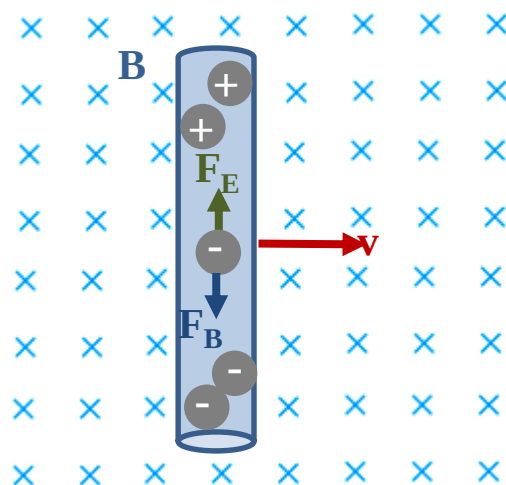


מגנטיות

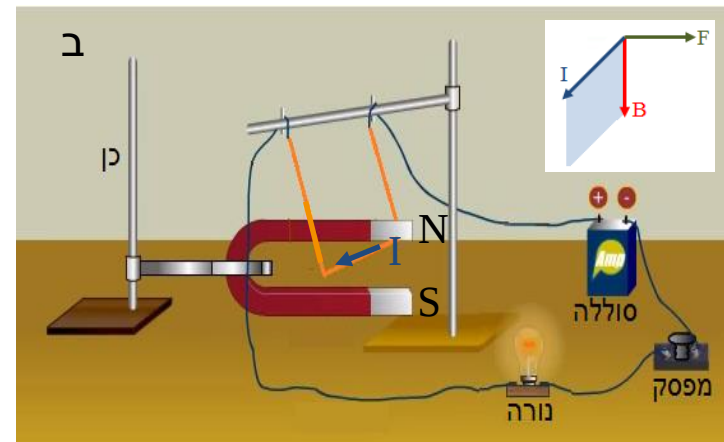
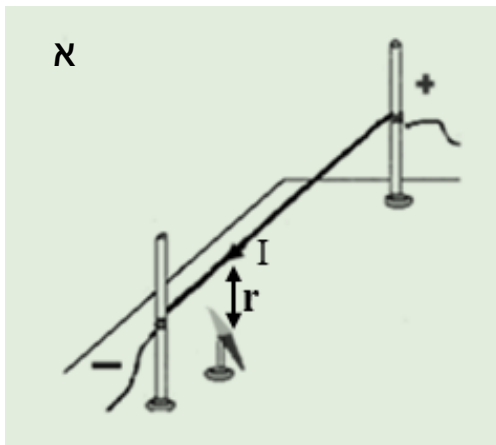
כא"מ מושרה



ניסוי ארסטד מראה כי זרם מפעיל כוח על מגנט (תרשים א).

ראינו שמתקיימת גם התופעה ההפוכה: מגנט מפעיל כוח על זרם (תרשים ב).

יש כאן מעין סימטריה לניסוי ארסטד.



ניסוי ארסטד מראה כי זרם יוצר שדה מגנטי.

האם קיימת תופעה הפוכה נוספת, בה שדה מגנטי יוצר בתיל זרם חשמלי?

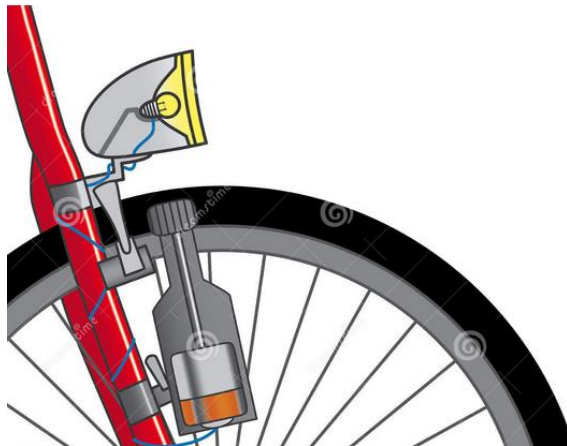
על מנת להשיב על שאלה זו נציג מספר ניסויים, הדומים לאלו שערך מיכאל פרדיי שגילה את אחת

התגליות הגדולות בפיזיקה, הקרויה השראה אלקטרומגנטית.

- ◀ ניתוח תנועת מוט מוליך בשדה מגנטי
- ◀ כא"מ מושרה
- ◀ פיתוח הנוסחה לכא"מ המושרה
- ◀ זרם מושרה רציף
- ◀ המקור לאנרגיה המתפתחת במעגל בו זורם זרם מושרה רציף



מיכאל פאראדיי הוא אחד מהמדענים החשובים של המאה ה-19. עסק בחקר החשמל בתקופה בה התגלה הקשר שבין חשמל למגנטיות. התפרסם בעיקר בזכות העובדה שגילה ששדה מגנטי יכול ליצור שדה חשמלי כפי ששדה חשמלי יכול ליצור שדה מגנטי. פרדיי בנה את המנוע החשמלי הראשון ואת הדינמו הראשון (התקן המאפשר יצירת זרם באמצעות תנועה יחסית בין מגנט לסליל, למשל באופניים), בכך הניח את הבסיס לכל תעשיית החשמל המודרנית, מה שהוביל לפיתוחם של גנרטורים ושנאים המשמשים ליצירה והעברת אנרגיה חשמלית למרחקים.



ניסויים 1-2: מגנט בתוך סליל

ניסוי 1: מגנט במנוחה בתוך סליל דק – אין זרם.

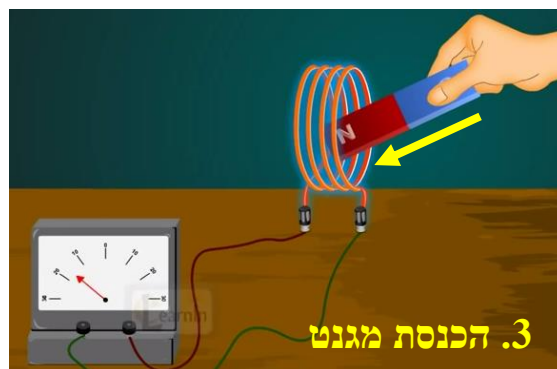


ניסוי 2: שולפים במהירות מגנט מהסליל – יש זרם במד הזרם הרגיש, שייקרא בהמשך זרם השראה.

