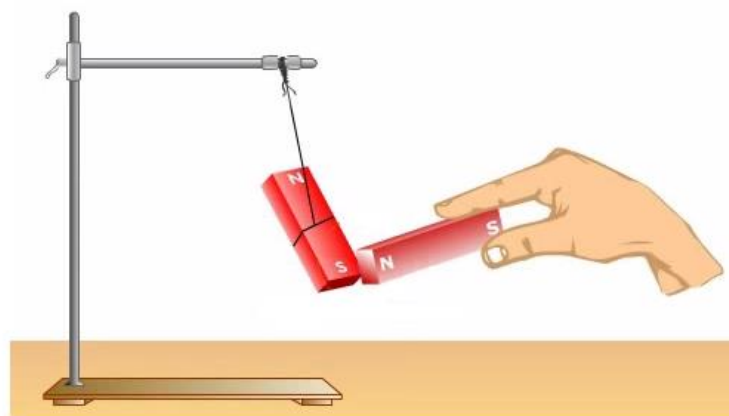


מגנטיות

הכוח המגנטי



- ◀ קטבים מגנטיים
- ◀ הכוח בין קטבים מגנטיים
- ◀ המגנטיות של כדור הארץ
- ◀ כוחות בין מגנט לתיל בו זרם זרם
- ◀ המקור לכוחות המגנטיים

ניקח מגנט בצורת מוט ונתלה אותו על כן באמצעות חוט.

אפשר לראות, שמכל מצב ממנו נשחרר את המגנט, הוא יסתובב לכיוון מסוים, יבצע מספר תנודות, ובסופו של דבר יעצר תמיד באותו מצב, כאשר קצה אחד שלו מצביע לכיוון **צפון**, והקצה הנגדי מצביע לכיוון **דרום**.



הקצה המצביע לכיוון צפון מכונה **קוטב צפוני** של המגנט, וסימונו המקובל הוא N.

הקצה הנגדי, המצביע לכיוון דרום, מכונה **קוטב דרומי** של המגנט, וסימונו המקובל הוא S.

ברור שהתייצבותו של המגנט סביב הכיוון צפון-דרום נובעת כתוצאה מפעולת כוח.

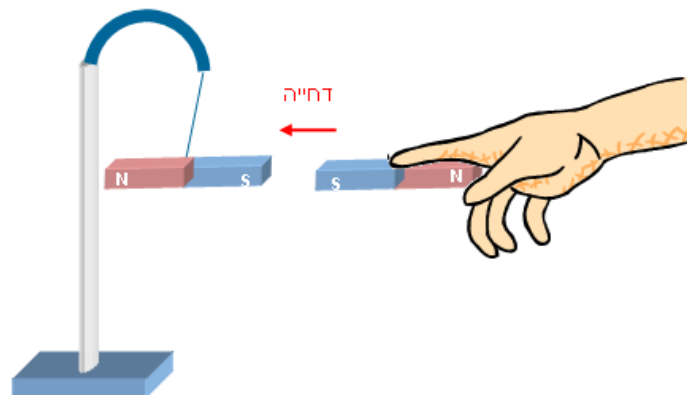
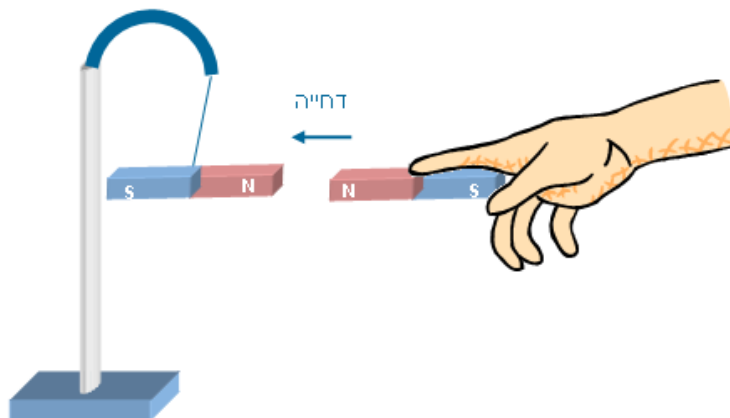
מה מקור כוח זה? האם מדובר בכוח יסודי חדש?

נבצע מספר ניסויים, שבעזרתם ננסה ללמוד את מאפייני הכוח הזה.

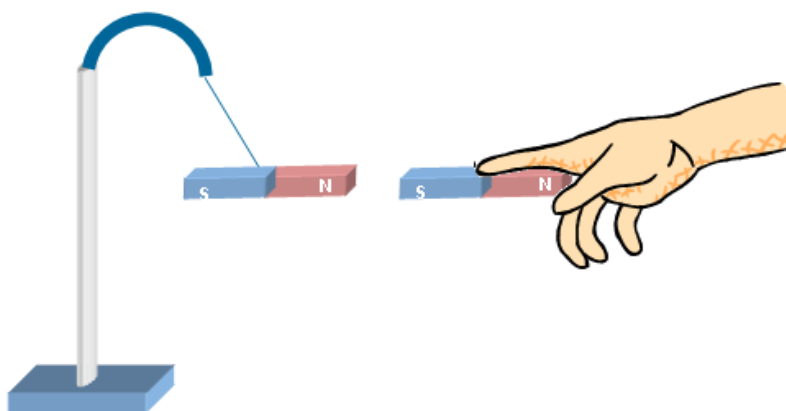
נתלה מגנט-מוט על כן ונקרב אליו מגנט-מוט אחר, באופן ששני הקטבים הצפוניים פונים זה אל זה.

נבחין בכך ששני המגנטים דוחים זה את זה.

גם כשנססה לקרב את שני הקטבים הדרומיים של המגנט זה אל זה, נרגיש דחייה.



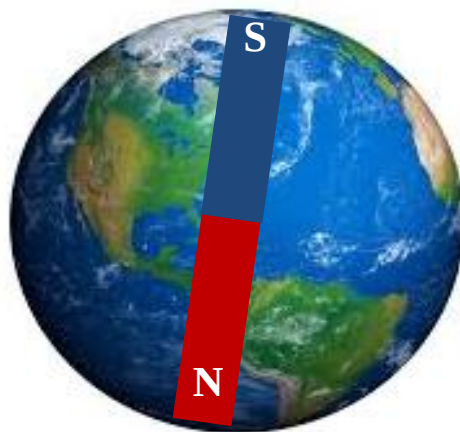
עתה נקרב קוטב צפוני של אחד המגנטים לקוטב דרומי של המגנט האחר. המגנטים יימשכו זה אל זה.



