

## מעגלי זרם ישר: פירוט, דגשים, הערות דידקטיות

בפרק זה יש להדגיש יותר את הצדדים הפיזיקליים ופחות את התרגול הטכני.

### 3.1 הזרם חשמלי ועצמת הזרם החשמלי (2 שעות)

- א. "זרם חשמלי" הוא מושג המתאר מטענים חשמליים בתנועה מכוונת. בכל מקרה שבו מטען חשמלי עבר מגוף אחד לגוף אחר, אנו אומרים כי זרם חשמלי.
- ב. על מנת להסביר את תופעת הזרם החשמלי במוליך, יש להשתמש במושגים שהוצגו לתלמידים באלקטרוסטטיקה. השדה החשמלי בתוך מוליך, מפעיל כוח על נושאי המטען במוליך בכיוון מסוים. נושאי המטען החיוביים נעים בכיוון זה, וזהו כיוונו של הזרם החשמלי במוליך (כיוון הזרם החשמלי במוליך ככיוון השדה החשמלי שבו).
- ג. מאחר שכיוון השדה האלקטרוסטטי הוא מהפוטנציאל הגבוה לנמוך, כיוון הזרם החשמלי, בכל קטע של המעגל, הוא מהפוטנציאל הגבוה לנמוך. בסוללה קיים מנגנון ההופך אנרגיה לא חשמלית (כימית, למשל) לאנרגיה חשמלית, מנגנון הגורם להעברת מטענים מהפוטנציאל הנמוך לפוטנציאל הגבוה.
- ד. כדי לחזק את הקשר בין המודל המיקרוסקופי למודל המקרוסקופי, מומלץ להביא את הנוסחה -  $I = nqAv$  ולהסביר את הפרמטרים שלה. חשוב להדגיש את ההבדל שבין "מהירות הסחיפה" לעצמת הזרם. בכיתות חזקות כדאי לפתח את הנוסחה.
- ה. האפיון הכמותי של הזרם החשמלי הוא על-ידי עצמת הזרם החשמלי, המוגדרת על-ידי  $I = \frac{dq}{dt}$ .
- יש להראות כי עצמת הזרם מתארת מבחינה מתמטית את שיפוע הגרף מטען-זמן (עצמת הזרם כנגזרת המטען בזמן), ואילו כמות המטען ניתנת על-ידי הישטח' שמתחת לגרף זרם-זמן. בשלב זה אין צורך בתרגול.
- ו. בעזרת תיאור גרפי של זרם כתלות בזמן, ניתן להציג את המושגים: "זרם ישר", "זרם קבוע", "זרם משתנה", "זרם חלופין".
- ז. יש לציין את התחממות המוליך שזורם בו זרם וכן שהעברת זרם בתמיסה אלקטרוליטית גורמת להתפרקות התמיסה. בשלב זה של הלימוד, רצוי להתייחס לקשר שבין עצמתן של תופעות חשמליות (כגון סטיית מחט מצפן) לעצמת הזרם.
- ח. חשוב לציין כי זרם חשמלי במוליך הוא תוצאה של תנועת אלקטרונים, ואילו בתמיסות אלקטרוליטיות הזרם נוצר כתוצאה מתנועת יונים.

### 3.2 המתח החשמלי וחוק אום (2 שעות)

- א. את הקשר בין מתח לזרם במוליך רצוי להראות בעזרת ניסוי. בשלב זה, חשוב להראות שתלות זו ייחודית למוליך, וזאת על-ידי השוואה בין אופייני נגד ונורת להט (ואולי אף דיודה תרמיונית).
- ב. תלמידים נוטים לחשוב שהמתח על הנגד נגרם על-ידי הזרם העובר דרכו. למעשה, המושג הראשוני הוא השדה החשמלי בחומר, המפעיל כוח על המטענים ויוצר זרם חשמלי. (אם פרק זה נלמד לאחר הוראת האלקטרוסטטיקה, ניתן לעמוד על הקשר שבין השדה החשמלי במוליך ובין עצמת הזרם במעגל). ה"שדה החשמלי" ו"הפרש הפוטנציאלים" ("מתח") הם מושגים הנגזרים זה מזה. קיומו של הפרש פוטנציאלים מעיד על קיומו של שדה חשמלי הגורם לזרם.
- ג. המתח בין שתי נקודות במעגל לאורכו של מוליך הומוגני, נמצא ביחס ישר למרחק ביניהן. ניתן להראות כי מעובדה זו נובע שהשדה החשמלי במוליך הומוגני הוא אחיד.
- ד. הנגד הופך אנרגיה חשמלית לחום. כאשר מטען נע בנגד, העבודה שביצע עליו השדה החשמלי שווה לכמות החום שנפלטת בנגד. תנועת המטען החשמלי בנגד היא תוצאה של כוח שמפעיל השדה החשמלי בנגד. יש לציין שללא התנגדות החומר, המטען היה יכול לשמור על מהירותו ללא עבודה (על מוליך).
- ה. עבודת השדה החשמלי ליחידת מטען מוגדרת כמתח על הנגד.

### 3.3 התנגדות (2 שעה)

- א. יש להדגיש את תלות ההתנגדות בגדלים גאומטריים של אורך הנגד ושטח-החתך שלו. כן תלויה ההתנגדות בסוג החומר. מומלץ לבצע ניסוי הממחיש תכונות אלו.
- ב. נגד משתנה מהווה יישום של אפשרות שינוי התכונות הגאומטריות.
- ג. יש להסביר בקצרה מהו חיבור פוטנציומטרי ומהו חיבור ריאוסטטי. הסבר מפורט יותר יינתן בעת הדיון במעגלים חשמליים.

