

## שם היחידה: חיבור בטור, במקביל וחשמל בבית

פיתוח היחידה: ד"ר סימון גפן, מדריכה מחוזית לפיזיקה בחט"ב - מחוז ירושלים

### במה עוסקת היחידה?

יחידת לימוד זו היא חלק ממסמך האב בנושא "חשמל ומגנטיות", והיא מהווה הרחבה ייחודית לתלמידי העתודה המדעית-טכנולוגית. היחידה עוסקת באופנים השונים שבהם ניתן לחבר צרכנים למקור אנרגיה חשמלית. היא דנה בהבדלים בין חיבור בטור לחיבור במקביל בהקשר של שימוש בחשמל בבית ובהשלכות על בטיחות השימוש בחשמל.

יחידת הוראה זו עוסקת בתכנים הבאים:

- חיבור צרכנים בטור ובמקביל.
- קצר, עומס יתר והגורמים להם.
- עקרון הפעולה של אמצעי בטיחות בחשמל - ממסר פחת ומפסק אוטומטי.

### מטרות היחידה

1. התלמידים יזהו, יסרטטו ויבנו מעגל טורי ומעגל מקבילי.
2. התלמידים יסבירו כיצד אופן חיבור הצרכנים משפיע על הזרם העובר דרכם.
3. התלמידים יסבירו כיצד אופן חיבור הרכיבים השונים משפיע על הזרם הכולל במעגל.
4. התלמידים יתארו את אופן חיבור מכשירי החשמל בבית.
5. התלמידים יצינו את המצבים המסוכנים העלולים להיווצר במערכת החשמלית: קצר, עומס יתר, התחשמלות, וידעו מה גורמיהם.
6. התלמידים יתארו את עקרון פעולתם של ממסר פחת ומפסק אוטומטי.

### מיומנויות

- ביצוע ניסויים והסקת מסקנות.
- עיבוד תוצאות הניסוי באמצעות הכללה.
- בניית מעגלים חשמליים על פי סרטוטם.
- סרטוט מעגל חשמלי שהורכב בכיתה באמצעות שימוש בסימנים מוסכמים.
- דרכי פתרון בעיות.

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

## **מבנה היחידה**

הפעילויות המוצעות ביחידה זו מבוססות על הידע שנלמד ביחידות הקודמות בנושא חשמל.

הידע החדש נבנה בהדרגתיות בעזרת פעילויות בעלות אופי חקרני.

1. בניית מעגלים שונים (בטור ובמקביל) בעזרת מרכיבים דומים.
  2. הבנת ההשפעה של אופן החיבור של הרכיבים על הזרם דרך כל רכיב ועל הזרם הכולל במעגל.
  3. היכרות עם התופעות של קצר, עומס יתר והתחשמלות. היכרות עם הסכנות הטמונות בתופעות אלו ודרכי ההתמודדות איתן.
  4. היכרות עם אמצעי בטיחות (ממסר פחת ומפסק אוטומטי) למניעת סכנות אלה.
- ביחידה דוגמאות לתופעות מחיי היום-יום ופיתוחים טכנולוגיים הקשורים למושגים אלה. במהלך הלמידה משולבים ניסויי תלמיד ודיונים.

## **לוח זמנים אפשרי**

היחידה מיועדת לשלוש שעות הוראה בקירוב.

## **ידע קודם של התלמיד**

- התלמידים מתארים זרם חשמלי.
- התלמידים התנסו במדידה של זרם חשמלי באמצעות אמפרמטר והכירו את יחידת המדידה של עוצמת הזרם החשמלי "אמפר".
- התלמידים יודעים כי במעגל טורי פשוט עוצמת הזרם זהה בכל חלקי המעגל.
- התלמידים מכירים את הקשר הכמותי בין מטען חשמלי העובר במעגל לבין עוצמת הזרם.
- התלמידים מציינים כי מעבר זרם אפשרי רק דרך מוליכים וכי עוצמת הזרם תלויה בסוג המוליך.
- התלמידים מסבירים את המושג התנגדות, יחידותיה והשפעתה על הזרם החשמלי.
- התלמידים מסבירים את תלות ההתנגדות באורך ובעובי (שטח חתך) של המוליך.
- התלמידים מסבירים את חוק אוהם – חוק הקובע קשר בין זרם, מתח והתנגדות.

## **שותפים לעשייה (לפי סדר הא"ב):**

**גב' אתי טל** - מדריכה ארצית, מרכזת את תכנית העתודה המדעית-טכנולוגית תחום ביולוגיה, כימיה ופיזיקה, המינהל למדע וטכנולוגיה

**גב' גניה חייקין** - מדריכה ארצית לפיזיקה בתכנית העתודה המדעית-טכנולוגית, המינהל למדע וטכנולוגיה

**מר יעקוב קיבה** - מדריך מחוזי לפיזיקה, מחוז חיפה

**גב' מרינה זיו** - מורת מורים עתודה מדעית-טכנולוגית, מחוז דרום

**ד"ר רוני מועלם** - מדריך ארצי לפיזיקה, המינהל למדע וטכנולוגיה

**ד"ר שלמה פישר** - מדריך מחוזי לפיזיקה בחט"ב, מחוז ירושלים

## דף חקר 1: חיבורים שונים במעגלים חשמליים

### מטרה

בניית מעגלים חשמליים שונים ממרכיבים זהים והבנת ההבדלים ביניהם.

### ציוד

- בית סוללות עם 3 סוללות של 1.5 וולט כל אחת
- 3 נורות זהות של 4.5 וולט
- חוטי חיבור מוליכים
- מפסק
- 2 מדי זרם (לא לשימוש בתחילת הניסוי)

### הנחיות לתלמידים

#### חלק א: כמה מעגלים ניתן לבנות ממרכיבים נתונים?

1. לפניכם 3 נורות, בית סוללות עם 3 סוללות של 1.5 וולט כל אחת, חוטי חיבור מוליכים, מפסק. דונו בקבוצתכם על המעגלים השונים שניתן לחבר מציד זה. נסו להציע כמה שיותר מעגלים חשמליים.
2. סרטטו תרשים לכל אחד מהמעגלים שהצעתם. כמה מעגלים **שונים** הצלחתם לסרטט?
3. השוו את התרשימים שסרטטתם לתרשימים של קבוצות אחרות.
4. בנו בעזרת הציוד הנתון את אחד מהמעגלים שהצעתם (היעזרו במורה להנחיה איזה מבין המעגלים הקבוצה שלכם תבנה). חברו את המפסק בסמוך למתקן הסוללות.
5. השוו את עוצמת ההארה של הנורות השונות במעגל שבניתם.
6. רשמו את התוצאות עבור המעגל שבניתם בצורה הבאה: (אור חלש, בינוני, חזק)

**שמות חברי הקבוצה:**

**תרשים המעגל**

**עוצמת האור: נורה 1 \_\_\_\_\_ נורה 2 \_\_\_\_\_ נורה 3 \_\_\_\_\_**

7. רכזו את התוצאות של כל הקבוצות בטבלה הבאה:

| מספר המעגל | עוצמת האור<br>נורה 1<br>(חלש, בינוני, חזק) | עוצמת האור<br>נורה 2<br>(חלש, בינוני, חזק) | עוצמת האור<br>נורה 3<br>(חלש, בינוני, חזק) | סרטוט המעגל<br>(כולל מספור של כל נורה) | סוג המעגל: A או B<br>(יושלים בהמשך הפעילות - סעיף 8) |
|------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|
| מעגל 1     |                                            |                                            |                                            |                                        |                                                      |
| מעגל 2     |                                            |                                            |                                            |                                        |                                                      |
| מעגל 3     |                                            |                                            |                                            |                                        |                                                      |
| מעגל 4     |                                            |                                            |                                            |                                        |                                                      |

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

8. מה ניתן ללמוד מהטבלה?

- באילו מעגלים דלקו כל הנורות בעוצמת אור זהה בקירוב?
- סמנו בטבלה באות A את המעגל שבו כל הנורות דלקו באור חזק באותה מידה (בקירוב).
  - סמנו בטבלה באות B את המעגל שבו כל הנורות דלקו באור חלש באותה מידה (בקירוב).
- מה ניתן ללמוד מכך על עוצמת הזרם שעובר בנורות במעגל A ועל עוצמת הזרם שעובר בנורות במעגל B?