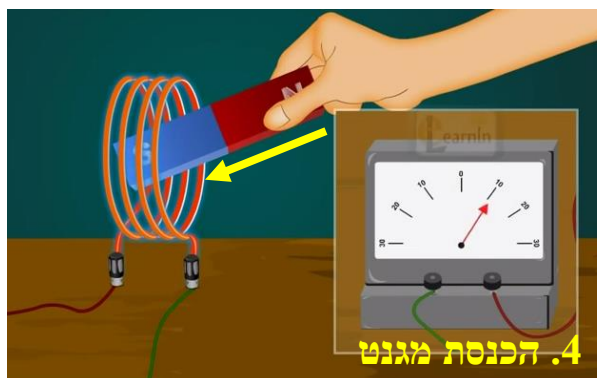


ניסויים 4 - 3 : מגנט בתוך סליל

ניסוי 3: נחזור על ניסוי מס' 2 אך הפעם נקרב את המגנט.
נוצר זרם השראה שכיוונו הפוך לקודם.



ניסוי 4: נקרב את המגנט אבל הפעם נחליף את הקוטב של המגנט.
נוצר זרם השראה שכיוונו הפוך לקודם.

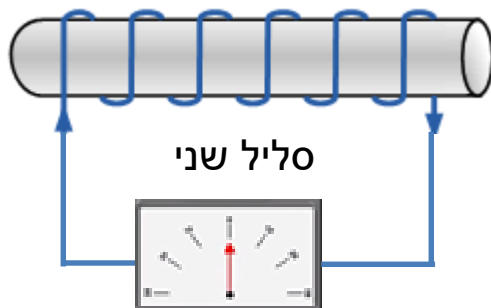


<https://www.youtube.com/watch?v=tC6E9J925pY>

ניסויים 6 – 5 אלקטרומגנט

במקום מגנט קבוע נשתמש באלקטרומגנט.

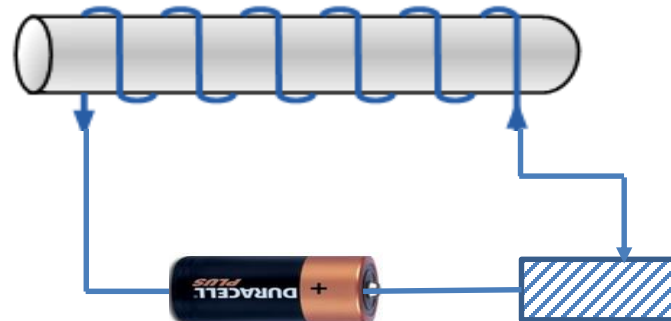
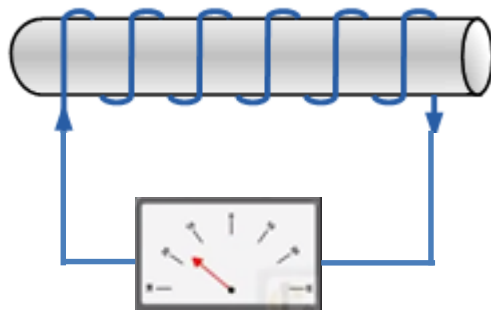
ניסוי 5: כאשר בסליל הראשון הזרם קבוע אין זרם בסליל השני.



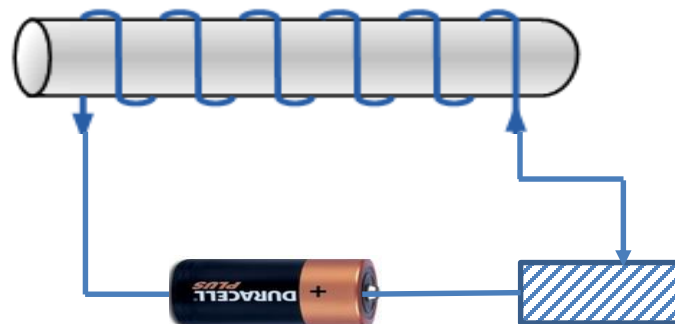
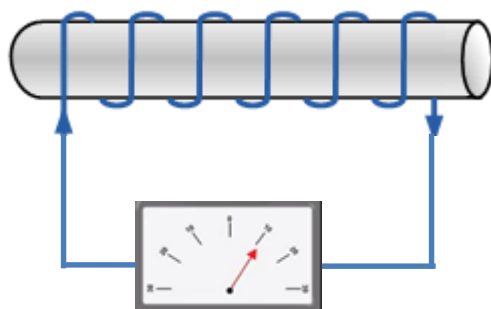
ניסוי 6: כאשר מגדילים את עצמת הזרם בסליל הראשון, על ידי הקטנת ההתנגדות, יש זרם

בסליל השני.

השראה



ניסוי 7: כאשר מקטינים את עצמת הזרם בסליל הראשון על ידי הגדלת ההתנגדות, יש זרם מושרה בסליל השני, הפעם בכיוון ההפוך.

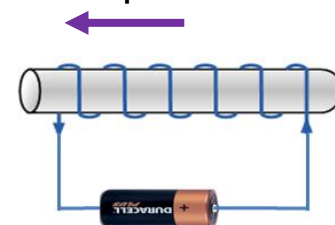
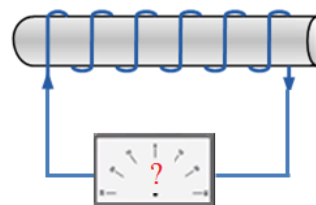
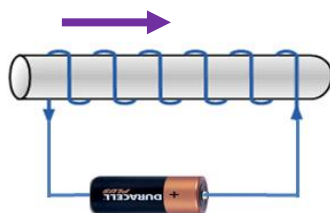
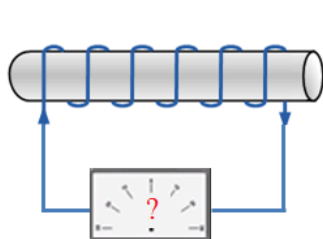


מסקנה:

הגורם לזרם ההשראה הוא השינוי של השדה המגנטי בתוך הסליל או בסביבה בה נמצא הסליל. בהמשך נכליל את המסקנה הזאת לחוק פיזיקלי.

שאלה לכיתה

מה לדעתכם יקרה אם נקרב את הסליל הראשון, בו זורם זרם קבוע, לעבר הסליל השני?
מה לדעתכם יקרה אם נרחיק את הסליל הראשון, בו זורם זרם קבוע, מהסליל השני?

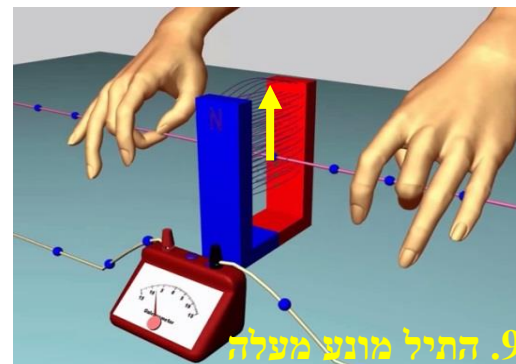
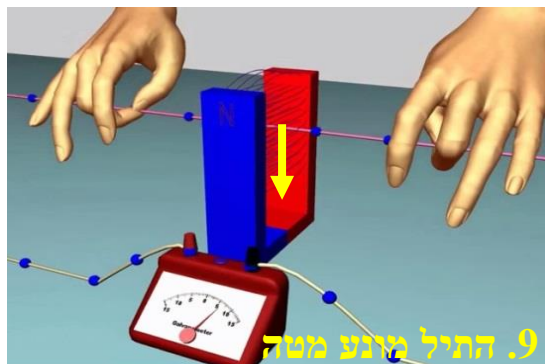


למעשה, ניתן לקבל זרם השראה גם אם הניסוי ייעשה באמצעות מעגל, הבנוי מתיל בודד המחובר אל מד זרם רגיש, הנע בין קטבי מגנט, כפי שניתן לראות בניסוי הבא:

ניסוי 8: כאשר התיל במנוחה לא זורם זרם דרך התיל.

