



מהלך הוראה מבוססי דיאגנוזה בכיתת הפיזיקה אוף, כמה נוסחאות - מעגלי זרם

פיתוח: המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

צוות הפיתוח: ד"ר אסתר בגנו, ד"ר חנה ברגר, פרופ' עידית ירושלמי. ד"ר זהורית קפאח, אסתר מגן, קורינה

פולינגר, אירינה ויסמן



תוכן עניינים

1 מהלך הוראה מבוססי דיאגנוזה בכיתת הפיזיקה

3 מהלכי הוראה לשילוב ידע – מבוא כללי

7 מבוא כללי למהלכי הוראה מהסוג "אוף, כמה נוסחאות!"

10 מהלך הוראה "אוף כמה נוסחאות!" מעגלי זרם

11 "אוף כמה נוסחאות!" – מעגלי זרם ישר דף פעילות לתלמיד

17 קשיים שהפעילות המאבחנת יכולה לחשוף

18 הצעה לפתרון "אוף כמה נוסחאות" – מעגלי זרם ישר הצעה לפתרון "אוף, כמה נוסחאות!" – מעגלי זרם

24 דגשים בהפעלת הפעילות

25 מקורות



מהלכי הוראה לשילוב ידע – מבוא כללי

הקדמה

"מהלך הוראה לשילוב ידע" מוגדר על ידינו כרצף של פעילויות הוראה שמכוונות לעודד "למידה משמעותית" של כל תלמיד ותלמיד. למידה משמעותית מתרחשת כאשר הלומד משלב בין הידע החדש שהוא אמור ללמוד לבין הידע שכבר קיים אצלו וכך יוצר מבנה ידע מעודכן (Ausubel, 2000; Linn & Eylon, 2011). כל "מהלך הוראה לשילוב ידע" בנוי משלש פעילויות עוקבות:

1. **פעילות מאבחנת** המאפשרת למורה לחשוף קשיי למידה או טעויות של תלמידים. פעילות מאבחנת מנוסחת בדרך כלל (אך לא תמיד) כשאלה רבת בחירה בה התלמיד מתבקש לבחור בתשובה הנראית לו נכונה **ולנמק** את הסיבה שבגללה בחר בתשובה זו. פעילות מאבחנת מסוימת יכולה לחשוף באותה כיתה "משפחות" שונות של קשיים (למשל, תלמידים אינם יודעים לכתוב נימוק, או שימוש לא נכון בנוסחה הנובע מפרוש לא נכון של הנוסחה או "בלבול" בין מושגים פיזיקאליים שונים שנראים דומים). במקום שאלה רבת בחירה, ניתן להתייחס לשלב של העבודה האישית בפעילות ה"טיפול" המתוארת בסעיף הבא, כפעילות מאבחנת.
2. **פעילות "טיפול"** המותאמת למשפחה של קשיים או טעויות העולים מממצאי הפעילות המאבחנת (למשל, פעילות ה"טיפול" "נימוק מה חסר?" המותאמת לקושי של תלמיד לכתוב נימוק מדעי לפתרון בעיה, פעילות ה"טיפול" "נוסחה ומשמעותה" המותאמת לקושי של התלמיד לפרש מה אומרת הנוסחה ובאילו תנאים פיזיקאליים מותר להשתמש בה, או פעילות ה"טיפול" "למה כן למה לא" המותאמת לקושי של תלמיד להסביר לא רק מדוע תשובה מסוימת בשאלה רבת בחירה היא נכונה אלא מדוע שאר התשובות לא יכולות להיות נכונות מבחינה פיזיקלית).
3. **פעילות משוב אישי (רפלקציה)** שבה התלמיד מתבקש להשוות בין הידע ההתחלתי שלו, כפי שהיה בעת ביצוע הפעילות המאבחנת, לבין הידע שרכש בעקבות הפעילות ה"טיפול", המתוארת בסעיף הקודם.



באופן כזה, ניתן להציע לתלמידים שונים באותה הכיתה מהלכי הוראה שונים, בהתאם לקשיים/טעויות הנחשפים בפעילות המאבחנת.