**חלק ב: מה הם ההבדלים בין מעגל A למעגל B?**

**מעגל A**

9. תארו במילים כיצד מחוברת כל אחת מהנורות לסוללה במעגל A.
10. האם המטענים (אלקטרונים חופשיים) שעוברים דרך אחת הנורות, הם אותם המטענים העוברים גם דרך הנורות האחרות? הסבירו.
11. שערו מה יקרה אם נוציא את אחת הנורות החוצה מן המעגל. כיצד זה ישפיע על שתי הנורות האחרות? בנו את מעגל A ובדקו את השערתכם.
- סרטטו את מעגל A והוסיפו לסרטוט מד זרם הבודק את הזרם העובר דרך מקור המתח (זרם כולל). חברו את מד הזרם למעגל ורשמו את עוצמת הזרם שמראה מד הזרם (A)  $I = \_\_\_$ .
12. הוציאו מבית הנורה אחת משלוש הנורות. תארו כיצד הפעולה משפיעה על עוצמת הזרם הכולל. הוציאו מבית הנורה נורה שנייה. תארו מה קורה כעת לעוצמת הזרם במעגל. רשמו את תוצאות המדידה בטבלה שלפניכם:

| מספר נורות               | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------|---|---|---|
| עוצמת הזרם הכולל (באמפר) |   |   |   |

13. אופן החיבור של הנורות במעגל A נקרא "מקבילי". מה ניתן ללמוד מפעילות זו על הקשר בין עוצמת הזרם הכולל במעגל ומספר הנורות במעגל מקבילי?
14. תארו את הקשר בין ההתנגדות הכוללת של המעגל המקבילי ומספר הנורות.

**מעגל B**

15. תארו במילים כיצד מחוברת הנורות במעגל B. האם אותם המטענים (אלקטרונים חופשיים) שעוברים דרך אחת הנורות, הם אותם המטענים שעוברים גם דרך הנורות האחרות? הסבירו.
16. שערו מה יקרה לדעתכם אם נוציא את אחת הנורות מחוץ למעגל. האם זה ישפיע בצורה משמעותית על שתי הנורות האחרות? בנו את מעגל B ובדקו את השערתכם.
17. סרטטו את מעגל B והוסיפו לסרטוט מד זרם הבודק את הזרם הכולל במעגל. חברו את מד הזרם למעגל ורשמו את עוצמת הזרם שמראה מד הזרם (A)  $I_1 = \_\_\_$ .
18. בנו מעגל עם נורה אחת בלבד ומד זרם. השוו את קריאת מד הזרם לקריאה מסעיף הקודם  $I_2 = \_\_\_ (A)$ .

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

19. מה תהיה לדעתכם עוצמת הזרם  $I_3$  במעגל שבו שתי הנורות מחוברות באופן זהה לצורת החיבור שבמעגל B (דרגו את  $I_1, I_2, I_3$  מהקטן לגבוה)? נמקו.

20. בנו את המעגל, הכולל שתי נורות, ומדדו את הזרם העובר דרך המקור. האם השערתכם הייתה נכונה? רכזו את המדידות בטבלה שלפניכם:

| מספר נורות במעגל   | 1 | 2 | 3 |
|--------------------|---|---|---|
| עוצמת הזרם הכולל I |   |   |   |

21. אופן החיבור במעגל B נקרא טורי. מה ניתן להגיד על פי הניסוי, על הקשר בין עוצמת הזרם הכולל במעגל ומספר הנורות במעגל טורי?

22. תארו את הקשר בין ההתנגדות הכוללת של המעגל הטורי לבין מספר הנורות באותו המעגל.

### נסכם את אשר למדנו:

קיימות שתי אפשרויות לחיבור מעגלים חשמליים: חיבור במקביל וחיבור בטור. מה ההבדלים בין חיבורים אלה?

#### חיבור במקביל

במעגל A - שלוש הנורות מחוברות במקביל זו לזו.

במעגל זה עוצמת הזרם של נורה אחת במעגל כמעט ולא מושפעת ממספר הנורות המחוברות במקביל אליה, וכך גם עוצמת ההארה.

לעומת זאת, המטענים העוברים דרך כל נורה שונים: הזרם הכללי במעגל מתפצל בין הנורות השונות. חלק ממנו עובר דרך הנורה הראשונה, חלק דרך הנורה השנייה וחלק דרך הנורה השלישית. מכיוון שדרך כל נורה עובר זרם דומה למה שהיה עובר דרכה אילו חברה לבד למקור, הזרם הכולל יגדל ככל שנחבר במקביל מספר רב יותר של נורות.

על פי חוק אום:

$$I = \frac{V}{R}$$

אם **עוצמת הזרם הכולל** (העובר דרך הסוללה) **גדלה**, משמעות הדבר שככל שמחברים יותר רכיבים במקביל, ההתנגדות הכוללת של המעגל **קטנה**.

#### סיכום מעגל בחיבור במקביל:

- עוצמת הזרם הכולל גדלה ככל שמוסיפים רכיבים **במקביל**.
- עוצמת הזרם הכולל היא סכום עוצמות הזרמים העוברים דרך הרכיבים השונים.
- ההתנגדות הכוללת קטנה ככל שמחברים יותר רכיבים במקביל.
- הוצאת רכיב אחד מהמעגל כמעט שאינה משפיעה על שאר הרכיבים.

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

**חיבור בטור**

במעגל B - שלוש הנורות מחוברות בטור זו לזו. הנורות נמצאות באותה לולאה, והמטענים העוברים דרך נורה אחת, עוברים אחר כך דרך הנורה השנייה והנורה השלישית.  
 בחיבור בטור עוצמת הזרם הכולל קטנה ככל שנחבר יותר נורות.  
 ולכן על פי חוק אום : בחיבור בטור ההתנגדות הכוללת גדלה ככל שמחברים בטור יותר רכיבים.

**סיכום חיבור בטור:**

- עוצמת הזרם העובר דרך כל רכיב במעגל שווה.
- עוצמת הזרם הכולל קטנה ככל שמוסיפים רכיבים במעגל.
- ההתנגדות הכוללת גדלה ככל שמחברים יותר רכיבים במעגל.
- הוצאת רכיב אחד מהמעגל מפסיקה את הזרם בכל המעגל.

**שאלות לדיון:**

1. ציירו שוב את תרשימי ארבעת המעגלים מחלק א של הפעילות הקודמת. הוסיפו לכל תרשים מכשירי מדידה היכולים למדוד את עוצמת הזרם **דרך כל נורה** ועוצמת הזרם **הכולל**. **שימו לב**: יש לצייר את מספר מדי הזרם **המינימלי** הדרוש.
2. ציינו בטבלה את סוג החיבור של כל מעגל.
3. נסו לדרג את עוצמת הזרם העוברת דרך כל נורה ואת עוצמת הזרם הכוללת בכל מעגל (השתמשו במילים: חלש, בינוני או חזק כדי לתאר את עוצמת הזרם).

| עוצמת הזרם הכולל במעגל | עוצמת הזרם נורה 3 | עוצמת הזרם נורה 2 | עוצמת הזרם נורה 1 | סוג החיבור (טורי/ מקבילי) |        |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|--------|
|                        |                   |                   |                   |                           | מעגל 1 |
|                        |                   |                   |                   |                           | מעגל 2 |
|                        |                   |                   |                   |                           | מעגל 3 |
|                        |                   |                   |                   |                           | מעגל 4 |

4. השוו את הטבלה שבניתם לטבלה שקיבלתם בחלק א לגבי עוצמת ההארה של הנורות השונות בכל מעגל.
5. מה ניתן להסיק מהטבלה? השלימו את המשפטים הבאים:
  - בחיבור בטור ככל שמספר הנורות גדל, התנגדות המעגל \_\_\_\_\_ (גדלה/קטנה), ועוצמת הזרם הכולל (שעובר דרך הסוללות) במעגל \_\_\_\_\_ (גדלה/קטנה).
  - בחיבור במקביל ככל שמספר הנורות גדל, ההתנגדות הכוללת \_\_\_\_\_ (גדלה/ קטנה) ועוצמת הזרם הכולל (שעובר דרך הסוללות) במעגל \_\_\_\_\_ (גדלה/קטנה).
  - בחיבור בטור הוספת נורה \_\_\_\_\_ (משפיעה / כמעט שלא משפיעה) על שאר הנורות.
  - בחיבור במקביל הוספת נורה \_\_\_\_\_ (משפיעה / כמעט שלא משפיעה) על שאר הנורות.