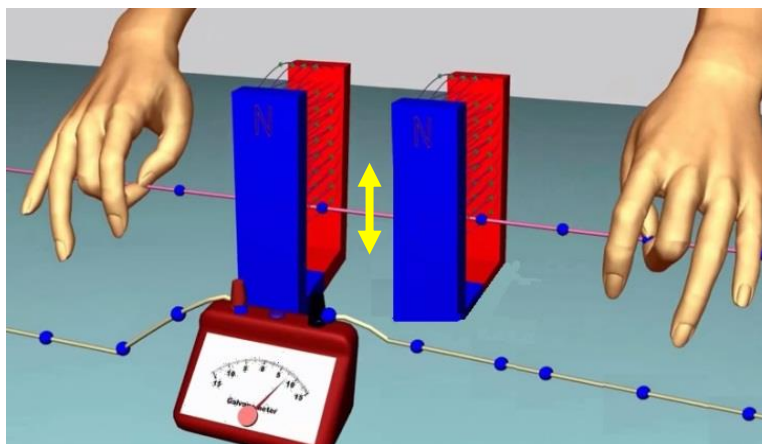


ניסוי 9: כאשר התיל מונע בכיוון מעלה-מטה נוצר בו זרם מושרה, שעצמתו גדלה ככל שהמהירות גדלה. כיוון הזרם המושרה הנוצר תלוי בכיוון התנועה.



מניסויים נוספים לומדים ש:

- ◀ ככל שאורך קטע התיל המונע בשדה מגנטי ארוך יותר, עוצמת הזרם המושרה גדולה.
 - ◀ ככל שעוצמת השדה המגנטי שיוצר המגנט גדלה, גדלה גם עוצמת הזרם המושרה.
 - ◀ כאשר כיוון השדה המגנטי שיוצר המגנט מתהפך, מתהפך גם כיוון הזרם המושרה.
- את כל הממצאים מסדרת הניסויים שתוארה קודם ומניסויים נוספים ניתן לסכם כך:

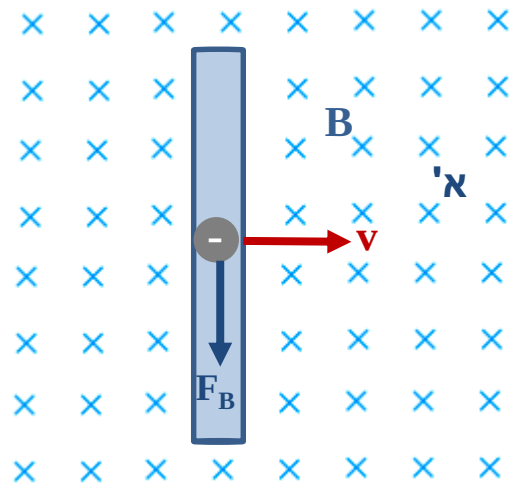


במוליך נע החותך תוך כדי תנועתו קווי שדה מגנטי ובניצב להם,
נוצר זרם השראה, שעוצמתו תלויה במהירות התנועה היחסית של המוליך,
בעוצמת השדה המגנטי ובאורך המוליך החותך את קווי השדה.

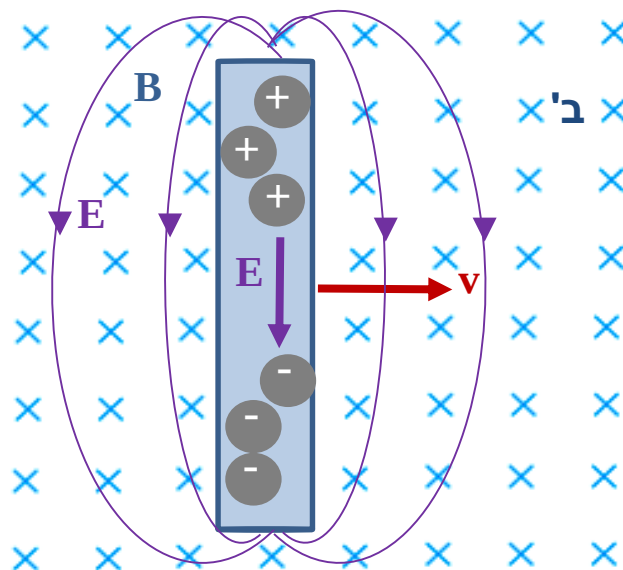
תנועת מוט מוליך בשדה מגנטי 1

כדי לחקור את הגורמים הקובעים את עוצמת הזרם המושרה ולתת הסבר פיזיקלי כלשהו לתופעה, נדון במקרה הבא:

בתוך שדה מגנטי אחיד B נע ימינה מוט מוליך שאורכו L במהירות קבועה V בכיוון הניצב לכיוון השדה.



על כל אחד מהמטענים (האלקטרונים) שבמוליך פועל כוח לורנץ F_B , הדוחף אותו לאורך המוליך. על פי כלל היד הימנית נקבל שכיוון הכוח הפועל על האלקטרונים הוא **כלפי מטה** (תרשים א').

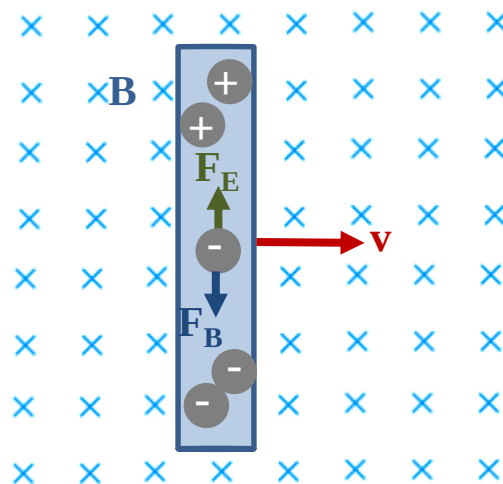


כתוצאה מכך מצטברים אלקטרונים חופשיים בקצהו האחד של המוליך, ובקצה השני של המוליך ייווצר עודף של מטענים חיוביים.

מתקבלת הפרדת מטענים - קיטוב חשמלי בדומה לזה שקיים על קצות סוללה חשמלית.

