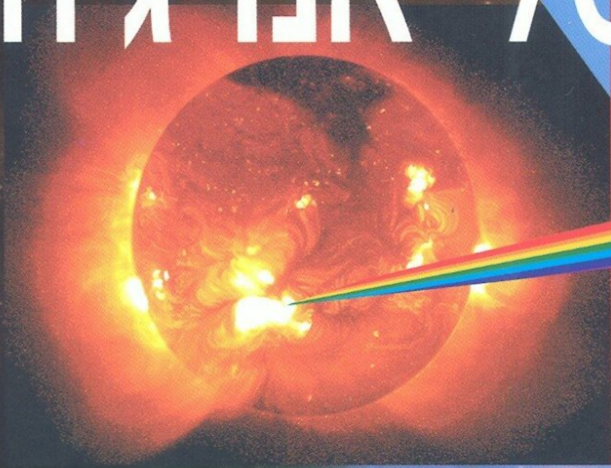
עולם של אנרגיה

לתלמיד



מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים

משרד החינוך המינהל הפדגוגי
האגף לתכניות לימודים

האוניברסיטה העברית בירושלים
המרכז להוראת המדעים

יורם אורעד

עולם של אנרגיה

אנרגיה ואינטראקציה
נושא מרכזי בתכנית הלימודים החדשה
במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים

משרד החינוך
המינהל הפדגוגי
האגף לתכניות לימודים

האוניברסיטה העברית בירושלים
המרכז להוראת המדעים

מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים

פרויקט משולש המוחו"ט - מדע חברה וטכנולוגיה

ראשי הפרויקט:
ד"ר צחי מילגרום - האוניברסיטה העברית בירושלים
ד"ר רות נוביק - אוניברסיטת תל אביב
ד"ר גיל עמית - אורט ישראל

האוניברסיטה העברית בירושלים
המרכז להוראת המדעים

משרד החינוך
האגף לתכניות לימודים

אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

אורט ישראל
המרכז הפדגוגי למחקר ופיתוח

ראה אור ביזמת המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי ע"ש עמוס דה שליט
האגף לתכניות לימודים, משרד החינוך.

הספר פותח על ידי צוות מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים
מטעם האגף לתכניות לימודים במשרד החינוך
והמרכז להוראת המדעים באוניברסיטה העברית בירושלים

ריכוז הצוות:	**ד"ר רחל טסה**
פיתוח וכתיבה:	**יורם אורעד**
כתיבת פרק ז:	**ד"ר עדנה חסון**
ייעוץ מדעי:	**פרופ' יצחק טוכמן** **פרופ' יששכר אונא**
ייעוץ פדגוגי:	**אלי דורי, ד"ר צחי מילגרום**
הערות והצעות:	**מאשה שני** **יעקב אנגלמן** **שמעון דיין** **יואל רוטשילד** **ד"ר אתי ליברמן**
עריכת ניסויים:	**יעקב אנגלמן**
צילום:	**בוקי בועז**
עריכת הלשון:	**ליאורה הרציג, עטרה סמואל**
עיצוב גרפי, עטיפה, איורים, תרשימים ועיבודי תמונה:	**לביא צרפתי**
טיפול בזכויות יוצרים:	**אורלי קצוביץ**
סדר, סריקות ולוחות:	**ארט פלוס, ירושלים**

תודה לחברות "סיינס דמו", "דלילה – ציוד למעבדות" ו"המדען הצעיר" על שיתוף הפעולה בפיתוח ערכות הניסוי הייחודיות לספר זה.
תודה להנהלת ישיבת בני עקיבא, גבעת שמואל על הרשות לערוך את צילומי הניסויים במעבדת בית הספר.
תודה לד"ר ענת זוהר ולמייקל מוריס על כתיבת מיומנויות חשיבה בעמ' 60, 128.

© כל הזכויות שמורות
אין לשכפל, להעתיק או לצלם, להקליט, לתרגם או לאחסן במאגרי מידע בכל דרך או בכל אמצעי אחר כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה.

יצא לאור בשנת תשס"א – 2001
"**מעלות**" הוצאת ספרים בע"מ

תוכן העניינים

מבוא / 9
מה תוכלו למצוא בספר? / 10

פרק א: אנרגיה בכל מקום ובכל זמן

א. האנרגיה שסביבנו / 14
סוגיה:
* מקורות אנרגיה / 18
ב. האנרגיה משתנה / 19
מעבר מגוף לגוף ושינוי מסוג לסוג
ג. להתגלגל בשרשרת / 27
סוגיה:
* חשיבות מקורות האנרגיה השונים להפקת חשמל / 31
ד. השימוש בגלגולי אנרגיה במערכות טכנולוגיות / 33
משימה:
* מעדני שמש / 38
* להסתובב עוד ועוד / 40
העשרה:
* אנרגיית קרינה / 42
* כיצד פועל דוד שמש? / 45
* תחנת החשמל / 47
אנרגיה ברשת / 48
לקריאה נוספת / 49
מסכמים את הפרק / 50
שואלים את עצמנו / 51

פרק ב: אנרגיית גובה

א. כמויות של אנרגיה / 56
ב. גלגול אנרגיית גובה לאנרגיה חשמלית / 58
סוגיה:
* מפל מים כמקור אנרגיה / 58
ג. כמות אנרגיית הגובה / 60
הגורמים הקובעים
ד. המשקל / 62
ה. המשקל והמסה / 66
ו. חישוב אנרגיית הגובה / 73
ז. מסה, משקל ואנרגיית גובה / 81
העשרה:
* איך לוויינים נשארים בחלל? / 85

אנרגיה ברשת / 88
לקריאה נוספת / 88
מסכמים את הפרק / 89
שואלים את עצמנו / 90
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו" / 98

פרק ג: האם כמות האנרגיה נשמרת בגלגוליה?

א. חוק שימור האנרגיה / 102
ב. שימור האנרגיה / 104
מחפשים אישורים לחוק
ג. אנרגיית החום בגלגולי האנרגיה / 108
ד. אנרגיית הגובה בספורט ובשעשועים / 111
ה. אנרגיה חשמלית ממפלי מים / 113
אנרגיה ברשת / 114
לקריאה נוספת / 114
מסכמים את הפרק / 114
שואלים את עצמנו / 115
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו" / 119

פרק ד: עולם בתנועה

א. אנרגיית התנועה / 122
סוגיה:
* הרוח כמקור אנרגיה / 124
ב. במה תלויה אנרגיית התנועה? / 125
ג. הקשר המדויק בין המסה לבין אנרגיית התנועה / 133
ד. הקשר המדויק בין המהירות לבין אנרגיית התנועה / 135
ה. מחשבים אנרגיית תנועה / 138
ו. אנרגיית התנועה בכבישים / 142
משימה:
* לשוט בעזרת הקיטור / 148
העשרה:
* אנרגיית תנועה מן השמים / 150
* אנרגיית התנועה של מסה בת קילוגרם אחד הנעה במהירות של מטר בשנייה / 152
* אנרגיית התנועה של הרוח / 153
אנרגיה ברשת / 154
לקריאה נוספת / 154
מסכמים את הפרק / 155
שואלים את עצמנו / 156
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו" / 161

פרק ה: מְחשבים אנרגיית חום

א. אנרגיית חום, טמפרטורה וחישוב אנרגיית חום / 164
ב. עוברים בין מצבי צבירה / 176
העשרה:
* הטמפרטורה ואנרגיית התנועה של חלקיקי החומר / 181
* כיצד אנרגיית החום עוברת ממקום למקום? / 184
אנרגיה ברשת / 186
לקריאה נוספת / 186
מסכמים את הפרק / 187
שואלים את עצמנו / 188
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו" / 191

פרק ו: אנרגיה כימית

א. תהליך פולט-אנרגיה ותהליך קולט-אנרגיה / 194
ב. האנרגיה הכימית והמשיכה בין האטומים / 202
סוגיה:
* מקורות אנרגיה / 208
ג. תהליכים צמודים / 211
מסכמים את הפרק / 214
שואלים את עצמנו / 215

פרק ז: גלגולי אנרגיה ביצורים חיים

א. מה מאפיין יצורים חיים? / 218
ב. חוקי האנרגיה במערכות חיות / 223
ג. המזון מקור אנרגיה במערכות חיות / 225
ד. מארג המזון / 229
ה. תהליכים צמודים בתא החי / 231
העשרה:
* איך מודדים את אנרגיית החום המשתחררת בעת שריפה של חומר? / 235
לקריאה נוספת / 237
מסכמים את הפרק / 238
שואלים את עצמנו / 239

פרק ח: בקצב האנרגיה

א. הספק ויחידות הספק / 242
ב. הספק שימושי לעומת הספק מושקע / 247
מסכמים את הפרק / 252
שואלים את עצמנו / 253
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו" / 257

פרק ט: מגלגלים אנרגיה חשמלית

א. גלגולים לאנרגיה חשמלית וממנה / 260
ב. האלקטרונים והזרם החשמלי / 270
ג. זרם והתנגדות / 275
הקשר בין עוצמת הזרם החשמלי לבין ההתנגדות החשמלית
ד. זרם ומתח / 277
הקשר בין עוצמת הזרם החשמלי לבין המתח החשמלי
ה. חוק אום / 279
מסכמים את הפרק / 282
שואלים את עצמנו / 283
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו" / 289

פרק י: מה קובע את כמות האנרגיה החשמלית?

א. שימור המטען החשמלי / 292
ב. מטען ואנרגיה חשמלית / 294
הקשר בין כמות המטען החשמלי לבין האנרגיה החשמלית
ג. מתח ואנרגיה חשמלית / 297
הקשר בין המתח החשמלי לבין האנרגיה החשמלית
ד. חישוב כמות האנרגיה החשמלית / 298
ה. הספק האנרגיה החשמלית / 301
ו. חיבור מקורות אנרגיה חשמליים / 305
ז. חיבור מכשירים במעגל חשמלי / 306
משימה:
* לשלם פחות בשביל אותו הדבר / 310
* איך להאיר את הבית? / 313
העשרה:
* באילו יחידות מודדים לנו את צריכת האנרגיה החשמלית? / 317
אנרגיה ברשת / 319
לקריאה נוספת / 319
מסכמים את הפרק / 320
שואלים את עצמנו / 321
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו" / 328

פרק יא (הרחבה): מאנרגיה חשמלית לאנרגיות אחרות

א. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית גובה / 332
ב. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה / 335
ג. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית חום / 337
שואלים את עצמנו / 340
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו" / 343

פרק יב: מקורות אנרגיה והשיקולים לניצולם

א. מקורות אנרגיה שונים / 346
ב. מקורות אנרגיה מתכלים ומקורות אנרגיה מתחדשים / 354
ג. שיקולים לניצולם של מקורות אנרגיה / 356
ד. יתרונות האנרגיה החשמלית / 359
אנרגיה ברשת / 361
לקריאה נוספת / 362
מסכמים את הפרק / 363
שואלים את עצמנו / 364

פרק יג: כוחות משנים תנועה וצורה

א. מכונה המפעילה כוח / 368
ב. כוחות משנים תנועה וצורה / 370
ג. המשקל ככוח / 373
ד. מדידת כוחות / 377
ה. איזון בין כוחות / 380
ו. כוח פועל במעלה מדרון / 384
ז. מנופים / 389
ח. כוח וגלגולי אנרגיה / 395
משימה:
* להתנדנד בגן השעשועים / 398
העשרה:
* לנוע ללא כוח / 400
* כמה מהר מזיז הכוח גופים? / 402
* ללחוץ חזק, ללחוץ חלש / 405
אנרגיה ברשת / 409
לקריאה נוספת / 409
מסכמים את הפרק / 410
שואלים את עצמנו / 411
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו" / 414

מידע על אפשרויות הרכישה של הערוצים הנלווים / 415
זכויות יוצרים / 418
הוראות התקנה לתקליטור הספר / 419

מבוא

האנרגיה היא חלק בלתי נפרד מחיינו ומן המציאות כולה. גופנו זקוק כל העת לאנרגיה לביצוע פעולות רבות ושונות, כגון נשימה, דיבור, מחשבה או הליכה. גם הצמחים זקוקים לאנרגיה כדי לצמוח. האנרגיה היא חלק מהותי מן הטבע הדומם שסביבנו. תופעות המדגימות זאת מצויות בכל מקום, למשל רוחות, גלי ים, רעידות אדמה והתפרצויות הרי געש. האנרגיה מעורבת גם בתופעות קוסמיות, כגון תנועת מטאוריטים וכוכבי שביט בחלל, קרינה הנפלטת מכוכבים, היווצרות כוכבים, התפוצצות כוכבים.

לאנרגיה חלק גדול מאוד גם בטכנולוגיה, לטוב ולרע. מכשירים שונים, כגון רדיו, טלוויזיה, נורה, מכונית, מטוס ומחשב, לא יוכלו לפעול ללא אנרגיה. פצצה מתפוצצת היא דוגמה רבת רושם, אך שלילית, לשימוש באנרגיה.

להפקת אנרגיה אנו משתמשים במקורות אנרגיה מגוונים. שיקולים מסוגים שונים מנחים אותנו בבחירת המקורות המתאימים ביותר, ביניהם: כלכליים, בטיחותיים, סביבתיים ופוליטיים. לכל אלה השפעה רבה על החברה האנושית ועל כדור הארץ כולו.

מה תוכלו למצוא בספר?

עולם של אנרגיה הוא סביבת למידה "רבת־ערוצים" הכוללת ספר לימוד וערוצים נלווים. **הספר** כולל את חומר החובה, האמור להילמד בסוף שנת הלימודים בכיתה ח' ובמשך שנת הלימודים בכיתה ט', על פי הנושא המרכזי **אנרגיה ואינטראקציה** מתוך **תכנית הלימודים החדשה במדע וטכנולוגיה** לחטיבת הביניים.

כל אחד משלושה־עשר פרקי הספר מכיל הסברים וניסויים המלווים בתמונות ובאיורים, ובכל אחד מהפרקים שאלות רבות. לחלק מן השאלות מוצגת דרך הפתרון.
באותיות מוקטנות מודפסים קטעים שאם תרצו תוכלו לדלג עליהם: יש בהם **העמקה** או התייחסות שונה לנושא. (דוגמה בעמ' 68).

שימו לב למשמעויות הסמלים הפזורים בספר:

מסלול חלופי – במקומות אחדים בספר יש הצעה לבחירת מסלול חלופי בסדר הלמידה של הפרקים. (דוגמה בעמ' 32).

העשרה בסוף הפרק – הפניה לטקסט המרחיב את ידיעת הנושא מעבר לנדרש כחובת למידה (דוגמה של הפניה להעשרה בעמ' 17).

בתוך הפרק ובסופו תוכלו למצוא מרכיבים נוספים:

- *סוגיה* – טקסט המתייחס לנושא חברתי (דוגמה בעמ' 18).
- *משימה* – מטלה המשלבת מדע וטכנולוגיה (דוגמה בעמ' 38).
- *אנרגיה ברשת* – הפניות לאתרי אינטרנט רלוונטיים שעשויים לעניין אתכם (דוגמה בעמ' 48).
- *לקריאה נוספת* – הפניות למאמרים רלוונטיים בכתבי עת פופולריים (דוגמה בעמ' 49).
- *מסכמים את הפרק* – הנקודות העיקריות שלמדתם בפרק (דוגמה בעמ' 50).
- *שואלים את עצמנו* – שאלות נוספות לעבודה בבית (דוגמה בעמ' 51).

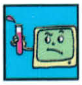
הפרק כולל **הפניות** לערוצים הנלווים של סביבת הלמידה. כל הפניה מופיעה במקום שבו הערוץ הנלווה עשוי לתרום באופן ישיר להבנת האמור בפרק. כל הפניה מלווה בסמל.

תקליטור הספר מכיל מאמרים נוספים להעשרה, הנחיות לעריכת ניסויים, הנחיות לעיבוד תוצאות ניסויים בגיליון אלקטרוני, פיתוח מיומנויות חשיבה ופעילויות נוספות. כמו כן, תמצאו בתקליטור את ריכוז כתובות כל אתרי האינטרנט שהספר ממליץ עליהם. הקשה על כתובת מקשרת אל האתר עצמו. בכל מקום בפרקי הספר שיש בו קישור לפריט מתאים בתקליטור, מופיעה הפניה (דוגמה בעמ' 30).

מלבד הפניות אלה, התקליטור כולל פריטים נוספים רבים שאין הפניה מיוחדת אליהם. אנו מקווים שכל אחד מכם ימצא בתקליטור נושאים ופעילויות הקרובים ללבו.

המורה יוכל להציע לכם גם ערוצים אלה:

פארק האנרגיה – מולטימדיה אינטראקטיבית הכוללת שבעה מבנים. כל מבנה מתייחס לסוג של אנרגיה. בין המבנים יש שבילים. שביל מייצג גלגול אנרגיה מסוג אחד לסוג אחר. התוכנה מכילה קטעים מסרטי וידיאו, ניסויים וירטואליים להפעלה עצמית, דפי עבודה, הפעלות מגוונות ומאמרים להעשרה (דוגמה בעמ' 22).



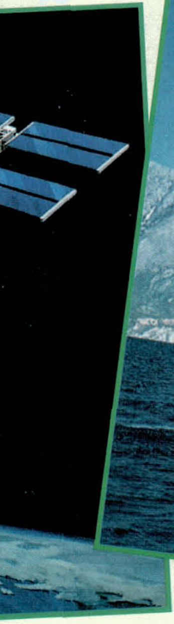
קלטת ניסויים **מדע במעבדה ב'** – הקלטת מכילה צילומי ניסויים וסרטים קצרים בנושא האנרגיה. חלקם מלווים בקריינות (דוגמה בעמ' 109).

המלצה על סרט – הסרטים המומלצים בפרקי הספר מצויים בקלטות של הטלוויזיה החינוכית (דוגמה בעמ' 37).

חשמלון – סביבת למידה ללימוד מעגלים חשמליים (דוגמה בעמ' 274).