### 3.4 כא"מ ומתח הדקים (3 שעות)

- א. יש להתייחס למושג "כא"מ" בהיבט האנרגטי: האנרגיה שהסוללה מעניקה ליחידת מטען (אפשר לומר גם: כא"מ – כמות אנרגיה למטען).
- ב. אפשר למדוד את הכא"מ בעזרת אלקטרומטר (אלקטרוסקופ מכויל), או בעזרת וולטמטר אידאלי.

ג. יש להדגיש שמתח ההדקים הוא פונקציה של הזרם במעגל, לעומת הכא"מ וההתנגדות הפנימית שהם קבועים ומאפיינים את מקור המתח.

### 3.5 טיפול כמותי בטעינה ופריקה של קבל (4 שעות)

א. מומלץ לפתוח את הנושא בהדגמה בעזרת קבל גדול מאוד (סדר גודל של IF) הנטען ונפרק דרך נורה, או בניסוי ממוחשב. אם אין לתלמידים רקע בנושא הפונקציה המעריכית, יידחה הטיפול הכמותי לשלב מאוחר יותר. גם אז, אין צורך לפתור את המשוואה הדיפרנציאלית, אולם יש להציג את משוואת הזרם כפתרון שלה. לא נדרש שימוש בפונקציה  $\ln(i)$ .

ב. למדידה בעזרת חיישנים המחוברים למחשב מספר יתרונות:

- ביצוע הניסוי מהיר יותר, ולכן מסגרת הזמן מאפשרת לבחון את השפעת שינויי המתח, ההתנגדות והקיבול על זמני הטעינה והפריקה.
- ניתן לחשב בקלות את השטח מתחת לגרף הזרם כתלות בזמן ( $\int Idt$ ), ולבחון מה הם הגורמים המשפיעים על המטען המצטבר בקבל.

ג. הטעם העיקרי לטיפול כמותי בטעינה ופריקה של קבל הוא שזוהי הפעם הראשונה שהתלמידים נתקלים ביישום מדעי של הפונקציה המעריכית. לכן חשוב לציין כי קיימים תהליכים נוספים בטבע המתנהגים לפי פונקציה זו. כמו כן, תהליך הטעינה והפריקה של קבל ממחיש את העובדה שהתהליך שבו המעגל מגיע למצב עמיד אינו מתרחש באפס זמן.

### 3.6 הספק ואנרגיה במעגל חשמלי, נצילות (3 שעות)

א. רצוי להציג את האנרגיה החשמלית כאחד מסוגי האנרגיה השונים ולנצל את הידע שהתלמידים רכשו בנושא בתחומים אחרים.

ב. התלמידים יתבקשו להביא דוגמאות של תהליכי המרת אנרגיה כאשר אחת משתי האנרגיות המעורבות היא חשמלית.

ג. יש להדגיש את ההבדל בין אנרגיה לבין הספק: האנרגיה היא גודל מצטבר לאורך הזמן, ואילו ההספק מבטא את האנרגיה ביחידת זמן. לכן נכון יהיה להשוות בין מכשירי חשמל רק לפי הספקיהם ולא לפי האנרגיה שהם צורכים.

ד. ההספק הרשום על כל מכשיר חשמלי נכון רק בתנאי שהמכשיר מחובר למתח הרשום עליו. אחרת ההספק ישתנה ביחס ישר לריבוע המתח.

- ה. כאן גם המקום להזכיר את היחידה המקובלת למדידת אנרגיה חשמלית במשק החשמל – הקילוואט-שעה (kWh).
- ו. מומלץ לדון עם התלמידים בתלותה של הנצילות ביחס שבין ההתנגדות החיצונית של המעגל להתנגדות הפנימית שלו.
- ז. כבר בשלב זה ניתן לדון עם התלמידים ביתרון שבהעברת אנרגיה למרחק במתח גבוה ובזרם נמוך.

### 3.7 מעגלים חשמליים (7 שעות)

- א. בחיבור נגדים יש להסביר את משמעותו של המושג "התנגדות שקולה".
- ב. חיבור מקורות במקביל יתייחס רק למקורות זהים.
- ג. כדאי להביא דוגמאות לחיבורים שונים של נגדים לוויסות מתח או זרם במכשירי חשמל. כאן המקום לדון בהבדל שבין החיבור הראוסטטי לבין החיבור הפוטנציומטרי.
- ד. אין צורך לדון במעגלים מורכבים המכילים יותר משני צמתים ושני מקורות כא"מ (הוספת מכשירי מדידה או מתגים לא תחשב כהוספת צמתים).
- ה. חשוב להדגיש את חוקי קירכהוף כמקרים פרטיים של חוק שימור המטען ("חוק הצומת") ושל חוק שימור האנרגיה ("חוק העניבה").

### 3.8 מכשירי מדידה (1 שעה)

- א. יש לציין את הדרישות ממכשיר מדידה אידאלי.
- ב. יש להסביר את אופן חיבור מכשירי המדידה במעגל ואת השפעתם על המעגל. במסגרת הדיון האיכותי, יש לדון בהשפעת מכשירי מדידה לא אידאליים על הגדלים הנמדדים.
- ג. אין צורך בדיון כמותי בשינוי תחומי המדידה.