כפי שראינו, קטבים מגנטיים **הפוכים** נמשכים זה אל זה. התייצבות המגנט בכיוון צפון-דרום מעידה על משיכה מגנטית שמקורה, כנראה, בכדור הארץ עצמו.

הפיסיקאי האנגלי **ויליאם גילברט** היה הראשון, שחקר באופן מדעי מעמיק את מגנטיות כדור הארץ. כבר בשנת 1600 טען גילברט בספרו "המגנט", שכדור הארץ עצמו פועל כמגנט, וזו הסיבה שהמגנט מתייצב סביב הכיוון צפון-דרום.

ואכן, כיום ידוע כי בסמוך לקטבים הגיאוגרפיים יש בכדור הארץ גם קטבים מגנטיים. הקוטב **המגנטי הדרומי** נמצא דווקא **קרוב לצפון הגיאוגרפי** - ולהפך.



כבר לפני 2500 שנה ביוון, היו מוכרים לאדם סלעים טבעיים בעלי יכולת משיכה ודחייה, שנקראו על שם העיר בה הם נמצאו, מגנטיה.

עוד קודם לכן, במאה ה-12 לפני הספירה, נעשה שימוש בסלעים כאלו, שכונו מגנטים ושימשו לניווט תנועה מסחרית וצבאית בסין.

תכונה זו של המגנט, התייצבותו סביב כיוון צפון-דרום, הביאה לשימוש במגנט ככלי מרכזי בניווט. מחט מגנטית, שמאפשרים לה לנוע באופן חופשי, ללא חיכוך משמעותי, ולשנות את כיוונה במרחב, מהווה את הליבה של המכשיר העתיק המכונה: **מצפן**.

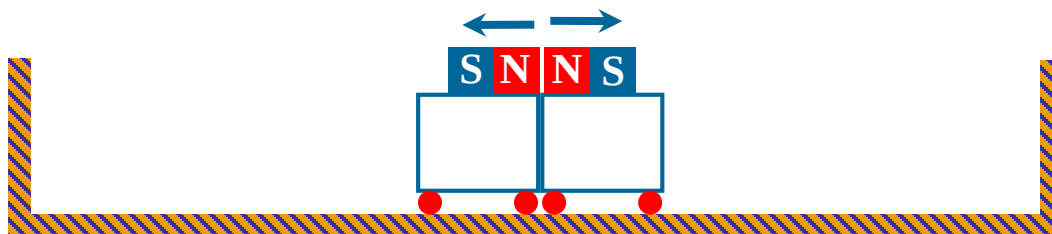


מתייחסים למצפן כמצביע על הצפון הגיאוגרפי, אך למעשה המצפן מורה לכיוון אזור מסוים בצפון קנדה, בו מצוי הקוטב המגנטי של כדור הארץ ולא הקוטב הגיאוגרפי.

האם כוח זה מקיים את החוק השלישי?

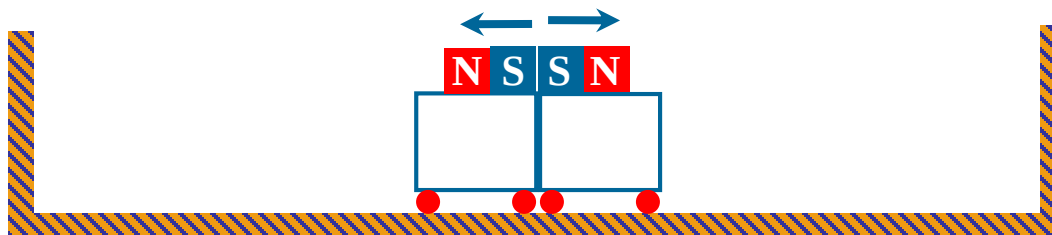
נבדוק: האם כוח זה מקיים את החוק השלישי של ניוטון?

ניקח שתי עגלות זהות ונחבר לכל אחת מהעגלות מגנט-מוט זהה, באופן ששני הקטבים הצפוניים פונים זה אל זה. נמקם את העגלות במרכז של מסילת הרצה ונחזיק את העגלות.



כאשר נרפה מהאחיזה בעגלות הן תדחנה האחת את השנייה, בשל כוחות הדחייה הפועלים בין המגנטים, והעגלות תגענה יחד לקצות המסילה.

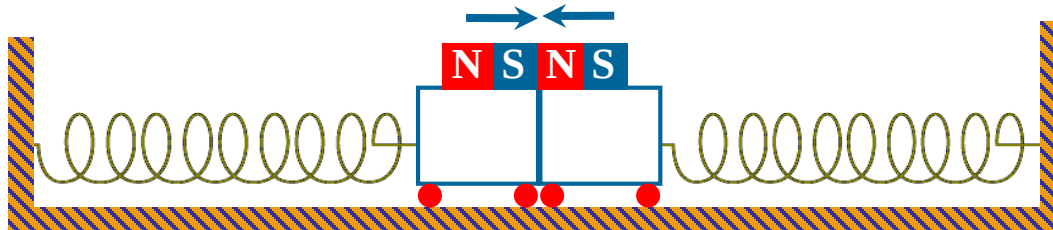
תופעה זו תתרחש גם כאשר נחזור על ההדגמה כששני הקטבים הדרומיים פונים זה אל זה.



האם כוח זה מקיים את החוק השלישי?

עתה, ניקח שתי עגלות זהות ושני קפיצים זהים, ונחבר אל כל אחת מהן את קצהו האחד של קפיץ, כשאת קצהו השני של הקפיץ נחבר לקצה המסילה.

נצמיד לכל אחת מהעגלות מגנט- מוט זהה, באופן שקוטב צפוני פונה לקוטב דרומי, כמתואר בתרשים.



עתה, כאשר ננסה לקרב את העגלות זו אל זו הן תמשכנה האחת אל השנייה, ולבסוף תיצמדנה בגלל כוחות המשיכה הפועלים בין המגנטים. מאחר והתארכות כל אחד מהקפיצים הייתה שווה, ניתן לקבוע שבין המגנטים פעל כוח משיכה השווה בגודלו ומנוגד בכיוונו.