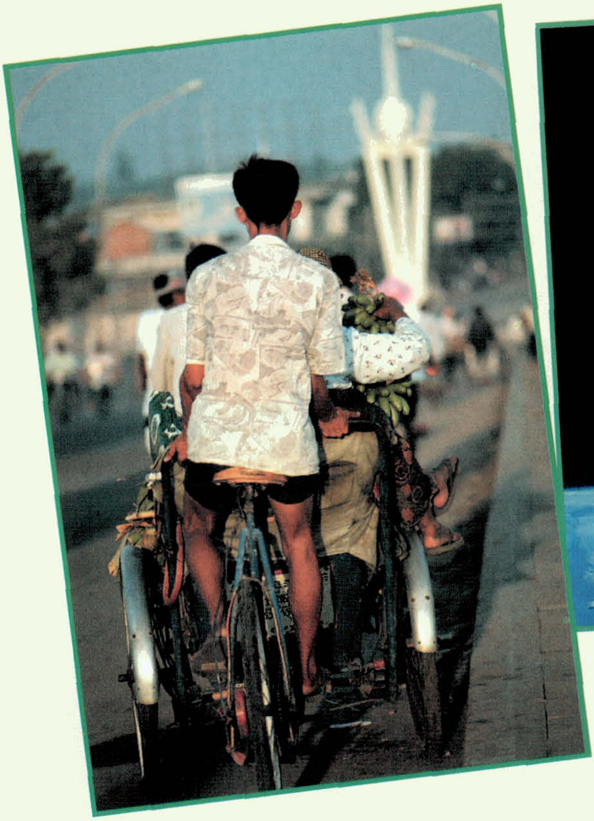
אפשרויות – בכמה מקומות בספר מוצגות אפשרויות שונות ללימוד נושא מסוים: ספר הלימוד או תקליטור הספר או תקליטור פארק האנרגיה. (דוגמה בעמ' 104) או אפשרויות אחרות.

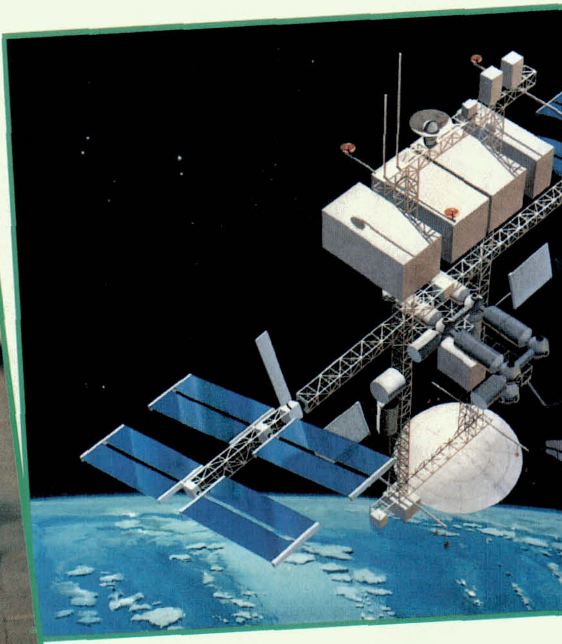
למורה – בסוף הספר יש מידע על אפשרויות הרכישה של הערוצים הנלווים.



פרק א

אנרגיה בכל מקום ובכל זמן





א. האנרגיה שסביבנו / 14

ב. האנרגיה משתנה – מעבר מגוף לגוף ושינוי מסוג לסוג / 19

ג. להתגלגל בשרשרת / 27

ד. השימוש בגלגולי אנרגיה במערכות טכנולוגיות / 33

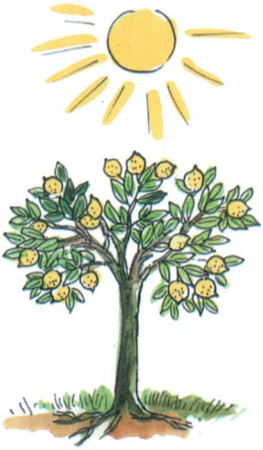
א. האנרגיה שסביבנו

שאלה 1: התבוננו באיורים הבאים – באיזה אופן, לדעתכם, באה האנרגיה לידי ביטוי בכל איור?

חללית ענקית נוסקת במהירות לחלל.

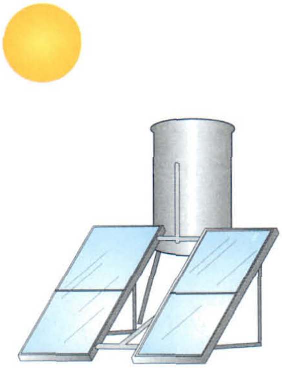
רוח עזה נושבת בהרי ירושלים.

שחקנים זורקים כדורסל אל הסל.

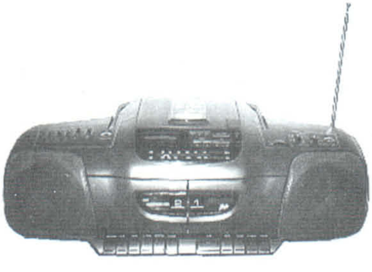


צמחים זקוקים לאור שמש
או למקור אור אחר כדי להתקיים.

פצצה גרעינית גורמת בהתפוצצותה להרס רב מאוד.



השמש מחממת את המים בדוד השמש.



בבית אנו עושים שימוש במכשירי חשמל רבים.

שאלה 2: מיינו את הדוגמאות שלמעלה לפי ההיבטים הבאים:

א. אנרגיה הקשורה למערכות שפיתח האדם לעומת אנרגיה בטבע.

ב. אנרגיה המנוצלת לתועלת האדם ויצורים אחרים לעומת אנרגיה בעלת תוצאות מזיקות.

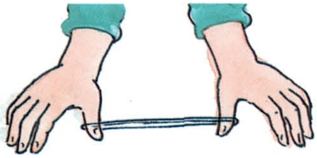
שאלה 3: בחלק מהדוגמאות האדם מנצל אנרגיה לפתרון בעיה או למילוי צורך. עיינו בדוגמאות ונסו לשער מה הבעיה או הצורך שהוליכו את האדם לניצול האנרגיה. רִשמו זאת.

למרות השוני בין הדוגמאות המוצגות כאן, לכולן דבר משותף - **אנרגיה**. אלה הן רק מעט מתוך אוסף עצום של דוגמאות הנוגעות לאנרגיה.
האנרגיה ממלאת תפקיד חיוני בתהליכים רבים כמו תהליכים כימיים, בעירה או התרכבות חומרים ופירוקם; האנרגיה היא מרכיב חיוני בגדילת צמחים ובעלי חיים; היא מרכיב חיוני בתהליכים פיזיקליים כמו תנועת גופים והיעצרותם; היא מרכיב הכרחי בתעשייה של מוצרים מכל סוג והיא הכרחית בהפעלתם של מכשירים ומתקנים טכנולוגיים.
לכן, לאנרגיה חשיבות רבה מאוד עבור האדם והחברה.

חשיבותה של האנרגיה והשלכות השימוש בה הן עצומות. לכן בממשלות רבות בעולם קיים משרד אנרגיה שמתפקידו לדאוג לענייני האנרגיה של המדינה.

קיימים סוגים שונים של אנרגיה, לפניכם כמה מהם:

- למכונית נעה, לאדם הולך, למטוס טס, יש **אנרגיית תנועה**.



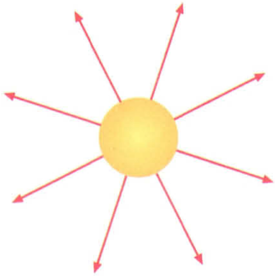
- לגומייה מתוחה, לקפיץ מתוח או מכווץ, לסרגל מכופף, יש **אנרגיה אלסטית**.

- למטוס המרחף מעל פני הקרקע, לספר המצוי על מדף מוגבה, לכוס המורמת מעל פני השולחן, יש **אנרגיית גובה**.

- זרם חשמלי עובר בתנור חימום כשאנו מפעילים אותו. זרם חשמלי עובר בנורה כשאנו מפעילים אותה. זרם חשמלי עובר גם בווקמן כשהוא פועל.
  אלה הן דוגמאות ל**אנרגיה חשמלית** הנישאת על ידי הזרם החשמלי.

- למוזיקה הבוקעת ממערכת סטראו, לצפירה של מכונית, לקול נקישה של חפץ נופל, יש **אנרגיית קול**.

- כוס תה חמה מעבירה אנרגיה לאוויר ומתקררת כתוצאה מכך; להבה מחממת סיר עם מים, כלומר אנרגיה עוברת מן הלהבה למים. האנרגיה הנקלטת בסיר, במים ובאוויר נקראת **אנרגיית חום**.

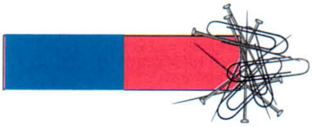


- השמש מאירה את כדור הארץ, נורה מפיצה אור, נר דולק - כל אלה פולטים **אנרגיית קרינה**. לא תמיד הקרינה, הנושאת את אנרגיית הקרינה, נראית לעין. החלק הנראה לעין מתוך אנרגיית הקרינה נקרא **אנרגיית אור**. קרינת רדיו, קרינת רנטגן וקרינה על-סגולה הן דוגמאות של קרינה שאיננה נראית לעין.

העשרה בסוף הפרק (עמ' 42)

אנרגיית קרינה

- גז-בישול בוער, נפט בוער, עץ נשרף: בכל התהליכים האלה חומר-דלק בוער עם החמצן שבאוויר ונפלטת **אנרגיה כימית**. גם בתהליכים המתרחשים בגופם של יצורים חיים משתתפת אנרגיה כימית.



- למגנט המושך אליו סיכות ומהדקים מברזל, יש **אנרגיה מגנטית**.

שאלה 4: הביאו שתי דוגמאות לכל אחד מסוגי האנרגיה הבאים: אנרגיית חום, אנרגיית קרינה, אנרגיית גובה, אנרגיית תנועה, אנרגיה חשמלית.

בהתרחשות או בתהליך משתתפים לעתים כמה סוגי אנרגיה. למשל:
לצנחן בזמן הצניחה יש אנרגיית גובה ואנרגיית תנועה; לתנור הסקה סלילי יש בזמן פעולתו אנרגיה חשמלית ואנרגיית חום, והוא פולט אנרגיית קרינה; למכונית נוסעת יש אנרגיית תנועה, אנרגיה כימית (המשתחררת בעת שריפת הדלק במנוע) ואנרגיית חום (בתוך המנוע); בטייפ פועל יש אנרגיה חשמלית ואנרגיית תנועה, והוא פולט אנרגיית קול.

שאלה 5: עיינו בתמונות שבתחילת הפרק וציינו אילו סוגים של אנרגיה כוללת הפעולה המתוארת בהן.

סוגיה

מקורות אנרגיה

הזכרנו שברוב מדינות העולם קיים משרד לענייני אנרגיה בגלל חשיבותה הרבה של האנרגיה לכלכלה ולחיי התושבים. משרד כזה מופקד על מערכת הפקת האנרגיה החשמלית של המדינה. בתחנות החשמל של מערכת זו מגלגלים אנרגיה מהסוג המתאים לכך אל האנרגיה החשמלית. **מקור האנרגיה** הוא שמספק את האנרגיה ההתחלתית.

הנה רשימה של מקורות אנרגיה הקשורים בהפקת אנרגיה חשמלית בתחנת חשמל: נפט, פחם, גז, פצלי שמן, מפל מים, אורניום, רוח, שמש, גלי הים בשעת גאות ושפל, גייזר.

יש גם מקורות אנרגיה שאינם קשורים בהפקת חשמל בתחנה: החומרים שבסוללה, בנזין במנוע המכונית, גז בישול בכיריים במטבח ואפילו המזון שאנו אוכלים.

למרות מה שמופיע לעתים בעיתונות, מקורות אלה אינם סוגים של אנרגיה. יש נטייה לערב בין המושג **סוג אנרגיה** לבין המושג הקרוב לו - **מקור אנרגיה**.

מושגים כמו "אנרגיית הרוח", "אנרגיית המים", "אנרגיית הפחם" "אנרגיית העץ" וכדומה, לא קיימים כלל במדע. רוח היא אוויר בתנועה. לכן חשוב לדייק ולומר "אנרגיית התנועה של הרוח" ולא "אנרגיית הרוח"; חשוב לדייק ולומר "אנרגיית הגובה של המים", או "אנרגיית התנועה של המים" ולא לומר "אנרגיית המים". האנרגיה המשתחררת בעת השריפה של פחם, נפט, בנזין, עץ ושאר חומרי הדלק נקראת **אנרגיה כימית**. השמש היא כמובן מקור אנרגיה, והאנרגיה שהיא שולחת היא אנרגיית קרינה. במקרה יחיד זה נוהגים לומר גם "אנרגיית השמש" מתוך כוונה לאנרגיית הקרינה של השמש, וזה מושג מקובל.

שאלה 6: אילו בעיות מתעוררות משימוש במקורות האנרגיה המוכרים לכם? התייחסו לשיקולים כלכליים, סביבתיים, פוליטיים.

אנרגיה וכוחות

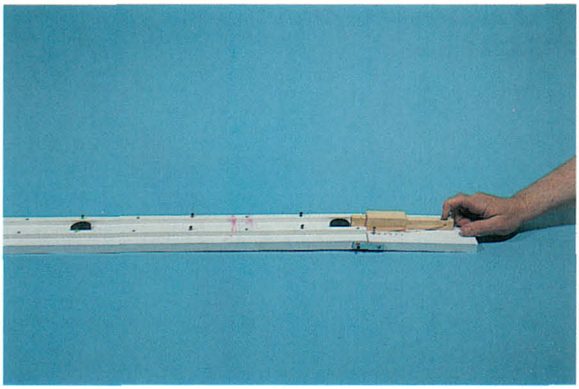
קיומה של האנרגיה מאפשר הפעלת כוחות בתהליכים שונים. (על כוחות נלמד בפירוט בהמשך. בשלב זה נתייחס אל כוח כאל דחיפה או משיכה של גוף אחד על ידי גוף אחר.) כך, שריפת חומר הדלק במנוע המכונית מאפשרת את יצירת הכוח המניע את גלגלי המכונית והמגביר את מהירותה; האנרגיה החשמלית שמספקים למעלית מאפשרת את קיומם של כוחות המושכים אותה כלפי מעלה; האנרגיה של מי המפל הנופלים מאפשרת הפעלת כוח המסובב את הטורבינה.

ב. האנרגיה משתנה
מעבר מגוף לגוף ושינוי מסוג לסוג

אנרגיה יכולה לעבור מגוף לגוף. כדי להיווכח בזאת, בצעו את הניסויים הבאים.

ניסוי 1 – דסקיות מתנגשות

- קחו 2 דסקיות זהות. הניחו אחת מהן על מסילה אופקית. הניעו את השנייה כך שתפגע בדסקית הנחה.



- האם נמסר חומר מהדסקית הראשונה לשנייה?
- איזה סוג של אנרגיה יש לדסקית הנעה? איזה סוג של אנרגיה מקבלת ממנה הדסקית הנחה? מה מעיד על מעבר האנרגיה?

ניסוי 2 – כוס מחממת שולחן

- הניחו כוס עם מים חמים על השולחן.
- לאחר זמן קצר, געו בשולחן במקום שבו עמדה הכוס.

- האם נמסר חומר מכוס המים לשולחן?
- איזה סוג של אנרגיה יש לכוס המים? איזה סוג של אנרגיה עובר אל השולחן? מה מעיד על מעבר האנרגיה?

שאלה 7: מה קרה לאנרגיה בכל אחד מהניסויים?

שאלה 8: מי מסר אנרגיה ומי קיבל אנרגיה?

שאלה 9: האם סוג האנרגיה השתנה בכל אחד מהניסויים?

בניסויים 1 ו-2 נמסרה אנרגיה מגוף לגוף מבלי שסוג האנרגיה ישתנה. זהו **גלגול אנרגיה**.
במקום לומר שהאנרגיה נמסרת או עוברת, אפשר לומר ש**האנרגיה מתגלגלת**.
בניסויים 1 ו-2 התגלגל מגוף לגוף אותו סוג של אנרגיה.

דרך נוחה לתיאור בכתב של המתרחש בתהליך מבחינה אנרגטית היא לכתוב **במסגרת** את סוג האנרגיה המשתתף בתהליך. מתחת למסגרת יש לציין את הגוף המשתתף בתהליך, הגוף שבו מדובר. **החץ** מציין את גלגול האנרגיה. דרך תיאור זו נקראת **תרשים אנרגיה**.
לדוגמה, תרשים האנרגיה של ניסוי 1.

אנרגיית תנועה	←	אנרגיית תנועה
<u>של הדסקית הראשונה</u>		<u>של הדסקית השנייה</u>

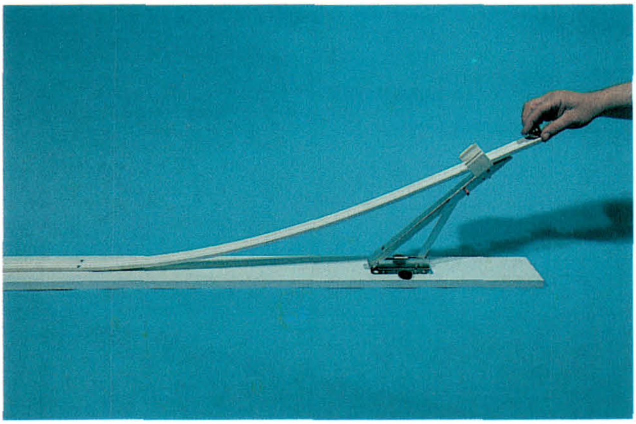
שאלה 10: *רשמו את תרשים האנרגיה של ניסוי 2.*

שאלה 11: כבלי החשמל מעבירים אנרגיה חשמלית מתחנת החשמל אל בתי הצרכנים. תארו בתרשים אנרגיה כיצד האנרגיה מתגלגלת מגוף לגוף במקרה זה.

גלגול אנרגיה איננו חייב להתבטא רק במסירת אנרגיה מגוף לגוף.
הניסוי הבא מדגים זאת:

ניסוי 3 – כדור מתדרדר

- לפניכם כדור פלדה ומסילה משופעת.
- החזיקו את הכדור בראש המסילה במצב מנוחה. עתה שחררו אותו.



- מהו סוג האנרגיה שהיה לכדור בתחילת הניסוי?
- איזה סוג אנרגיה התקבל בניסוי?
- האם האנרגיה עברה מגוף לגוף?
- אילו סוגי אנרגיה יש לכדור כשהוא נמצא בכל נקודה על המסילה (מלבד בקצוות)?

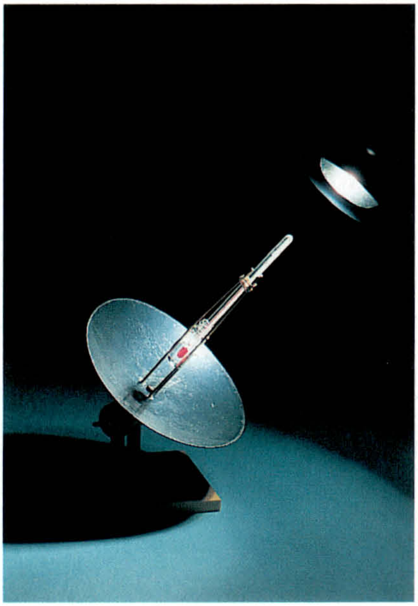
גם תהליך שבו סוג האנרגיה משתנה באותו הגוף נקרא **גלגול אנרגיה**.
גם כאן אפשר לייצג את המתרחש באמצעות תרשים אנרגיה.

