

עמוד הבית < מדעים < ביולוגיה < בעלי חיים
עמוד הבית < מדעים < פיסיקה ומבנה החומר [כימיה] < חשמל ומגנטיות



גם בעלי חיים משתמשים בחשמל
מחבר: ד"ר אמיר בן-שלום

הדפס' ללא תמונות
הדפס'

חזרה

משום שהוא קיים

אם הוא קיים, הטבע (או האבולוציה) משתמש בו.

כדי לשרוד, אנו צריכים לקבל מידע על סביבתנו. אור יכול לספק לנו מידע, ומכיוון שאור מגיע אלינו (אור השמש ואור הכוכבים), התפתחו במהלך האבולוציה העיניים והראייה. אבל מה בדבר החשמל? ככל הנראה, חשמל סטטי אינו שימושי במיוחד, על שימושי המיוחדים תוכלו לקרוא במאמר "מנוע מסוג אחר". אבל חשמל זורם הוא כמובן בעל שימושים רבים לאין ספור בטכנולוגיה (חימום, מאור, הפעלת מנועים, הפעלת מחשבים, העברת מידע...) וגם בגופנו, שבו החשמל הוא שפת התקשורת של העצבים, השרירים והמוח.

אבל האם קיים בסביבתנו הטבעית חשמל זורם והאם אנו יכולים להשתמש בו? התופעה הטבעית הבולטת ביותר של חשמל זורם היא כמובן הברק, ונדמה שהוא גורם יותר נזק מאשר תועלת (אף כי ייתכן שהודות לו למד האדם הקדמון להשתמש באש). חשמל זורם מצוי גם בליבת כדור הארץ, והוא היוצר את השדה המגנטי של כדור הארץ, שבו מסתייעים ציפורים ובני האדם בניווט (העובדה שזרמים חשמליים יוצרים שדות מגנטיים התגלתה בידי ארסטו ב - 1820).

חשמל זורם, מסוג מסוים, הוא גם המאיר את לילות הקוטב בזוהר הצפוני שהוא יפה להפליא אך בעל תועלת מעשית מזערית. לבד מאלה, לא קיים הרבה "חשמל זורם" בסביבתנו. לכן, בעלי חיים צריכים ליצור חשמל משלהם. והם אכן עושים זאת! הם משתמשים בו לתקיפה, לניווט, וגם לתקשורת, ובתוך הגוף הם משתמשים בו לחשיבה, וכן לתקשורת עם השרירים ולהפעלתם (מציאותו של חשמל בגוף החי התגלתה ב - 1780 בידי גלווני).

כל בעלי החיים הפולטים חשמל חיים במים, וזאת משום שהמים הם מוליך טוב יחסית. מים מתוקים מוליכים חשמל פחות טוב ממים מלוחים, אבל האוויר הוא מבודד, והוא מאפשר מעבר של מטענים חשמליים רק כאשר מופעל עליו מתח עצום בגודלו, כמו בתופעת הברק (וגם באחדים מן המוצגים בתערוכת החשמל של מוזיאון המדע בירושלים).

הסביבה הפנימית של הגוף בכל בעלי החיים היא מים מלוחים, ולכן בתוך הגוף החי קיים שימוש נרחב בחשמל.

הדג הנפוץ ביותר הפולט חשמל הוא דג הטורפדו, השייך למשפחת הכרישים. הוא ניזון מדגים קטנים יותר ומיצורים ימיים אחרים, ומהמם את טרפו כדי שלא יוכל לברוח על ידי יצירת מתח חשמלי של כמה עשרות וולט בין החלק הקדמי לחלק האחורי של גופו. זרם חשמלי נפלט מן החלק הקדמי של גופו, עובר דרך המים ודרך גוף הטרף, חוזר אל החלק האחורי של גופו, ומשלים את המעגל החשמלי בתוך גופו של הדג. מדוע הזרם אינו מהמם את דג הטורפדו עצמו? ככל הנראה, משום שראש הדג נמצא מחוץ למעגל הזרם ומשום שעקב מבנה גופו, הזרם החשמלי זורם בו דרך "תעלות" שאינן נוגעות בעצבים ושרירים. גם עבור בן אדם, היתקלות בדג טורפדו יכולה להיות בלתי נעימה עד מאוד, אבל היא אינה מסוכנת (פרט אולי לאנשים הנושאים בגופם קוצב לב!).