קיטוב המטענים החשמליים יוצר הפרש פוטנציאלים בין קצות המוליך, וכתוצאה מכך נוצר שדה חשמלי E מחוץ למוליך ובתוכו, שדה שכיוונו כלפי מטה (תרשים ב).

שדה זה מפעיל על האלקטרונים כוח חשמלי, שכיוונו **כלפי מעלה** (בכיוון המנוגד לכוח לורנץ).



במהלך הקיטוב יש תנועת מטענים, כלומר נוצר זרם רגעי.

זרם זה נפסק כאשר הכוחות החשמלי והמגנטי הפועלים על האלקטרונים, משתווים. אז תנועת האלקטרונים נפסקת והפרש הפוטנציאלים בין קצות המוט מגיע לערכו המרבי.

הפרש הפוטנציאלים המתפתח במוט כתוצאה מתנועתו בשדה מגנטי נקרא כא"מ מושרה.

(תזכורת: כא"מ = כוח אלקטרומניע).

נחשב כעת את גודלו של הכא"מ המושרה, הנוצר בין קצות המוט.

במצב בו מסתיימת תנועת האלקטרונים לאורך המוט מתקיים: $F_B = F_E$

$$\vec{F}_E + \vec{F}_B = 0$$

$$qE - qvB = 0$$

$$E = vB$$

$$E = \frac{V}{\Delta x} = \frac{\varepsilon}{L}$$

כאשר L הוא אורך המוט ו- ε (הכא"מ המושרה) הוא הפרש הפוטנציאלים V בין קצות המוט.

$$E = vB$$

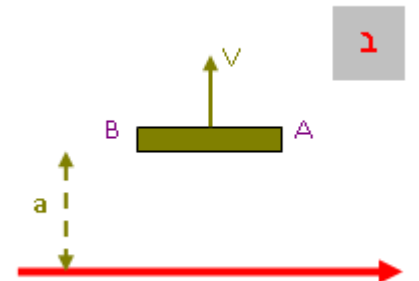
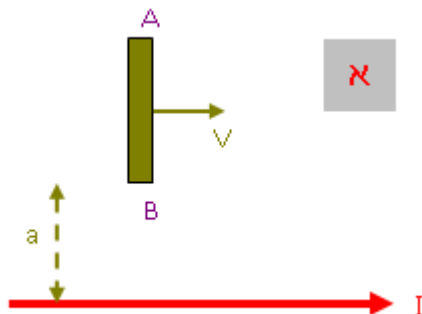
$$E = \frac{\varepsilon}{L}$$

מכאן, הכא"מ המושרה בין קצות המוט הוא:

$$\varepsilon = vLB$$

תרגיל 1 : כא"מ מושרה במוט מוליך (זרם רגעי)

מוט מוליך AB, שאורכו L , ותיל מוליך ארוך מאד, הנושא זרם קבוע I , נמצאים במישור אחד וניצבים זה לזה. מרחק הקצה A של המוט מהתיל הוא a (ראה תרשים א').
אם המוט נע בכיוון מקביל לתיל במהירות קבועה v ונשאר כל העת מאונך למוליך:



א. איזה קצה של המוט יהיה חיובי? נמק.

ב. האם דרוש כוח בכדי שהמוט ינוע במהירות קבועה? נמק.

מרחיקים את המוט מהתיל והמוט נע במהירות קבועה v ונישאר כל העת מקביל לתיל. (ראה תרשים ב')

ג. באיזה קצה של המוט יצטברו מטענים חיוביים? נמק.

ד. האם דרוש כוח בכדי שהמוט ינוע במהירות קבועה? נמק.

פתרון תרגיל 1 : כא"מ מושרה במוט מוליך (זרם רגעי)

א. 1. מטענים חיוביים יצטברו בקצהו התחתון של המוט **B**. על פי כלל יד ימין כיוון השדה המגנטי שהתיל יוצר במקום בו נמצא המוט הוא החוצה וכיוון המהירות הוא ימינה, על כן על פי חוק לורנץ כיוון הכוח על מטען חיובי הוא **כלפי מטה**.

2. הכא"מ הוא קבוע כי כל הגדלים הם קבועים (v, B, L), ומאחר ואין זרם לא פועל כוח.



ב. 1. מטענים חיוביים יצטברו בקצהו הימני של המוט **A**. על פי כלל יד ימין כיוון השדה המגנטי שהתיל יוצר במקום בו נמצא המוט הוא החוצה וכיוון המהירות הוא מעלה, על כן על פי חוק לורנץ כיוון הכוח על מטען חיובי הוא **ימינה**.

2. הכא"מ אינו קבוע כי עוצמת השדה המגנטי תלויה במרחק ומאחר והמרחק גדל עוצמת

השדה המגנטי קטנה ולכן גודל הכא"מ המושרה קטן. בזמן השינוי של הכא"מ המושרה נוצרים זרמים ולכן גם יפעל כוח מושרה כלפי מעלה, ולכן יש להפעיל כוח חיצוני כלפי מטה בכדי שהמוט ינוע במהירות קבועה.

תרגיל 2 : כא"מ מושרה במוט מוליך (זרם רגעי)

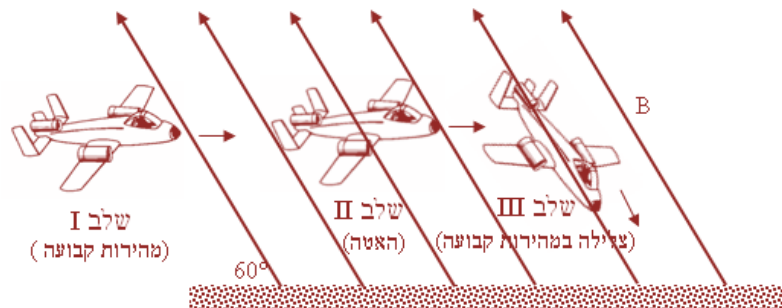
עוצמו של השדה המגנטי באזור מסוים של כדור הארץ היא $B = 2 \times 10^{-5} T$, וכיוונו יוצר זווית בת 60°

עם הכיוון האופקי. מטוס טס באזור זה בטיסה בת שלושה שלבים:

בשלב I הוא טס במהירות קבועה של $v = 150 \frac{m}{s}$ בטיסה אופקית וישרה.

בשלב II המטוס מאט, ובשלב III הוא צולל בזווית בת 60° עם הכיוון האופקי ובמהירות קבועה של

$v = 100 \frac{m}{s}$. המטוס עשוי מחומר מוליך, כנפי המטוס מאונכות לגוף המטוס, והמרחק בין קצותיהן הוא 30m.



א. באילו מהשלבים I, II, III נוצר כא"מ בין קצות הכנפיים? נמק.

ב. באותם השלבים שבהם נוצר כא"מ:

(1) ציין אם הכא"מ קבוע או משתנה. נמק.