אנרגיית גובה	←	אנרגיית תנועה
של הכדור - למעלה		של הכדור - למטה

יש גלגולי אנרגיה שבהם אנרגיה נמסרת **מגוף לגוף** ותוך כדי כך **גם סוג האנרגיה משתנה**.
תוכלו לראות זאת בניסוי הבא.

ניסוי 4 – חימום מים

- לפניכם מראה קעורה המוצבת על בסיס. במרכז המראה מצוי מתקן ובו בקבוקון.
- מלאו את הבקבוקון מים עד שלושה רבעים מגובהו. הכניסו אל הבקבוקון מד-טמפרטורה מתאים. רשמו את הטמפרטורה לפני התחלת הניסוי.
- עכשיו כוונו את המראה אל מקור אור חזק, כגון השמש או מנורה חזקה. האור יוחזר מן המראה.
- כוונו את הבקבוקון למקום שבו הוא מואר בעוצמה הגדולה ביותר.
- עליכם לקרוא את הטמפרטורה כל 2 דקות ולרשום אותה. עשו כך במשך 10 דקות.



- מהי הטמפרטורה בתום 10 דקות? בכמה מעלות עלתה הטמפרטורה במשך הניסוי?

שאלה 12: רשמו את תרשים האנרגיה של ניסוי 4.
התייחסו הן לסוגי האנרגיה והן לגופים שבהם מדובר.

העשרה בסוף הפרק (עמ' 45)

כיצד פועל דוד שמש?

המרה מאנרגיית קרינה לאנרגיית חום - דוד שמש

ניסוי 5 - חפץ נופל

- השמיטו חפץ לא גמיש כלשהו מגובה מסוים. החפץ יפגע ברצפה ויישמע קול.

- מהו סוג האנרגיה שהיה לחפץ לפני השמטתו?
- איזה סוג אנרגיה התקבל בניסוי?
- האם האנרגיה עברה מגוף לגוף?

ניסוי 6 - משקולת מסובבת גלגל

- קחו חוט עם לולאה בקצה אחד וסל עם משקולות בקצה השני. השחילו את הלולאה על גבי התפס הבולט מתוך ציר הגלגל.
- התחילו לסובב את הגלגל תוך ליפוף החוט על הציר. הסל עם המשקולות יעלה למעלה.
- המשיכו לסובב את הגלגל עד שהסל יעלה לגובה של מטר בערך מעל הרצפה, ואחזו בגלגל.

הסל עם המשקולות מצוי עתה בגובה מסוים. הסל וגם הגלגל מצויים במצב מנוחה.
- שחררו את הגלגל.

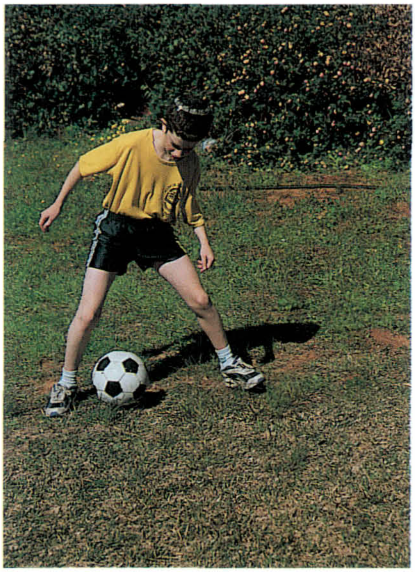
שאלה 13: רשמו את תרשים האנרגיה של התהליך שהתרחש בניסוי.

שאלה 14: התבוננו בתמונות.

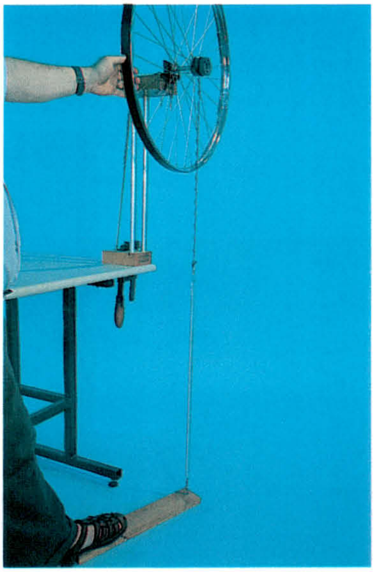
א. כתבו את תרשים האנרגיה לכל אחת מההתרחשויות שבהן.

ב. בכל אחת מן התמונות, מה מעיד על מסירת אנרגיה?

ג. בכל אחד מהשלבים - האם האנרגיה מתגלגלת מסוג אנרגיה אחד לסוג אחר, או שהאנרגיה מתגלגלת מגוף אחד לגוף אחר, או שמתרחש צירוף של שתי האפשרויות?



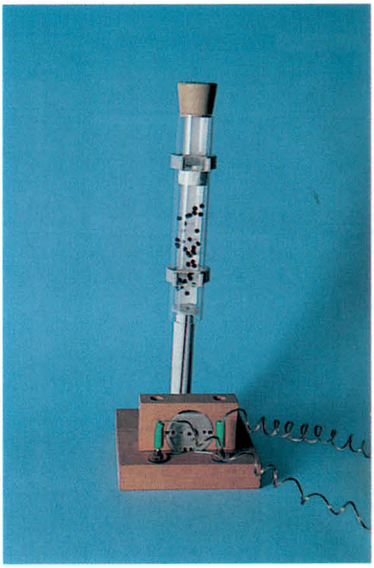
גלגול אנרגיה הוא מעבר של אנרגיה:
לעתים המעבר הוא **מגוף לגוף** בלי לשנות את הסוג;
לעתים המעבר הוא **מסוג לסוג** באותו הגוף;
ולעתים מתרחשים שני המעברים **בעת ובעונה אחת**.



ניסוי 7 – קפיץ מסובב גלגל

- הכינו את המערכת שלפניכם:
- לפפו צד אחד של קפיץ סביב ציר הגלגל עד שהקפיץ נמתח. בצדו הנגדי, חברו את הקפיץ ללוח עץ והחזיקו אותו על הרצפה.
- שחררו את הגלגל.

שאלה 15: חלק קטן מן האנרגיה בניסוי האחרון מתגלגל לאנרגיית חום. ציינו לפחות גורם אחד לכך.



ניסוי 8 – כדורים בתנועה

- לפניכם מכונת כדורים. זוהי מכונה המורכבת מגליל ובוכנה. בתוך הגליל מצויים כדורים זעירים.
- חברו את מכונת הכדורים למקור של אנרגיה חשמלית.

שאלה 16: האם חלק מן האנרגיה שבניסוי האחרון מתגלגל לאנרגיית חום? הסבירו.

ניסוי 9 – ליטוש לוח עץ

- קחו לוח עץ שטוח ונייר לֶטֶש. געו תחילה בלוח העץ ושימו לב לטמפרטורה שלו.
- חככו במהירות את הלוח על פני נייר הלטש.
- עכשיו געו בלוח. **הקפידו** לגעת בלוח רק קלות וזמן קצר.
- מה חשתם?

ניסוי 10 – ניפוח כדור בעזרת משאבה

- געו בפיית המשאבה לפני התחלת הניפוח.
- נפחו במהירות כדור או צמיג של אופניים באמצעות המשאבה.
- געו בפיית המשאבה מיד לאחר גמר הניפוח.
- מה חשתם?

בארבעת הניסויים האחרונים, חיכוך גרם לגלגול אנרגיית תנועה לאנרגיית חום. גלגול אנרגיה כזה מתרחש במקרים רבים אחרים:

- חלק מאנרגיית התנועה של מכונית מתגלגל לאנרגיית חום כתוצאה מן החיכוך עם הכביש ועם האוויר.
- כאשר מכונית בולמת, מתגלגלת כל אנרגיית התנועה שלה לאנרגיית חום של הכביש ושל צמיגי המכונית.
- כאשר להבי מיקסר מסתובבים, אנרגיית התנועה שלהם מתגלגלת בחלקה לאנרגיית חום כתוצאה מן החיכוך. דבר זה מעלה את טמפרטורת הלהבים. הוא מעלה גם את טמפרטורת המזון שהמיקסר מערבל. תוכלו לראות זאת אם תערבלו סוכר באמצעות מיקסר. אם תגעו בסוכר אחרי ערבולו תיווכחו שהטמפרטורה שלו עלתה.

החיכוך נוצר כשגופים צמודים זה לזה נעים אחד כלפי השני.

יש מקרים שבהם הגוף מתחכך באוויר. כידוע, למרות שאוויר אינו נראה לעין, הוא חומר ככל החומרים. כאשר עצם כלשהו – מכונית, כדור, מטוס – נע באוויר, הוא נמצא במגע אתו, הוא מתחכך בו. החיכוך באוויר הוא שגורם להתחממות העצם. כל עוד מהירות העצם הנע היא קטנה, ההתחממות איננה מורגשת; אבל במהירויות גדולות מאוד, ההתחממות כתוצאה מן החיכוך עם האוויר היא גדולה ולעתים אפילו עצומה. הטמפרטורה של מטוסים על-קוליים מהירים מאוד עולה במאות מעלות כתוצאה מן החיכוך באוויר. חלליות החוזרות לכדור הארץ נכנסות לאטמוספרה שלו במהירות עצומה, והטמפרטורה שלהן עולה באלפי מעלות.

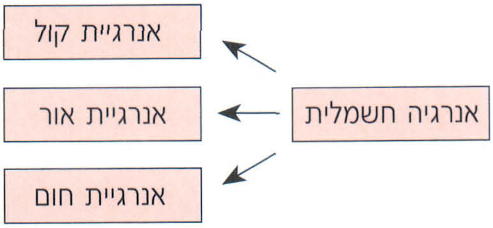
חיכוך קיים גם בתנועה בתוך מים. לדוגמה - זריקת אבן למים: מהירות האבן פוחתת בהרבה לאחר כניסתה למים. החיכוך של גוף הנע במים גדול בהרבה מחיכוך גוף באוויר.

שאלה 17: באילו מהניסויים (1-10) אנרגיית תנועה מתגלגלת לאנרגיית חום כתוצאה מחיכוך? תארו את הגלגול.

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיית תנועה לאנרגיית חום – **ניסוי רומפורד**

יש מכשירים או תופעות שבהם אנרגיה מסוג אחד מתגלגלת בבת-אחת לכמה סוגים. למשל, בטלוויזיה, אנרגיה חשמלית מתגלגלת לאנרגיית קול, לאנרגיית אור ולאנרגיית חום באותה עת.
בתרשים אנרגיה נוכל לתאר זאת כך:



שאלה 18: באילו חלקים של מכשיר הטלוויזיה אפשר להבחין בכל אחד מסוגי האנרגיה המצוינים בתרשים?

לאנרגיה החשמלית בטלוויזיה יש ייחוד נוסף: היא גם נושאת מידע. מידע זה מתורגם על המסך לתמונות, ועל ידי הרמקול הוא מתורגם לקול.
גם כאשר הטלוויזיה משדרת תמונת "שלג" לבנה ומשמיעה רעשים לא ברורים, התרשים שלמעלה מתאר את גלגול האנרגיה באופן מדויק. אבל רק אם המידע הנישא על גבי האנרגיה החשמלית הוא בעל משמעות, אנו מקבלים את התמונות והקולות הנכונים.

אנרגיה גרעינית היא אנרגיה הנמצאת בתוך גרעיני האטומים. פצצה גרעינית מגלגלת אנרגיה גרעינית לסוגים אחדים של אנרגיה. בעת ההתפוצצות נפלטת קרינה בקנה מידה אדיר, נגרמים התחממות עצומה, רעש עצום ותנועת אוויר חזקה ביותר.

שאלה 19: תארו בתרשים אנרגיה את גלגולי האנרגיה המתקבלים בזמן הפיצוץ הגרעיני.

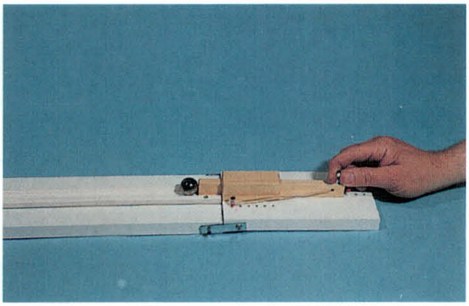
ג. להתגלגל בשרשרת

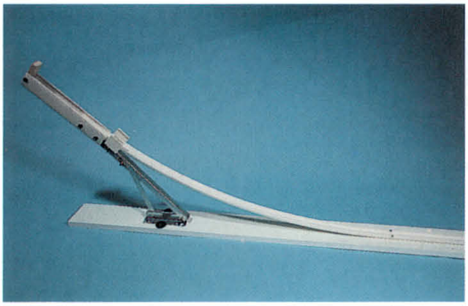
גלגולי אנרגיה מתרחשים סביבנו ללא הרף, אולם לעתים אנחנו מדברים על מספר גלגולי אנרגיה המתרחשים זה אחר זה ברצף.
הניסוי הבא מדגים זאת.

ניסוי 11 - "תותח" אלסטי

לפניכם מישור משופע. בתחתית המישור יש תותח אלסטי - מתקן המאפשר לדחוף כדור פלדה באמצעות אנרגיה אלסטית. בראש המישור יש מלכודת המונעת את חזרתו מטה של כדור המגיע אליה.

- הניחו כדור קטן בתחתית המישור המשופע כך שיהיה צמוד לתותח האלסטי.
- העניקו באמצעות התותח דחיפה לכדור.





בתהליך זה, אנרגיה אלסטית של הקפיץ מתגלגלת לאנרגיית תנועה של הכדור, וזו מתגלגלת לאנרגיית גובה של הכדור.

התהליך המתרחש מורכב משני גלגולי אנרגיה הבאים ברצף זה אחר זה. בגלגול האנרגיה הראשון, אנרגיה אלסטית של התותח האלסטי מתגלגלת לאנרגיית תנועה של הכדור. בגלגול האנרגיה השני, אנרגיית תנועה זו מתגלגלת לאנרגיית גובה של הכדור.

אפשר לתאר את התהליך גם באמצעות תרשים אנרגיה:

אנרגיה אלסטית ← אנרגיית תנועה ← אנרגיית גובה

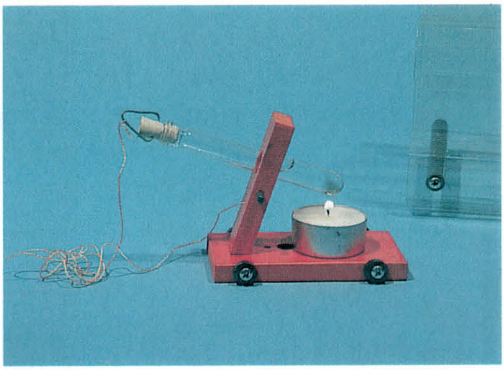
<u>של התותח האלסטי</u>   <u>של הכדור</u>   <u>של הכדור</u>

קיימים גם רצפים של גלגולי אנרגיה רבים יותר - שלושה, ארבעה, חמישה...

תהליך שבו מתרחשים מספר גלגולי אנרגיה ברצף נקרא **שרשרת גלגולי אנרגיה.**

ניסוי 12 - "תותח" אדים

- הכינו את המערכת שלפניכם. היא כוללת מכל גלילי שקוף, נר, מים ופקק.
- הכניסו מעט מים למכל (לא יותר מחמישית נפח המכל) וסגרו אותו בפקק.
- הדליקו את הנר. הניחו לאש לחמם את המים שבמכל.

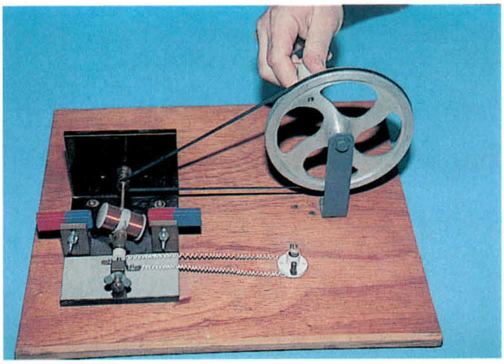


- מדוע נקרא הניסוי "תותח אדים"?

שאלה 20: רשמו את תרשים שרשרת גלגולי האנרגיה בניסוי האחרון.

כאשר נר בוער, מתרחש תהליך כימי שבו הנר מתרכב עם חמצן ונוצרים חומרים חדשים. אם התוצרים של התהליך שונים מחומרי המוצא, משתתפת בו אנרגיה כימית.

שאלה 21: האם התהליך שבו המים הפכו לאדי מים הוא תהליך שמשתתפת בו אנרגיה כימית?



ניסוי 13 - דינמו ונורת חשמל

לפניכם מכונה המורכבת מגלגל שניתן לסובבו ביד, דינמו ונורה.

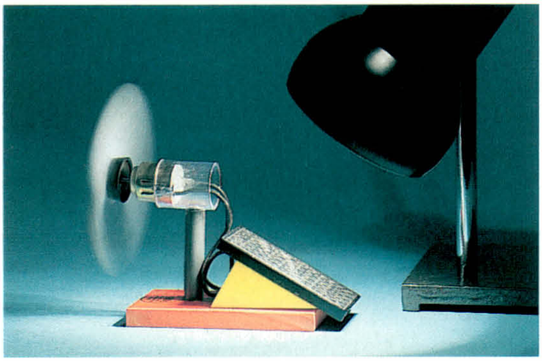
- סובבו את הגלגל.

שאלה 22: תארו בתרשים במחברתכם את שרשרת גלגולי האנרגיה של הניסוי.

______	←	______	←	______	←	______

העשרה בסוף הפרק (עמ' 47)

תחנת החשמל



ניסוי 14 – מאוורר סולארי

תא השמש (תא סולארי) הוא מתקן המגלגל את אנרגיית הקרינה הפוגעת בו לאנרגיה חשמלית. כאשר האור פוגע בתא השמש, עובר בו זרם חשמלי.

- חברו תא שמש למאוורר קטן.
- האירו על תא השמש מקרוב (ממרחק של לא יותר מ-40 סנטימטרים) באמצעות נורת ליבון של 200 ואט, או חשפו אותו לאור השמש.