לדבר ולהקשיב

דג אחר, דג הפיל מניגריה, משתמש בחשמל לשם ניווט ותקשורת. עוצמת הזרם ועוצמת המתח הדרושות למטרות אלה נמוכות בהרבה מאלה הדרושות כדי להמם טרף, ולכן, בשפת הטכנולוגיה, אפשר לקרוא לדג זה דג "אלקטרוני" כדי להבדילו מדג הטורפדו "החשמלי".

הדג פולט אותות חשמליים קצרים וחלשים, במתח של וולטים בודדים בלבד, פעמים אחדות בשנייה, בקצב קבוע. בעור הדג מצויים איברי חישה

המסוגלים להבחין במתח החשמלי הנוצר עקב החזרתם של אותות אלה מעצמים בסביבה. הדג מסוגל לפרש את השינויים ברמת הפעילות של איברי חישה אלה במונחים של הימצאות עצמים, כגון סלעים או דגים אחרים, בסביבתו הקרובה, גודלם, מיקומם ואולי אף אופיים. סביבת הגידול הטבעית של דג זה היא מים עכורים, שעכירותם מגנה עליו מפני טורפים, ואילו "המכל" שלו מספק לו תמונה מסוימת, אף כי גסה, של סביבתו (הדבר מזכיר את האמרה, "בארץ העיוורים, אדם הרואה בעין אחת הוא מלך").

לא ידוע מה קדם למה, אבל דג זה משתמש במערכת החשמלית שלו גם לשם תקשורת עם דגים אחרים מסוגו. מאחר שהוא מסוגל לחוש בשדה החשמלי שלו עצמו כשהוא מוחזר אליו, הוא מסוגל לחוש גם בשדות החשמליים שיוצרים דגים אחרים. כאשר מכניסים שני דגים מסוג זה לאקוואריום, שני הדגים מתחילים מיד לנהל ביניהם מה שנראה בבירור כ"דו שיח" - על פי השינויים בקצב האותות. אף כי איננו יודעים (עדיין) מהו הקוד והתוכן של הודעות אלה, ברור למדי שהדגים מאותתים משהו זה לזה.

אזעקת זיהום אוטומטית

תבנית האיתות רגישה מאוד גם למצב המים, וזיהום קל ביותר של המים גורם לשינויים בתבנית זו. מתברר כי הדג רגיש ביותר למזהמים ומגיב במהירות רבה יותר מכל התקן טכנולוגי מוכר (והוא גם זול בהרבה!). לכן, זה שנים אחדות ש"מקורות", חברת המים הלאומית של ישראל, משתמשת בדגים אלה כדי לנטר את איכות המים וכדי לקבל אזהרה מוקדמת על כל בעיה שמתעוררת. באקוואריום, שדרכו זורמים מי הדגימה, מצוי חיישן המחובר למחשב קטן, המגיב אוטומטית לכל שינוי בתבנית האיתות של הדג ומפעיל אזעקה.

כיצד יוצרים הדגים חשמל?

הזכרנו כי שפת מערכת העצבים היא חשמלית. החשמל המשמש את הדגים להתקפה, ניווט ותקשורת נוצר בדיוק באותה דרך שבה נוצר החשמל המשמש את מערכת העצבים. ההבדל העיקרי הוא שבדגים, התאים היוצרים את החשמל גדולים יותר מתאי עצב, והם מסודרים בטור ליצירת מתחים גבוהים יותר. פירוש הדבר שהם מסודרים "ראש אל זנב", כך שהמתח הכולל שמייצרים N תאים גדול פי N מהמתח שמייצר כל תא.