ברצוננו להעיר שבמהלך השנים האחרונות העברנו פעילויות מאבחנות מגוונות בכיתות של מורים מצוות הפיתוח. ניתוח הממצאים שנאספו מצביע על "משפחות" מסוימות של טעויות או קשיים הנחווים על ידי מרבית התלמידים (למשל, ייחוס תכונות ווקטוריות לגדלים סקלרים וההפך, קושי לזהות עקרונית פיזיקאליים העומדים בבסיס של אירוע או מצב פיזיקאלי או קושי להימנע מהכללות יתר). לכן, באוגדן זה, אנחנו מציעים, בשלב ראשון, פעילויות "טיפול" שתופעלנה בהשתתפות כל תלמידי הכיתה. הניסיון מלמד שאם מפעילים את פעילות ה"טיפול" בהתאם למתואר למטה, כל התלמידים לומדים, אלה שהתקשו בפעילות המאבחנת וגם כאלה שלא התקשו.

המלצות דידקטיות להפעלת "מהלך ההוראה לשילוב ידע"

ניתן לבצע את הפעילות המאבחנת ואת פעילות ה"טיפול" שבאה בעקבות האבחון, באופן אישי, קבוצתי ודיון כיתתי. את פעילות המשוב יש לעשות באופן אישי, כדי שהתלמיד ייתן לעצמו דין וחשבון על מה שלמד.

כדי להבטיח, עד כמה שניתן, שכל תלמיד ילמד ממהלך ההוראה, מומלץ להפעילו בארבעה שלבים: עבודה אישית, עבודה בקבוצות קטנות, דיון כיתתי ומשוב אישי (רפלקציה).

בשלב של העבודה האישית

- כדי להבטיח את ביצוע השלב האישי, במיוחד אם הוא ניתן כשעורי בית, מומלץ לתגמל תלמידים (באופן שמתאים למורה) על ביצוע שלב זה. יחד עם זאת, חשוב שהמורה ידגיש שתשובות לא נכונות בשלב של העבודה האישית לא יפגעו בציון הסופי של התלמידים.
- אם השלב האישי מתבצע בכיתה, מומלץ שהמורה יעבור בין התלמידים ויעודד אותם לעבוד לבד. יחד עם זאת, מומלץ לא להסתכל בתשובות שהתלמידים כותבים כדי להפיג חששות.
- אם השלב האישי מתבצע בכיתה, מומלץ שהמורה יקשיב לשאלות שהתלמידים מפנים אליו, אבל לא ייתן תשובות. במידת הצורך, ניתן לסייע לתלמידים בשאלות מנחות (מגוון של שאלות מנחות ניתן במדריכים למורה).



בשלב של העבודה בקבוצות

- עד כמה שניתן, מומלץ לחלק את התלמידים לקבוצות בנות שלושה תלמידים כל אחת. בכל מקרה, רצוי ואף חשוב שבקבוצה יהיה לכל היותר תלמיד אחד שלא הפגין קשיים בשלב האבחון.
- כדאי שהמורה יקפיד שכל התלמידים בקבוצה ישתתפו ושלא תהיה השתלטות של תלמיד אחד על השיח.
- אם התלמידים בקבוצה חווים קשיים במענה על המשימות, המורה יכול לסייע להם בשאלות מנחות.
- בקבוצות שמסיימות מהר את העבודה, כדאי לוודא שאכן דנו ועדכנו בכתב את התשובות לכל השאלות. כמו כן רצוי לבקש מכל אחד לספר בעל-פה או בכתב מה הוא למד מחבריו במהלך העבודה בקבוצות, אפשר גם לבקש מהם לענות על שאלות הרחבה שהן מעבר לפעילות המקורית.

בשלב של הדיון הכיתתי

- בשלב זה, מומלץ שהמורה ידגיש שנציג אחד מכל קבוצה מציג את התשובות שעליהן הסכימו כקבוצה. לאחר ההצגה של הקבוצה הראשונה, מומלץ לבקש מנציגי הקבוצות האחרות להציג רק השלמות, תיקונים, תוספות או גישות אחרות לתשובה שניתנה ולהשתדל לא לחזור על דברים שכבר נאמרו.
- במקרה שהמורה מזהה שימוש שגוי במושג, כדאי לחזור עם התלמידים על הגדרת המושג ולוודא שהשימוש בו יהיה נכון.
- מאד חשוב בדיון הכיתתי להציג את כל הספקטרום של התשובות שהציעו נציגי הקבוצות וגם את הקשרים ביניהם. לדוגמא, אם קבוצה אחת הציגה תשובה המסתמכת על שימור אנרגיה מכנית וקבוצה אחרת הציגה תשובה המסתמכת על חוקי ניוטון, חשוב שבדיון הכיתתי יודגש הקשר בין התשובות. אפילו במקרה קיצוני שבו כל הקבוצות נקטו אותה הגישה, רצוי שהמורה יציין ויסביר גם את הגישה האחרת.