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

**חלק ג (רשות): כיצד משפיע ניתוק של נורה אחת על עוצמת האור של הנורות המחוברות?**

בפעילות הקודמת ראינו מה קורה כאשר מוציאים נורה מבית נורה במעגל טורי ובמעגל מקבילי. ננסה לשער מה יקרה לשני המעגלים הנוספים שחקרנו בתחילת הפעילות (נסמן אותם באותיות C ו-D בתיאום עם המורה).

1. מה לדעתכם יקרה לשאר הנורות אם אחת הנורות במעגל נשרפת. כתבו את השערתכם ונמקו לגבי כל אחת משתי הנורות הנוספות במעגל.
2. רכזו את התוצאות שקיבלתם בטבלאות הבאות. (לגבי כל נורה יש לכתוב: נותקה, דולקת או כבויה)

**מעגל C**

ציור המעגל כולל סימון מספור הנורות:

| נורה 1 | נורה 2 | נורה 3 |
|--------|--------|--------|
| נותקה  |        |        |
|        | נותקה  |        |
|        |        | נותקה  |

**מעגל D**

ציור המעגל כולל סימון מספור הנורות:

| נורה 1 | נורה 2 | נורה 3 |
|--------|--------|--------|
| נותקה  |        |        |
|        | נותקה  |        |
|        |        | נותקה  |

3. מה ניתן להסיק מפעילות זו?

4. בחרו באפשרות הנכונה בטבלה שלפניכם:

| במעגל טורי                                                                          | במעגל מקבילי                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| הוספת מכשיר או נורה משפיעה / לא משפיעה על תפקוד המכשירים האחרים.                    | הוספת מכשיר או נורה משפיעה / לא משפיעה על תפקוד המכשירים האחרים.                    |
| כיבוי אחד המכשירים (שריפת אחת הנורות) מונע / לא מונע את הפעלת המכשירים האחרים.      | כיבוי אחד המכשירים (שריפת אחת הנורות) מונע / לא מונע את הפעלת המכשירים האחרים.      |
| הוספת מכשירים נוספים (נורות נוספות) מגדילה / מקטינה את ההתנגדות הכוללת של המעגל.    | הוספת מכשירים נוספים (נורות נוספות) מגדילה / מקטינה את ההתנגדות הכוללת של המעגל.    |
| הוספת מכשירים נוספים (נורות נוספות) מגדילה / מקטינה את הזרם הכולל דרך מקור האנרגיה. | הוספת מכשירים נוספים (נורות נוספות) מגדילה / מקטינה את הזרם הכולל דרך מקור האנרגיה. |

5. כיצד יש לחבר את מכשירי החשמל בבית? בטור או במקביל זה לזה? הביאו שני נימוקים לטענתכם.

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

## **הערות דידקטיות למורה**

### **מטרות הפעילות**

- השוואה בין עוצמת ההארה של הנורות השונות באותו מעגל.
- השוואה בין עוצמת ההארה של נורות המחוברות במקביל ובטור.
- השוואה בין עוצמת האור של מעגל טורי לזו של מעגל מקבילי.
- ההכללות הדרושות מהתלמיד בסיום הפעילות סוכמו בסוף חלק ב.

### **חלקים א ו-ב**

בפעילות זו התלמידים מרכיבים **ארבעה** מעגלים אפשריים מהרכיבים שקיבלו. בשלב הראשון מוצע לבקש מכל קבוצה **לצייר** את כל האפשרויות הקיימות ולהציג את התרשימים לבדיקה למורה או במליאה. יש לבדוק שלא נשכחו אפשרויות, לכוון את התלמידים המתקשים לסרטוט המעגלים החסרים, ולחלופין לבדוק שלא צויר פעמיים תרשים המייצג את אותו המעגל בסדר רכיבים שונה.

בשלב הראשון המדידות חצי כמותיות (הערכת עוצמת ההארה על פי העין). **יש להדגיש, כפי שנלמד ביחידה הקודמת, שעוצמת ההארה מלמדת על עוצמת הזרם העובר דרך הנורה.** בשלב זה התלמידים מבחינים שעוצמת ההארה של הנורה (ולכן גם עוצמת הזרם העובר דרכה) תלויה באופן החיבור של הנורות. בשל קוצר הזמן אין צורך להמשיך במדידות בכל המעגלים, אלא להתרכז במעגל טורי טהור ובמעגל מקבילי טהור. לאחר חקר המעגלים הללו, נוכל לחזור לשאול שאלות על המעגלים המעורבים, אך לא לחקור אותם בכיתה באופן ניסויי.

מומלץ למורה לבנות מערכת שבה נורה אחת לפחות מאירה באור בינוני כמערכת בוחן, על מנת שהתלמיד יוכל להשוות את עוצמת הנורות שלו ולמדין ל"עוצמה חזקה/בינונית/חלשה".

(יש לציין שלסוללות יש התנגדות פנימית, וכתוצאה מכך מתח ההדקים משתנה עם המעגל. לא נוכל לבדוק שהזרם הכולל גדל פי 3 או קטן פי 3, ולכן הערכת עוצמת האור עדיפה על מדידות זרם דרך כל נורה.)

### **חלק ג**

חלק זה יכול להוות מטלת בית. מוצע להתייחס להבנת אופן החיבור במעגלים המעורבים שאליהם עדיין לא התייחסנו: למעגל שבו נורה אחת מקבילה לשתי הנורות הנוספות (נסמן אותו ב C) ולמעגל שבו דרך נורה אחת עובר הזרם הכולל ומתפצל לאחר מכן בין 2 נורות במקביל זו לזו (נסמן אותו ב D). השאלות מתרגלות גם אופן חיבור מדי זרם למדידת עוצמת הזרם דרך כל רכיב בנפרד. בשאלות אלו נדרשת מהתלמיד הכללה של מה שהוא למד בניסוי:

| <b>במעגל טורי</b>                                 | <b>במעגל מקבילי</b>                                    |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| הוספת מכשיר משפיעה על תפקוד המכשירים האחרים.      | הוספת מכשיר לא משפיעה על תפקוד המכשירים האחרים.        |
| כיבוי אחד המכשירים מונע את הפעלת המכשירים האחרים. | כיבוי אחד המכשירים אינו מונע את הפעלת המכשירים האחרים. |

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

אחת המטרות בפעילות זו היא ההבנה של התלמידים לגבי אופן החיבור במעגל החשמלי הביתי: כיצד יש לחבר מכשירים בבית ומה הן התקלות השכיחות (עומס יתר, קצר והתחשמלות). התלמידים למדו שככל שאנחנו מוסיפים מכשירים במעגל מקבילי, ההתנגדות הכוללת קטנה, והזרם הכולל גדל. תובנה זו מאפשרת לנו לעבור לסעיף הבא: מהותו של קצר ומהותו של עומס יתר, ומה הן הסכנות הטמונות בתקלות אלו.

## דף חקר 2: בטיחות בשימוש באנרגיה חשמלית

### הסיפור של עמוס

"חורף. קר וחשוך בחוץ. עמוס חוזר הביתה לאחר יום עבודה מפרך. בדרכו הביתה הוא חולם על מקלחת חמה, קפה מהביל וקרואסון חם.

הוא נכנס הביתה, מדליק את האורות והמזגן, מפעיל את הדוד לחימום המים, מניח את הקרואסון לחימום במיקרוגל. מפעיל את הקומקום החשמלי וכבר מתחיל לחייך בציפייה לפינוק שלו הוא ייחל כל הדרך הביתה. אבל ברגע שהוא מפעיל את מדיח הכלים, החשמל בבית "קופץ". איזו אכזבה!!!"

- עזרו לעמוס להבין מה קרה.
- כיצד יוכל להתגבר על התקלה?

### מהסיפור של עמוס לבטיחות בשימוש בחשמל בבית

1. באיזה אופן מחוברים המכשירים בביתו של עמוס? בטור או במקביל? נמקו.
2. הסבירו כיצד משפיע חיבור מספר רב של מכשירים על ההתנגדות הכוללת של המעגל הביתי.
3. הסבירו כיצד משפיע חיבור מספר רב של מכשירים על עוצמת הזרם הכולל במעגל.
4. שיערו מה עלול לקרות לחוטי החשמל בכניסה לבית כתוצאה מכך.

### כדי לאמת את השערתכם לשאלה הקודמת, נצפה בהדגמה הבאה:

ראוסטט (נגד משתנה)



נבנה מעגל הכולל סוללות או ספק מתח ונחבר אליו מד זרם ונגד משתנה.  
נתחיל מהתנגדות מרבית (הגררה הכי רחוקה מנקודת הכניסה של הזרם).  
נקרב בהדרגתיות את הגררה לנקודת הכניסה ונצפה במתרחש.

