.

E-mail: fizikaelmi@gmail.com

Redaksiyaya daxil olub: 25.06.2024