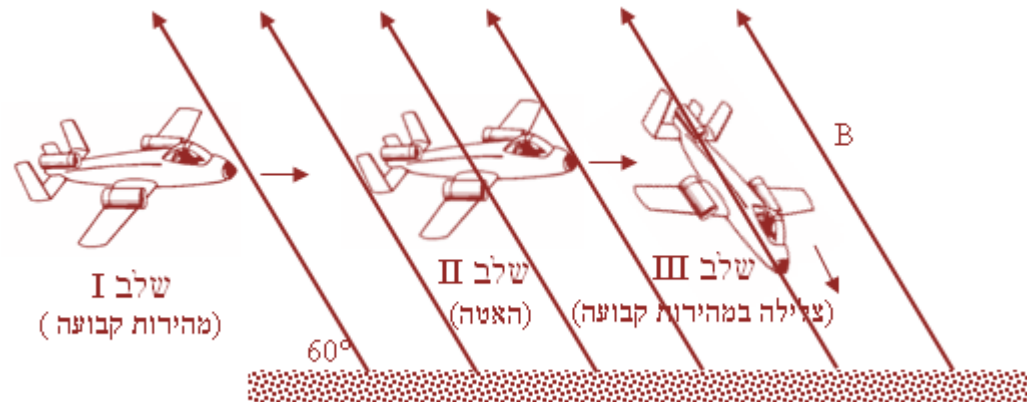
(2) איזה קצה של הכנפיים (הקרוב לקורא או הרחוק ממנו) טעון במטען חיובי? נמק.

ג. מצא את הכא"מ שבין קצות הכנפיים בשלב (או בשלבים) שבו (או שבהם) הכא"מ קבוע.

ד. באיזה שלב (או באילו שלבים) עובר זרם לאורך כנפי המטוס? נמק.

פתרון תרגיל 2 : כא"מ מושרה במוט מוליך (זרם רגעי)

א. הביטוי לכא"מ המושרה בתיל: $\varepsilon = v \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha$. α היא הזווית בין המהירות ובין השדה המגנטי.
מאחר ו- v , L , B קבועים ושונים מאפס בכל השלבים, אזי כא"מ נוצר רק בשלבים בהם הזווית שונה מאפס או 180° . לכן נוצר כא"מ מושרה בין קצות הכנפיים בשלב הראשון ובשלב השני.



ב. (1) בשלב הראשון נוצר כא"מ קבוע כי כל הגדלים הם קבועים (l, B, v, α)

בשלב השני המהירות משתנה ויתר הגדלים הם קבועים, לכן הכא"מ משתנה.

(2) בשלב הראשון ובשלב השני הקצה הקרוב של הכנף טעון במטען חיובי, כי כיוון הכוח

שהשדה מפעיל על מטען חיובי, הוא החוצה מהדף.

ג. הכא"מ קבוע רק בשלב הראשון. $\varepsilon = v \cdot B \cdot l \cdot \sin \alpha = 150 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 30 \cdot \sin 60 = 0.078V$

ד. זרם עובר לאורך כנפי המטוס רק בשלב השני כי הכא"מ שנוצר משתנה.

כיצד ניתן לשנות את המערכת, כך שהזרם דרך המוט יהיה רציף?

זרם מושרה רציף: נניח את קצות המוט המוליך על מסגרת מוליכה קבועה, שמכילה נגד שהתנגדותו R .

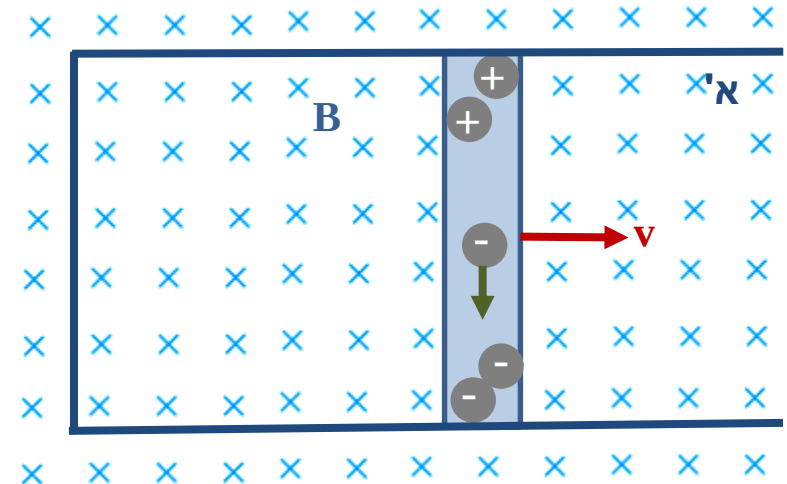
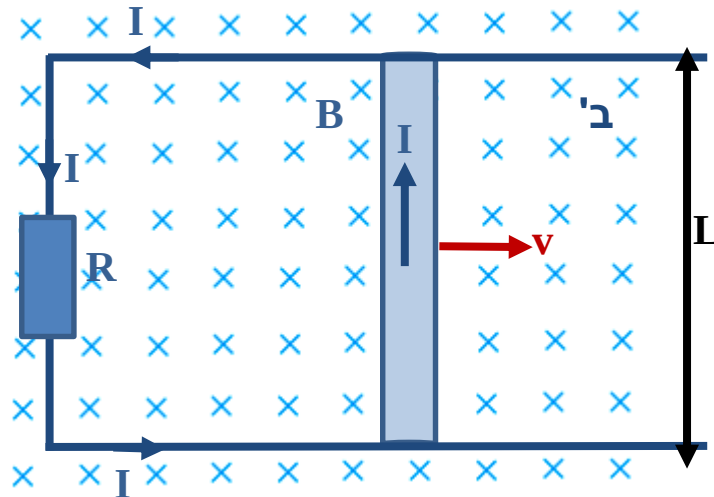
כל עוד המוט מחליק על המסגרת, נקבל מעגל חשמלי סגור, בו זורם זרם.

הסבר:

במוט הנע נוצר קיטוב מטענים. חיבור המוט למסגרת המוליכה כמוהו כחיבור סוללה למעגל.

כתוצאה מכך נוצר זרם (תרשים א').

כל זמן שתנועת המוט בשדה המגנטי נמשכת, מתקיים הקיטוב במוט והזרם החשמלי נמשך (תרשים ב').