בשלב של המשוב האישי (רפלקציה)



- שלב המשוב האישי חיוני מאד והוא הכלי שבאמצעותו התלמידים אכן מוודאים מה הם למדו במהלך הפעילות ומה עדיין לא ברור להם. מורים ותלמידים נוטים לדלג עליו. לכן, חשוב לבקש מהתלמידים לענות על השאלות הרפלקטיביות, אפילו באופן אנונימי ולאסוף את התשובות. עיון בתשובות של התלמידים משכנע בדרך כלל מורים בחשיבות הרפלקציה. כדאי גם שמורים יעשו בכיתה פעולות המשך שיעידו על כך שהם קראו את התשובות ומתייחסים אליהן ברצינות.



מבוא כללי למהלכי הוראה מהסוג "אוף, כמה נוסחאות!"

עם ההתקדמות של לימוד נושא בפיזיקה מתוודע התלמיד למספר הולך וגדל של נוסחאות כך שבבואו לפתור בעיות, אם אינו מבין את משמעות הנוסחאות, הוא מתקשה לבחור את אלה שבעזרתן יפתור את הבעיה. ואכן, הן מורים מנוסים והן ספרות הוראת הפיזיקה מעידים על כך שתהליך פתרון הבעיות מתמצה בדרך כלל בחיפוש אחר נוסחאות המכילות כפרמטרים את הגדלים הנתונים ואת הגדלים שיש למצוא ובהמשך, ביצוע מניפולציות מתמטיות עד לקבלת הערכים של הגדלים הנדרשים. תהליך זה אינו מבוסס על ההבנה של משמעות הנוסחאות או של הפרמטרים המרכיבים אותן ואף אינו מקדם הבנה כזאת (Sherin, 1991; Van Heuvelen, 2001; Mason & Singh, 2010). מטרת מהלכי ההוראה לשילוב ידע "אוף, כמה נוסחאות!" היא לקדם הבנה כזאת. כמו כל מהלכי ההוראה, גם מהלכי ההוראה "אוף, כמה נוסחאות!" מורכבים כל אחד מפעילות מאבחנת (דיאגנוסטית) ומפעילות "טיפול".

הפעילות המאבחנת ב"אוף, כמה נוסחאות!" היא השלב של העבודה האישית של מהלך ההוראה. מטרת הפעילות המאבחנת היא לברר עד כמה התלמידים יודעים אילו גדלים מיוצגים על-ידי האותיות המופיעות בנוסחאות של הנושא הנלמד, מהן יחידות המידה של הגדלים הללו, מה מתארות הנוסחאות שבהן משולבות האותיות הללו ובאילו תנאים פיזיקאליים (בניגוד לתנאים מתמטיים) הנוסחאות תקפות. בהתאם לכך, התלמיד מקבל רשימה של נוסחאות מתוך הנושא הנלמד ומתבקש:

1. לתאר במילים מה מייצגת כל אחת מהאותיות שמופיעה בנוסחאות ומהן יחידות המידה שלה
2. לספר במילים מה מתארת כל נוסחה ומהם התנאים הפיזיקאליים שבהם מותר להשתמש בנוסחה.

תשובותיו של התלמיד לשאלות אלה יכולות לחשוף אחד או יותר מהקשיים הבאים:

- א. קושי לזהות את כל הגדלים הפיזיקאליים המיוצגים על ידי אותיות בנוסחאות
- ב. קושי להבחין בין שני סוגי גדלים פיזיקאליים: משתנים (כמו מסה, כוח או מטען חשמלי) וקבועים (כמו קבוע הגרוויטציה העולמי, המקדם הדיאלקטרי של ריק)
- ג. קושי להתאים לכל גודל את יחידות המידה שלו



- ד. קושי לנסח במילים מה מתארת הנוסחה, ובמיוחד לשלב בתיאור את הגדלים הפיזיקאליים המרכיבים אותה (כאותיות)
- ה. קושי לקשר בין נוסחה לבין עיקרון/חוק/ מקרה פרטי שאותו היא מייצגת (לראות את הנוסחה כייצוג סימבולי של עיקרון/חוק/מקרה פרטי)
- ו. קושי להבחין בין תנאים מתמטיים (מציאת ערך של גודל לא ידוע בעזרת גדלים ידועים) לבין תנאים פיזיקאליים (למשל, בתנועה בתאוצה קבועה בלבד) שבהם מתקיימת נוסחה

פעילות ה"טיפול" - "אוף, כמה נוסחאות!"