### ענו על השאלות וסכמו את אשר ראיתם:

- מה קורה להתנגדות הנגד המשתנה ככל שאורך קטע החוט שבמעגל קטן? התנגדות \_\_\_\_\_ (קטנה/גדלה)
- מה קורה לעוצמת הזרם העובר בחוט של הנגד המשתנה? ככל שאורך קטע החוט שבמעגל קטן, עוצמת הזרם \_\_\_\_\_ (קטנה/גדלה).
- הניחו מד טמפרטורה על גבי החוט וגלו מה קורה לטמפרטורה של החוט של הנגד. ככל שאורך החוט קטן, עוצמת הזרם דרכו \_\_\_\_\_ (גדלה/קטנה), והטמפרטורה של החוט \_\_\_\_\_ (עולה/יורדת).

### שאלות לדיון:

1. חשבו מה עלול לקרות אם חוטי החשמל בכניסה לבית יתחממו יתר על המידה. גם אם לא קורה אסון, האם יהיה קל לתקן את התקלה?
2. כיצד ניתן לדעתכם למנוע את הסיכונים האלו ולגרום לכך שקל יהיה לטפל בבעיה?

### **האם נוכל לשתות קפה בזמן המתנה לחימום המים בדוד חימום חשמלי (בוילר)?**

**כמה מכשירים נוכל להפעיל בו זמנית?**

**התשובה תלויה בגודל חיבור החשמל בדירתכם. מה הן האפשרויות?**

בעידן הטכנולוגי איכות החיים שלנו ושל משפחתנו קשורה לשימוש במכשירי חשמל רבים. לעתים קרובות נדרשת הפעלת מספר רב של מכשירי חשמל בו זמנית.

כפי שראינו בפעילות הקודמת, המכשירים בבית מחוברים במקביל. ככל שמשתמשים במספר רב של מכשירים בו זמנית, עוצמת הזרם הכולל של הבית גדלה.

הזרם המרבי המותר בבית נקבע על פי היכולת של חוטי החשמל, שחברת החשמל מתקינה, לשאת אותו בלי להתחמם חזק מדי. כפי שראיתם, עוצמת זרם גדולה מדי עלולה לגרום להתחממות יתר של החוטים.

עד לפני כמה שנים, כל בית אב היה מחובר כך שיוכל להשתמש בו זמנית בעוצמת זרם כוללת של 25 אמפר. היום עוצמת זרם זו כבר לא מספיקה! ניתן להזמין הגדלת חיבור, כלומר – להגדיל את עוצמת הזרם הכולל המותרת לדירה מ-25 אמפר ל-40 אמפר או להתקין חיבור המאפשר להגדיל את הזרם פי 3 (הנקרא "חיבור תלת-פאזי"), זאת אומרת  $25 \times 3 = 75$  אמפר.

**חריגה מעוצמת הזרם הכולל המותרת נקראת "עומס יתר".**

באתר הרשום למטה תוכלו לבדוק מהם המכשירים שניתן להפעיל בו זמנית לפי גודל החיבור שעומד לרשותכם בבית.

סמנו את המכשירים שתמצו להפעיל בו זמנית וקבלו את התשובה.

[מחשבון העומס](#)

### **אמצעי בטיחות בשימוש בחשמל להגנה מפני עומס יתר (משימה לבית)**

היעזרו במקורות מידע וחפשו מידע על אמצעי הבטיחות להגנה מפני עומס יתר: מבטח חשמלי ונתיך.

בדקו לגבי כל אמצעי בטיחות את התשובות לשאלות שלפניכם:

1. מה התפקיד של אמצעי הבטיחות?
2. מה עקרון הפעולה שלו?
3. מה היתרונות בשימוש בו?
4. מה החסרונות בשימוש בו?

### **סיפורו של עמוס (המשד)**

עמוס הפנים את המסר וכיבה חלק מהמכשירים. אבל על קפה חם, אין לוותר!  
בזמן שהפעיל את הקומקום, איתרע מזלו ונשפכו מים על נקודת המגע של הקומקום. שוב "קפץ החשמל".

- מה קרה עכשיו? עזרו לעמוס להבין.
- מה עליו לעשות כדי "שהחשמל לא יקפוץ"? האם יזכה היום לשתות קפה חם?  
הפעם עמוס גרם ל"קצר חשמלי".

### **קצר חשמלי**

קצר חשמלי זהו מצב שבו נוצר מגע ישיר בין חלקי מעגל חשופים. ההתנגדות החשמלית קטנה באופן משמעותי, וכך גדלה משמעותית עוצמת הזרם. מאחר שזרם חשמלי גורם לחימום התילים, זרם גדול מדי גורם לחימום רב ופתאומי של התילים.

הסיבות להיווצרות הקצר רבות ומגוונות. ישנם מקרים של קצר חשמלי הנובעים מתקלה כלשהי בארון החשמל עצמו, ואילו במקרים אחרים הקצר עלול להיגרם בעקבות תקלה במכשיר החשמל או בחוט החיבור. כמו כן הקצר עלול להיגרם מחדירה של נוזל מוליך אל תוך המכשיר החשמלי.  
לא משנה מהי הסיבה לקצר או מהו מקורו, מדובר באירוע שעלול גם להסתיים באסון כבד.

### **שאלות למחשבה ולדיון**

#### **ראשל"צ: אסון נמנע ברחוב החרצית (27/3/2009)**

דרמה גדולה התחוללה בשבוע שעבר בבניין דירות ברחוב החרצית בראשון לציון לאחר ששריפה שפרצה באחת הדירות עקב קצר חשמלי, התפשטה בבניין ואיימה לפגוע בדיירים.

#### **האב וילדיו הובאו למנוחות 27/3/2012**

לפי הערכה ראשונית של המשטרה, השריפה שפרצה אמש בבית משפחת שאער ברחובות, נגרמה ככל הנראה כתוצאה מקצר חשמלי של מטען שהיה מחובר לחשמל.

#### **כיצד מטען לטלפון נייד יכול לגרום לקצר חשמלי?**

1. הסבירו כיצד המטען החשמלי גרם לשריפה.
2. כיצד ניתן למנוע קצר חשמלי שעלול לגרום לשריפה?
3. על איזה אמצעי בטיחות הייתם ממליצים?

### דף חקר 3: האם גופינו מוליך זרם חשמלי?

כדי לענות על השאלה נשתמש בטסטר הכולל סוללה/מיקרואמפרמטר.  
צרו מעגל אנושי מתלמידי הכיתה. החזיקו ידיים. הראשון יחזיק במברג שבטסטר, והאחרון - בבורג שבקצה גוף הפלסטיק.

האם הנורה נדלקת? מה זה אומר לגבינו?

לתשומת לבכם! הזרם המסופק על ידי הסוללה שבטסטר נמוך מאוד ואינו מסוכן. אין לבצע את הניסוי בעזרת מקור חשמל אחר!

#### הגדר החשמלית

1. פנו לפעילות גדר חשמלית שבאתר מוזיאון המדע בירושלים. צפו בתחילת הסרט על גדר חשמלית.
2. ענו על שאלון ההשערות תוך כדי צפייה.
3. חזרו וצפו בסרטון כולו אם יש צורך.
4. ענו על שאלון מסכם לפעילות.
5. בתום הפעילות צרו שרשרת של תלמידים והדגימו מדוע הזרם הולך וקטן מתלמיד לתלמיד.  
לאן עבר הזרם שחסר?
6. מה מאפיין אם כך מעגל חשמלי שבו היה מקרה של התחשמלות?
7. נסו להציע פתרון טכני לזיהוי התחשמלות במעגל חשמלי.

