

VIDITE LI UŠIMA?

Valentina Joha Breberina, Karlovac

Matka 28 (2019./2020.) br. 111

Naša jedina ograničenja ona su za koja mislimo da ih imamo”, rekao je Daniel Kish. Daniel je gotovo od rođenja slijep; rođen je s agresivnim oblikom tumora zbog kojeg su liječnici bili prisiljeni ukloniti mu oba oka kako bi mu spasili život. On vozi bicikl bez ičije pomoći, zna gdje se nalazi i što ga sve okružuje. Kako? Na trenutak pogledajmo u životinjski svijet - možda nam postane jasnije.

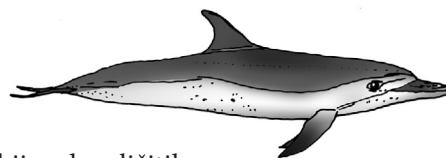
Što vam prvo pada napamet kad čujete „slijepa životinja”? Šišmiši, naravno; slijepa siva stvorenja koja vrlo brzo i spretno lete. Objašnjenje koje sam davno dobila uključivalo je uši i slušanje zvuka. U tome leži tajna. Dakle, šišmiši vide ušima. Još nije jasno? U sljedećim redcima dolazi do potpunog razotkrivanja ovoga fenomena.

Eholokacija je tajna koju tražimo. Poznata je i pod nazivom „biosonar”, biloški sonar koji, osim šišmiša, koriste dupini, kitovi, rovkke i neke vrste ptica. Kako eholokacija funkcionira? Životinja emitira zvučne valove i prima jeku koja se odbija od različitih objekata u okolišu. Uspoređujući odlazni signal i povratnu jeku, životinje stvaraju sliku o okolišu koji ih okružuje. Tako mogu precizno odrediti na kojoj se udaljenosti nalazi pojedini objekt, njegove dimenzije, pa čak i gustoću.

Životinje ispuštaju kratke impulse zvuka koji se nazivaju *eholokacijski klikovi*. Njihovo trajanje varira ovisno o vrsti, a može biti između 0.25 milisekundi i 100 milisekundi. Sami eholokacijski impulsi najčešće su ultrazvučni, iznad 20 kHz, tj. izvan opsega do kojega ljudsko uho može čuti. Velik utjecaj ima i to nalazi li se životinja u zraku ili vodi. Zvuk vodom putuje 4 puta brže nego zrakom pa će i životinje koje eholokaciju koriste u vodi brže primiti signal jeke, trošit će manje energije na odašiljanje impulsa te će impulse moći poslati na veću udaljenost nego što se to može u zraku. Zrak je, za razliku od vode, loš vodič zvuka. Najveća izmjerena udaljenost eholokacije u zraku je 100 metara, dok je u vodi izmjereno čak 1 500 metara.

Zadatak 1. Brzina zvuka u zraku približna je 343 metra u sekundi, a u vodi 1 440 metara u sekundi. Izrazite brzine u kilometrima na sat.

Šišmiši su prvi kralježnjaci kod kojih je primijećena eholokacija pa je istraživanju toga fenomena posvećena velika pažnja. Tako su dobiveni mnogi odgovori pa gotovo da više nema nepoznanica. Šišmiši su, kao životinje aktivne noću, morali pronaći način kako da se u tami što bolje snađu te su pribjegli eholokaciji. Neke vrste koriste grlo za proizvodnju klikova kojima je frekvencija iznad 20 kHz, dok pećinski šišmiši koriste jezik proizvedeći zvuk koji čovjek



može čuti. Koriste ju za lov, orijentaciju te prepoznavanje ostalih šišmiša. Imaju dvije vrste signala; jedan za otkrivanje plijena, drugi za detaljnu lokalizaciju i lov. Ušima primaju povratnu jeku pa su im one iznimno važne za ehokolaciju. Uši se razlikuju među vrstama šišmiša. Male uši imaju oni koji lete velikom brzinom, a velike oni koji love kukce blizu zemlje. Uške povećavaju područje slušanja. Dok primaju jeku, naizmjenice miču ušima kako bi precizno odredili smjer iz kojega jeka dolazi. Šišmiši cijelo svoje tijelo usmjeravaju u položaje pogodne za ehokolaciju i njeno što uspješnije korištenje.

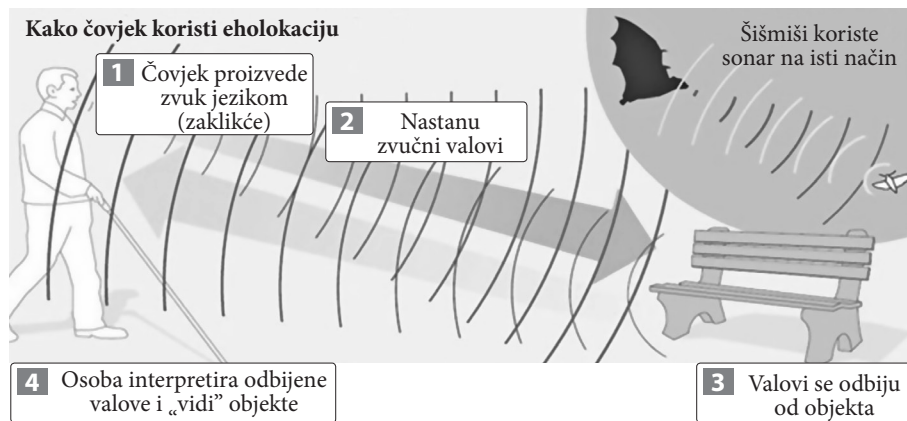


Zadatak 2. Koliko će klikova šišmiš proizvesti u jednoj sekundi ako je trajanje jednoga klika 0.4 milisekunde?