אבל מהיכן בא החשמל? בטכנולוגיה, רוב החשמל מיוצר באמצעות מחוללים, שבהם תילים מוליכים מונעים בתוך שדות מגנטיים (מחוללים ומנועים חשמליים הומצאו בידי פרדיי ב- 1831). לבעלי חיים אין אמצעים ליצירת שדות מגנטיים, ולכן הם אינם יכולים לייצר חשמל בדרך זו. אולם ניתן לייצר חשמל גם באמצעים כימיים, כמו בסוללות (את הסוללה המציא וולטה ב- 1800). כאן מנצלים את "הפוטנציאלים האלקטרוכימיים" השונים של מתכות שונות כדי להניע יונים (אטומים טעונים) בתמיסה מאלקטרודה אחת לאחרת, וכך נוצר זרם חשמלי. אבל בעולם החי אין מתכות, ולכן אין דרך ליצירת סוללות (כמובן, בגופנו מצויים אטומי ברזל וגם אטומים של יסודות מתכתיים אחרים, אבל אלה אינם מצטרפים יחדיו ליצירת מסה מוצקה שהיוו קוראים לה מתכת). הטבע היה צריך אפוא למצוא דרך אחרת ליצירת חשמל; ואכן נוצר בטבע מנגנון יעיל להפליא שהטכנולוגיה טרם הצליחה לחקות אותו. השיטה מבוססת על "משאבות יונים". אלה הן מולקולות גדולות בעלות דרגת התמחות גבוהה, המצויות בקרומים של כל התאים, ותפקידן היחיד להעביר יונים מצדו האחד של קרום התא אל צדו האחר, למשל, מתוך התא החוצה. את האנרגיה הדרושה לפעולת שאיבה זו מספק ספק האנרגיה הבסיסי בגופנו, הנקרא ATP. ברור כי המקור הראשון לאנרגיה זו הוא המזון שאנו אוכלים.

ה"משאבות" מעבירות יונים חיוביים, בדרך כלל יוני נתרן, מתוך התא החוצה, ובדרך זו יוצרות מפל ריכוזים והפרש פוטנציאלים ושומרות עליהם לאורך זמן. כאשר הדג "מחליט" לפלוט אות חשמלי, המוח שלו שולח דרך העצבים אותות לכל התאים החשמליים בו בזמן. אותות אלה פשוט פותחים "תעלות" בקרומי התאים, שדרכן יכולים יוני הנתרן לזרום חזרה אל תוך התא במשך פרק זמן קצר. זרם חשמלי חזק זה, הזורם דרך תאים רבים, מהווה את האות החשמלי שפולט הדג. לאחר שהתאים מתמלאים ביוני נתרן, הזרם החשמלי נפסק, התעלות נסגרות, והמשאבות שבות לפעול ויוצרות מחדש את מפל הריכוזים.

אותות עצביים בתוך הגוף

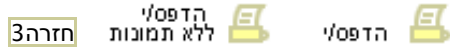
בכל בעלי החיים שיש להם מערכת עצבים, סיבי עצב מוליכים אותות חשמליים באמצעות תנועה של יונים במים ולא באמצעות תנועה של אלקטרונים במתכת. מאחר שדרך זו יעילה הרבה פחות, יש להגביר את האותות בסדירות בעת מעברם לאורך העצבים. דבר זה נעשה בדיוק כמו בדג החשמל. "משאבות" יונים שומרות על הפרש ריכוזים של יוני נתרן בין פנים התא לבין החוץ. כאשר אות מתקרב, הפוטנציאל החשמלי הקטן שהוא נושא פותח את תעלות היונים, וזרם היונים המתקבל כתוצאה מכך מגביר את האות ושולח אותו לדרכו.

מניחים שהאות העצבי הוא שהתפתח תחילה במהלך האבולוציה, ולאחר מכן נוצל עיקרון זה לשימושים אחרים. הטבע הוא אכן רב תושייה!

ביבליוגרפיה:

כותר: גם בעלי חיים משתמשים בחשמל
שם הפרסום מקורי: לאור החשמל

מחבר: בן-שלום, אמיר (ד"ר)
תאריך: 2001
הוצאה לאור: מוזיאון המדע החדש ע"ש בלומפילד
הערות: 1. המאמרים נכתבו לכבוד התערוכה "לאור החשמל", אותה אצר ד"ר אמיר בן-שלום.
הערות לפריט זה:



החומר במאגר זה הינו לשימוש פרטי ושימושם של מורים ותלמידים לצרכים לימודיים בלבד. אין להפיץ, להעתיק, לשדר או לפרסם חומר כלשהו מתוך המאגר, ללא הסכמה מראש ובכתב של בעלי זכויות היוצרים השונים, המצויינים בתחתית כל פריט.