#### התחשמלות (הרחבה)

סכנה חמורה נוספת העלולה לקרות בעת שימוש בחשמל, היא סכנת ההתחשמלות.  
כידוע אנחנו מוליכים חשמל כתוצאה מהנוזלים שבגופנו. בעת התחשמלות עובר זרם חשמלי דרך גוף האדם או גוף בעל חיים.  
כמה גורמים משפיעים על חומרת ההתחשמלות ועל מידת הנזק שאותה היא גורמת:

- המתח בין נקודת הכניסה והיציאה משפיע על הזרם אשר יזרום דרך גוף האדם (על פי חוק אום), זרמים חזקים יותר יגרמו לנזקים חמורים יותר.
- ההשוואה בין זרם החילופין (שמסופק על ידי חברת החשמל) והזרם הישר קשה יותר מכיוון שאין כלל ברור בנושא. מצד אחד, זרם ישר מביא לכיווץ שרירים המונע מהקורבן לנתק מגע וגורם לכוויות רבות. מצד שני, זרם חילופין הזורם דרך רשת החשמל, גורם להפרעות חזקות יותר בתפקוד הלב.
- ההתנגדות החשמלית הממוצעת של עור האדם נמצאת בסביבות 10,000 אום. לעומת זאת, עור רטוב הוא בעל התנגדות חשמלית קטנה בערך פי 10 ומגדיל משמעותית את הסיכוי להתחשמלות.
- למסלול הזרימה עצמו ישנה השפעה חזקה על הנזקים הנגרמים. לדוגמה, מצב שבו נקודות הכניסה והיציאה הן שתי הידיים, מסוכן הרבה יותר ממצב שבו הנקודות נמצאות על אותה יד. זאת משום שבמקרה הראשון הזרם החשמלי יעבור דרך החזה, סמוך יותר ללב ולריאות.
- הגורמים המשפיעים בעיקר הם הזרם וזמן החשיפה.

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

**הסכנות הנגרמות כתוצאה מהתחשמות (הרחבה)**

הטבלה הבאה מרכזת את הנזקים העלולים להיגרם כתוצאה מהתחשמות.

| זרם חשמלי<br>(מיליאמפר) | מתח נדרש<br>בעור יבש<br>(וולט) | מתח נדרש בעור<br>רטוב<br>(וולט) | השפעות אפשריות                                                            |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1                       | 10                             | 1                               | אין כל השפעה על הגוף.                                                     |
| 5                       | 50                             | 5                               | מכת חשמל מורגשת, אך לא מכאיבה.                                            |
| 10-20                   | 100-200                        | 10-20                           | כיווץ שרירים, הקטנת יכולת שליטה.                                          |
| 50                      | 500                            | 50                              | כיווץ שרירים ללא יכולת שליטה, כוויות, הפרעות לפעילות הלב, קשיים בנשימה.   |
| יותר מ-100              | יותר מ-1,000                   | יותר מ-100                      | כיווץ שרירים ללא יכולת שליטה, כוויות, פרפור חדרי הלב, קשיים בנשימה, מוות. |

מידע נוסף על סכנות התחשמות:

1. [מאמר רקע: על סכנת התחשמות](#)
2. [זיהוי ועזרה ראשונית לנפגעי התחשמות](#)

**פוליגרף או "מכונת אמת" - יישום טכנולוגי לתופעת המוליכות החשמלית של גופינו (הרחבה)**

**פוליגרף** הוא מכשיר אשר נועד לקלוט את תגובותיו הבלתי רצוניות של בן אדם כדי לבדוק אם הוא משקר. הפוליגרף משמש בעיקר בחקירה פלילית, אך משמש גם במבדקי תעסוקה ובאבטחה. אמינות הפוליגרף, כמו גם לגיטימיות השימוש בו, שנויה במחלוקת.

מקור השם פוליגרף ביוונית, ומשמעו רב (פולי) רישום (גרף). מדובר במכשיר שהומצא בשנות ה-20 של המאה ה-20 בארצות הברית לצורך אבחון אמת או שקר. הפוליגרף מבוסס על ההנחה שכאשר אדם משקר, מתרחשים בגופו שינויים פיזיולוגיים בלתי נשלטים כגון: עלייה בלחץ דם, שינוי בדופק ושינוי במוליכות החשמלית של העור. ההנחה היא שאם האדם משקר, זיעתו מוגברת והולכתו גדלה.

## משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה

### הערות דידקטיות למורה

#### הסיפור של עמוס – עומס יתר

הפעילות מתחילה בסיפור של עמוס – אירוע המתאר עומס יתר. בפעילות הקודמת התלמידים למדו כי כל חיבור של צרכן נוסף מגדיל את עוצמת הזרם הכולל במעגל הביתי, זרם העובר קרוב לחיבור לחברת החשמל. אנחנו אומרים ש"העומס" גדל.

בפעילות זו התלמידים לומדים כי ככל שזרם במוליך גדל, המוליך מתחמם יותר. במצב תקני קצב התחממות החוטים שווה לקצב התקררותם כתוצאה מהעברת חום לסביבה. אם האיזון מופר וקצב ההתחממות גדול מקצב ההתקררות, קיימת סכנת התחממות יתר של המוליכים. התחממות חריגה של המוליכים עלולה לגרום להתבלות מואצת של הבידוד, ולהוביל לקצר. לעתים נדירות עלולה גם לפרוץ שריפה כתוצאה מההתחממות החריגה של המוליכים.

כדאי להדגים לתלמידים את התחממות החוטים ככל שהזרם גדל. לשם כך בונים מעגל הכולל סוללות או ספק מתח ומחברים אליו מד זרם ונגד משתנה. מתחילים מההתנגדות המרבית (הגררה הכי רחוקה מנקודת הכניסה של הזרם). מקרבים בהדרגה את הגררה לנקודת הכניסה. בשלב מסוים, החוט מתלהט ונעשה אדום. לאחר ההדגמה מבקשים מהתלמידים להציע מה חברת החשמל יכולה לעשות כדי למנוע תקלות חמורות במקרה של עומס יתר. מוצע לעבוד על אסטרטגיה של פתרון בעיות, לזהות את הבעיות על מנת למצוא פתרונות.

ישנן שתי בעיות, לכן הפתרונות יכולים להיות בשני מישורים:

- הפסקת הזרם כשהוא עובר ערך מסוים, לפני שנגיע למצב של סכנה.
- מקום ההתחממות של המוליכים יהיה במקום נוח לגישה וטיפול.

#### אמצעי בטיחות בשימוש בחשמל להגנה מפני עומס יתר (משימה לבית)

פעילות זו מזמנת הוראת עמיתים. מוצע לחלק את המשימה בין התלמידים במטרה להבין תופעות הקשורות לזרם חשמלי (קצר ועומס יתר) ולהכיר את האמצעים הטכנולוגיים שפותחו לבטיחות בשימוש באנרגיה חשמלית (מבטח חשמלי, ממסר פחת). כל קבוצה תחקור את הנושא באמצעות השאלות ותציג אותו לשאר תלמידי הכיתה בצורה של מצגת או פלקטים. אפשר ליזום תערוכה שבה תלמידי כיתת העתודה מציגים את הנושאים הקשורים לבטיחות בחשמל לשאר השכבה. הפעילות "מחשבון העומס" מוצעת להרחבה בבית.

#### הגדר החשמלית

בפעילות זו התלמידים מתרגלים את המושגים מעגל טורי ומקבילי, מעגל סגור ופתוח בדרך משעשעת. הפעילות מחזקת את ההבנה שגוף האדם מוליך זרם חשמלי, לכן חשוב לנקוט אמצעי הגנה (נעילת נעליים מבודדות למשל) כשמטפלים במכשירים חשמליים. הפעילות מבוססת על **סרטון של BRAINIAC** ושני דפי עבודה שפותחו על ידי מוזיאון המדע בירושלים:

- מוצע שהמורה יצפה בסרט לפני הקרנתו לתלמיד וירשום לעצמו מתי להפסיק את ההקרנה לפני כל שאלה. התלמיד מסמן בשאלון ההשערות את ההשערה הנראית לו. לאחר סימון ההשערה ממשיכים את

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

הסרט, צופים ודנים במה שקרה. חשוב לעשות את הפעילות בכיתה כדי לא לפספס את העלאת ההשערות טרם צפייה.

- ניתן לתת לתלמיד את דף הסיכום כמטלת בית.
  - בפעילות תדגימו בעזרת שרשרת של תלמידים מה קורה בזמן התחשמות: הזרם הנכנס דרך תלמיד אחד בחלקו זולג לרצפה, ובחלקו עובר לבא אחריו, לכן הזרם המגיע לתלמיד הולך ופוחת ככל שמספרו בשרשרת גדול יותר.
- הבעיה:** חלק מהזרם זלג בדרך לא רצויה, ולא כל הזרם שיצא ממקור המתח חוזר אליו. לכן מוצע **הפתרון הטכני** - למדוד את הזרם בכניסה לבית וביציאה ולבדוק אם יש הפרש ביניהם. אם יש הפרש, להפעיל מנגנון המנתק (כמו במבטח) את הזרם הכולל בבית.
- לאחר שתלמידים ניסו לפתור את הבעיה, ניתן להרחיב את הדיבור (או לשלוח אותם לאינטרנט) על ממסר הפחת שיש בבית ועל סכנות ההתחשמות, או כפי שהצענו - לבקש מתלמידים ללמוד את הנושא ולהציג אותו.
- את ההרחבות למורה בנושא אמצעי בטיחות הכנסנו כמידע לתלמיד בנספח המצורף, אך כמובן שרצוי לשמור על הרצף המומלץ, ולא "לגלות" את הפתרונות מיד.