<https://www.youtube.com/watch?v=qrPCWU4LwSM>

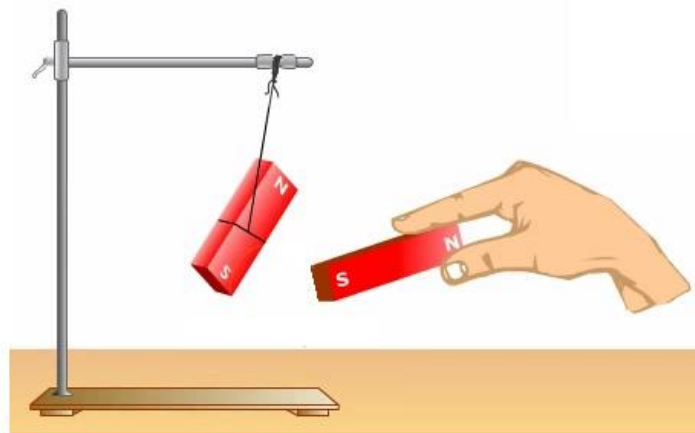
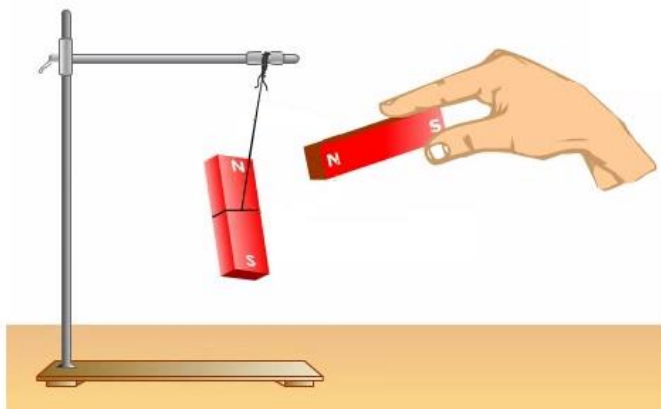
❖ מוט מגנט מתייצב בכיוון צפון-דרום, הקצה המצביע לכיוון צפון מכונה **קוטב צפוני**, הקצה הנגדי, המצביע לכיוון דרום, מכונה **קוטב דרומי**.

❖ בין שני קטבים זהים של מגנטים קיים כוח דחייה.

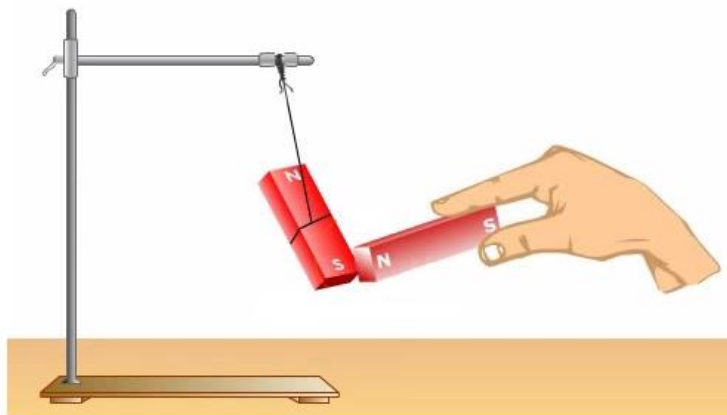
❖ בין שני קטבים שונים של מגנטים קיים כוח משיכה.

❖ כוחות אלה מקיימים את החוק השלישי של ניוטון.

נתלה מגנט-מוט על כן ונקרב אליו מגנט-מוט אחר, באופן ששני הקטבים הצפוניים פונים זה אל זה. אנו עדים לכך, ששני המגנטים דוחים אחד את השני. גם כאשר ננסה לקרב את שני הקטבים הדרומיים של המגנט זה אל זה, נרגיש שוב דחייה.

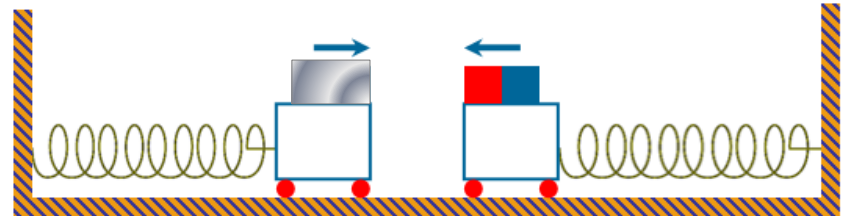
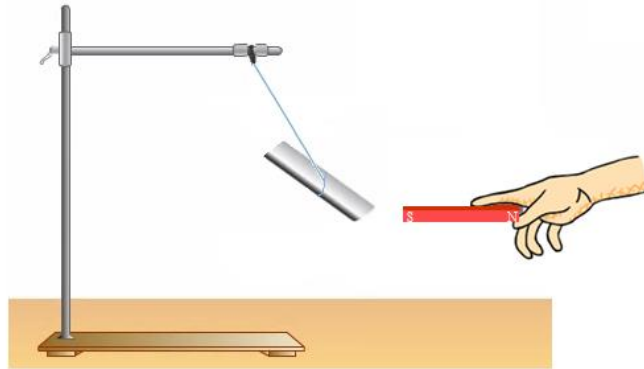


עתה נקרב קוטב צפוני של אחד המגנטים לקוטב דרומי של המגנט האחר. המגנטים יימשכו זה אל זה.



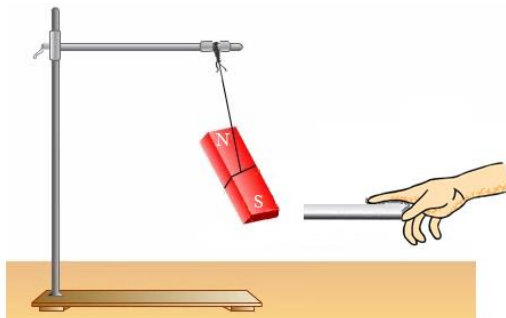
האם כוח זה פועל רק בין מגנטיים?

בניסויים שערכנו עד כה הכוח פעל בין מגנטיים. נבדוק אם כוח זה פועל גם על חומרים אחרים. במצב א' נתלה מוט ברזל על כן ונקרב אליו מוט מגנט באופן שהקוטב הדרומי של המגנט פונה לעבר הברזל, במצב ב' לוקחים שתי עגלות ומצמידים לאחת מהן מגנט ולשנייה ברזל. מקרבים את העגלה אליה מוצמד המגנט לעבר העגלה השנייה.



בשני המצבים הברזל נמשך אל המגנט.

תופעה זו תתרחש גם כאשר נקרב את הקוטב הצפוני של המגנט אל הברזל.