המטרות של פעילות ה"טיפול" "אוף כמה נוסחאות" הן לחזק את הבנתו של התלמיד לכך שנוסחאות הינן ייצוגים סימבוליים של עקרונות, חוקים או מקרים פרטיים שלהם, לעזור לתלמיד ל"תרגם" את הייצוגים הסימבוליים לייצוגים מילוליים של חוקים ועקרונות פיזיקאליים תוך שימוש בגדלים המרכיבים את הנוסחאות, לקבל תמונת-על של הגדלים הפיזיקאליים, החוקים והעקרונות המרכזיים של הנושא ולהעמיק את ההבנה של כל נוסחה על ידי מציאת קשרים בינה לבין נוסחאות אחרות בנושא. לכן בשלב הקבוצתי של הפעילות (קרי ה"טיפול") מוצגות לתלמיד שוב הנוסחאות שאליהן התייחס בשלב האישי ובקבוצות קטנות התלמידים מתבקשים

- א. להשוות את תשובותיהם על השאלה "מה מייצגת כל אות המופיעה בנוסחאות ומהן יחידותיה?", לתקן, לשנות ולהוסיף במידת הצורך
- ב. להשוות את תשובותיהם על השאלה "מה מתארת כל נוסחה ומהם התנאים הפיזיקאליים שבהם מותר להשתמש בנוסחה" לתקן, לשנות ולהוסיף במידת הצורך
- ג. לבנות קבוצות שלהן יש משהו משותף (למשל, נוסחאות שבמונה שלהן מופיע ייצוג של כוח, נוסחאות שמתארות אנרגיה פוטנציאלית כובדית, או נוסחאות שמתייחסות אך ורק לטעינה של קבל)

לאחר הדיונים הקבוצתיים המורה מנחה דיון בהשתתפות כל תלמידי הכיתה שבו מרוכזות התשובות של כל הקבוצות, ומופקות תובנות בדבר כל אחת מהנוסחאות ובדבר הקשר ביניהן. הפעילות מסתיימת ברפלקציה אישית שבה כל תלמיד כותב מה למד בפעילות ומה עדיין לא ברור לו.



להלן מוצע "מדריך למורה" לביצוע מהלך ההוראה לשילוב ידע "אוף כמה נוסחאות-שדה ופוטנציאל חשמלי" חשמל. המדריך כולל

- א. "תעודת הזהות" של מהלך ההוראה
- ב. דף הפעילות לתלמידים (הכולל את השלב האישי-שלב האיבחון)
- ג. קשיים שהפעילות המאבחנת יכולה לחשוף
- ד. הצעה לפתרון מורה
- ה. דגשים להפעלת הפעילות

קיימות פעילויות נוספות במאגר הפעילויות מהסוג מסוג "אוף, כמה נוסחאות!" הן במכניקה והן באלקטרומגנטיות.

מהלך הוראה "אוף כמה נוסחאות!" מעגלי זרם

תעודת הזהות של מהלך ההוראה

נושא	מעגלי זרם
הקושי	תלמידים מתייחסים אל נוסחאות כאל כלים מתמטיים המשמשים לפתרון בעיות ולא כאל ייצוגים סימבוליים של מושגים וחוקים/עקרונות המקשרים ביניהם. לפיכך, בבואם להחליט מהי הנוסחה המתאימה לפתרון בעיה, הם בדרך כלל אינם נסמכים על הבנת המשמעות של הנוסחאות אלא על חיפוש של נוסחאות המכילות את הגדלים המופיעים בבעיה (נתונים וכאלה שיש למצוא).
סוג הפעילות	"אוף, כמה נוסחאות!" סוג זה של פעילות מכוון את התלמידים לזהות את הגדלים הפיזיקאליים שמופיעים בנוסחה (ולהיעזר לשם כך גם בבדיקת יחידות המידה של הגדלים), לספר במילים מה מתארת כל נוסחה ומהם התנאים הפיזיקאליים שבהם מותר להשתמש בנוסחה ולבנות קבוצות של נוסחאות שלהן יש גורם משותף.
סביבת הפעילות	כיתה אפשר לתת את החלק האישי כשיעורי בית.
עזרים נחוצים	דפי הפעילות
משך הפעילות	כ- 45 דקות ¹