שאלה 23: רשמו את שרשרת גלגולי האנרגיה בניסוי תא השמש המניע מאוורר.

לפניכם דוגמה נוספת לשרשרת גלגולי אנרגיה: מכונית שעמדה ללא תנועה, התחילה להתדרדר מראש גבעה. הנהג לוחץ על הבלמים והמכונית מאיטה את תנועתה עד שהיא נעצרת. פעולת הבלימה מביאה להתחממות בלמי המכונית.

שאלה 24: בדוגמה האחרונה מתרחשים שני גלגולי אנרגיה רצופים. רשמו אותם.

האנרגיה של הרגל הלוחצת על הבלמים, איננה חלק מגלגולי האנרגיה שבתהליך עצירת המכונית. זוהי כמות אנרגיה קטנה מאוד, אשר **רק מאפשרת** את התרחשות גלגול האנרגיה האחרון בדוגמה שלמעלה על ידי הצמדת הבלמים לגלגלי המכונית.

שאלה 25: תלמיד התבונן בנורת ליבון ופירט את שרשרת גלגולי האנרגיה "מהסוף להתחלה" באופן הבא: אנרגיית האור של הנורה התגלגלה מאנרגיית החום של חוט הלהט, וזו התגלגלה מהאנרגיה החשמלית של המעגל החשמלי, וזו התגלגלה מאנרגיית התנועה של האצבע שסגרה את המעגל החשמלי. הסבירו מהי הטעות של התלמיד.

תפקיד האנרגיה המשמשת ללחיצה על מתג התאורה, דומה לתפקיד אנרגיית התנועה של היד בזמן הדלקת גפרור, או לתפקיד האנרגיה במַתְנֵעַ (סְטַרְטֶר) של מנוע מכונית. כמות האנרגיה הזעירה המשמשת ללחיצה על מתג התאורה **רק מאפשרת** את גלגול האנרגיה החשמלית לאנרגיית קרינה בנורה. הכמות הקטנה של אנרגיית התנועה של היד **רק מאפשרת** את גלגול האנרגיה הכימית מתהליך שריפת הגפרור לאנרגיית חום ולאנרגיית קרינה.

אנרגיה זו משמשת **רק להפעלת** גלגולי האנרגיה או השרשרות שלהם, אך איננה מהווה חלק מן הגלגולים עצמם.

שאלה 26: משתמשים במתקן חשמלי כדי לפתוח סכר. הסכר נפתח ומים זורמים כלפי מטה. המים מניעים טורבינה הקשורה לגנרטור, וזה מייצר אנרגיה חשמלית.

א. תארו את שרשרת גלגולי האנרגיה בתהליך.

ב. האם האנרגיה החשמלית של המתקן החשמלי היא חלק משרשרת גלגולי האנרגיה? נמקו.

תקליטור הספר

דף עבודה - אור במקום סוללה ואור מפעיל מתג

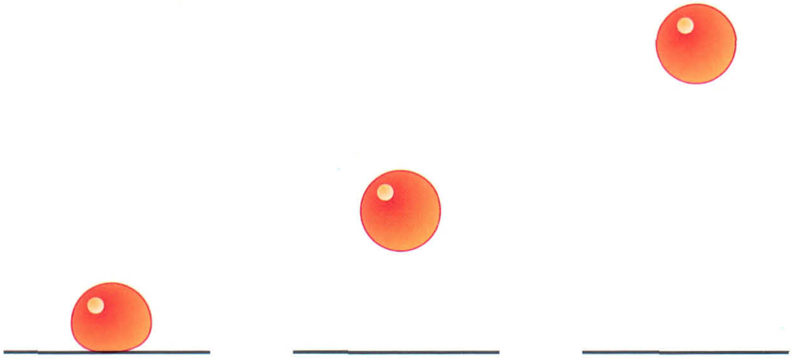
שאלה 27: תארו דוגמה המתאימה לתרשים האנרגיה שלפניכם:

אנרגיה כימית משריפת דלק ← אנרגיית תנועה ← אנרגיית גובה

שאלה 28: תארו את שרשרת גלגולי האנרגיה המתרחשת בתהליך הבא: דלק גרעיני בכור גרעיני מחמם מים. אלה הופכים לקיטור בתנועה. הקיטור מסובב טורבינה, וזו מייצרת בתנועתה זרם חשמלי. הזרם החשמלי משמש להפעלת מערבל באחד הבתים.

אנחנו בוחרים שרשרת גלגולי אנרגיה משלב מסוים עד לשלב מסוים, אך למעשה שרשרת גלגולי אנרגיה מתחילה שלבים רבים מאוד לפני שלב ההתחלה שבו בחרנו. היא גם ממשיכה שלבים רבים מאוד אחרי שלב הסיום שבו בחרנו - עוד ועוד ללא הרף.

לדוגמה: כדור טניס מוגבה נופל אל הרצפה. הוא נע לעברה, פוגע בה ומתפחס.



תרשים האנרגיה המתאים לשרשרת הוא זה:

אנרגיית גובה ← אנרגיית תנועה ← אנרגיה אלסטית

בכל פעם שהכדור האלסטי נוגע בקרקע, מתגלגל חלק מן האנרגיה האלסטית גם לאנרגיית חום.
שלב ההתחלה של שרשרת גלגולי האנרגיה כאן הוא אנרגיית גובה, ושלב הסיום הוא אנרגיה אלסטית. אולם יכולנו להתחיל את השרשרת בשלב מוקדם יותר, למשל מהשלב שבו הזרוע מרימה את הכדור למקום הגבהתו מעל פני הרצפה. יכולנו גם להמשיך את שרשרת גלגולי האנרגיה הלאה, מעבר לשלב הסופי המתואר כאן, למשל עד לשלב שבו הכדור חוזר לצורתו המקורית ונע בחזרה כלפי מעלה.

מתי נוצר בעבר שלב ההתחלה של שרשראות אנרגיה שונות ומתי יגיע השלב האחרון שלהן? כל שרשרות האנרגיה התחילו למעשה עם היווצרות היקום, והן ימשיכו להתגלגל הלאה והלאה כל עוד היקום יתקיים.

סוגיה

חשיבותם של מקורות האנרגיה השונים להפקת חשמל

היכרנו את המושגים הבסיסיים "סוג אנרגיה", "גלגול אנרגיה" וגם "מקור אנרגיה".
עכשיו נוכל לשאול שאלה בסיסית שאולי מטרידה אתכם: "בשביל מה זה טוב?" כלומר, מהי החשיבות של האנרגיה? מדוע חשוב להכיר נושא זה ולהעמיק בו?
הבה נציץ לרגע באחד מסוגי האנרגיה - האנרגיה החשמלית.
כידוע, בעולם המודרני החשיבות של האנרגיה החשמלית היא עצומה. קשה לדמיין את חיינו בלעדיה. אנרגיה זו מפיקים עבורנו בתחנת החשמל, ולשם כך מגלגלים בה אנרגיה מסוג לסוג.

"מקור אנרגיה" הוא המונח המקובל לדלק המשמש במערכת המפיקה חשמל.
לדוגמה, הפחם הוא **מקור אנרגיה** להפקת חשמל. האנרגיה הכימית משריפת הפחם מתגלגלת בתחנת החשמל לאנרגיה חשמלית.
המונח מקור אנרגיה מתאים גם למערכות אחרות. לדוגמה, הבנזין הוא מקור האנרגיה של המכונית; גז הבישול הוא מקור האנרגיה של הכיריים.

שאלה 29: מהם מקורות האנרגיה המוכרים לכם שבהם מקובל להשתמש להפקת אנרגיה חשמלית?

שאלה 30: באילו מקורות אנרגיה משתמשים במדינת ישראל להפקת אנרגיה חשמלית?

שאלה 31: מהם הקשיים הנובעים מהשימוש במקורות אנרגיה אלה להפקת אנרגיה חשמלית? (הקשיים יכולים להיות כלכליים, פוליטיים, סביבתיים).

הן כאזרחים במדינה והן כחלק מאוכלוסיית כדור הארץ, כדאי שתדעו יותר על היתרונות ועל החסרונות של השימוש בכל אחד מהמקורות. כל זאת, כדי שבעתיד תוכלו להבין כיצד מתקבלות החלטות לגבי השימוש במקורות האנרגיה השונים, החלטות שאולי אף יהיה לכם חלק בקבלתן.

בהמשך הספר נטפל בסוגיית מקורות האנרגיה. תוכלו למצוא חומר קריאה רב במראי-המקום האלה:

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - מקורות אנרגיה: **נפט גולמי; פחם; אשפה; שמש; רוח; גאות ושפל**

מסלול חלופי

תוכלו לעיין בפרק יב: ***מקורות האנרגיה והשיקולים לניצולם***.

ד. השימוש בגלגולי אנרגיה במערכות טכנולוגיות

המדע ממיין תופעות שונות הקיימות סביבנו ומנסה להסבירן. הוא מאתר תכונות של התופעות הללו, מגדיר גדלים מדעיים ומנסה למדוד את כמויותיהם. תכונות כאלה הן למשל טמפרטורה, מסה ונפח. אחד מתפקידיו החשובים של המדע הוא למצוא קשר בין גדלים. למשל, באיזה אופן קשור הכוח שבו נמשך גוף אל כדור הארץ למרחק הגוף מכדור הארץ, או מה הקשר בין עליית הטמפרטורה של גוף לשינוי הנפח שלו.

הטכנולוגיה, לעומת זאת, מנסה לפתור בעיות ולענות על צרכים אנושיים.
הדוגמה הבאה ממחישה זאת:
חושך. אתם מעוניינים להאיר את הבית. כיצד תעשו זאת? קרוב לוודאי באמצעות החשמל. זרם חשמלי עובר בתיל מתכת שבתוך הנורה, והנורה מאירה. נורה כזו קרויה "נורת ליבון" או "נורת להט".

לעתים קרובות נעזרים אנשי הטכנולוגיה בידע המדעי שרוכשים אנשי המדע. למשל, הידע המדעי עוזר לבחור את החומר המתאים ביותר לחוט הלהט, למכל הנורה ולשאר המרכיבים. לנורות העונות על צרכים שונים יידרשו אולי חומרים שונים.
גם המדע מתפתח בד-בבד עם התפתחות הטכנולוגיה. ללא המכשור והמערכות הטכנולוגיות ההולכים ומשתכללים, גם המדע לא היה מתקדם. המדע והטכנולוגיה משפיעים זה על זה באופן הדדי במשך כל תולדות האדם.

האנרגיה המצויה בהישג ידנו בבית היא האנרגיה החשמלית. כשמדליקים נורה, אנו מגלגלים את האנרגיה החשמלית לאנרגיית קרינה.
הצורך כאן הוא תאורה. הנורה החשמלית עונה על צורך זה על ידי גלגול של אנרגיה חשמלית לאנרגיית קרינה.
כיום, זוהי הדרך המקובלת ביותר לקבל אנרגיית קרינה. עם זאת, קיימות דרכים נוספות לקבלתה. חלקן היו מקובלות מאוד בעבר.
הצורך להאיר היה קיים מאז ומעולם. בני האדם היו צריכים להאיר את בתיהם, אולמות, חצרות ועוד. צורך זה היה קיים אף בתקופות רחוקות בעבר, שבהן בני אדם חיו במערות ורצו להאירן. בכל תקופה קמו ממציאים שעסקו בתחום הטכנולוגיה. אחד הדברים שבהם עסקו היה חיפוש דרכים לגלגל אנרגיה מסוגים שונים לאנרגיית קרינה. דרכים אלה הלכו והשתכללו עם הזמן. למשל, במאה התשע עשרה היה מקובל מאוד להשתמש במנורות נפט להארת הבתים. בעת

בעירת נפט משתחררת אנרגיה כימית, וזו מתגלגלת גם לאנרגיית קרינה.

שאלה 32: תארו דרכים נוספות לקבלת אנרגיית קרינה ורשמו את גלגולי האנרגיה המתרחשים בכל אחת מהן.

אם תתקרבו לנורה חשמלית תחושו חום. האנרגיה החשמלית מתגלגלת אפוא לא רק לאנרגיית קרינה, שהיא הרצויה לנו, אלא אף לאנרגיה מסוג אחר - אנרגיית חום. בעת פעולת הנורה מתרחשים שני גלגולי אנרגיה באותו הזמן. רק חלק מהאנרגיה החשמלית מתגלגל לאנרגיית קרינה. חלק אחר שלה מתגלגל לאנרגיית חום. למען האמת, בנורת הליבון מתגלגלת רוב האנרגיה החשמלית לאנרגיית חום, שלמעשה איננו זקוקים לה. היא איננה רצויה לנו. לעתים היא מפריעה מאוד.

שאלה 33: רשמו את תרשים האנרגיה של פעולת הנורה.

לא רק בנורה, גם בתהליכים רבים אחרים חל בעת גלגול האנרגיה הרצוי לנו גם גלגול לאנרגיית חום, שאיננה רצויה לנו. למשל, במיקסר פועל, אנרגיה חשמלית מתגלגלת לאנרגיית תנועה, ובאותו הזמן חלק מן האנרגיה החשמלית מתגלגל לאנרגיית חום. אם ניגע במיקסר לאחר זמן פעולה מסוים, נחוש שהוא התחמם.

לעתים אנרגיית החום הבלתי רצויה עלולה להזיק. לדוגמה, מנוע המכונית מתחמם מאוד בזמן פעולתו. אנרגיית חום גדולה מדי עלולה לגרום נזק למנוע ואולי אף להרוס אותו. כדי למנוע זאת יש לקרר את המנוע. במכונית יש מתקן האחראי לקירור, הקרוי מצנן (רדיאטור).

שאלה 34: מתי אפשר לומר שהמערכת הטכנולוגית יעילה מבחינת האנרגיה שהיא מגלגלת?

לעתים אנרגיית החום היא סוג האנרגיה הדרוש לנו. לדוגמה, אפשר להסיק את הבית על ידי

אנרגיית חום המתקבלת מתנור חימום חשמלי או מתנור נפט.

שאלה 35: רשמו את תרשים האנרגיה בכל אחד מהתנורים.

שאלה 36: לאן מגיעה אנרגיית החום שפולט התנור בחדר?

שאלה 37: באילו שיקולים יש להתחשב כאשר בוחרים את סוג האנרגיה שעדיף לגלגל לאנרגיית חום?

שאלה 38: רשמו בעיות בטיחותיות שעלול לגרום א) תנור חשמלי; ב) תנור נפט. הסתכלו בתנורים ותארו כיצד התגברו על בעיות אלה. חַשבו ורִשמו דרכים משלכם להתגבר על בעיות אלה.

ניסוי 15 – יציקת שעווה

לפניכם כלי מתכת עם ידית, גושי שעווה, תבניות נייר וכוהלייה.

- הניחו גוש שעווה בתוך כלי המתכת.
- חממו את הגוש עד שהשעווה תינתך כולה, תהפוך לנוזל.
- שפכו את השעווה הנוזלית לתוך תבנית.
- המתינו דקות מספר, עד שהשעווה תתקרר ותשנה את מצב צבירתה מנוזל למוצק.
- הוציאו את השעווה מן התבנית. התקבלה שעווה המעוצבת בדמותה של התבנית.

שאלה 39: מהו השימוש שנעשה באנרגיית החום בניסוי שביצעתם?

שאלה 40: באילו מפעלי תעשייה משתמשים באנרגיית חום לתהליך הדומה לזה שערכתם בניסוי?

במערכות טכנולוגיות שונות, אפשר לעתים לקבל אנרגיה הרצויה לנו על ידי גלגול אנרגיות מסוגים שונים לסוג האנרגיה הרצוי. לדוגמה, אפשר להניע מכוניות-צעצוע בשתי דרכים: א) קפיץ; ב) סוללה חשמלית.

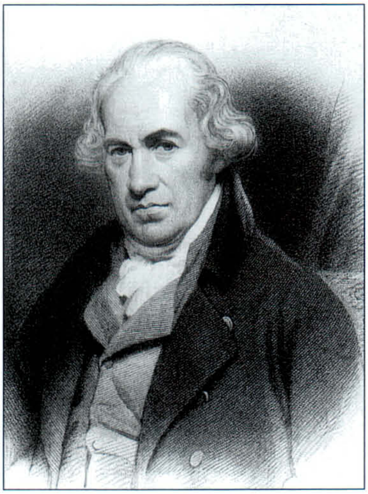
שאלה 41: מהם גלגולי האנרגיה המתרחשים בכל אחת מדרכי ההפעלה של מכונית הצעצוע? האם מתקבל סוג אנרגיה שאינו רצוי לנו, נוסף לסוג הרצוי לנו?

שאלה 42: תארו שלושה סוגי אנרגיה שימושיים לנו, המופקים על ידי גלגול אנרגיה כימית מתהליך שריפת דלק.

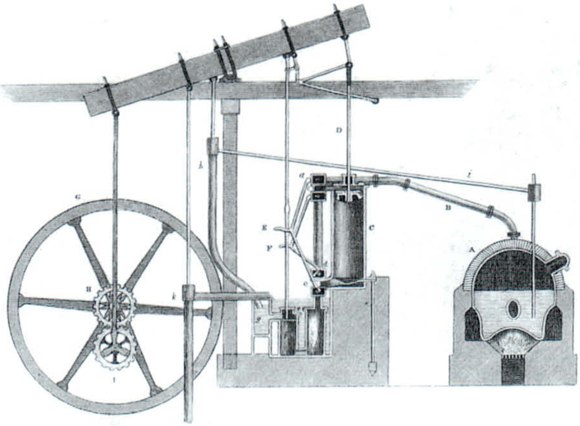
אנו משתמשים, אם כן, בגלגולי אנרגיה לקבלת סוג אנרגיה הרצוי לנו. אפשר לומר שאנו מתמרנים בגלגולי אנרגיה כדי לקבל את סוג האנרגיה הרצוי. דבר זה נעשה הודות למכונות מסוגים שונים. מכונות הן מתקנים שבאמצעותם אנו מקבלים סוג אנרגיה רצוי על ידי גלגולי אנרגיה.

במשך הדורות עסקו ממציאים בפיתוח מכונות ששימשו לקבלת סוגי אנרגיה שונים, רצויים לנו. מכונת הקיטור, למשל, פותחה על ידי תומס ניוקומן (Thomas Newcomen) שחי בין השנים 1663-1729, וג'יימס ואט (James Watt) שחי בין השנים 1736-1819.

במכונת הקיטור התגלגלה אנרגיית חום לאנרגיית תנועה באמצעות חימום מים. המים חוממו והפכו לקיטור (אדי מים) בתנועה, והקיטור הניע חלק נע של המכונה, כגון מנוף או גלגל. מכונות קיטור שימשו לצרכים שונים, כגון שאיבת מים, הנעת ספינות קיטור והנעת רכבות.