### **דוגמאות לשאלות לסיכום**

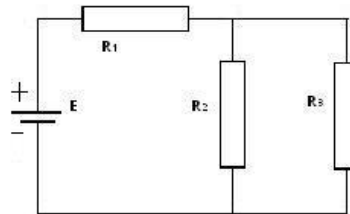
1. ככל שהמוליך עבה יותר, התנגדותו יורדת (שאר הגורמים קבועים). לאיזה מעגל - טורי או מקבילי - התנהגות זו דומה? הסבירו.
2. ככל שהמוליך ארוך יותר, התנגדותו גדלה (שאר הגורמים קבועים). לאיזה מעגל - טורי או מקבילי - התנהגות זו דומה? הסבירו.
3. דנה ועומר רוצים לבנות שרשרת נורות לסוכה. עומר מציע לחבר את הנורות בטור כי זו שרשרת. דנה טוענת שפתרון זה אינו יעיל שכן הנורות לא יאירו באור חזק, אם בכלל.
  - א. מי צודק? הסבירו.
  - ב. כיצד תציעו להם לחבר את הנורות בסוכה? הביאו שני טיעונים לתשובתכם.
  - ג. בסוכה של דנה ועומר חיבור חברת החשמל מאפשר זרם כולל של 25 אמפר. בהנחה שדרך כל נורה, במצב תקין, זרם של 0.1 אמפר - כמה נורות יוכלו לחבר במקביל בשרשרת (בהנחה שאין מכשיר חשמלי אחר הפועל בסוכה)? הסבירו כיצד הגעתם לתשובה.
4. למשפחת להט תנור חימום, ובו שתי ספירלות (גוף חימום) זהות. לתנור שלושה מצבים:
  - מצב 1: רק ספירלה אחת עובדת.
  - מצב 2: שתי הספירלות מחוברות בטור.
  - מצב 3: שתי הספירלות מחוברות במקביל.
  - א. באיזה מצב הזרם העובר דרך התנור יהיה הקטן ביותר? באיזה מצב הוא יהיה הגדול ביותר?
  - ב. באיזה מצב צבע הספירלות יהיה חזק יותר (אדום יותר)? במצב 2 או במצב 3? נמקו.
  - ג. באיזה מצב צבע הספירלות יהיה חזק יותר (אדום יותר)? במצב 1 או במצב 2? נמקו.
  - ד. באיזה מצב צבע הספירלות יהיה חזק יותר (אדום יותר)? במצב 1 או במצב 3? נמקו.
5. לפעמים נשפכים מים מהקומקום ומרטיבים את המגע החשמלי שמתחת לקומקום. המבטח המותקן על לוח החשמל מפסיק את הזרם החשמלי. איזו תקלה קרתה כאן? הסבירו.
6. צחי חזר הביתה לאחר יום לימודים ארוך והדליק את דוד המים החשמלי (בוילר) כדי לעשות מקלחת חמה. על מנת לא לבזבז זמן הוא גם הפעיל בו זמנית את מדיח הכלים, מכונת הכביסה, הקומקום החשמלי ואת האורות בכל הבית. פתאום נעשה חושך? מה קרה? מה צחי צריך לעשות כדי שיהיו לו מים חמים?

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

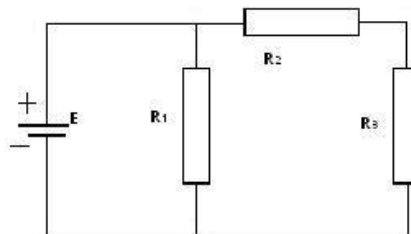
7. (רשות) בסרטוטים הבאים כל הנגדים זהים, וכל הסוללות זהות.

א. דרגו את עוצמת הזרם העובר בנגדים השונים במעגל, מהגבוה לנמוך (השתמשו בסימן גדול מ, קטן מ, או שווה).

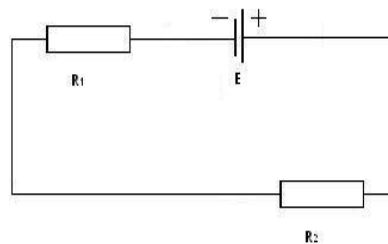
א:



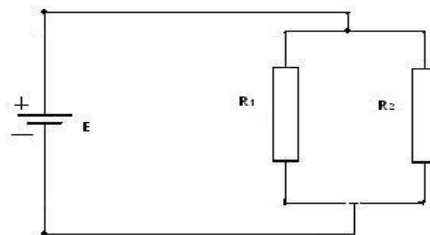
ב:



ג:

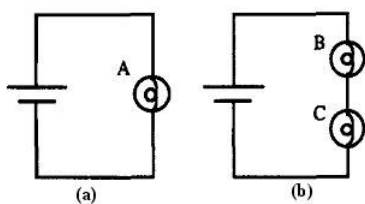


ד:



ב. באיזה מעגל הזרם הכולל גדול יותר, ג או ד?

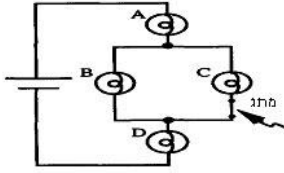
ג. באיזה מבין המעגלים, א או ב, הזרם העובר דרך  $R_1$  גדול יותר?



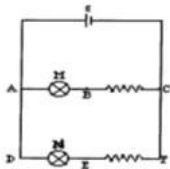
8. במעגלים המסורטים שתי הסוללות זהות. כמו כן הנורות A, B ו-C זהות.

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

- א. האם ההתנגדות במעגל (a) גדולה, קטנה או שווה להתנגדות במעגל (b)?  
 ב. האם עוצמת הזרם במעגל (a) גדולה, קטנה או שווה לזרם במעגל (b)?  
 נמקו.

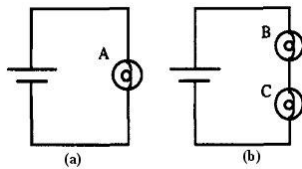


9. במעגל המסורטט המתג שליד נורה C סגור בהתחלה.  
 א. דרגו את עוצמת ההארה של הנורות השונות כשהמתג סגור.  
 ב. מה יקרה להתנגדות המעגל אם נפתח את המתג שליד C?  
 תגדל / תקטן / לא תשתנה? נמקו.  
 ג. מה יקרה לעוצמת ההארה של נורה A אם נפתח את המתג שליד C? תגדל / תקטן / לא תשתנה?  
 נמקו.  
 ד. דרגו את עוצמת ההארה של הנורות השונות כשהמתג פתוח.



10. במעגל המסורטט שתי הנורות M ו-N דולקות. מוציאים את הנורה N מבית הנורה שלה. האם עוצמת ההארה של הנורה M תגדל, תקטן או לא תשתנה? נמקו.

11. במעגלים המסורטטים שתי הסוללות **לא זהות**. הנורות A, B ו-C זהות. עוצמת ההארה של הנורות בשני המעגלים זהה. באיזה מעגל המתח שמספקת הסוללה גדול יותר? הסבירו.