¹ בפעם הראשונה שבה מפעילים את "אוף כמה נוסחאות" רצוי לשריין שיעור כפול לביצוע מלא של הפעילות בכיתה

"אוף כמה נוסחאות!" – מעגלי זרם ישר דף פעילות לתלמיד

לפניכם אוסף נוסחאות הקשורות למעגלי זרם ישר:

$$(1) V_{AB} = \varepsilon - rI ; \quad (2) V_{AB} = RI ; \quad (3) W_{A \rightarrow B} = V_{AB}It ; \quad (4) P = V_{AB}I ; \quad (5) P = RI^2 ; \quad (6) P = \varepsilon I ; \quad (7) P = rI^2$$

$$(8) P = \varepsilon I - rI^2 ; \quad (9) P = \frac{V_{AB}^2}{R}$$

עבודה אישית

1. ציינו מה מייצגת כל אות המופיעה בנוסחאות אלו ומהן יחידות המידה שלה:

P	W _{A→B}	t	ε	R	r	V _{AB}	I	האות
								מה האות מייצגת?
								יחידת המידה



מלאו את הטבלה הבאה:

מהם התנאים הפיזיקאליים שבהם מותר להשתמש בנוסחה?	מה מתארת הנוסחה?	הנוסחה	
		$V_{AB} = \varepsilon - rI$.1
		$V_{AB} = RI$.2
		$W_{A \rightarrow B} = V_{AB}It$.3
		$P = V_{AB}I$.4
		$P = RI^2$.5
		$P = \varepsilon I$.6
		$P = rI^2$.7

		$P = \epsilon I - rI^2$.8
		$P = \frac{V_{AB}^2}{R}$.9

עבודה בקבוצות

1. דונו עם חבריכם לקבוצה על תשובותיכם בעבודה האישית ואם יש צורך, בעזרת עט בצבע אחר, עדכנו את תשובותיכם.
2. בנו קבוצות של נוסחאות שיש להן משהו משותף. אפשר לרשום אותה הנוסחה ביותר מקבוצה אחת. במידת הצורך, אפשר להוסיף שורות לטבלה.



מה משותף?	קבוצת הנוסחאות

3. על סמך עבודתכם עד כה, נסחו במספר משפטים את הרעיונות הפיזיקליים המרכזיים בנושא מתח, עבודה והספק במעגלי זרם ישר.

דיון כיתתי

לסיכום הפעילות, יתקיים דיון כיתתי בהנחיית המורה.

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורי הפיזיקה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת ובכלל זה שימוש מסחרי, פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה), העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או כל חלק ממנו.



משוב אישי

האם הפעילות תרמה לכם לזיהוי הקשר בין הנוסחאות וההבדלים ביניהן? הסבירו והביאו דוגמאות.

קשיים שהפעילות המאבחת יכולה לחשוף

1. קושי לקבוע מהו I בנוסחת מתח ההדקים (נוסחה 1).
2. קושי לקבוע מי מבצע את העבודה בנוסחה (3).
3. קושי לזהות שנוסחה 4 היא נוסחה כללית המתאימה לכל רכיב במעגל שהמתח בין קצותיו הוא V_{AB}
4. קושי לזהות את הקשר העולה מנוסחאות 3 ו 4 : הספק הינו קצב שינוי האנרגיה
5. קושי להתמצא בין שלל הנוסחאות המתארות הספק
6. קושי לראות את נוסחה 8 כקישור בין נוסחאות 1 ו 4
7. קושי להבין שנוסחה 8 היא ביטוי לחוק שימור האנרגיה .

הצעה לפתרון
"אוף כמה נוסחאות" – מעגלי זרם ישר
הצעה לפתרון
"אוף, כמה נוסחאות!" – מעגלי זרם

עבודה אישית

לפניכם אוסף נוסחאות הקשורות מעגלי זרם ישר:

(1) $V_{AB} = \varepsilon - rI$; (2) $V_{AB} = RI$; (3) $W_{A \rightarrow B} = V_{AB}It$; (4) $P = V_{AB}I$; (5) $P = RI^2$; (6) $P = \varepsilon I$; (7) $P = rI^2$; (8) $P = \varepsilon I - rI^2$; (9) $P = \frac{V_{AB}^2}{R}$

1. ציינו עבור כל אות המופיעה בנוסחאות אלו איזה גודל פיזיקלי היא מייצגת ומהי יחידת המידה של גודל זה.