האנלוגיה בין מערכת זו למעגל החשמלי

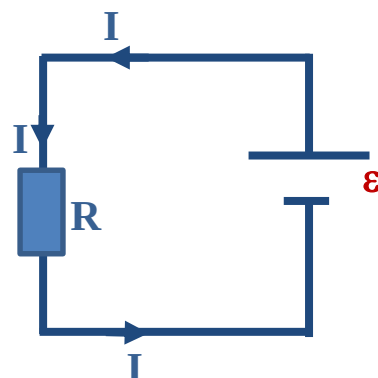
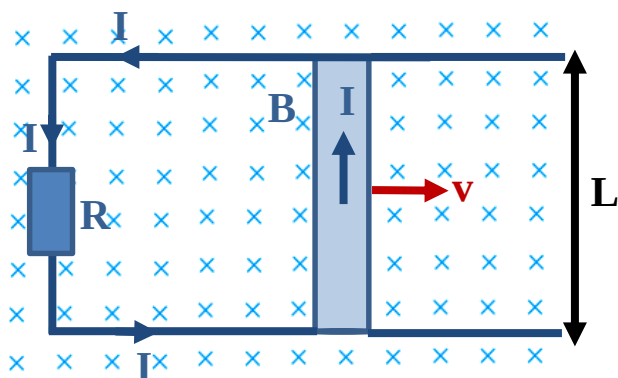
כשעסקנו במעגלים חשמליים ראינו, שלצורך קבלת זרם רציף עלינו ליצור מעגל חשמלי סגור עם סוללה.

במערכת שלנו המוט משמש כ"סוללה" במעגל.

נשים לב לנקודות הבאות:

1. הכיוון של כוח לורנץ הפועל על האלקטרונים שבמוליך קובע את כיוון הזרם המושרה.

2. הכיוון של חיבור הסוללה (במעגל שווה הערך) הוא בהתאם לכיוון הזרם המושרה.



$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{vLB}{R}$$

3. בעזרת חוק אוהם נקבל את עצמת הזרם המושרה:

4. הביטוי להספק החום המתפתח בנגד:

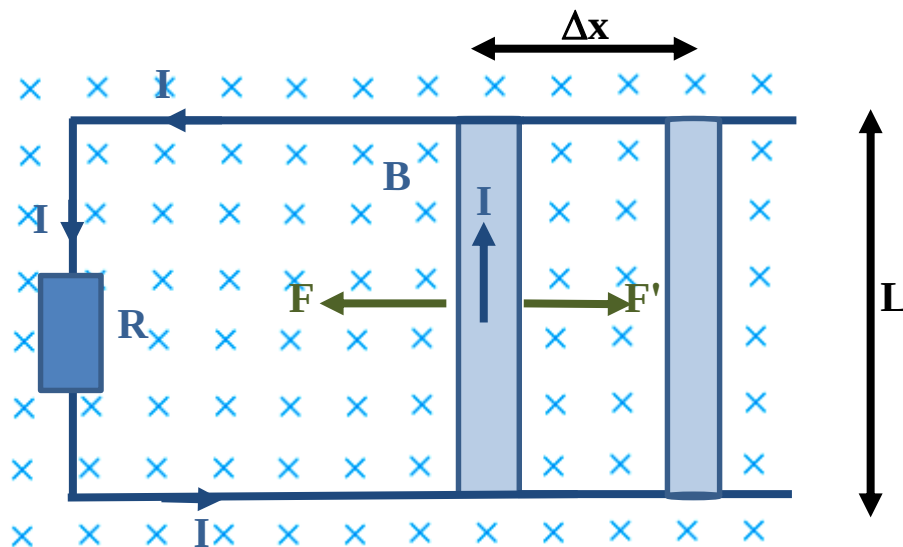
$$P = I^2 \cdot R = \left(\frac{vLB}{R}\right)^2 \cdot R = \frac{v^2 L^2 B^2}{R}$$

מה מקור האנרגיה המתפתחת בנגד?

נחשב מהי העבודה הנעשית על ידי הכוח החיצוני המניע את המוליך בכיוון ימינה.

על המוליך המונע בתוך השדה המגנטי פועלים שני כוחות:

הכוח החיצוני F' בכיוון ימינה, והכוח F שמפעיל השדה המגנטי B על הזרם I הזורם במוליך (שכיוונו על פי כלל יד ימין הוא שמאלה).



מציאת הביטוי לכא"מ המושרה ע"י עבודת הכוח החיצוני

$$\vec{F}' + \vec{F} = 0$$

בתנועה קצובה מתקיים:

$$F = ILB \quad : F \text{ עוצמתו של הכוח}$$

$$F' - F = 0$$

$$F' = F = ILB$$

העבודה W הנעשית על ידי F' כאשר ההעתק שווה ל- Δx היא :

$$W = F' \cdot \Delta x = ILB \cdot \Delta x$$

בתנועה קצובה מתקיים: $\Delta x = v \cdot \Delta t$

$$W = F' \cdot \Delta x = ILB \cdot v \cdot \Delta t$$

$$\Delta q = I \cdot \Delta t$$

$$W = LB \cdot v \cdot \Delta q$$

עבודת הכוח החיצוני ליחידת מטען:

$$\varepsilon = \frac{W}{\Delta q} = \frac{BL \cdot v \cdot \Delta q}{\Delta q} = vLB$$

ביטוי זה זהה לביטוי לכא"מ המושרה שנוצר בין קצות מוט הנע בשדה מגנטי.

עבודת הכוח החיצוני היא המקור לאנרגיה המתפתחת בנגד.

תרגיל כיתה:

יש להוכיח שהספק החום המתפתח בנגד שווה להספק הכוח החיצוני F' .

הקשר בין הספק החום להספק הכוח החיצוני F' .

כאשר ההתנגדות הכוללת של המעגל היא R עוצמת הזרם המורשה נתונה על ידי הנוסחה:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{vLB}{R}$$

$$P = I^2 \cdot R = \left(\frac{vLB}{R}\right)^2 \cdot R$$

$$P = \frac{v^2 L^2 B^2}{R}$$

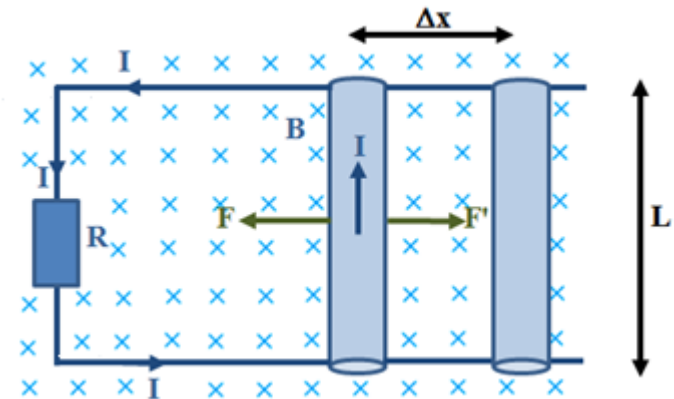
והספק החום המתפתח בנגד שווה ל:

