

Elektromos jelek érzékelése

Néhány tengeri állat képes bizonyos távolságból más élőlényeket érzékelni oly módon, hogy ezek az élőlények (például légzésük közben, vagy más izomösszehúzóddással járó folyamat során) elektromos áramokat hoznak létre. Vannak olyan ragadozók, melyek ezt az elektromos jelet használják fel arra, hogy meghatározzák zsákmányuk helyzetét, még akkor is, ha az homokkal van betemetve.

A zsákmányállat által keltett áram és a ragadozó észlelési folyamatának fizikai mechanizmusát az *2. ábrán* látható módon modellezhetjük. A zsákmány által keltett áram két gömb között folyik, melyek a zsákmány testében találhatók, és egyik pozitív, másik negatív potenciálú. A két gömb középpontja közti távolság l_{zs} , mindkét gömb sugara r_{zs} , ami sokkal kisebb, mint l_{zs} . A tengervíz fajlagos ellenállása ϱ . Tételezzük fel, hogy a zsákmányállat testének fajlagos ellenállása ugyanakkora, mint a környező tengervízé.

2. ábra. Egy modell, ami bemutatja, hogyan érzékeli egy ragadozó a zsákmányból származó elektromos teljesítményt

Annak érdekében, hogy leírjuk, hogyan érzékeli a zsákmányból származó elektromos teljesítményt a ragadozó, az előzőekhez hasonlóan az érzékelőt (detektort) is két gömbnek tekintjük, melyek a ragadozó testében helyezkednek el, érintkeznek a környező tengervízzel, és párhuzamosan fekszenek a zsákmány testében lévő gömbpárral. Ezek a gömbök l_d távolságra helyezkednek el egymástól, mindkettőjük sugara r_d , ami sokkal kisebb, mint l_d . Esetünkben az észlelő

középpontja y távolságra helyezkedik el a zsákmánytól, és éppen a forrás felett található. Mind l_{zs} , mind l_d sokkal kisebb, mint y . Az elektromos térerősség a ragadozó helyén, a két gömböt összekötő vonal mentén állandónak tekinthető. Ennek megfelelően feltehetjük, hogy az észlelő, amely a zsákmányhoz, a környező tengervízhez és a ragadozóhoz csatlakozik, a 3. ábrán bemutatott módon zárt áramkört alkot.

Az ábrán feltüntetett U potenciálkülönbség a zsákmány által a ragadozó leendő helyén keltett elektromos mezőben az érzékelő gömbök középpontjai között fellépő feszültséggel egyenlő (amikor a ragadozó még nincs is a helyén). R_v a környező tengervíz ellenállása, R_d a ragadozó érzékelő (detektáló) egységének ellenállása, U_d pedig a detektáló gömbök közötti feszültség az észlelés közben.

Kérdések

1. Tekintsünk egy végtelen, homogén közegben levő pontszerű áramforrást, amiből I áram folyik ki. Határozd meg a $\mathbf{j}$ áramsűrűség vektort (egységnyi felületen átmenő áramot) a forrástól r távolságban (*1,5 pont*)!
2. Az $\mathbf{E} = \varrho \cdot \mathbf{j}$ differenciális Ohm-törvényre alapozva határozd meg az $\mathbf{E}_r$ elektromos térerősség vektort a ragadozó állat érzékelő gömbjei közötti P pontban (lásd a 2. ábrát) egy olyan esetben, amikor a zsákmány testében lévő gömbök között I_{zs} áram folyik (*2 pont*).
3. Ugyanezen I_{zs} áramra határozd meg a zsákmányban lévő forrásgömbök közötti U_{zs} feszültséget (*1,5 pont*)! Határozd meg a két forrásgömb közötti R_{zs} ellenállást és a forrás P_{zs} teljesítményét (*1 pont*)!
4. Határozd meg a 3. ábrán lévő R_v és U_d értékeket (*1,5 pont*), és számítsd ki a forrásból a detektorba átvitt P_d teljesítmény értékét (*0,5 pont*)!
5. Határozd meg R_d optimális értékét, amely az észlelt teljesítmény maximumához vezet (*1,5 pont*), és határozd meg a maximális teljesítmény nagyságát is (*0,5 pont*)!