האות	I	V_{AB}	r	R	ε	t	$W_{A \rightarrow B}$	P
מה האות מייצגת?	זרם	מתח חשמלי (הפרש פוטנציאלים) בין נקודות A ו-B	התנגדות פנימית של מקור	התנגדות חשמלית	כא"מ של מקור (סוללה/מצבר/מחולל)	זמן	עבודה של זרם חשמלי הזורם מהנקודה A לנקודה B	הספק חשמלי
יחידת המידה	אמפר A	וולט V	אום Ω	אום Ω	וולט V	שנייה s	ג'ול (או ג'אול) J	ואט W



2. מלאו את הטבלה הבאה :

מהם התנאים הפיזיקאליים שבהם מותר להשתמש בנוסחה?	מה מתארת הנוסחה?	הנוסחה	
תמיד	המתח בין הדקי מקור בעל כ"מ ε והתנגדות פנימית r , כאשר עובר זרם I . דרך המקור. נהוג לכנות אותו בשם "מתח ההדקים"	$V_{AB} = \varepsilon - rI$	1
כאשר בין שתי הנקודות A ו-B יש קשר מוליך	חוק אום. המתח החשמלי בין שתי נקודות במעגל, כאשר ההתנגדות שבין אותן שתי נקודות היא R והזרם הזורם בין אותן נקודות הוא I .	$V_{AB} = RI$	2
תמיד	עבודת הזרם I העובר במשך זמן t בין שתי נקודות שהמתח ביניהן V_{AB} .	$W_{A \rightarrow B} = V_{AB}It$	3
תמיד	ההספק החשמלי בקטע AB של מעגל, כאשר בין קצות הקטע יש מתח V_{AB} ודרך הקטע עובר זרם I .	$P = V_{AB}I$	4
תמיד	ההספק החשמלי הנצרך על ידי נגד שהתנגדותו R כאשר דרכו זרם זרם I	$P = RI^2$	5
תמיד	ההספק החשמלי הכולל של המקור שהכ"מ שלו ε ודרכו זרם זרם I .	$P = \varepsilon I$	6
תמיד	ההספק החשמלי המומר לחום בהתנגדות הפנימית של המקור	$P = rI^2$	7
תמיד	ההספק החשמלי המסופק על ידי מקור למעגל החיצוני	$P = \varepsilon I - rI^2$	8

תמיד	ההספק החשמלי הנצרך על ידי נגד שהתנגדותו R כאשר המתח בין קצותיו הוא V_{AB}	$P = \frac{V_{AB}^2}{R}$	9
------	---	--------------------------	---

עבודה בקבוצות

1. דונו עם חבריכם לקבוצה על תשובותיכם בעבודה האישית ואם יש צורך, בעזרת עט בצבע אחר, עדכנו את תשובותיכם.
2. בנו קבוצות של נוסחאות שיש להן משהו משותף. אפשר לרשום אותה הנוסחה ביותר מקבוצה אחת. במידת הצורך, אפשר להוסיף שורות לטבלה.

מה משותף?	קבוצת הנוסחאות
מתארות מתח חשמלי בין שתי נקודות במעגל.	$V_{AB} = \varepsilon - rI$, $V_{AB} = RI$
בכולן מופיע המתח בין שתי נקודות במעגל ועוצמת הזרם הזורם בין אותן שתי נקודות.	$V_{AB} = \varepsilon - rI$, $P = V_{AB}I$, $W_{A \rightarrow B} = V_{AB}It$, $V_{AB} = RI$
כולן מבטאות גדלים התלויים בזרם	$P = \varepsilon I$, $V_{AB} = \varepsilon - rI$, $P = V_{AB}I$, $W_{A \rightarrow B} = V_{AB}It$, $V_{AB} = RI$
מתארות הספק חשמלי (קצב המרה של אנרגיה)	$P = V_{AB}I$, $P = \varepsilon I$
מתארות הספק חשמלי הנצרך על ידי נגד	$P = rI^2$, $P = RI^2$, $P = \frac{V_{AB}^2}{R}$

מתייחסות להספק של סוללה	$P = \varepsilon I - rI^2$, $P = rI^2$, $P = \varepsilon I$
מתייחסות לסוללה בעלת התנגדות פנימית	$P = \varepsilon I - rI^2$, $V_{AB} = \varepsilon - rI$,

3. על סמך עבודתכם עד כה, נסחו במספר משפטים את הרעיונות הפיזיקליים המרכזיים בנושא מעגלי זרם ישר.