לצורך מציאת הספק הכוח החיצוני F' , נמצא את גודלו של הכוח החיצוני F' , השווה לגודלו של הכוח המושרה F :

$$F' = F = ILB = \frac{vLB}{R} \cdot LB = \frac{vL^2 B^2}{R}$$

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F' \cdot \Delta x}{\Delta t} = F' \cdot v = \frac{vL^2 B^2}{R} \cdot v$$

$$P = \frac{v^2 L^2 B^2}{R}$$



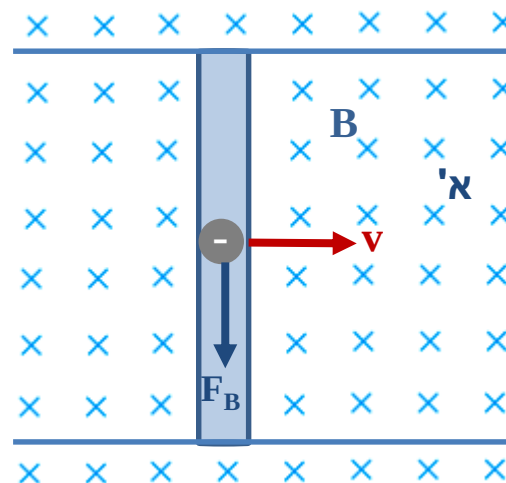
הספק החום המתפתח בנגד שווה להספק הכוח החיצוני F' .

מציאת הביטוי לכא"מ המושרה ע"י עבודת הכוח המגנטי

למה שווה עבודת הכוח המגנטי?

בתהליך הפרדת המטענים עבודת הכוח המגנטי על האלקטרונים לאורכו של המוט המוליך:

$$W = F_B \cdot \Delta x = qvBL$$



העבודה ליחידת מטען שמבצע הכוח המגנטי שווה ל:

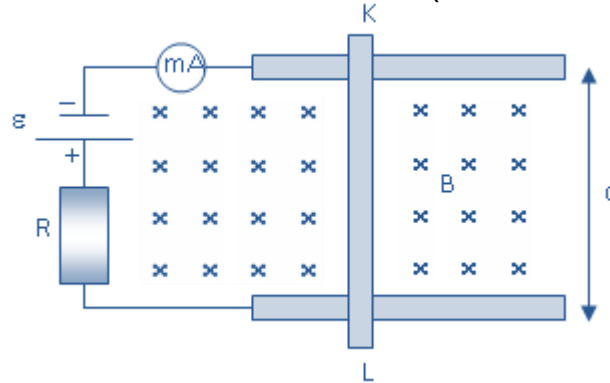
$$\frac{W}{q} = \frac{q \cdot v \cdot B}{q} \cdot L = vLB$$

זהו, על פי הגדרת הכא"מ, הכא"מ המושרה הנוצר בין קצות המוט:

$$\varepsilon = vLB$$

תרגיל 3 : כא"מ מושרה במוט מוליך (זרם רציף)

שני מוטות מוליכים מקבילים ואופקיים, שהמרחק ביניהם d , נמצאים בשדה מגנטי אחיד B , המאונך למישור הנוצר על-ידי שני המוטות וכיוונו "לתוך הדף". המוטות מחוברים למקור מתח, לנגד R ולמד-זרם A . מניחים, על-גבי שני המוטות ובמאונך להם, מוט מוליך שלישי KL (ראה תרשים).



- ההתנגדויות החשמליות של מקור המתח, של מד-הזרם ושל שלושת המוטות זניחות, וכן זניח החיכוך בין המוט KL לבין המוטות המקבילים. על המוט KL מפעילים כוח חיצוני אופקי F , כדי להחזיקו במנוחה.
- א. (1) מצא את כיוון הזרם I במוט KL , ובטא את עוצמתו באמצעות נתוני השאלה.
 (2) מצא את כיוונו של הכוח החיצוני F , ובטא את גודלו באמצעות נתוני השאלה.
- ב. מפסיקים את פעולת הכוח החיצוני F .
- (1) האם המוט KL ינוע שמאלה, ימינה או יישאר במקומו? הסבר
 (2) האם עוצמת הזרם I תגדל, תקטן או לא תשתנה? הסבר.
- ג. עתה מסיעים את המוט KL ימינה במהירות קבועה v . האם עוצמת הזרם דרך המוט תהיה גדולה או קטנה מזו שזרמה דרכו כאשר הוחזק במנוחה על-ידי הכוח F ? הסבר

פתרון תרגיל 3 : כא"מ מושרה במוט מוליך (זרם רציף)

א. (1) כיוון הזרם במוט הוא מ- L ל- K על פי הדקי מקור המתח. עוצמת הזרם: $I = \frac{\varepsilon}{R}$

(2) השדה המגנטי מפעיל על המוט כוח מגנטי שמאלה (לפי כלל יד ימין).

$$F = I \cdot B \cdot l = \frac{\varepsilon \cdot B \cdot d}{R}$$

לכן כיוון הכוח החיצוני הוא ימין. גודלו של הכוח:

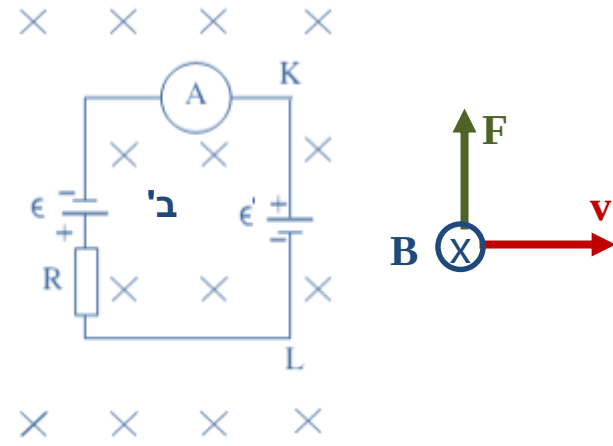
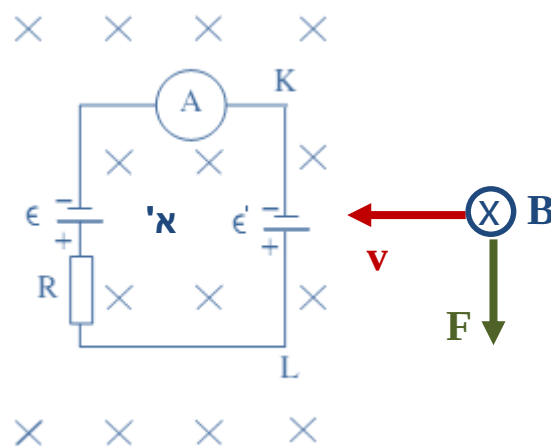
ב. (1) המוט ינוע שמאלה בכיוון הכוח המגנטי.

(2) עוצמת הזרם תקטן כי כתוצאה מתנועת המוט, ייוצר כא"מ מושרה בכיוון מ- K ל- L

(הפוך לכיוון הזרם המקורי), ולכן הזרם יקטן (לפי כוח לורנץ) (ראה תרשים א').