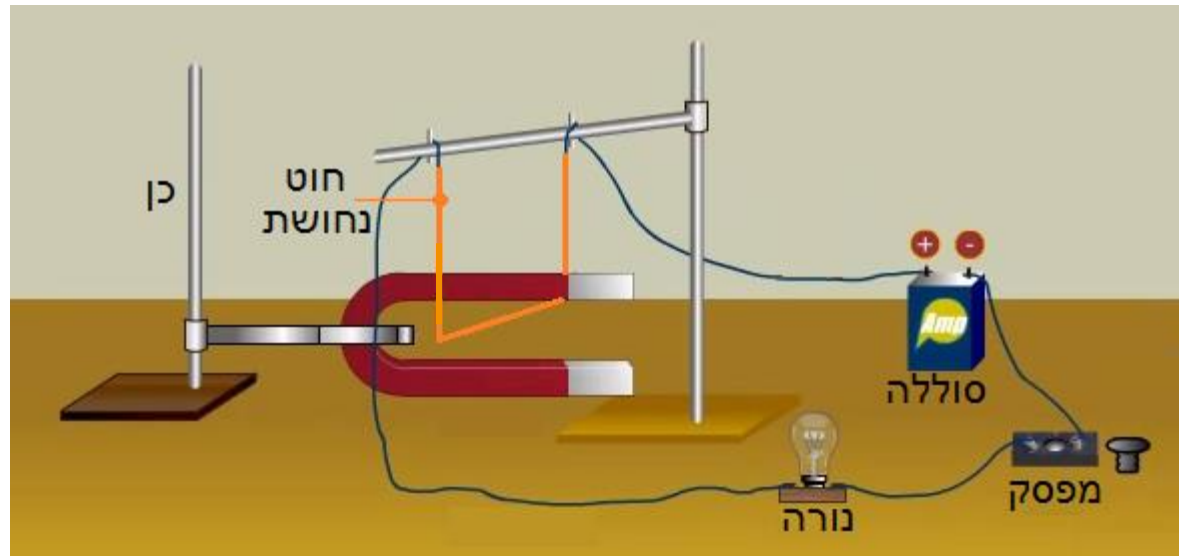
האם קיימת הדדיות? האם גם ברזל מושך מגנט? נתלה מוט מגנט על כן ונקרב אליו מוט ברזל (המוחזק באופן קבוע). נוכל לראות שהמגנט נמשך לעבר הברזל וקיימת הדדיות.

מסקנה: הכוח המגנטי פועל גם בין מגנט לברזל.

חומרים (כגון ברזל, ניקל, קדמיום ועוד), שבהשפעת מגנט חיצוני הופכים לממגנטיים, נקראים חומרים פרומגנטיים (Ferromagnetic).

האם הכוח המגנטי הוא יסודי חדש?

- א. מציבים חוט נחושת המהווה חלק ממעגל חשמלי בין שני קטביו של מגנט פרסה. המעגל חשמלי המכיל : סוללה, מפסק, תילי הולכה, ונורה. במצב הראשון כשהמפסק פתוח ולא זורם במעגל החוט נשאר באותו המצב.



מגנט לא מושך תיל נחושת (חומר שאינו פרומגנטי)

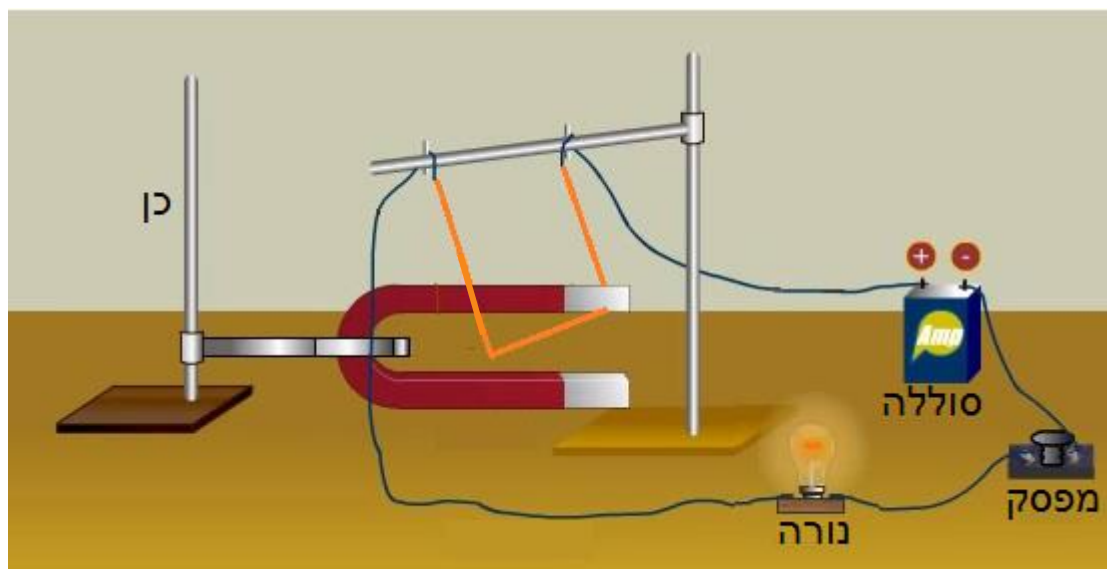
<https://www.youtube.com/watch?v=tbCXaER0w-s>

<https://www.youtube.com/watch?v=HTTA30sEv6o>

<https://www.youtube.com/watch?v=tUCtCYty-ns>

האם הכוח המגנטי הוא כוח יסודי חדש?