**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

## תשובות לשאלות

1. ככל שהמוליך עבה יותר, התנגדותו יורדת (שאר הגורמים קבועים). לאיזה מעגל - טורי או מקבילי - התנהגות זו דומה? הסבירו. **שני רכיבים במקביל מתנהגים כרכיב עבה יותר כי הזרם יכול להתחלק ביניהם.**
  2. ככל שהמוליך ארוך יותר, התנגדותו גדלה (שאר הגורמים קבועים). לאיזה מעגל - טורי או מקבילי - התנהגות זו דומה? הסבירו. **שני רכיבים בטור מתנהגים כרכיב אחד ארוך יותר.**
  3. דנה ועומר רוצים לבנות שרשרת נורות לסוכה. עומר מציע לחבר את הנורות בטור כי זו שרשרת. דנה טוענת שפתרון זה אינו יעיל שכן הנורות לא יאירו באור חזק, אם בכלל.
    - א. מי צודק? הסבירו. **דנה צודקת. ככל שמחברים יותר נורות בטור, ההתנגדות הכוללת עולה, והזרם דרך הנורות יורד. זרם נמוך יותר דרך הנורות גורם לאור חלש יותר, אם בכלל.**
    - ב. כיצד תציעו להם לחבר את הנורות בסוכה? הביאו שני טיעונים לתשובתכם. **נחבר אותם במקביל. בטור, אם נורה אחת נשרפת, היא מהווה נתק במעגל, ושום נורה לא תידלק. בנוסף במקביל, הנורה נותנת את עוצמת האור שהיא אמורה לספק.**
    - ג. בסוכה של דנה ועומר חיבור חברת החשמל מאפשר זרם כולל של 25 אמפר. בהנחה שדרך כל נורה, במצב תקין, זרם של 0.1 אמפר - כמה נורות יוכלו לחבר במקביל בשרשרת (בהנחה שאין מכשיר חשמלי אחר הפועל בסוכה)? הסבירו כיצד הגעתם לתשובה.  **$250 = 25 / 0.1$  נורות.****נקווה שיסיפיק!**
4. למשפחת להט תנור חימום, ובו שתי ספירלות זהות. לתנור שלושה מצבים:
  - מצב 1: רק ספירלה אחת עובדת.
  - מצב 2: שתי הספירלות מחוברות בטור.
  - מצב 3: שתי הספירלות מחוברות במקביל.
  - א. באיזה מצב הזרם העובר דרך התנור יהיה הקטן ביותר? באיזה מצב הוא יהיה הגדול ביותר? **בטור הזרם הכולל קטן יותר כי ההתנגדות הכוללת גדולה יותר. לכן במצב 2 הזרם הקטן ביותר, ובמצב 3 הזרם הגדול ביותר.**
  - ב. באיזה מצב צבע הספירלות יהיה חזק יותר (אדום יותר)? במצב 2 או במצב 3? **נמקו. זרם גדול יותר גורם לצבע חזק יותר, לכן במצב 3 צבע הספירלות יהיה חזק יותר.**
  - ג. באיזה מצב צבע הספירלות יהיה חזק יותר (אדום יותר)? במצב 1 או במצב 2? **נמקו. בטור הזרם הכולל קטן יותר, והצבע חלש יותר ככל שיש יותר נגדים. לכן במצב 1 הצבע חזק יותר.**
  - ד. באיזה מצב צבע הספירלות יהיה חזק יותר (אדום יותר)? במצב 1 או במצב 3? **נמקו. הזרם שווה דרך שתי הספירלות במצב 3 ודרך ספירלה יחידה במצב 1, ולכן הצבע יהיה פחות או יותר באותו חוזק.**
5. לפעמים נשפכים מים מהקומקום ומרטיבים את המגע החשמלי שמתחת לקומקום. המבטח המותקן על לוח החשמל מפסיק את הזרם החשמלי. איזו תקלה קרתה כאן? הסבירו. **נגרם קצר דרך המים, ולכן הזרם הכולל בבית "קופץ" פתאום.**

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

6. צחי חזר הביתה לאחר יום לימודים ארוך והדליק את הבוילר כדי לעשות מקלחת חמה. על מנת לא לבזבז זמן הוא גם הפעיל את מדיח הכלים, מכונת הכביסה, הקומקום החשמלי ואת האורות בכל הבית. פתאום נעשה חושך? מה קרה? מה צחי צריך לעשות כדי שיהיו לו מים חמים? **צחי גרם לעומס יתר. עליו לכבות חלק מהמכשירים שהפעיל.**

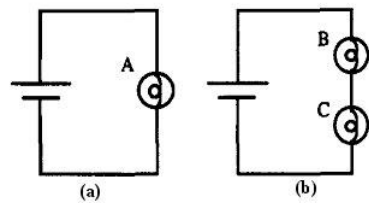
7. בסרטטים הבאים כל הנגדים זהים, וכל הסוללות זהות.  
 א. דרגו את עוצמת הזרם העובר בנגדים השונים במעגל, מהגבוה לנמוך.

**א:  $I_1 > I_2 = I_3$**

**ב:  $I_1 > I_2 = I_3$**

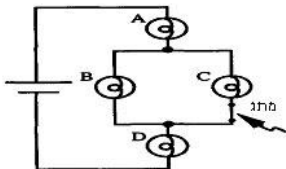
**ג ו-ד:  $I_1 = I_2$**

ב. באיזה מעגל הזרם הכולל גדול יותר, ג או ד? **ד**  
 ג. באיזה מבין המעגלים, א או ב, הזרם העובר דרך  $R_1$  גדול יותר? **ב**



8. במעגלים המסורטטים שתי הסוללות זהות. כמו כן הנורות A, B ו-C זהות.  
 א. האם ההתנגדות במעגל (a) גדולה, קטנה או שווה להתנגדות במעגל (b)?  
 ב. האם הזרם במעגל (a) גדול, קטן או שווה לזרם במעגל (b)?  
 נמקו.

**ההתנגדות ב-(a) קטנה מההתנגדות ב-(b). הזרם ב-(a) גדול מהזרם ב-(b). מדובר במעגל טורי. ככל שנוסיף נורות, ההתנגדות של המעגל גדלה, והזרם קטן.**



9. במעגל המסורטט המתג שליד נורה C סגור בהתחלה.  
 א. דרגו את עוצמת ההארה של הנורות השונות כשהמתג סגור.

**$D = A$  גדול מ- $C = B$**

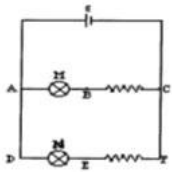
ב. מה יקרה להתנגדות המעגל אם נפתח את המתג שליד C? תגדל / תקטן / לא תשתנה? נמקו.  
**ההתנגדות גדלה שכן הורדנו נורה שהייתה.**  
 ג. מה יקרה לעוצמת ההארה של נורה A אם נפתח את המתג שליד C? תגדל / תקטן / לא תשתנה? נמקו.  
**הזרם הכולל קטן וגם עוצמת ההארה ב-A.**  
 ד. דרגו את עוצמת ההארה של הנורות השונות כשהמתג פתוח. **במעגל טורי אותו זרם בכל הנורות.**

**משרד החינוך**  
**המינהל למדע וטכנולוגיה**  
**הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה**

10. במעגל המסורטט שתי הנורות M ו-N דולקות. מוציאים את הנורה N מבית הנורה שלה. האם

עוצמת ההארה של הנורה M תגדל, תקטן או לא תשתנה? נמקו. **המעגל מקבילי. עוצמת ההארה לא**

**תשתנה.**

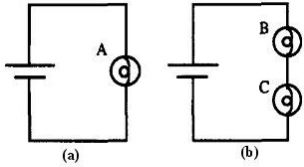


11. במעגלים המסורטטים שתי הסוללות **לא זהות**. הנורות A, B ו-C זהות. עוצמת הארה של הנורות בשני

המעגלים זהה. באיזה מעגל המתח שמספקת הסוללה גדול יותר? הסבירו.

**במעגל (b) ההתנגדות יותר גדולה. על פי חוק אום כדי שהזרם יהיה שווה, צריך מתח יותר**

**גדול.**



## תופעות ובטיחות בשימוש באנרגיה חשמלית – מידע לתלמיד

### א. תופעות במעגל החשמלי

#### 1. קצר חשמלי

קצר חשמלי הוא מצב שבו נוצר מגע ישיר בין חלקי מעגל חשופים. ההתנגדות החשמלית קטנה באופן משמעותי, וכך גדלה משמעותית עוצמת הזרם. מאחר שזרם חשמלי גורם לחימום התילים, זרם גדול מדי גורם לחימום רב ופתאומי של התילים. קצר חשמלי הוא אחת התופעות השכיחות בבתים, והסיבות לה רבות ומגוונות. ישנם קצרים חשמליים שהסיבה להם היא תקלה כלשהי בארון החשמל עצמו או במכשיר חשמלי. לא משנה מהי הסיבה לקצר או מהו מקורו, מדובר באירוע שיכול גם להסתיים באסון כבד.