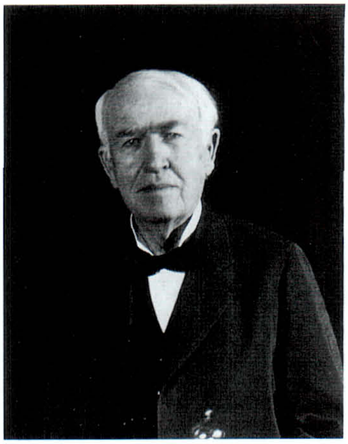
ג'יימס ואט



מכונת הקיטור של ג'יימס ואט

שאלה 43: רשמו את תרשים האנרגיה של מנוע הקיטור.

ממציא חשוב אחר הוא תומס אלווה אדיסון (Thomas Alva Edison) שחי בין השנים 1847-1931. אדיסון המציא בשנת 1879 את הנורה החשמלית, שהיא מכונה המגלגלת אנרגיה חשמלית לאנרגיית קרינה.



תומס אדיסון

נורת החשמל הראשונה שהומצאה על ידי אדיסון

המלצה על סרט

"אדיסון – הנורה החשמלית" מתוך הסדרה **אבני דרך במדע וטכנולוגיה** של הטלוויזיה החינוכית

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - מגלים וממציאים - **ג'יימס ואט; תומס אדיסון**

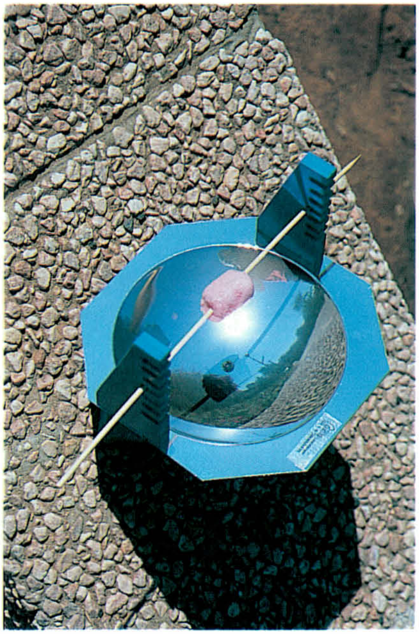
ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיית תנועה - **על מנוע הקיטור; מנוע הקיטור והמהפכה התעשייתית**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיה חשמלית לאנרגיית קרינה - **נורות**

משימה

מעדני שמש

מה דעתכם לבשל באמצעות אנרגיית השמש?
במשימה זאת תנסו להשתמש באנרגיית השמש לבישול פשוט של מזון.
השתמשו בציוד העומד לרשותכם. הוא כולל בסיס, שעליו מורכבת מראה קעורה, ושיפודי עץ.



הבישול צריך להתבצע באמצעות קרינת השמש במהירות הגדולה ביותר שניתן להגיע אליה ובצורה אחידה.

הדרישות ממתקן הבישול שתבנו הן אלה:

1. ניצול קרינת השמש לצלייה ולקלייה.
2. קצב צלייה מהיר ככל האפשר.
3. צלייה אחידה.

בסוף המשימה תשוו בין תוצאות הבישול של קבוצות העבודה השונות בכיתה.

שאלה 44: מה חייב להיות זהה בעבודת הקבוצות כדי שההשוואה בין התוצאות שלהן תהיה מבוססת?

מרַכזים קרינה

עליכם לרכז את קרינת השמש הנופלת על המזון שתבחרו, למשל על נקניקייה או על חתיכת מרשמלו.

תוכלו לראות שהמראה הקעורה מחזירה את קרינת השמש המוטלת עליה בכמות גדולה מאוד, לאזור קטן שבו כמות הקרינה רבה מאוד.
עליכם לזהות את האזור הזה ולהניח בו את המזון.

איך תדעו במדויק את מיקומו של האזור?
קחו דף נייר ומקדו עליו את הקרינה הבהירה באזור צר ככל האפשר. הזיזו את מקומו של הנייר ביחס למראה. תראו ששטח האזור המואר ישתנה. פעם יהיה גדול יותר ובהיר פחות, פעם יהיה קטן יותר אך בהיר יותר. עליכם להשתדל שהאזור יהיה קטן ככל האפשר ובהיר ככל האפשר.

שאלה 45: תארו את גלגול האנרגיה שיתרחש בעת החזרת קרינת השמש אל המזון.

שאלה 46: תארו במושגי אנרגיה, מדוע כדאי להניח את המזון בתוך האזור הצר.

צולים וקולים

השתמשו בציוד העומד לרשותכם. באמצעותו תוכלו לנסות אפשרויות צלייה וקלייה שונות ולבחון אותן.
חִשבו כיצד לנצל את קרינת השמש כדי שתמלא את שלושת הצרכים של המשימה.
בִּדקו זאת באמצעות הציוד שלכם.

רמזים אחדים לדיון:

- האם יש צורה מועדפת שבה כדאי להפנות את המראה הקעורה כלפי השמש?
- האם עדיף להשתמש במראה בשעות מסוימות?
- האם עדיף לסובב את המזון במשך כל הזמן שבו הוא חשוף לקרני השמש?
- האם עדיף להשאיר את המזון באותו המקום כל זמן החשיפה לקרני השמש?
- האם עדיף להניח את המזון במצב מסוים ואז לשנות את מיקומו מידי פעם?

שאלה 47: השוו את תוצאות הבישול של קבוצות העבודה השונות מבחינת הניצול היעיל של קרינת השמש, מבחינת קצב הבישול ומבחינת אחידות הבישול.

שאלה 48: השוו את הציוד שלכם לאמצעי בישול אחרים: מהם יתרונותיו לעומתם ומהם חסרונותיו?

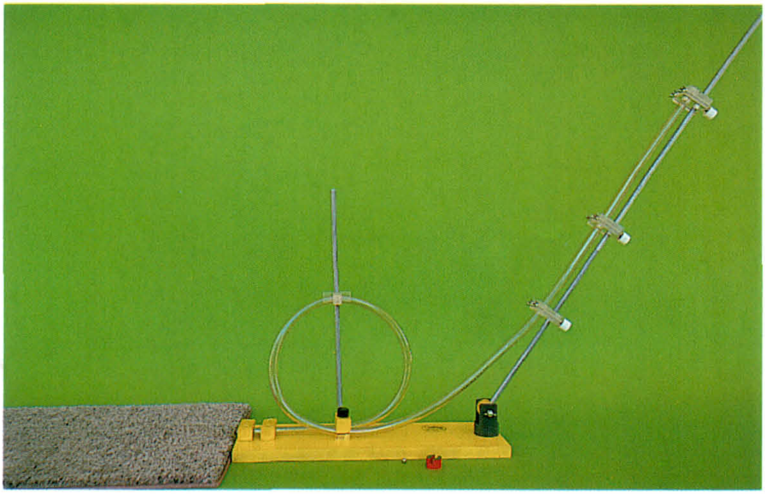
משימה

להסתובב עוד ועוד

מי מאתנו לא שיחק בצעצועים בילדותו?
במשימה זו תנסו לבנות צעצוע שבו כדור מתכת ינוע במורד צינור המפותל בצורת לולאה. לאחר שתשמיטו אותו אל תוך פתחו העליון של הצינור, על הכדור לעשות סיבוב שלם, לצאת מקצהו הנגדי של הצינור ואז להיעצר קרוב ככל האפשר לקצה זה.

אפשר לזהות שני צרכים לגבי בניית הצעצוע המתואר:

- הכדור צריך לעשות סיבוב שלם לאחר השמטתו.
- הכדור ייעצר במרחק הקצר ביותר האפשרי אחרי השלמת סיבובו במסלול המעגלי.



חלק א

שחקו בציוד עד שתקבלו צורה שתאפשר לכדור לעשות סיבוב שלם אחד בתוך הצינור המפותל.
במה זה תלוי?

הנה כמה רמזים למחשבה, לניסוי ולדיון:

- איך משפיעה אנרגיית הגובה על האפשרות שהכדור יבצע סיבוב שלם?
- איך משפיעה על כך צורת הלולאה שבה מפותל הצינור?

חלק ב

בידכם הלולאה הנבחרת (זו המאפשרת סיבוב שלם של הכדור). עתה עליכם לדאוג לכך שלאחר השלמת הסיבוב בלולאה יעצור הכדור במרחק הקצר ביותר מן הקצה הנגדי של הצינור. לשם כך עליכם להשתמש במשטח מתאים שיבלום את הכדור לאחר צאתו מן הלולאה.

א. בחרו במשטח המתאים. הסבירו מדוע אתם בוחרים דווקא בו.
ב. הניחו את המשטח למרגלות הלולאה כך שהכדור היוצא ממנה ינוע עליו. בִּדקו שהמשטח שבחרתם אכן עונה על הדרישה. (הכדור עצר במרחק הקצר ביותר האפשרי.)
ג. האם נתקלתם בבעיה או בבעיות בשימוש במשטח? פרטו. נסו להציע דרך או דרכים להתגבר על כל בעיה וּבִדקו האם הצעתכם פותרת אותה. באיזו מידה נותן הפתרון מענה לבעיה: האם זהו פתרון מלא או חלקי? האם הוא מעורר בעיות חדשות?
ד. האם תוכלו להגדיל יותר את חיכוך המשטח, כך שיבלום טוב יותר את הכדור בלי לשנות את חומר המסילה? הציעו דרך או דרכים לעשות זאת, בדקו אותן והשוו את התוצאות לאלה שהתקבלו בלי הדרכים המוצעות.

שאלה 49: רשמו דוגמאות מן המציאות למקרים שבהם כדאי להשתמש בחומרים בעלי חיכוך גדול ככל האפשר. הסבירו כל דוגמה.

העשירה

אנרגיית קרינה

בכל מקום שאליו נביט אנו מסוגלים לראות עצמים שונים באמצעות אנרגיית קרינה המגיעה אל עינינו. אנו רואים נורה דולקת הודות לאנרגיית הקרינה היוצאת ממנה ומגיעה אל עינינו. אנו רואים את השולחן בחדר משום שאנרגיית קרינה שמקורה בתאורה מלאכותית או בשמש, פוגעת בו, מוחזרת ממנו ומגיעה אל עינינו. אנרגיית קרינה מגיעה מן הסביבה, פוגעת בעין ועוברת גלגולי אנרגיה בגופנו. גלגולי אנרגיית הקרינה הם שמאפשרים לנו לראות את העולם שסביבנו.

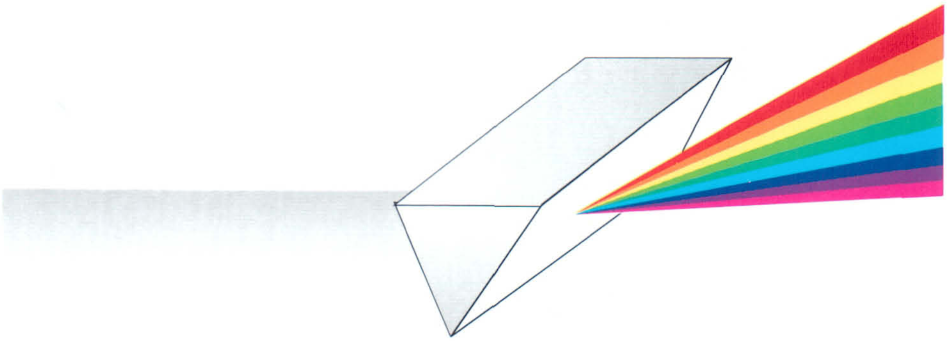
חלק גדול מן התהליכים בעולם מתרחש הודות לאנרגיית קרינה המגיעה מן השמש. דוגמאות לתהליכים כאלה הן, למשל, התפתחותם של צמחים ושל בעלי חיים וכן היווצרותן של רוחות. תהליכים כאלה מתרחשים כתוצאה מגלגול אנרגיית קרינה לאנרגיות מסוגים שונים. לולא אנרגיית הקרינה, תהליכים אלה לא היו מתרחשים.
האדם מנצל את אנרגיית הקרינה המגיעה מן השמש לשימושים שונים. בדוד שמש, לדוגמה, מתגלגלת אנרגיית הקרינה המגיעה מן השמש לאנרגיית חום. אנרגיית חום זו משמשת לחימום מים לרחצה ולצרכים אחרים. גלגול אנרגיית הקרינה לאנרגיית חום מתבצע באמצעות משטחים שחורים הקרויים קולטי שמש. כאשר אנרגיית קרינה פוגעת במשטחים אלה, היא מתגלגלת לאנרגיית חום. זו נמסרת למים המצויים בתוך צינורות שבקולט השמש, ומן הקולט מועברים המים לדוד השמש.

אנרגיית הקרינה המגיעה מן השמש משמשת גם להפקת אנרגיה חשמלית. אחת השיטות לבצע זאת היא לחמם מים או נוזל אחר באמצעות אנרגיית הקרינה. הנוזל המחומם מגיע לטמפרטורה גבוהה מאוד והופך לאדים. האדים החמים מניעים גנרטור (גנרטור הוא מתקן המגלגל אנרגיית תנועה לאנרגיה חשמלית), וזה יוצר אנרגיה חשמלית. אנרגיית החום של האדים המחוממים על ידי הקרינה, מתגלגלת אם כן לאנרגיה חשמלית.

אנרגיית קרינה (לאו דווקא של השמש) משמשת גם לצורכי צילום. כאשר מפעילים מצלמה המשתמשת בסרט צילום, אנרגיית קרינה המגיעה מחוץ למצלמה נכנסת לתוכה ופוגעת בחומר המצפֶּה את סרט הצילום. בכל נקודה שבה פוגעת אנרגיית הקרינה בסרט הצילום, מתרחש תהליך של שינוי כימי במבנה חומר הציפוי של הסרט. אנרגיית הקרינה מתגלגלת אם כן לאנרגיה כימית. גודל השינוי הכימי על סרט הצילום הוא בהתאם לכמות אנרגיית הקרינה הפוגעת בנקודה.

האם הקרינה המגיעה מן השמש ומתאורה מלאכותית (כגון נורות ליבון, נורות ניאון) היא אחידה?
הניסיון מוכיח שלא. אם נערוך ניסוי שבו ניתן לאלומת אור לבן, המגיע מן השמש או ממקור

תאורה אחר, לעבור דרך מנסרת זכוכית, ניווכח לדעת שהאור העובר דרכה מתפצל לאור בצבעים שונים. אלומת האור מגיעה אל המנסרה מכיוון אחד. כאשר מניחים מסך לבן בצד הנגדי, האור העובר את המנסרה מאיר את המסך וניתן לראות עליו פס צבעים המכיל אור מצבעים שונים: אור אדום, אור כתום, אור צהוב, אור ירוק, אור כחול, אור סגול. ניסוי זה מוכיח שקרינת האור הלבן מורכבת למעשה מקרינות בעלות צבעים שונים.



הקרינה שאנו רואים נקראת "קרינה נראית" או "אור נראה". לא את כל סוגי הקרינות אנו רואים. קרינות רבות אינן נראות כלל לעין האנושית.
לפניכם אחדות מן החשובות שבהן:

* **קרינה על-סגולה** (Ultra Violet): קרינה המצויה באור המגיע אלינו מן השמש. היא גורמת לשיזוף, אך גם עלולה לחולל שינויים מזיקים בתא החי, שינויים העלולים לגרום לסרטן העור.
ניתן להפיק קרינה על-סגולה גם באמצעי תאורה מלאכותיים.
פגיעתה של קרינה על-סגולה בשבבי מחשב מוחקת מידע הטמון בהם.

* **קרינת רנטגן**, או בשמה האחר, קרינת X: זוהי קרינה החודרת דרך רקמות חיות רכות כגון שרירים ועור. היא איננה חודרת דרך עצמות. קרינה זו משמשת, בין היתר, לקבלת תצלום של עצמות אדם לצרכים רפואיים (כגון גילוי מיקומה של עצם שבורה ואת צורת השבירה שלה). מבצעים את התצלום באופן הבא: קרינת רנטגן הפוגעת בפילְם המצופה חומר רגיש לקרינה, משחירה אותו. כמות קרינה פחותה תכהה את הפילם במידה פחותה, ויתקבל צבע אפור. מקרינים אחד מאזורי גופו של אדם בקרינת רנטגן, כאשר הפילם מונח בצדו הנגדי של האיבר המצולם. הקרינה חודרת דרך הגוף מצד אחד, פוגעת ברקמות הרכות, חודרת דרכן, פוגעת בפילם ומכהה אותו. הקרינה הפוגעת בעצמות נבלמת ואיננה ממשיכה בדרכה. לכן, בצד הנגדי מתקבלת תמונת העצמות כאזורים בהירים שצורתם כצורת העצמות (כי לא עברה דרכן קרינה).

* **קרינת רדיו וטלוויזיה**: קרינה זו משמשת להעברת מידע, כגון קולות, תמונות, טקסטים. במקלט רדיו אנו קולטים קולות באופן הבא: קולות מתורגמים בתחנת השידור לקרינת רדיו. כאשר זו מגיעה אל מקלט הרדיו היא מתורגמת בתוכו בחזרה לקולות. באופן דומה נעשה הדבר בטלוויזיה: תמונות וקולות בתחנת השידור מתורגמים לקרינת טלוויזיה, וכאשר זו מגיעה אל מקלט הטלוויזיה היא מתורגמת בו בחזרה לתמונות וקולות.

שידור רדיו מוחזר מן היוֹנוֹספרה.

קרינת הטלוויזיה שונה במעט מקרינת הרדיו. אחד ההבדלים החשובים היא העובדה שקרינת הרדיו מוחזרת מאחת משכבות האטמוספרה הנקראת יוֹנוֹסְפֵרָה. עובדה זו מאפשרת לקלוט שידורי רדיו מתחנות הנמצאות מצדו השני של כדור הארץ, כפי שמתואר באיור.
קרינת הטלוויזיה, לעומת זאת, איננה מוחזרת מהיונוספרה, ולכן לא ניתן לקלוט שידורי טלוויזיה מן העבר השני של כדור הארץ. ניתן לעשות זאת באמצעות לוויין, כמתואר בציור.

שידור טלוויזיה מוחזר באמצעות לוויין.