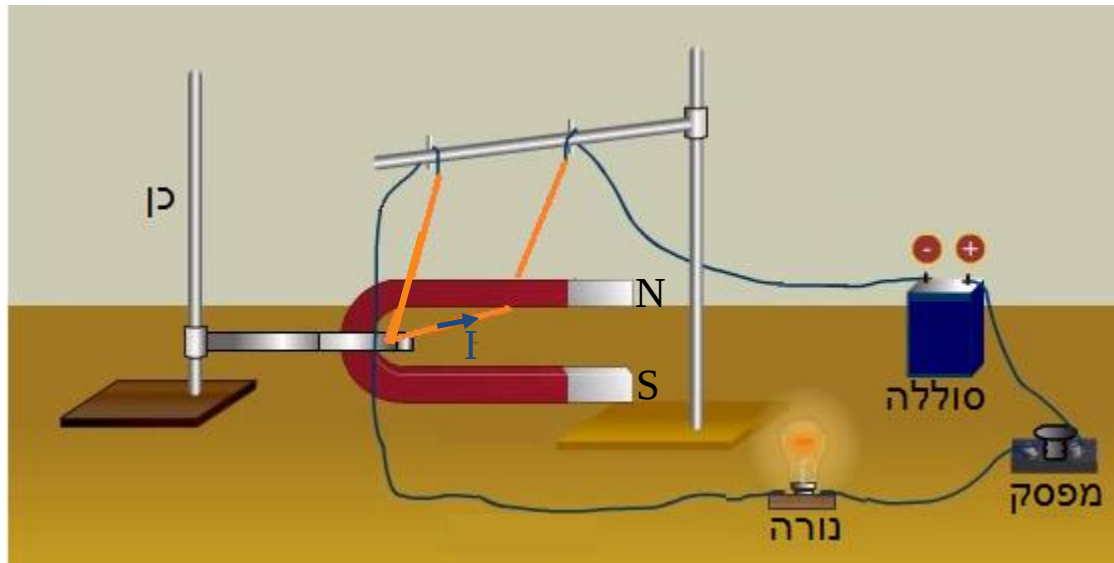
||. כאשר סוגרים את המפסק זורם זרם דרך תיל הנחושת בכיוון החוצה מהמסך, ופועל עליו כוח בכיוון ימינה.



מגנט מושך תיל נחושת בו זורם זרם חשמלי
כיוון הכוח בניצב לכיוון הזרם

(III) נבדוק מה קורה אם הזרם הופך כיוון?

עתה זורם זרם דרך תיל הנחושת בכיוון פנימה אל תוך המסך, ופועל עליו כוח בכיוון שמאלה.



התיל נמשך לצד השני התיל בכיוון הניצב לכיוון הזרם

מסקנה: מגנט מפעיל כוח על תיל, שעשוי מחומר לא פרומגנטי, רק כאשר זורם בו זרם.

*נשים לב לכך שיש כאן רמז לקשר בין חשמל למגנטיות.

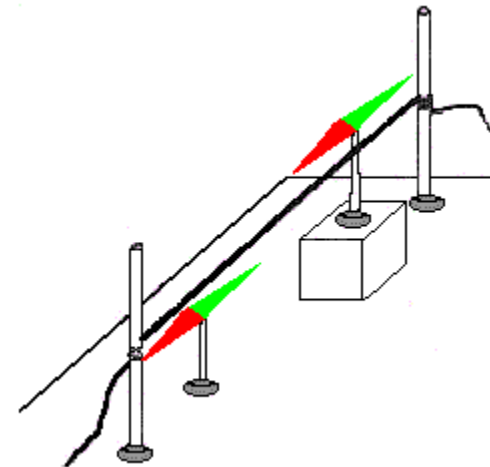
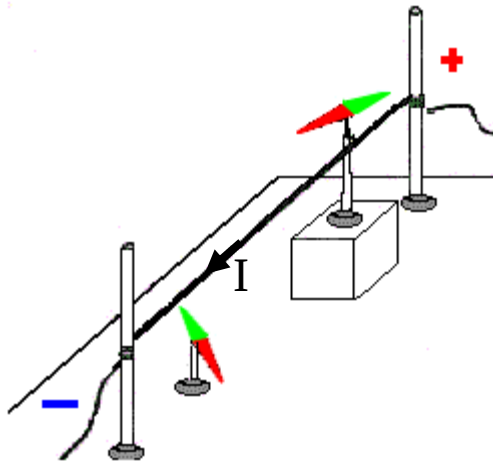
<https://www.youtube.com/watch?v=UV0wtX9AXq4>

<https://www.youtube.com/watch?v=F1PWnu01IQg>

<https://www.youtube.com/watch?v=4YjPerqtWRs>

מגנט מושך תיל שזורם בו זרם. האם גם להיפך?

העובדה שמחט מגנטית מושפעת על ידי מגנט אחר הייתה ידועה אלפי שנים. רק בשנת 1820, באופן מקרי (תוך כדי הרצאה), גילה המדען הדני האנס כריסטיאן אורסטד, שאפשר להשפיע על המצפן גם בעזרת זרם חשמלי. אורסטד מצא, שמחט מגנטית סוטה מכיוונה צפון-דרום, כאשר היא בסביבת חוט תיל הנושא זרם חשמלי. למעשה, אי אפשר להבחין בין השפעת תיל שזורם בו זרם לבין השפעת מגנט חיצוני, על תנועתה של מחט המצפן.



תיל שזורם בו זרם חשמלי מפעיל כוח על מחט המצפן (מגנט).

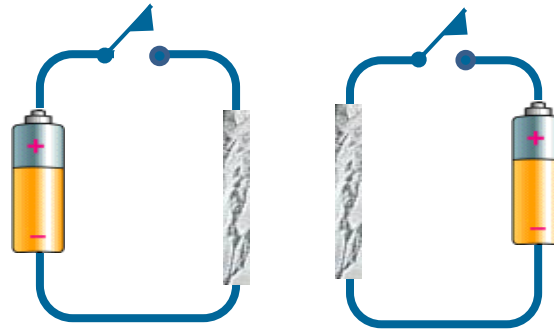
תיל שלא זורם בו זרם חשמלי אינו מפעיל כוח על מחט המצפן (מגנט).

תופעה זו קשרה במפתיע את הזרם החשמלי עם תופעת המגנטיות, כאשר שתי תופעות אלה נחשבו עד אז לתופעות שאין קשר ביניהן.

מסקנה: תיל מוליך בו זרם זורם נוהג כמגנט!

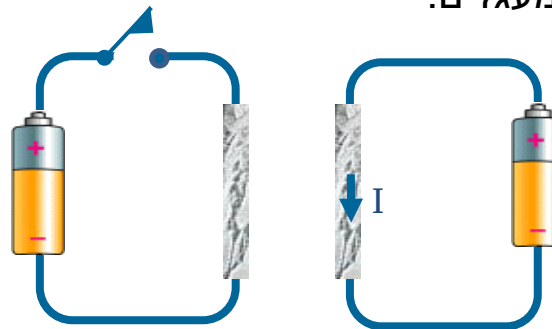
האם הכוח המגנטי פועל רק בנוכחות מגנט?