- חוק אום תקף רק אם בין שתי הנקודות קיים קשר מוליך.
- אם המעגל פתוח, כך שלא עובר זרם דרך המקור, המתח בין הדקי המקור שווה לכא"מ של המקור.
- אם במעגל רק מקור אחד והתנגדותו הפנימית אינה זניחה, המתח בין הדקיו לא יכול להיות גדול מהכא"מ שלו.
- אם ההתנגדות הפנימית של המקור זניחה, המתח בין ההדקים שלו שווה תמיד לכא"מ שלו, בין אם המעגל פתוח ובין אם הוא סגור.
- אם התנגדותו של תיל מוליך זניחה, המתח בין כל שתי נקודות שלו תמיד שווה אפס, לכן בכל נקודותיו יש אותו פוטנציאל.
- במעגל חשמלי סגור מתקיים בכל רגע ורגע שימור אנרגיה.

דיון כיתתי

לסיכום הפעילות, יתקיים דיון כיתתי בהנחיית המורה.

משוב אישי

האם הפעילות תרמה לכם לזיהוי הקשר בין הנוסחאות וההבדלים ביניהן? הסבירו והביאו דוגמאות.



דגשים בהפעלת הפעילות

- מומלץ לבצע את מהלך ההוראה בכיתה לאחר שכל הנוסחאות של הנושא כבר נלמדו.
 - באופן כזה יכולה הפעילות להוות סיכום של הנושא אבל גם לסייע לתלמידים להתבסס על הבנה ולא על ניחוש בבואם לפתור את הבעיות המסכמות של הנושא.
- בעת הדיון על היחידות של הגדלים השונים מומלץ להיעזר בקשרים בין היחידות כדי לחדד קשרים בין הגדלים לבין עצמם (למשל, בין מתח לבין עבודה) או בין הנוסחאות השונות (למשל, מתח ההדקים והספק של סוללה לא אידאלית).
- כדאי להדגיש שבעוד שהנגדים r ו R צורכים אנרגיה חשמלית, הרי שהסוללה מספקת אנרגיה חשמלית
- מומלץ לדון במעגל טורי פשוט הכולל סוללה לא אידאלית ומוליך שהתנגדותו R ולהראות את הקשרים בין
 - נוסחאות המתח, ובפרט שמתח ההדקים שווה למתח בין קצות המוליך
 - נוסחאות ההספק ובפרט שקצב הענקת האנרגיה למעגל על ידי הסוללה שווה לקצב צריכת האנרגיה הכולל של הנגדים (פנימי וחיצוני)
- בעת הדיון על המשפחות שניתן להרכיב מהנוסחאות הנתונות, מומלץ
 - לכבד כל הצעה, לרשום אותה על הלוח ולמנף אותה ליצירת קשרים בין קבוצות של נוסחאות.

○ לשאול את התלמידים גם במה נבדלות הנוסחאות שקובצו לאותה משפחה, למשל הנוסחאות $P = V_{AB}I$ ו $P = \varepsilon I - rI^2$ מתארות שתיהן הספק חשמלי, אלא שבעוד שהראשונה היא נוסחה כללית, השנייה היא מקרה פרטי שלה שמתייחסת לסוללה לא אידאלית.

● מומלץ לדין עם התלמידים על המשמעות הפיזיקאלית של כל אחת מנוסחאות ההספק ומתי להשתמש בכל אחת מהן.

מקורות

Ausubel, D.: The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. Kluwer Academic Publishers (2000)
Engelhardt & Beichner. Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. <i>AJP</i> 72(1), 2004
Linn, M.C., Eylon, B.S.: Science learning and instruction: Taking advantage of technology to promote knowledge integration. Routledge, New York (2011)
Mason, A., & Singh, C., (2010). Helping students learn effective problem solving strategies by reflecting with peers. <i>Am. J. Phys.</i> 78, 748.
Sherin, B. (2001) How students understand physics equations, <i>Cogn & Instruc.</i> 19, 479
Van Heuvelen, A., (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. <i>Am. J. Phys.</i> 59(10).