#### מדוע זה קורה?

ישנם מקרים שבהם הקצר החשמלי נובע מבידוד לקוי בארון החשמל שלנו או במכשיר פגום או חוט חשמל פגום. גם במקרים שבהם קיימת חדירה של נוזלים או חומרים אחרים ישירות אל ארון החשמל או בין הכניסה ליציאה ממכשיר החשמל (כגון מים שהרטיבו את נקודות המגע של קומקום חשמלי), עשוי להיגרם קצר כזה. כשמדובר במכשירי החשמל עצמם, הסיבות לכך דומות. פגיעה במוליכים החשמליים או בבידוד של המכשיר מובילה לקצר חשמלי שמקורו במכשיר החשמלי שברשותנו. כדי לטפל במקור הבעיה באופן הנכון ביותר, חשוב לזהות את מקור הקצר. ייתכן כי מדובר בשקע חשמלי, במנורה שנשרפה או במכשיר חשמלי שגרם לקצר. לעתים נוכל אנו עצמנו לפתור את הבעיה על ידי החלפת נורה שנשרפה למשל. אולם, ישנם מצבים שבהם נזדקק לעזרתם של אנשי מקצוע מתאימים לצורך הטיפול בבעיה שעשויה להיות מורכבת יותר. כתוצאה מהתקלות המוזכרות, מוצא זרם החשמל דרך קיצור בעלת התנגדות נמוכה. למשל, במכשיר פגום יכול להיווצר מגע בין הכניסה והיציאה של מעגל החשמלי של המכשיר בלי לעבור דרך המכשיר עצמו. למכשירים יש התנגדות גדולה בהרבה מזו של החוטים המוליכים. אם נוצר מגע כזה, נוצר בעצם מעגל מקביל למכשיר, בעל התנגדות נמוכה מאוד. כפי שלמדנו בפעילות הראשונה, התנגדות נמוכה משמעותה זרם גבוה. כתוצאה מהקצר עובר עכשיו זרם גבוה מאוד במעגל!!! כתוצאה מכך עלולים להיגרם נזקים שונים:

- הרס פיזי של המכשיר כתוצאה מהחום הגבוה המופק;
- שריפה שנגרמת מהחום;
- התחשמלות אם הקצר נגרם על ידי מגע אדם.

**זכרו! קצר מהווה מצב של סכנה, ושריפות רבות נגרמות מקצר חשמלי. אם הרחתם ריח שרוף המגיע מכיוונו של מכשיר חשמלי כלשהו, כבו אותו מיד או נתקו אותו מהחשמל. במקרים רבים, מומלץ לגשת ישירות אל ארון החשמל ולהוריד את מפסק החשמל.**

## **2. עומס יתר**

עומס יתר נוצר כאשר במעגל חשמלי מחוברים צרכנים רבים באופן מקבילי זה לזה, וזורם במוליכים זרם גדול יותר מזה שביכולתם של מוליכי המעגל לשאת. ככל שהעומס גדל, חוטי החשמל מתחממים יותר. במצב תקני, קצב התחממות החוטים שווה לקצב התקררותם כתוצאה מהעברת חום לסביבה. אם האיזון מופר וקצב ההתחממות גדול מקצב ההתקררות, קיימת סכנת התחממות יתר של המוליכים. התחממות חריגה של המוליכים עלולה לגרום להתבלות מואצת של הבידוד, ולהוביל לקצר. לעתים נדירות עלולה גם לפרוץ שריפה כתוצאה מההתחממות החריגה של המוליכים.

## **ב. אמצעי בטיחות בחשמל**

### **1. אמצעי בטיחות להגנה מפני עומס יתר וקצר**

#### **מבטח חשמלי**

מבטח חשמלי הוא רכיב חשמלי המותקן בכניסה לבית, ומטרתו להגנה מפני קצר חשמלי או עומס יתר. המבטח מגן על ידי ניתוק התקלה ממקור החשמל. ישנם שני סוגים של מבטחים:

- נתיך
- מפסק אוטומטי מגנטי תרמי: מאמ"ת

#### **נתיך**

הרכיב המרכזי של הנתיך המצוי הוא תיל מתכתי דק. בעת עלייה חריגה של הזרם החשמלי במעגל התיל מתחמם וניתך, ועל ידי כך מנותקת התקלה ממקור הזרם. לפני החלפת הנתיך מנתקים את הצרכנים המחוברים למעגל של הנתיך. בעצם הנתיך מונע מצב שחוט ניתך במקום כזה שקשה להגיע אליו על ידי כך שהוא הנקודה "החלשה" במעגל.

#### **יתרונות**

- אמינות גבוהה ביותר. למעשה כמעט שאין סיכוי לכך שבעת תקלה הנתיך לא יפעל.
- עלות נמוכה.
- אין מנוס מלטפל במפגע, אחרת הנתיך החדש גם יישרף.

#### **חסרונות**

- חד פעמי. חייבים להחליף נתיך שנשרף כדי להפעיל מחדש את המכשיר או את המעגל.
- סרבול. פעולת ההחלפה דורשת זמן ומאמץ (לא גדולים, אך גדולים יותר מלחיצה על כפתור).
- הנתיך הוא רכיב גדול יחסית ולא אסתטי.

### **מפסק אוטומטי מגנטי תרמי (מאמ"ת)**

המאמ"ת מנתק את התקלה ממקור הזרם על ידי ניתוק מגעים הנמצאים בתוכו. במקרה של קצר ניתוק זה מבוצע על ידי אלקטרומגנט, ובמקרה של עומס יתר על ידי דו מתכת.

#### **יתרונות**

- ניתן לחיבור מחדש לאחר ביצוע פעולת הניתוק - פשוט על ידי הרמת מתג.
- גודל פיזי קטן יחסית.

#### **חסרונות**

- פחות אמיין מנתיך: בזרמי קצר גבוהים במיוחד המגעים לא יוכלו להיפתח, וכן אם הופעל כמה פעמים תיתכן פגיעה במגעים שתפגע בתפקודו.
- עלות גבוהה יחסית.
- כיום כבר לא משתמשים בנתיכים אלא במאמ"ת, ורצוי לבדוק את תקינותו מפעם לפעם.

## 2. אמצעי בטיחות בבית למניעת התחשמלות

### ממסר פחת

מקור ויקיפדיה



**ממסר פחת, מפסק דלף או מפסק מגן** הם מפסק המגן, והם מנתקים אוטומטית את מערכת החשמל ממקור המתח במקרה של הופעת זרם זליגה במתקן. מטרתו של המפסק לשפר את רמת ההגנה מפני התחשמלות וכן למנוע את הסכנה להתפתחות שריפה במתקן החשמלי.

עקרון הפעולה של המכשיר מתבסס על מדידת ההפרש בין הזרם המגיע לממסר הפחת לבין הזרם החוזר ממנו. כאשר קיים הפרש בין הזרמים, כלומר הזרם החוזר נמוך יותר, משמעות הדבר היא זליגת הזרם דרך מקום אחר שמקורה עלול להיות בהתחשמלות אדם, ואז ממסר הפחת מנתק את הזרם, בהתאם לרמת הרגישות שלו שנמדדת במיליאמפר. במכשיר ביתי רגיל הרגישות עומדת על 30 מיליאמפר.

ממסר הפחת אינו מקטין את הזרם העובר דרך האדם המתחשמל (ה"קורבן"), אלא רק מגביל את משך הזמן לכדי 10-30 מילישניות. רמת סכנת ההתחשמלות נובעת משילוב כמה גורמים, כגון עוצמת הזרם, זמן החשיפה, זרם חילופין או זרם ישר. מומלץ לבדוק את תקינותו של ממסר הפחת פעם בחודש.

### הארקה

**הארקה** היא חיבור חשמלי מלאכותי בין גוף מוליך, שבאופן טבעי מבודד חשמלית מכדור הארץ, לבין כדור הארץ. תוצאת ההארקה היא כי הגוף המוארק יימצא באותו פוטנציאל חשמלי שבו נמצא כדור הארץ באזור ההארקה.

ההארקה מחוברת לגופים מתכתיים שעליהם לא אמור להימצא מתח חשמלי אלא במקרה תקלה, כגון שלדה של מכשיר חשמלי, ומטרתה להגן על אדם הנוגע בגוף או על מכשיר אלקטרוני עדין המחובר לגוף מפני זרם חזק. במקרה של תקלה שבה ייווצר מגע בין מוליך חשמלי כלשהו לגוף המתכתי, הארקה תקינה תוליך כל זרם שיווצר במסלול בטוח אל האדמה, ואף תפעיל אמצעי הגנה אחרים אם קיימים במערכת.

### שימו לב!

**בחלק מהבתים הישנים ההארקה עברה דרך צנרת הנחושת. עם הזמן הוחלפו צינורות הנחושת בצינורות פלסטיק מבלי שהדיירים יהיו מודעים לכך שבעצם נשארו ללא הארקה, ואסונות נגרמו כתוצאה מכך!!!**  
**בקשו מההורים לבדוק אם יש הארקה בביתכם.**

סימן מוסכם  
 להארקה  
 על מכשירי  
 חשמל ורכיבים  
 חשמליים

תיבת חיבור הארקה בארון  
 חשמל (ויקיפדיה)