הניסוי הקודם מראה, שתיל שזורם בו זרם נוהג כמגנט (כלומר, מפעיל כוח על מגנט) וכן שמגנט מפעיל כוח על תיל זה. אם כן, שני תילים נושאי זרם ישפיעו זה על זה כמו שני מגנטים. נראה זאת. נבנה שני מעגלים חשמליים, שכל אחד מהם מכיל מקור מתח ותיל מוליך (רדיד אלומיניום). נעמיד אותם כך ששני רדידי האלומיניום יהיו מקבילים וקרובים זה לזה.



נבדוק שלושה מצבים:

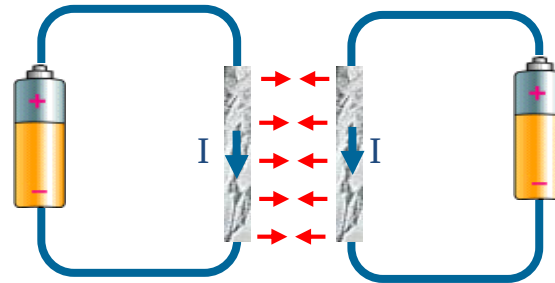
1. תחילה נזרים זרם רק באחד מהמעגלים.



במצב זה לא קורה כלום.

האם הכוח המגנטי פועל רק בנוכחות מגנט?

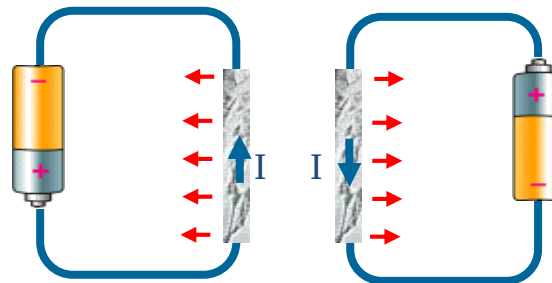
2. מזרימים את הזרמים בשני התילים באותו הכיוון.



זרמים באותו הכיוון מושכים זה את זה

<https://www.youtube.com/watch?v=43AeuDvWc0k>

3. מזרימים את הזרמים בשני התילים בכיוונים מנוגדים.



זרמים בכיוונים מנוגדים דוחים זה את זה

ניסוי זה מעיד על קיום כוחות מגנטיים שמקורם בזרם חשמלי כלומר מטענים בתנועה. נדגיש שהתילים נושאי הזרם הינם ניטרליים מבחינה חשמלית לפני קיום הזרם ובזמן קיום הזרם, והראיה, אם נקרב פיסות נייר הן לא תימשכנה. לכן נוכל לסכם:

המקור לכוח האלקטרוסטטי – מטענים חשמליים

המקור לכוחות המגנטיים – מטענים בתנועה

מסקנה:

**הכוח המגנטי אינו כוח יסודי חדש אלא כוח הנובע ממטענים בתנועה,
כפי שהכוח האלקטרוסטטי נובע מקיומם של מטענים חשמליים במנוחה או בתנועה.**

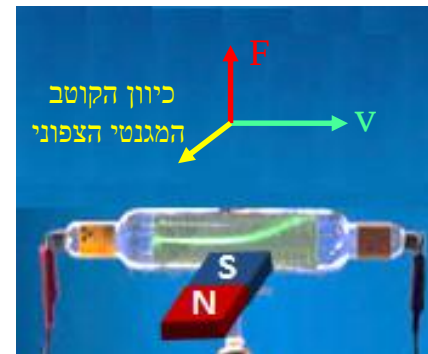
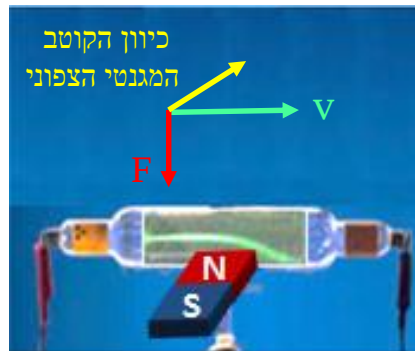
איך מתקשר זרם חשמלי למגנטים טבעיים?
בהמשך נלמד שגם מקורה של תופעת המגנטיות של מגנטים טבעיים הינם זרמים חשמליים, כלומר- מטענים בתנועה.

נבדוק מהו תפקידם של התילים.

הכוח המגנטי אינו קשור לחומר ממנו עשוי התיל

למעשה, הכוח המגנטי שקיים בתיל נושא-זרם אינו קשור לחומר ממנו עשוי התיל, אלא לעובדה שיש במתכת אלקטרונים חופשיים המצויים בתנועה. נראה זאת בניסוי פשוט עם שפופרת קתודית, בה זרם של אלקטרונים מואץ לעבר מסך פלואורסנטי. פגיעת האלקטרונים במסך יוצרת כתם צבעוני.

נקרב את אחד הקטבים של מגנט אל השפופרת בניצב לכיוון זרם האלקטרונים שהוא בכיוון ימין. ניוכח שנוכחות המגנט גורמת להטיית האלומה ולסטיית הכתם על המסך. סטיית האלקטרונים היא בכיוון מעלה או מטה במאונך לכיוון התנועה של האלקטרונים, ובהתאם לקוטב הנמצא בסמוך לשפופרת.



מסקנה:

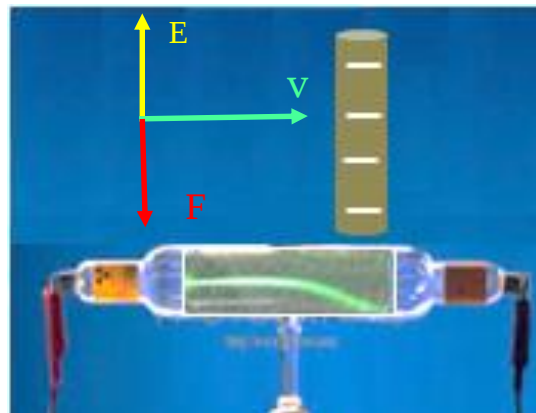
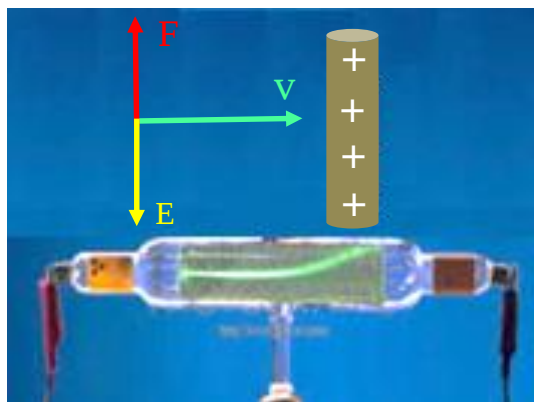
הכוח המגנטי נובע רק מהמטענים בתנועה ולא מהחומר

הערה:

בדוגמא זו עסקנו באלקטרונים, בעוד שבדוגמאות שבהן עסקנו בזרם חשמלי התייחסנו לתנועת מטענים חיוביים. בהמשך נראה שיש קשר בין כיוון הכוח המגנטי לסימן של המטען.