שאלות

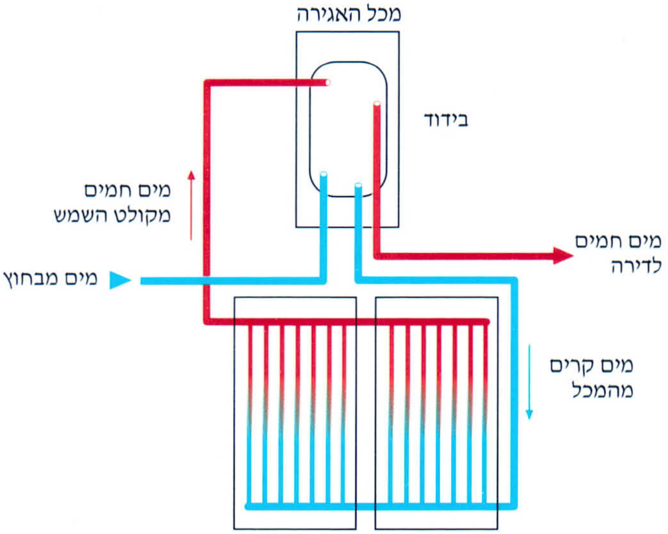
1. תארו גלגול מאנרגיית קרינה לאנרגיית תנועה.
2. תארו גלגול מאנרגיית קרינה לאנרגיית חום המתרחש באמצעות מתקן מלאכותי.
3. כיצד יודעים שהאור הלבן מורכב מסוגים אחדים של אור?
4. תארו שני סוגים של קרינה בלתי נראית.
5. כיצד משתמשים בקרינת רנטגן לצילום עצמות אדם?
6. חשבו על שימוש אפשרי בקרינת רנטגן, שאינו לצרכים רפואיים, ותארו אותו.

העשרה

כיצד פועל דוד שמש?

השימוש בדודי שמש בישראל נפוץ כיום מאוד, וכל קבלן שבונה בית מגורים חייב על פי החוק להתקין דודי שמש לשימוש הדיירים.
דוד שמש הוא מתקן לחימום מים באמצעות אנרגיית הקרינה של השמש. במים המחוממים משתמשים לצרכים שונים, כגון רחצה ושטיפת כלים. החימום בדוד השמש אינו עולה כסף משום שהוא נובע ישירות מאור השמש. כך נחסכת עלות החימום באמצעים אחרים, כגון אנרגיה חשמלית.

כיצד פועל דוד שמש?
דוד שמש הוא מתקן המורכב ממכל מים שנקרא **מכל אגירה** וממשטחים המחוברים אליו בצינורות. משטחים אלה קרויים **קולטי שמש**. בקולטי השמש עוברים צינורות מים המגיעים מחלקו התחתון של מכל האגירה. הצינורות מחוברים לצינור המוביל כלפי מעלה, אל חלקו העליון של מכל האגירה.
אור השמש הפוגע בקולטי השמש, גורם לחימום קולטי השמש. הצינורות שבקולטים מתחממים ומחממים את המים המצויים בתוכם לטמפרטורה גבוהה יותר מזו שהייתה קיימת לולא פגיעת השמש בהם. ידוע שכאשר טמפרטורת מים גבוהה מזו של המים המצויים מעליהם, המים בעלי הטמפרטורה הגבוהה יותר עולים מעלה. תופעה זו מנוצלת להעלאת המים מצינורות הקולטים אל דוד השמש ללא צורך במשאבה.



טמפרטורת המים בצינורות, בחלקם המצוי בתוך הקולטים, גבוהה מטמפרטורת המים שמחוץ לקולטים. לכן המים שבקולטים עולים מעלה, אל הדוד. בדוד יש מים קרים יותר

מאשר אלה הנמצאים בקולטים. כאשר המים נכנסים מן הקולטים אל מכל האגירה, הם דוחפים החוצה את המים הקרים יותר, אלה המצויים בתחתית המכל. המים הנדחפים יוצאים דרך צינור המוביל אותם בחזרה לקולטים. מים אלה מתחממים, ובצינור היוצא מן הקולטים הם עולים שוב אל דוד השמש.
תנועה זו נמשכת כל עוד אור השמש פוגע בקולטים. באופן כזה המים מתחממים. כאשר השמים בהירים, מצטברת במכל כעבור שעות אחדות כמות מים המספיקה למקלחת של משפחה בגודל ממוצע (4-6 נפשות).

חימום הדוד מתרחש באמצעות קרינת השמש ולא על ידי אנרגיית חום. לכן אין צורך בימים חמים דווקא כדי לחמם את הדוד, אלא בימים בהירים, כלומר ימים שבהם קרינת השמש פוגעת בדוד ללא הפרעה.

קולטי השמש, כולל הצינורות שבתוכם, צבועים בשחור. מדוע?
אנרגיית הקרינה הנבלעת מתגלגלת לאנרגיית חום. ככל שנבלעת אנרגיית קרינה רבה יותר, קולט-השמש מתחמם יותר והמים העוברים בו מתחממים יותר. ציפוי שחור בולע אור יותר מכל ציפוי אחר; הוא בולע את רוב הקרינה הפוגעת בו. כדי לקבל התחממות מרבית, צובעים אפוא את הקולטים בשחור.

ככל שגדול מספר הימים בשנה שבהם השמים בהירים, כדאי יותר להשתמש בדודי שמש. ישראל היא דוגמה טובה למדינה שכדאי להשתמש בה בדודי שמש משום שמרבית ימי השנה בה בהירים, ללא עננים. עיקר השימוש בדודי שמש בישראל הוא כמובן בתקופת הקיץ, הן משום שכמעט כל ימי הקיץ בהירים והן משום שהיום ארוך יותר בתקופה זו מאשר בעונות השנה האחרות (זאת אומרת - דוד השמש חשוף זמן רב יותר לקרינת השמש). עם זאת, אפילו בתקופת החורף, בימים בהירים, דוד השמש מחמם כמות מספקת של מים.

שאלות

1. תארו בקצרה את פעולתו של דוד השמש.
2. תארו את גלגולי האנרגיה בדוד השמש מרגע שאור השמש פוגע בקולטי השמש ועד שהמים בצינורותיהם מתחממים.
3. הסבירו מדוע קולטי השמש צבועים שחור.
4. האם, לפי דעתכם, כדאי להסיר אבק המצטבר על הקולטים של דוד השמש? הסבירו.
5. תארו פעולות שניתן לעשות בדוד השמש כדי לנצל טוב יותר את אנרגיית הקרינה של השמש לחימום המים שבתוכו.

העשרה

תחנת החשמל

אנחנו משתמשים ללא הרף באנרגיה חשמלית להפעלת מכשירים חשמליים בבית, במשרדים, במפעלים, ברחובות ועוד.

את האנרגיה החשמלית אנו מקבלים מתחנת החשמל. תחנת החשמל היא מערכת להפקת אנרגיה חשמלית. מפיקים את האנרגיה החשמלית באמצעות גנרטור. הגנרטור הוא מכונה המפיקה אנרגיה חשמלית בעת שחלק המצוי בתוכה מסתובב.

קיימות שיטות אחדות לסיבוב הגנרטור.

אחת מהן היא באמצעות מים הנופלים מגובה רב. בשיטה זו, אנרגיית הגובה של המים מתגלגלת לאנרגיית תנועה שלהם. אנרגיית התנועה משמשת להנעת הגנרטור באמצעות טורבינה המחוברת אליו. טורבינה היא גלגל שבו כנפיים רבות מורכבות על ציר אחד. המים נופלים על כנפי הטורבינה ומסובבים אותה. ציר הטורבינה מחובר לחלק שאותו מעוניינים לסובב בגנרטור, וסיבובו מפיק אנרגיה חשמלית. למערכת מורכבת זו נהוג לקרוא **מערכת הפקת חשמל.**

האנרגיה החשמלית מועברת למקומות שונים באמצעות כבלי חשמל.

שיטה אחרת להנעת הגנרטור היא באמצעות קיטור. קיטור הוא זרם של אדי מים. מחממים מים, המים הופכים לקיטור הנע במהירות גבוהה. הקיטור מוזרם לעבר טורבינה הקשורה לגנרטור. הטורבינה מסתובבת, ובתנועתה היא מסובבת את הגנרטור. הגנרטור מסתובב, ואנרגיית התנועה שלו מתגלגלת לאנרגיה חשמלית.

אחת הדרכים לחימום מים היא שריפת חומר דלק, כגון פחם או נפט. (פחם ונפט הם חומרי הדלק העיקריים המשמשים כיום בתחנות חשמל לחימום המים ליצירת קיטור.) חומר הדלק נשרף בתוך תא הקרוי "תא שריפה". תא השריפה עטוף צינורות מלאים מים. המים שבצינורות מתחממים והופכים לקיטור בתנועה. הקיטור מניע את הטורבינה.

מה קורה לקיטור לאחר שהוא מניע את הטורבינה? הוא מקורר והופך בחזרה למים נוזליים. את הקירור אפשר לבצע באמצעות מי ים המועברים בצינורות מיוחדים אל תוך תחנת החשמל הגורמים להפיכת הקיטור בחזרה למים נוזליים. המים, שחזרו להיות נוזליים, מוחזרים שוב לצינורות העוטפים את תא השריפה, והתהליך מתחיל מחדש.

התהליך מתרחש, כמובן, ברצף. כל העת מוזרם קיטור אל הטורבינה, הגורם להנעת הטורבינה ולהנעת הגנרטור בעקבותיה. באופן כזה מופקת אנרגיה חשמלית בתחנת החשמל ללא הרף.

שאלות

1. תארו את שתי השיטות המוזכרות למעלה לייצור אנרגיה חשמלית בתחנת חשמל.
2. מהם היתרונות והחסרונות של כל אחת משתי שיטות אלה?

אנרגיה ברשת (אתרי אינטרנט רלוונטיים לפרק)

Energy Conservation Enhancement Project

כתובת: http://ecep.usl.edu/ecep/ecep.htm

תיאור האתר: הסברים ומערכי שיעור מפורטים בנושאי אנרגיה שונים, לרבות חיסכון באנרגיה, מקורות אנרגיה, אנרגיה בבית, תחבורה ואנרגיה. האתר כולל גם מבחנים לבדיקת הנלמד.

The Science Explorer

כתובת: http://www.exploratorium.edu/science_explorer

תיאור האתר: ניסויים פשוטים בנושאים שונים. חלק מן הניסויים נוגעים לנושא האנרגיה.

Doing Science

כתובת: http://acept.la.asu.edu/courses/phs110/ds/toc.html

תיאור האתר: הסברים וניסויים בנושאי מדע שונים, בהם אנרגיה. החומר מלווה בתצלומי צבע להמחשת ההסברים והניסויים וכן באנימציות.

Energy Hotlist

כתובת: http://www.fi.edu/tfi/hotlists/energy.html

תיאור האתר: הסברים ותצלומים על מקורות אנרגיה. באתר מוצגים גם נושאים בעלי השלכות חברתיות.

Energy Quest

כתובת: http://www.energy.ca.gov/education

תיאור האתר: הסברים בנושאי אנרגיה רבים כגון הסבר כללי, מקורות אנרגיה שונים (גם חלופיים), אנרגיה חשמלית. הסברים על שימוש באנרגיה חלופית לכלי רכב.
באתר מידע על אנשי מדע וממציאים בתחום האנרגיה, כגון אלברט איינשטיין, מארי קירי, רודולף דיזל, ליזה מייטנר, תומס אדיסון וג'יימס ג'ול.
באתר הצעות לפעילויות עם הסברים מפורטים.
גולשים יכולים להציג שאלות בתת-אתר הנקרא Ask us ולקבל תשובות.

פיזיקה בבולים

כתובת: http://mop.ort.org.il/rooms/physics

תיאור האתר: בולים של פיזיקאים מפורסמים בלווית תיאור תולדות חייהם ותגליותיהם.
באתר תת-אתרים שחלקם הגדול רלוונטיים לתחום האנרגיה, כגון "חקר האור", "אנרגיה", "חקר החשמל".

לקריאה נוספת

גרפונקל צבי (1996), על מה הרעש?, **גליליאו** 14, עמ' 37-39.
(המאמר עוסק באנרגיה המשתחררת ברעידות אדמה.)

דנור מאירה (1998), טלפונים סלולאריים-סכנה? **גליליאו** 37, עמ' 45-48.

ליפשיץ רוני (1998), כוחו המרפא של האור, **גליליאו** 31, עמ' 34-37.

נאמן יובל (1998), *מיזוג גרעיני - מבט אל העתיד*, **גליליאו** 31, עמ' 14-21, 78-79.

סלוין מרית (1996), כשראדון פורץ החוצה, **גליליאו** 15, עמ' 28-29.
(המאמר עוסק בסכנת הקרינה הרדיואקטיבית מפליטת הגז ראדון.)

שפירא אבי (1994), כדור הארץ רועד ורועש, **כמעט 2000**, 2, עמ' 9-14.
(המאמר עוסק באנרגיה המשתחררת ברעידות אדמה.)

מסכמים את פרק א

- קיימים סוגים שונים של אנרגיה.
- גלגול אנרגיה הוא מעבר של אנרגיה:
לעתים המעבר הוא **מגוף לגוף** מבלי לשנות את הסוג;
לעתים המעבר הוא **מסוג לסוג** באותו הגוף;
ולעתים מתרחשים שני המעברים **בעת ובעונה אחת**.
- לעתים קרובות אנרגיה מסוג אחד מתגלגלת באותו זמן לשני סוגי אנרגיה או ליותר משניים.
- אנו עושים שימוש בגלגולי אנרגיה לצרכינו על ידי גלגולה מסוג אחד לסוג אחר, שהוא הנחוץ לנו. לתיאור גלגולי האנרגיה להפקת חשמל משתמשים במושג "מקורות אנרגיה". מקור האנרגיה מספק את סוג האנרגיה ההתחלתי להפקת החשמל.
- תהליך שבו מתרחשים מספר גלגולי אנרגיה ברצף נקרא **שרשרת גלגולי אנרגיה**.
- בתהליכים רבים מתגלגלת אנרגיית תנועה לאנרגיית חום.

שואלים את עצמנו - פרק א

א. האנרגיה שסביבנו
ב. האנרגיה עוברת מגוף לגוף ומשתנה מסוג לסוג

1. באילו מן הדוגמאות הבאות יש אנרגיה לגופים המתוארים בהן? באילו מהדוגמאות מתוארים גלגולי אנרגיה? במקרים שבהם יש גלגולי אנרגיה, תארו אותם:
   א. מטבע נופל לרצפה.
   ב. מכונית חונה מפעילה את כובד משקלה על המשטח שתחתיה.
   ג. רדיו פועל.
   ד. קפיץ מתוח.
   ה. ספר מונח על השולחן בגובה מסוים מעל הרצפה.

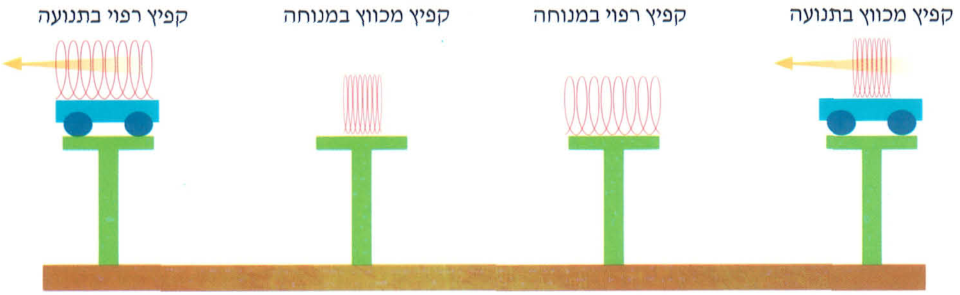
2. תארו תהליך שבו אנרגיית תנועה מתגלגלת לאנרגיית גובה.

3. תארו תהליך שבו אנרגיית גובה מתגלגלת לאנרגיית תנועה.

4. תארו תהליך שבו אנרגיה חשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום.

5. מטוס שנחת, נוסע על פני המסלול ומאט בהדרגה עד לעצירתו המוחלטת. האם זוהי דוגמה לגלגול אנרגיה? אם כן, תארו אותו בתרשים אנרגיה.

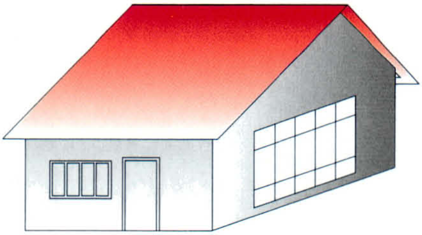
6. לפניכם 4 ציורים של קפיצים המונחים על שולחנות. כל השולחנות מוגבהים מעל פני הרצפה. באילו מן המקרים יש לקפיץ שני סוגי אנרגיה או יותר? בכל אחד ממקרים אלה ציינו את סוגי האנרגיה.



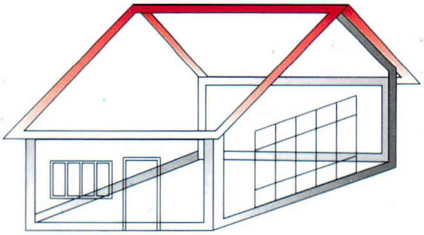
7. שמש מאירה ומחממת ברכת מים. תארו את גלגול האנרגיה שמתרחש בתהליך זה.

+ 8. מניחים כוס עם מים בטמפרטורה הגבוהה מטמפרטורת החדר, בתוך קערית שיש בה מים בטמפרטורת החדר. לאחר זמן מה יורדת טמפרטורת מי הכוס, וטמפרטורת המים בקערית עולה. האם זוהי דוגמה לגלגול אנרגיה? אם כן, תארו אותו.

+ 9. חדר א' וחדר ב' באותו בניין זהים בנפחם. חדר א' מבודד יותר מחדר ב'. בתחילה, הטמפרטורות של שני החדרים שוות. מתחילים להפעיל באותו זמן תנור חימום בכל אחד משני החדרים. שני התנורים פועלים בעצמה זהה. לאחר מספר דקות, הטמפרטורה בחדר א' גבוהה מזו שבחדר ב'. הסבירו באמצעות גלגולי אנרגיה כיצד זה ייתכן.



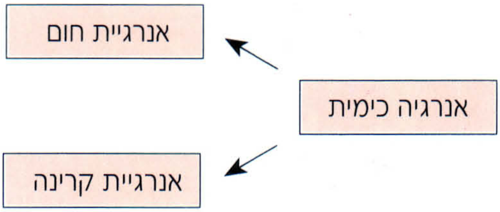
חדר א'



חדר ב'

10. תארו בתרשים אנרגיה שני גלגולי אנרגיה שונים (או יותר), המתקבלים באותו הזמן מאנרגיה חשמלית במאוורר פועל.

11. תארו תהליך המתאים לגלגולי האנרגיה המתוארים בתרשים האנרגיה שלפניכם:



שימו לב: הסימן + לצד השאלה מציין שהיא קשה.