Znatno lošije (ali ipak uspješno) ehokolaciju koriste i rovkke za snalaženje u tamnom podzemlju u kojem žive.

Sada nam je jasnije kako se Daniel snalazi u prostoru. Koristi svoje uši kao oči te njima stvara sliku svijeta oko sebe. Koristi ehokolaciju na isti način kao i životinje: proizvodi zvuk te sluša povratnu jeku. Proizvodi zvuk jezikom i ustima. Kaže da zvuk koji proizvodi putuje brzinom oko 300 metara u sekundi. Tehniku je počeo razvijati kao dvogodišnjak te ju je razvio do perfekcije. Tako može, s velikom preciznošću, odrediti oblik, smjer gibanja i smještaj objekta. Daniel je predsjednik društva „World Access for the Blind” („Svijet pristupačan slijepim osobama”) koje proučava ehokolaciju. Ističe kako je umoran od priča kako bi slijepi ljudi trebali biti u blizini svoje kuće i memorirati pravce kojima se kreću. Ovaj stav potkrepljuje i njegova izjava: „Udarati o stupove je gnjavaža, ali ne smjeti udariti u stup je katastrofa. Bol je cijena slobode.”

Istraživanja su pokazala da slijepa osoba ili one oštećenog vida posjeduju potencijal za razvoj i korištenje ehokolacije na način kao i šišmiši. Iako su slijepi ljudi osjetljiviji na jeku, ehokolaciju mogu razviti i oni normalno razvijenoga vida. Najvažnije preduvjet za eholociranje je normalno razvijen sluh.



Slika 1. Ehokolacija čovjeka



Proučimo kako ljudi proizvode eholo-kacijski klik. Klik se može proizvesti na različite načine, no palatalni klik najbolji je za eholo-kaciju ljudi. On se proizvodi klikovima jezika i usana te brzim pokretima jezika od korijena gornjih zubi pa prema natrag i dolje. Vrijeme između pulsa i jeke naziva se „puls-je-ka odgoda”. Neke slijepice osobe mogu detektirati predmete koji se nalaze udaljeni od 30 do 120 cm, pa čak i one udaljene do 10 m. To znači da one osjećaju „puls-je-ka odgoda” koja iznosi oko 0.3 milisekunde.

Zadatak 3. Slijepa je osoba čula odjek svoga „klika” nakon 2 milisekunde. Na kojoj je udaljenosti od prepreke?

Znanstvenici su proučavali mozak dvojice slijepih ljudi koji su razvili eholo-kaciju. Prvi od njih vid je izgubio s 13 mjeseci, a drugi s 14 godina. Za vrijeme eholo-kacije kod obojice su našli povećanu aktivnost vizualnog korteksa mozga. Nešto veća aktivnost zabilježena je kod prve osobe. Znanstvenici to objašnjavaju činjenicom da je prvi eholo-kaciju počeo koristiti u ranijoj dobi. Kod slijepih osoba može doći do reorganizacije nekih područja u mozgu, što im omogućava efikasnije korištenje zvučnih informacija. Eholo-kacija slijepim i slabovidnim osobama omogućava efikasnije istraživanje okoline te veći stupanj samostalnosti u svakodnevnim aktivnostima. Ona je dokaz da mozak može nadomjestiti nedostatak vida.



Literatura:

1. <http://biologija.com.hr/modules/AMS/article.php?storyid=8311> (29. 9. 2015.)
2. <http://znanost.geek.hr/clanak/eholo-kacija-sismisa-vjestina-koju-znanstvenici-zele-svladati/> (10. 10. 2015.)
3. <http://echolocation-physiology-ansc3301.weebly.com/introduction.html> (11. 10. 2015.)
4. <http://www.seeinginthedark.eu/hr/osjetila-u-mraku/sluh/> (11. 10. 2015.)
5. <http://www.istrazime.com/kognitivna-psihologija/eholo-kacija-kako-funkcionirati-bez-vida/> (12. 10. 2015.)
6. <http://www.echolocationweb.com/human-echolocation/> (15. 10. 2015.)

Rješenja zadataka:
 1. u zraku je brzina zvuka oko 1235 km na sat, a u vodi oko 5140 km na sat
 $2.04 \text{ ms} = 0.0004 \text{ s}$, pa je broj klikova $1000 : 0.0004 = 2500000$
 3. približno 35 cm