הכוח המגנטי אינו קשור לחומר של התיל

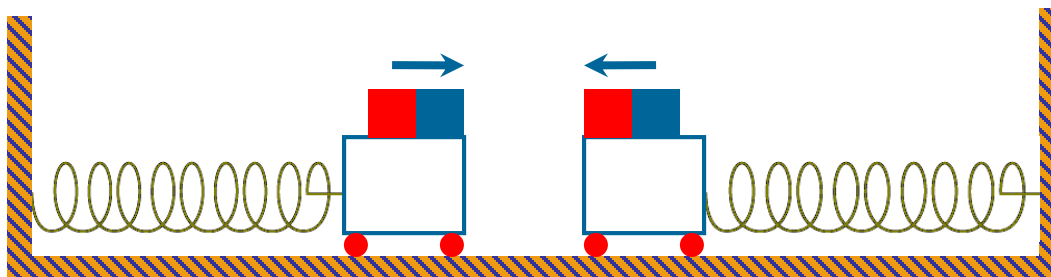
לעומת זאת אם נקרוב מוט טעון אל השפופרת בניצב לכיוון הקרן, הסטייה של זרם האלקטרונים תהיה לכיוון המוט אם הוא טעון במטען חיובי, ובכיוון נגדי אם הוא טעון במטען שלילי.



מסקנות:

1. הכוח המגנטי פועל על האלקטרונים שבחומר.
2. כיוון הכוח המגנטי הפועל על זרם חשמלי שונה מכיוונו של הכוח חשמלי הפועל על אותו הזרם.

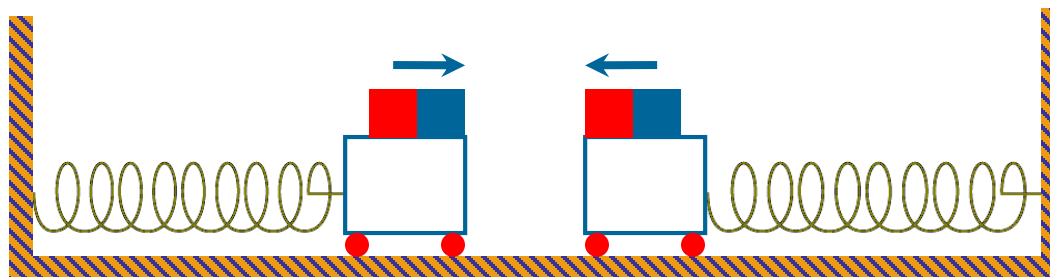
1. לוקחים שתי עגלות זהות ומניחים על כל אחת מהן מגנט זהה, כך שתתקבל משיכה בין העגלות. מצמידים את העגלות באמצעות קפיצים זהים לקצות מסילה (תרשים).



- א. האם המגנט הראשון מפעיל כוח על המגנט השני או ההיפך?
- ב. האם הקפיצים מתארכים במידה שווה?
- ג. האם תוכל להסיק מניסוי זה, מהו גודל הכוח שכל גוף מפעיל על הגוף האחר? אם לא- נמק מדוע, אם כן, הסבר כיצד.

תשובות לשאלות סיכום לדיון בכיתה

1. לוקחים שתי עגלות זהות ומניחים על כל אחת מהן מגנט זהה, כך שתתקבל משיכה בין העגלות. מצמידים את העגלות באמצעות קפיצים זהים לקצות מסילה (תרשים).



א. האם המגנט הראשון מפעיל כוח על המגנט השני או ההיפך?

כן, על פי החוק השלישי של ניוטון.

ב. האם הקפיצים מתארכים במידה שווה?

כן, הכוחות המופעלים שווים בגודלם. היות ולשני הקפיצים אותו קבוע כוח, על פי חוק הוק,

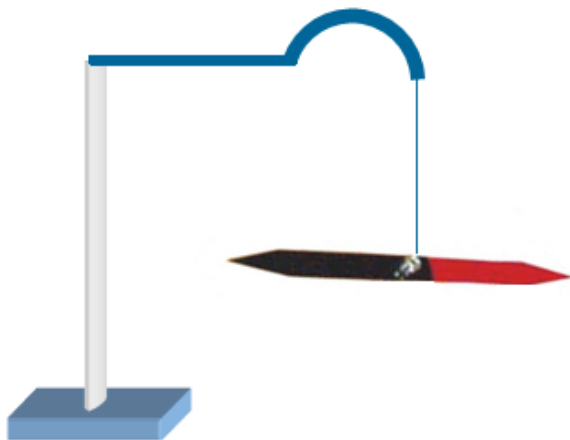
התארכות הקפיצים תהיה במידה שווה.

ג. האם תוכל להסיק מניסוי זה, מהו גודל הכוח שכל גוף מפעיל על הגוף האחר? אם לא- נמק

מדוע, אם כן, הסבר כיצד.

מידעת קבוע הכוח, ומדידת ההתארכות של הקפיץ ניתן למצוא את גודלו של הכוח.

2. מחט מגנטית תלויה בקצה חוט, כך שהיא חופשית לנוע במרחב. כיצד תוכל לדעת באמצעות מחט כזו, אם אתה נמצא בחצי הצפוני של כדור- הארץ, או בחצי הדרומי?



3. היכן נמצא הקוטב המגנטי הדרומי של כדור- הארץ, סמוך לקוטב הגיאוגרפי הצפוני או הדרומי? נמק.



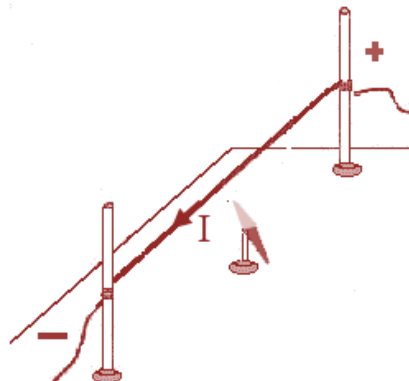
2. מחט מגנטית תלוי בקצה חוט, כך שהיא חופשית לנוע במרחב. כיצד תוכל לדעת באמצעות מחט כזו, אם אתה נמצא בחצי הצפוני של כדור- הארץ, או בחצי הדרומי?