ג. להתגלגל בשרשרת

12. ילד בועט בכדור. הכדור נע במעלה שיפוע. לאחר זמן מה הוא נעצר ומתחיל לנוע במורד השיפוע. האם זוהי דוגמה לשרשרת גלגולי אנרגיה? אם כן, תארו אותה בתרשים אנרגיה מתאים.

13. תארו תהליך המתאים לשרשרת גלגולי האנרגיה הבאה:

אנרגיית גובה ← אנרגיית תנועה ← אנרגיה אלסטית

14. תארו תהליך המתאים לשרשרת גלגולי האנרגיה הבאה:

אנרגיית תנועה ← אנרגיה חשמלית ← אנרגיית חום

15. נהג לחץ על דוושת הדלק והמכונית נעה. האם נכון לומר שאנרגיית השרירים של הנהג התגלגלה לאנרגיית תנועה של המכונית? הסבירו.

ד. השימוש בגלגולי אנרגיה במערכות טכנולוגיות

16. תנו דוגמה למכשיר המגלגל אנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה השימושית לצרכינו. רשמו את גלגול האנרגיה המתרחש.

17. האם בקלטת המושמעת ברשמקול, גלגול האנרגיה היחיד הוא אנרגיה חשמלית המתגלגלת לאנרגיית קול? הסבירו.

18. במכשירים מנצלים גלגולי אנרגיה כדי לקבל סוגי אנרגיה הרצויים לנו. תנו דוגמאות למכשירים שבאמצעותם מקבלים אנרגיית חום רצויה, אנרגיית תנועה רצויה, אנרגיית קול רצויה - דוגמה אחת לפחות לכל סוג אנרגיה. רשמו את גלגולי האנרגיה המתחוללים.

פרק ב

אנרגיית גובה

א. כמויות של אנרגיה / 56

ב. גלגול אנרגיית גובה לאנרגיה חשמלית / 58

ג. כמות אנרגיית הגובה – הגורמים הקובעים / 60

ד. המשקל / 62

ה. המשקל והמסה / 66

ו. חישוב אנרגיית הגובה / 73

ז. מסה, משקל ואנרגיית גובה / 81

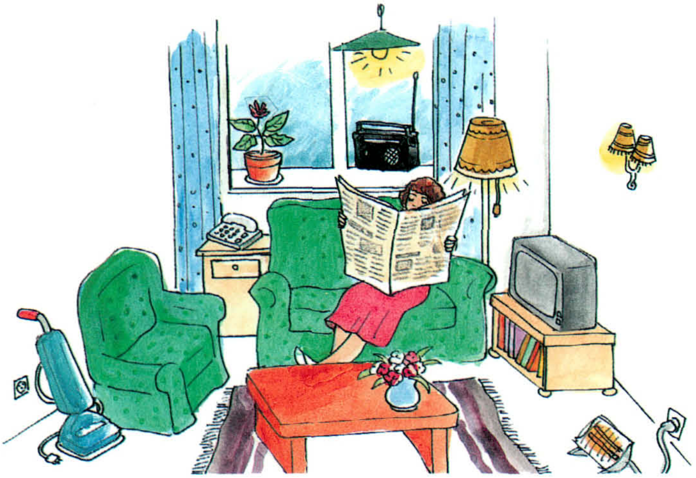
א. כמויות של אנרגיה

האנרגיה בגלגוליה השונים משמשת לקיומם של תהליכים. ניתן לומר שאנו והטבע שסביבנו מנצלים אנרגיות מסוגים שונים כדי לבצע תהליכים שונים שבהם מתגלגלת אנרגיה. כמויות האנרגיה העומדות לרשותנו תקבענה באיזו מידה נוכל לקיים את התהליכים שבהם אנו מעוניינים. אם, למשל, נפסיק לאכול, לא יימצאו בגופנו די מקורות אנרגיה כימית שנוכל לגלגל לאנרגיית תנועה של גופנו; אם לא נשים די עצים במדורה, לא נוכל ליהנות מאנרגיית האור ומאנרגיית החום שהיא פולטת.

אנרגיה נצרכת בכמויות שונות. כך, למשל, אם נמדוד את האנרגיה החשמלית שמשפחה צורכת ביממה אחת, נגלה שמשפחות שונות צורכות אנרגיה חשמלית בכמות שונה. אדם פעיל צורך אנרגיה כימית בכמות גדולה יותר מאשר אדם ישֵן. בעלי חיים הנמצאים בתרדמת חורף זקוקים לכמות קטנה מאוד של אנרגיה כימית, ולכן הם מצליחים לחיות במצב כזה זמן ממושך בלי לתור אחר מזון.

מכל הדוגמאות שהוצגו לעיל ניתן להבין שחשוב מאוד למדוד ולהעריך את כמויות האנרגיה השונות, במילים אחרות - חשוב לְכַמֵּת (מלשון כַּמּוּת) את האנרגיה, כדי שנוכל להעריך את יכולתנו לנצלה.

אחת הסיבות המעשיות לצורך בכימות כזה היא שאנו משלמים עבור כמות האנרגיה שאנו צורכים. ככל שכמות זו גדולה יותר, התשלום עבורה גדול יותר. דבר זה נכון לכל סוג של אנרגיה - חשמלית, כימית ואחרת. לדוגמה, אנו צורכים אנרגיה כימית בעת בישול על כירת



כמה אנרגיה אנחנו צורכים?

הגז במטבח. כיצד? בתהליך השריפה, גז הבישול מגיב עם החמצן שבאוויר, והאנרגיה הכימית של התהליך מתגלגלת לאנרגיית חום המשתחרר בשריפה. ככל שנצרוך אנרגיה כימית, נשרוף יותר גז ויהיה עלינו לשלם יותר. גם אם נצרוך אנרגיה חשמלית רבה יותר, נשלם יותר. כמות האנרגיה הנצרכת קובעת את גובה התשלום עבורה.

גם תזונאי המרכיב דיאטה לאדם מסוים צריך להתחשב בכמות האנרגיה שהאדם זקוק לה לבריאותו ולהפעלת גופו.

יש סיבה חשובה אחרת לצורך בכימות האנרגיה. כל מדינה זקוקה לכמות מסוימת של אנרגיה מדי שנה לצרכיה השונים, כגון תאורה, חימום, הנעת מנועים בתעשייה ובתחבורה. במשרד האנרגיה מחשבים אפוא את כמות האנרגיה שתידרש למדינה על פי ההערכה כדי לדעת כמה אנרגיה יהיה צורך לספק באותה שנה.

כיצד ניתן למדוד כמות של אנרגיה ובאילו יחידות? למדנו שקיימים סוגים שונים של אנרגיה. הכמויות של סוגי אנרגיה שונים נקבעות על ידי גורמים שונים. לכן, חישוב של כמויות אנרגיה מסוגים שונים ייעשה בנפרד.

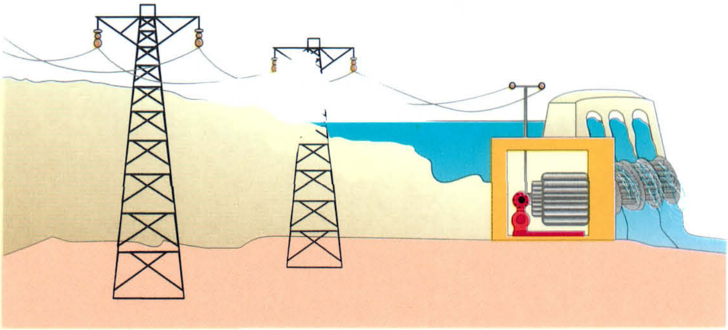
ב. גלגול אנרגיית גובה לאנרגיה חשמלית

סוגיה

מפל מים כמקור אנרגיה

מנצלים מפלי מים כדי לקבל אנרגיה חשמלית. באיור שלפניכם, מפל מים שמימיו נופלים מגובה רב אל טורבינה ומסובבים אותה. הטורבינה בתנועתה מניעה את הגנרטור, ותנועתו של זה גורמת ליצירת זרם חשמלי. הזרם החשמלי מגיע לבתים ומשמש, למשל, להדלקת אור בנורה חשמלית.

שאלה 1: רשמו בתרשים אנרגיה את שרשרת גלגולי האנרגיה שבדוגמה זו.



מדינת ישראל ענייה במקורות אנרגיה. לכן היא נאלצת לייבא כמעט את כל מקורות האנרגיה הדרושים לה להפקת האנרגיה החשמלית בתחנות החשמל.

שאלה 2: האם אפשר לקבל במדינת ישראל אנרגיה חשמלית מאנרגיית הגובה של מפל מים?

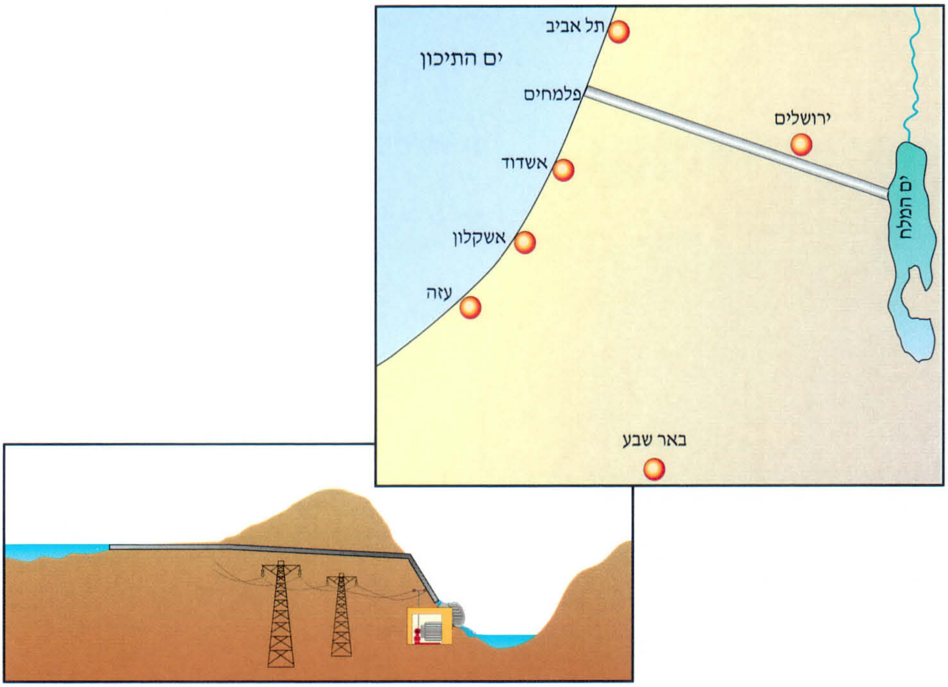
חוזה המדינה בנימין זאב הרצל חזה בשנת 1902 ברומן העתידני **אלטנוילנד** ("ארץ עתיקה-חדשה") את מראה המים הנופלים לים המלח.

"לפניהם השתרע מרחבו הכחול של ים-המלח. שאון מחריש אוזניים נשמע כאן – קול מימי התעלה שהובאו הנה במנהרות מן הים התיכון והשתפכו לעמק... למראה צינורות הברזל שמתוכם קלחו מי התעלה וירדו בהלם על גלגלי הטורבינות, נזכר קונגסקורט במתקני הניאגרה... ואמנם היה משהו קיקלופי נהדר במראה מחץ המים היורדים על יערי הברונזה הענקיים של גלגלי הטורבינה ומכריחים אותם לסוֹב במהירות מטורפת. ומכאן עבר כוח הטבע הפראי והמאולף אל גנרטורים של הזרם החשמלי, אץ-רץ לאורך החוטים וחצה במהירות את הארץ העתיקה-חדשה והפריח אותה עד שהייתה לגן..."

*מתוך תרגומו של נחום סוקולוב, **תל אביב**, 1902.*

כמובן, יש הבדלים ניכרים בין החזון של הרצל לבין המציאות שלנו. בין הרעיונות שלא הוגשמו מצוי גם השימוש במקור אנרגיה זה.

לפניכם תרשים של תכנית "תעלת הימים" שתכננו משרד המדע ומשרד האנרגיה של מדינת ישראל בסוף שנות ה-70 ומחדש - בתחילת שנות ה-90.
מהו הנתון הגאוגרפי-טופוגרפי שעליו מתבססת התכנית?



- מהו גלגול האנרגיה שממנו תתקבל אנרגיה חשמלית על פי התכנית?
- מהם יתרונותיה של התכנית? (חשבו על הנתונים הגאוגרפיים, וגם על המצב "המיובש" של ים המלח היום, על מפעלי ים המלח, על היישובים ועל המלונות.)
- אילו קשיים יכולים לנבוע מבניית התוואי ומהשימוש בו? התייחסו להיבטים טכנולוגיים, כלכליים, פוליטיים וסביבתיים.

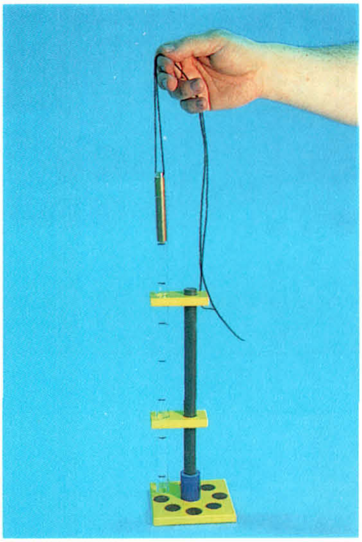
לסיכום, רעיון "תעלת הימים" הוא אכן רעיון מרשים ומעניין ביותר; אולי יבוא היום ורעיון זה יוכל להתממש למרות הקשיים.

שאלה 3: האם ידוע לכם על תחנת חשמל המנצלת אנרגית גובה של מים, שפעלה פעם בארץ? חפשו חומר היסטורי באתר האינטרנט של חברת החשמל לישראל. www.israel-electric.co.il

מובן שתחנת חשמל אמורה לספק אנרגיה חשמלית בכמות גדולה ככל האפשר. בתחנת חשמל המגלגלת אנרגיית גובה של מים לאנרגיה חשמלית - ככל שתגדל כמות אנרגיית הגובה של המים תתקבל כמות רבה יותר של אנרגיה חשמלית.

ג. כמות אנרגיית הגובה
הגורמים הקובעים

נבדוק מהם הגורמים הקובעים את כמות אנרגיית הגובה.



ניסוי 1 – משקולת נופלת מגבהים שונים

לרשותכם גוף מתכתי ופלסטלינה.

- שחררו את הגוף מגבהים שונים מעל הפלסטלינה והתבוננו בשקעים שנוצרו.

- על מה מעיד עומק השקע שנוצר בפלסטלינה?
- מהי מסקנת הניסוי?
- מהי, לדעתכם, מטרת הניסוי?

- *בניסוי זה קבעתם את אחד הגורמים **מראש**. מהו?*
- ***לאחר** ביצוע הניסוי אפשר לראות שהמקרים נבדלים זה מזה בגורם נוסף מלבד הגובה. מהו?*

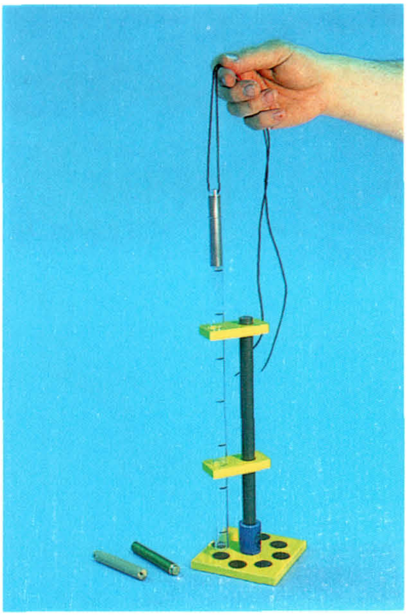
אחרי ביצוע הניסוי אפשר לראות שקיים קשר בין הגורם שנקבע מראש לבין הגורם שנמדד בסוף הניסוי. גורם אחד השפיע על השני.

- *איזה גורם **השפיע** בניסוי שערכתם?*
- *הגורם שנקבע מראש הוא הגורם המשפיע או הגורם המושפע?*
  הגורם שנמדד כתוצאת הניסוי הוא הגורם המשפיע או הגורם המושפע?

בניסוי זה אפשר לראות שהגובה הוא אחד הגורמים הקובעים את כמות אנרגיית הגובה.

ניסוי 2 – שתי משקולות נופלות מאותו גובה

השתמשו באותה מערכת. הפעם לרשותכם שני גופים הזהים בנפחם ובצורתם: גוף עץ וגוף מתכת.



- שחררו כל גוף מאותו הגובה מעל הפלסטלינה.
התבוננו בשקעים שנוצרו.

- על מה מעיד עומק השקע שנוצר בפלסטלינה?
- מהי מסקנת הניסוי?
- מהי, לדעתכם, מטרת הניסוי?

- *בניסוי נקבע אחד הגורמים **מראש**. מהו?*
- ***לאחר** ביצוע הניסוי אפשר לראות ששני המקרים נבדלים זה מזה בגורם נוסף מלבד המשקל. מהו?*

אחרי ביצוע הניסוי אפשר לראות שקיים קשר בין הגורם שנקבע מראש לבין הגורם שנמדד בסוף הניסוי. גורם אחד השפיע על השני.

- *איזה גורם **השפיע** בניסוי שערכתם?*
*איזה גורם **הושפע** בניסוי שערכתם?*

- *הגורם שנקבע מראש הוא הגורם המשפיע או הגורם המושפע?*
הגורם שנמדד כתוצאת הניסוי הוא הגורם המשפיע או הגורם המושפע?

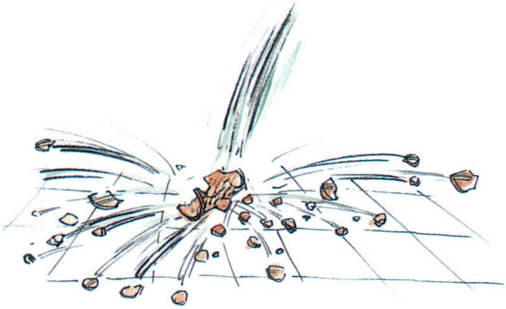
בניסוי זה אפשר לראות שהמשקל הוא אחד הגורמים הקובעים את כמות אנרגיית הגובה.

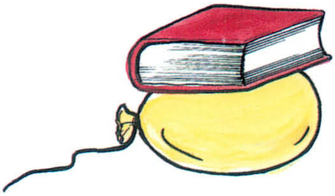
בלימודיכם הקודמים הייתה הבחנה בין המסה לבין המשקל, למדתם שהמושג "משקל" המקובל בחיי היום-יום נקרא במדע "מסה".