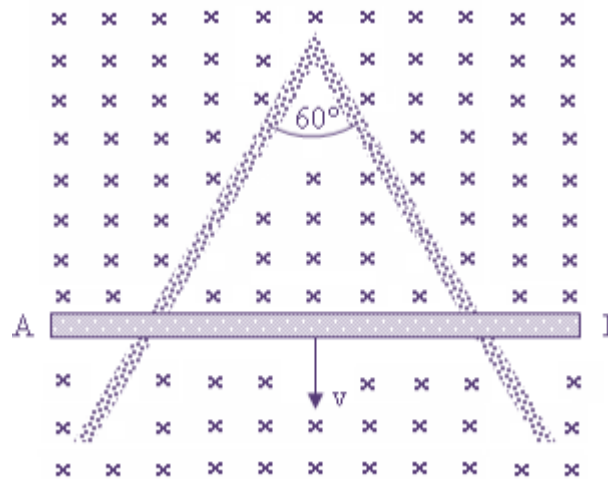
ג. עוצמת הזרם תגדל כי ייוצר כא"מ מושרה שמצטרף לכא"מ של המקור לפי כוח לורנץ

בכיוון מ- L ל- K (ראה תרשים ב').



תרגיל 4 : כא"מ מושרה במוט מוליך (זרם רציף)

מוט נחושת ארוך הכפוף בזווית בת 60° נמצא במישור אופקי. שדה מגנטי אחיד שעוצמתו $B = 0.5 \text{ T}$ מאונך למישור המוט. מוט נחושת ארוך AB נע על פני המוט הכפוף כך שהמוטות יוצרים בכל רגע משולש שווה-צלעות. ברגע $t=0$ אורך צלע המשולש הוא $a=0.1\text{m}$. מהירות המוט AB היא קבועה וגודלה $v = 0.3\text{m/s}$. ההתנגדות ליחידת אורך של מוטות הנחושת היא $\lambda = 0.1\Omega/\text{m}$.



- האם הכא"מ המושרה הנוצר בין נקודה המגע, שבין המוט הנע למוט הכפוף, נשאר קבוע עם הזמן?
- מצא את הכא"מ המושרה ברגע $t=4\text{s}$.
- מצא את עוצמת הזרם במוטות ברגע $t=4\text{s}$.

פתרון תרגיל 4 : כא"מ מושרה במוט מוליך (זרם רציף)

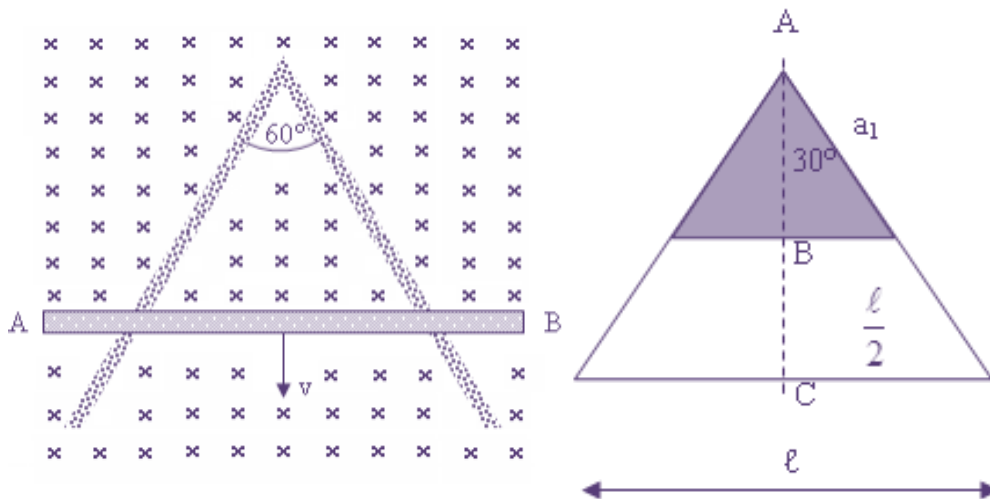
א. הכא"מ משתנה.

$$\varepsilon = v \cdot B \cdot \lambda \cdot \sin \alpha$$

הכא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי נתון בביטוי :

כל הגדלים קבועים פרט לאורך המוט הגדל עם הזמן, לכן הכא"מ גדל עם הזמן.

ב. למציאת אורך המוט L לאחר 4 שניות נימצא תחילה את המרחק AC :



$$\frac{AB}{a_1} = \cos 30^\circ$$

$$AB = a_1 \cdot \cos 30^\circ = 0.1 \cdot 0.866 = 0.0866m$$

$$BC = v \cdot t = 0.3 \cdot 4 = 1.2m$$

$$AC = AB + BC = 1.2 + 0.0866 = 1.2866m$$

$$\frac{\frac{l}{2}}{AC} = \tan 30^\circ$$

$$\lambda = 2 \cdot AC \cdot \tan 30^\circ = 2 \cdot 1.2866 \cdot \tan 30^\circ = 1.485$$

$$\varepsilon = v \cdot B \cdot \lambda = 0.3 \cdot 0.5 \cdot 1.485 = 0.22V$$

$$R = \lambda \cdot 3\lambda$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{v \cdot B \cdot \lambda}{\lambda \cdot 3\lambda} = \frac{v \cdot B}{3\lambda} = \frac{0.3 \cdot 0.5}{3 \cdot 0.1} = 0.5A$$

ג. ההתנגדות ליחידת אורך שווה ל : $\lambda = \frac{R}{\lambda}$

אורך מוטות הנחושת הוא 3L, ולכן:

❖ במוליך נע החותך תוך כדי תנועתו קווי שדה מגנטי ובניצב להם, נוצר זרם השראה, שעוצמתו תלויה במהירות התנועה היחסית של המוליך, בעוצמת השדה המגנטי ובאורך המוליך החותך את קווי השדה.

❖ הפרש הפוטנציאלים המתפתח במוט מוליך כתוצאה מתנועתו בשדה מגנטי נקרא כא"מ מושרה. גודלו של הכא"מ המושרה בין קצות המוט הוא:

$$\varepsilon = vLB$$

❖ חיבור המוט למסגרת המוליכה כמוהו כחיבור סוללה למעגל. כתוצאה מכך נוצר זרם מושרה שגודלו:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{vLB}{R}$$

❖ על מוליך הנע בתוך שדה מגנטי פועל כוח שמפעיל השדה המגנטי B על הזרם I הזורם במוליך. כוח זה נקרא כוח מושרה, שכיוונו מנוגד לכיוון תנועת המוט, וגודלו:

$$F = I \cdot L \cdot B = \frac{\varepsilon}{R} \cdot L \cdot B = \frac{vLB}{R} \cdot L \cdot B = \frac{vL^2 B^2}{R}$$

❖ עבודת הכוח החיצוני היא המקור לאנרגיה המתפתחת בנגד.