קטבים מגנטיים **הפוכים** נמשכים זה אל זה, לכן אם המחט המגנטית מרכינה את צידה הצפוני כלפי מטה (צידה הדרומי עולה כלפי מעלה), אזי אנו נמצאים בחצי הצפוני של כדור- הארץ כי שם נמצא הקוטב המגנטי הדרומי שלו. אם המחט המגנטית מרכינה את צידה הדרומי כלפי מטה (צידה הצפוני עולה כלפי מעלה), אזי אנו נמצאים בחצי הדרומי של כדור- הארץ, כי שם נמצא הקוטב המגנטי הדרומי שלו.

3. היכן נמצא הקוטב המגנטי הדרומי של כדור- הארץ, סמוך לקוטב הגיאוגרפי הצפוני או הדרומי? נמק.



קטבים מגנטיים **הפוכים** נמשכים זה אל זה, היות והקוטב הצפוני של מחט המצפן פונה לכיוון הצפון הגיאוגרפי, הקוטב **המגנטי הדרומי** נמצא דווקא **קרוב לצפון הגיאוגרפי**.



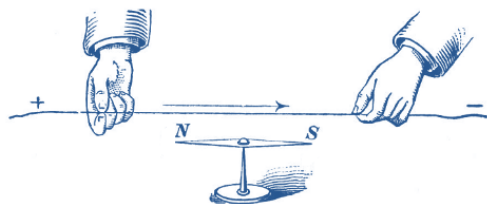
4. תיל נושא זרם חשמלי מוחזק מעל מצפן.

כיצד תשתנה מידת הסטייה של המחט המגנטית:

- כאשר נקרב את התיל למצפן מבלי לשנות את הזרם?
- כאשר נשאיר את התיל מעל למצפן ונשנה את עוצמת הזרם?
- מה ישתנה, אם בכלל, כאשר התיל המוזרם יהיה מתחת למצפן?

5. מהו המקור לכוחות המגנטיים?

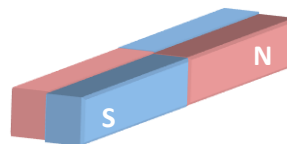
6. תיל מוליך זרם נמצא מעל מחט מגנטית. סטיית המחט לא תשתנה, אם:

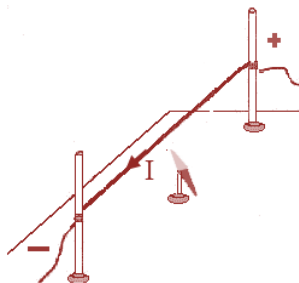


- נרחיק את התיל מהמצפן.
- נגדיל את הזרם בתיל.
- נקטין את הזרם בתיל.
- נקטין את הזרם בתיל, ובאותה המידה נקרב את התיל למצפן.

7. מחברים שני מוטות מגנטיים זהים, כמתואר בסרטוט. האם כתוצאה מכך נקבל מוט מגנטי בעל

כוח משיכה גדול מזה של מוט יחיד, או שנקבל מוט מגנטי, שבו תתבטלנה השפעות הקטבים?





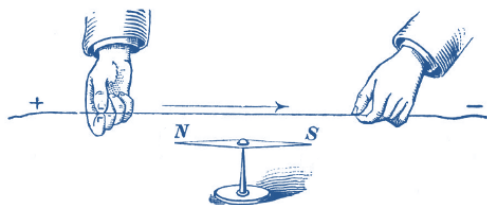
4. תיל נושא זרם חשמלי מוחזק מעל מצפן.

כיצד תשתנה מידת הסטייה של המחט המגנטית:

- כאשר נקרב את התיל למצפן מבלי לשנות את הזרם? **תגדל**
- כאשר נשאיר את התיל מעל למצפן ונשנה את עוצמת הזרם? **תגדל**
- מה ישתנה, אם בכלל, כאשר התיל המוזרם יהיה מתחת למצפן? **כיוון הסטייה של מחט המצפן.**

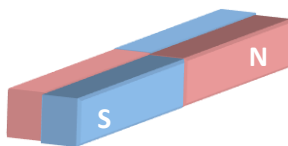
5. מהו המקור לכוחות המגנטיים? **מטען חשמלי בתנועה**

6. תיל מוליך זרם נמצא מעל מחט מגנטית. סטיית המחט לא תשתנה, אם:



- נרחיק את התיל מהמצפן.
- נגדיל את הזרם בתיל.
- נקטין את הזרם בתיל.
- נקטין את הזרם בתיל, ובאותה המידה נקרב את התיל למצפן.**

7. מחברים שני מוטות מגנטיים זהים, כמתואר בסרטוט. האם כתוצאה מכך נקבל מוט מגנטי בעל כוח משיכה גדול מזה של מוט יחיד, או שנקבל מוט מגנטי, שבו תתבטלנה השפעות הקטבים?



ההשפעות תתבטלנה.

- ❖ מוט מגנט מתייצב בכיוון צפון-דרום, הקצה המצביע לכיוון צפון מכונה **קוטב צפוני**, הקצה הנגדי, המצביע לכיוון דרום, מכונה **קוטב דרומי**.
- ❖ בין שני קטבים זהים של מגנטים קיים כוח דחייה.
- ❖ בין שני קטבים שונים של מגנטים קיים כוח משיכה.
- ❖ כוחות אלה מקיימים את החוק השלישי של ניוטון.
- ❖ הכוח המגנטי פועל גם בין מגנט לברזל ולא רק בין מגנטים.
- ❖ מגנט מושך תיל נחושת בו זורם זרם חשמלי כיוון הכוח בניצב לכיוון הזרם.
- ❖ מחט מגנטית סוטה מכיוונה צפון-דרום, כאשר היא בסביבת חוט תיל הנושא זרם חשמלי.
- ❖ שני תילים נושאי זרם משפיעים זה על זה כמו שני מגנטים:
 - * זרמים באותו הכיוון מושכים זה את זה,
 - * זרמים בכיוונים מנוגדים דוחים זה את זה.
- ❖ הכוח המגנטי אינו כוח יסודי חדש אלא כוח הנובע ממטענים בתנועה.