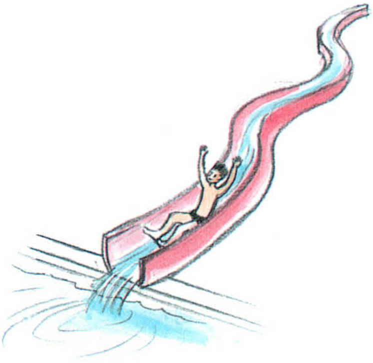
אולי לא היה ברור לכם לגמרי מדוע חשוב להבחין ביניהם.

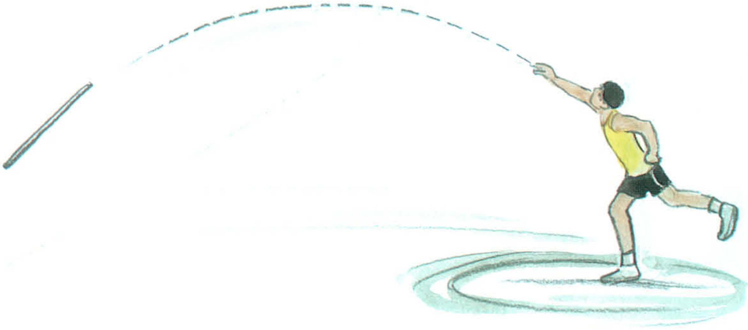
כדי לדעת מי מהתלמידים צודק, עלינו להבין מהי הכוונה כאשר אומרים "משקל" במדע ובמה הוא שונה מהמסה.

ד. המשקל









לכל הגופים שבדוגמאות המתוארות יש משקל: לכדור הנשמט מן היד, לכידון המוטל, לכוס הזכוכית הנשמטת מן היד, לספר המונח על הבלון, לילד המחליק במגלשה.

מהו משקל?

כדור הארץ מושך אליו את כל הגופים שעל פניו.

משקל של גוף הוא הכוח שבו הגוף נמשך אל כדור הארץ.

מסלול חלופי

המעוניינים להרחיב את ידיעותיהם על הכוח יוכלו ללמוד בפרק יג: **כוחות משנים תנועה וצורה**.

כיוונו של המשקל הוא תמיד אל מרכז כדור הארץ, בלי קשר למקום הימצאו של הגוף הנמשך. אפשר לתאר את כיוון פעולתו של המשקל באופן הבא:

החצים אינם קיימים במציאות, כמובן, אלא הם נועדו להצביע על הכיוון שבו פועל המשקל. כפי שמדגימים החצים, גופים נמשכים תמיד אל מרכז כדור הארץ.
בכל מקום שבו מצוי גוף על פני כדור הארץ, ה"למטה" שלו יהיה מכוון אל מרכז כדור הארץ, ואילו ה"למעלה" של הגוף יהיה הכיוון הנגדי, כלומר ממרכז כדור הארץ אל מחוצה לו. (מובן שבממדים האנושיים, ה"למטה" שלנו נראה לנו כאדמה שטוחה וה"למעלה" שלנו הוא השמים. אבל כידוע, בצדו הנגדי של כדור הארץ, הכיוונים הפוכים לאלה שלנו.)

לא רק גופים הנמצאים על פני כדור הארץ נמשכים אליו. גם גופים שאינם על פניו נמשכים אליו. כך, למשל, נמשכים אליו מטאוריטים, שהם גופים דמויי סלע המשוטטים בחלל.

האם הכוח שבו מושך אליו כדור הארץ גופים הנמצאים על פניו שווה לזה שבו הוא מושך גופים הנמצאים רחוק מפניו?
לא. ככל שגוף רחוק יותר, כדור הארץ מושך אותו בכוח קטן יותר.
אם כך, מהי הכוונה כאשר אומרים "על פני כדור הארץ"? מבחינת כוח המשיכה של כדור הארץ, הכוונה איננה רק לגוף הנמצא על הקרקע עצמה, אלא גם לגוף הנמצא סמוך

לקרקע. לדוגמה, הכוח שבו כדור הארץ מושך גוף הנמצא על הקרקע שווה לכוח שבו כדור הארץ מושך אותו גוף עצמו כאשר הוא מצוי על גג גורד שחקים, או אפילו במטוס בגובה 5 ק"מ ויותר. אפילו לוויין הנע בגובה 400 ק"מ נמשך אל כדור הארץ כמעט באותו כוח (כ-89% ממנו) שבו הוא נמשך בהיותו על פני כדור הארץ.
לעומת זאת, יש לוויינים החגים סביב כדור הארץ במרחק גדול בהרבה: כ-36,000 ק"מ. הכוח שבו כדור הארץ מושך לוויין הנמצא במרחק כזה הוא רק כ-2% מהכוח שבו הוא משך את הלוויין לפני שיגורו.

כדור הארץ מושך אליו גופים ללא צורך במגע אתם. במילים אחרות, גוף נמשך אל כדור הארץ גם כאשר הוא איננו נוגע בכדור הארץ. למשל, כדור שנזרק למעלה ונמצא באוויר, נמשך אל כדור הארץ למרות שאיננו נוגע בקרקע. זאת אומרת, לכדור יש **משקל**.

לא רק כדור הארץ מושך אליו גופים. הירח, למשל, מושך אליו גופים, אבל בכוח קטן מזה של כדור הארץ. במילים אחרות, משקלם של גופים על פני הירח קטן יותר ממשקלם על פני כדור הארץ. כוכב הלכת* צדק, לעומת זאת, מושך גופים בכוח גדול יותר מאשר כדור הארץ; משקל הגופים על פניו גדול ממשקלם על פני כדור הארץ.
הירח וצדק מושכים גם הם את הגופים אל מרכזיהם, ממש כפי שקורה בכדור הארץ. לא רק הירח וצדק, אלא כל הכוכבים מושכים את הגופים אל מרכזיהם.
למעשה, כל גוף מושך אליו גופים אחרים. מכונית מושכת מכונית אחרת המצויה לידה או במרחק גדול ממנה, שולחן מושך את הכיסא הסמוך לו או הרחוק ממנו. איננו מרגישים בכך מפני שהכוח שבו גופים אלה מושכים זה את זה קטן מאוד בהשוואה לכוח המשיכה של כדור הארץ.
כוכב, כוכב לכת, ירח, או כל גוף אחר הנמצא בחלל (כולל כדור הארץ) נקרא גֶרֶם שמַים.
ננסח עתה הגדרה רחבה יותר למשקל:

משקל של גוף הוא הכוח שבו הגוף נמשך אל גֶרֶם שמים.

משקלו של גוף משתנה בהתאם לגרם השמים שהוא מצוי עליו.
בטבלה הבאה תוכלו למצוא רשימה של גרמי שמים שונים: השמש, הירח ותשעת כוכבי הלכת של מערכת השמש שלנו. לו שלחנו גוף לכל אחד מגרמי השמים האלה, משקלו שם היה גדול או קטן ממשקלו על פני כדור הארץ.
בטבלה מצוין פי כמה יגדל או יקטן משקלו של גוף אם יימצא על פני גרם השמים.

* *כוכב לכת (Planet): גוף גדול המקיף את השמש. אין לו אור משל עצמו. ניתן לראותו משום שהוא מחזיר אור המגיע אליו מן השמש. במערכת השמש שלנו יש תשעה כוכבי לכת.*
כמעט כל הכוכבים שאנו רואים בשמים שולחים אור משל עצמם, כמו השמש. למעשה, גם השמש היא כוכב.

גֶרֶם השמים	פי כמה גדול (או קטן) משקל הגוף על גֶרֶם השמים ממשקלו על כדור הארץ (במעוגל)
השמש	גדול פי 28
כוכב (מרקורי)	קטן פי 2.5
נוגה (ונוס)	כמעט שווה
ירח (של כדה"א)	קטן פי 6
מאדים (מארס)	קטן פי 2.5
צדק (יופיטר)	גדול פי 2.5
שבתאי (סטורן)	כמעט שווה
אורנוס	קטן פי 1.5
נפטון	כמעט שווה
פלוטו	קטן פי 20

המלצה על סרט

"כוח הכבידה" מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

ראינו שמשקלו של גוף ביחס לכדור הארץ קָטֵן כאשר מרחקו ביחס אליו גָדֵל. דבר זה נכון לגבי כל גרם שמים. ככל שגוף יתרחק מגרם השמים, כך יקטן משקלו.
למשל, כאשר חללית נעה מכדור הארץ לעבר הירח, היא מתרחקת כל העת מכדור הארץ ומתקרבת אל הירח. לכן משקלה ביחס לכדור הארץ הולך וקטן, אך משקלה ביחס לירח הולך וגדל.

תארו לעצמכם שגופנו היה חסר משקל. במצב כזה, היה קשה לנו לנוע על פני כדור הארץ. תנועה קטנה של רגלנו הייתה הודפת אותנו כלפי מעלה, ובהיעדר משקל לא היינו חוזרים אל הקרקע. ללא גורם שיעצור אותנו (למשל תקרה), היינו פשוט ממשיכים הלאה והלאה. משקל גופנו גורם לכך שנהיה צמודים לקרקע ושהרגל המתרוממת מן הקרקע למעלה לצורך צעידה תחזור אל הקרקע. המשקל גם מאפשר לנו ליהנות מפעילויות שונות, כגון קפיצה ממקפצה אל הברכה, קפיצה על טרמפולינה.

שאלה 4: רשמו כיצד ייראו פעילויות שונות בלי קיומו של המשקל.

ה. המשקל והמסה

בעבר למדתם שמסה של גוף היא כמות החומר שלו.
ודאי שאלתם את עצמכם: מדוע לא נוכל להשתמש גם בעתיד במושג "משקל" הישן והמוכר כדי לבטא את כמות החומר?

ראינו שמשקלו של גוף משתנה בהתאם למיקומו. למשל, אם הוא יימצא על הירח, משקלו יהיה קטן יותר מאשר על כדור הארץ. לעומת זאת, **כמות החומר של הגוף איננה משתנה כאשר הגוף עובר לגרם שמים אחר**.
אם כן, המסה של גוף היא גודל קבוע. היא איננה משתנה גם בתנאים אחרים, למשל כאשר מחממים או מקררים את הגוף או כאשר מפעילים עליו לחץ.

גם המשקל של גוף איננו משתנה כאשר מחממים או מקררים אותו או מפעילים עליו לחץ.
אך מאחר שמשקלו של הגוף יכול להשתנות על פי מיקומו, הוא איננו מתאים לשמש מדד לכמות החומר שבגוף. לכן קבעו את המסה בתור הגודל המבטא את כמות החומר של הגוף.

מהי הסיבה לבלבול הנפוץ בין מסה לבין משקל? כל גוף עשוי מחומר. לכן, אם אין מסה אין גוף; ואם אין גוף, מובן שאין מה שיימשך לכדור הארץ - אין משקל. כלומר, אם אין מסה, אין משקל. ואפשר לומר גם בניסוח הפוך: המשקל קיים אך ורק אם יש מסה. למעשה, כפי שמיד תראו, אנחנו אפילו מגדירים את המשקל בעזרת המסה.
מצד שני, ייתכן מצב שבו יש גוף, כלומר יש מסה, אבל לגוף אין משקל.
אם כן, המשקל **תלוי** במסה, וזוהי הסיבה לבלבול בין שני המושגים האלה.

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה ← סוגי אנרגיה: אנרגיית תנועה - **סרט: "מסה או משקל?"**
צפו בסרטון וענו על השאלות:
- אם לגוף יש מסה, האם פירוש הדבר שיש לו גם משקל בכל תנאי?
- אם לגוף יש משקל, האם פירוש הדבר שיש לו גם מסה? הסבירו.

כדי למדוד מסה נחוצים מכשיר מדידה ויחידה מתאימה. מכשיר המדידה של המסה הוא מאזניים. יחידת המדידה המקובלת ביותר היא "קילוגרם".

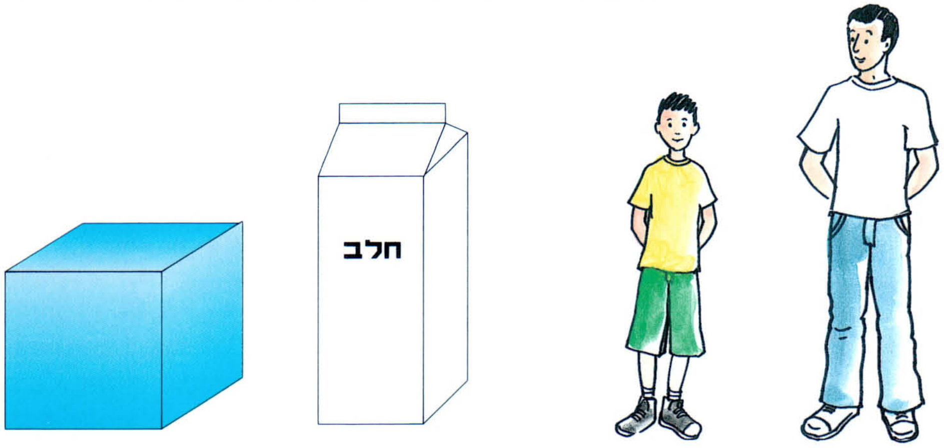
כאשר אנו קונים בחנות 4 קילוגרם תפוחי עץ או 2 קילוגרם אורז וחושבים על משקל - אנו טועים טעות מדעית נפוצה. בניגוד למה שחושבים, קילוגרם אינה יחידה של משקל. קילוגרם הוא יחידה של מסה.

אגב, "משקל" הוא גם מונח יומיומי למכשיר המדידה של המסה, וזהו מונח לא נכון מבחינה מדעית.
אנחנו גם אומרים בטעות את המילה "שוקל". שוקל הוא מי שמודד את המשקל של גוף. התוצאה היא משקלו של הגוף.

שאלה 5: נהוג לומר: "אני שוקל כך וכך קילוגרמים". כמה שגיאות יש במשפט כזה? תקנו אותן.

מהו קילוגרם?

קילוגרם הוא המסה של ליטר אחד (1,000 סמ"ק) מים במצב נוזל.



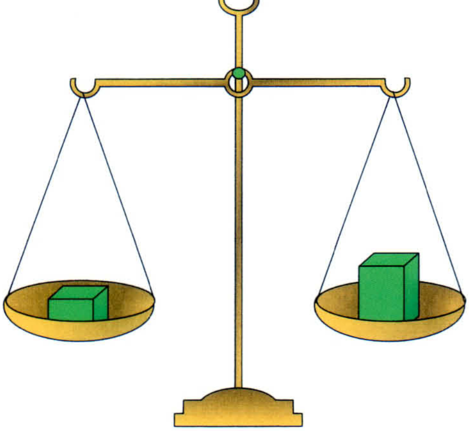
מסת אדם בוגר: 85-55 קילוגרם.

מסת נער בגיל 14: 65-40 קילוגרם.

מסת מכל חלב בנפח ליטר שווה בערך לקילוגרם.

מסה של ליטר מים שווה בערך לקילוגרם.

הגדרת הקילוגרם מתייחסת אמנם למים, אך כמובן שניתן למדוד באמצעותה מסה של גוף מכל חומר שהוא.



במאזניים משתמשים בגופי-מסה סטנדרטיים של ק"ג, או בכפולות של ק"ג, או בחלקי ק"ג, ומשווים אליהם את המסה הנמדדת. גם המילה המקובלת "משקולת" איננה נכונה מבחינה מדעית.

מדוע חשוב לציין שהמים הם במצב נוזלי?
משום שהמסה של ליטר מים במצב מוצק, קרח, קטנה מזו של ליטר מים במצב נוזלי. אם תקחו ליטר מים ותקפיאו אותו, תמצאו שנפח הקרח שהתקבל גדול מנפח המים הנוזליים שהוקפאו. הנפח עכשיו גדול יותר מליטר. המסה, לעומת זאת, נותרה כמובן קבועה. במילים אחרות, ליטר אחד מהקרח מהווה רק חלק מהנפח החדש, ולכן מסתו קטנה יותר.

למעשה, הגדרת הקילוגרם כפי שנוסחה קודם היא רק הגדרה מקורבת. מדוע? משום שייתכן שמים יהיו שונים בטמפרטורה שלהם ובהרכבם. כאשר הטמפרטורה של מים עולה, הם מתרחבים מעט, תופסים נפח מעט יותר גדול. השינוי בנפח הוא אמנם קטן, אך הוא קיים. לכן, מסת ליטר מים בטמפרטורה גבוהה יותר תהיה קטנה ממסת ליטר מים בטמפרטורה נמוכה יותר.
כמו כן, מים יכולים להיות שונים בכמות המלחים שבהם. כאשר כמות המלחים גדולה יותר, גם מסת המים גדולה יותר. לכן, מסת ליטר מים מלוחים יותר תהיה גדולה ממסת ליטר מים שמליחותם קטנה יותר.

הגדרה יותר מדויקת לקילוגרם היא ההגדרה הבאה:
קילוגרם: המסה של ליטר אחד (1,000 סמ"ק) מים מזוקקים בטמפרטורה של 4 מעלות צלזיוס.
כאשר רוצים לחשב מסה ללא צורך בדיוק רב, אפשר להשתמש בהגדרה הראשונה, המקורבת.
כאשר נזדקק לחישוב מדויק יותר, נשתמש בהגדרה השנייה, המדויקת יותר.

שאלה 6: בדוד שמש יש 120 ליטר מים. מהי מסת המים?
שאלה 7: מה המסה של 4,000 סמ"ק מים?
שאלה 8: המסה של ליטר פלדה גדולה בערך פי 9 מן המסה של ליטר מים. מהי המסה של 3 ליטר פלדה?

קיימות גם יחידות קטנות מקילוגרם:
גרם = אלפית (1/1,000) קילוגרם. **מיליגרם** = אלפית (1/1,000) גרם.

קיימות גם יחידות גדולות מקילוגרם:
טון = 1,000 קילוגרם.

לשם מה נחוצות יחידות של מסה נוסף ליחידת הקילוגרם? לשם נוחות. כאשר המסה קטנה במידה ניכרת מערך מסוים, עדיף לבטאה ביחידות קטנות משום שאז המספרים נוחים יותר לשימוש מאשר יחידת הקילוגרם. כאשר המסה גדולה בהרבה מערך מסוים, עדיף לבטאה ביחידות גדולות, מאותה הסיבה.

מה עדיף לומר במקום "המסה היא 100,000 ק"ג"?

מה עדיף לומר במקום "המסה היא 1/100 ק"ג"?

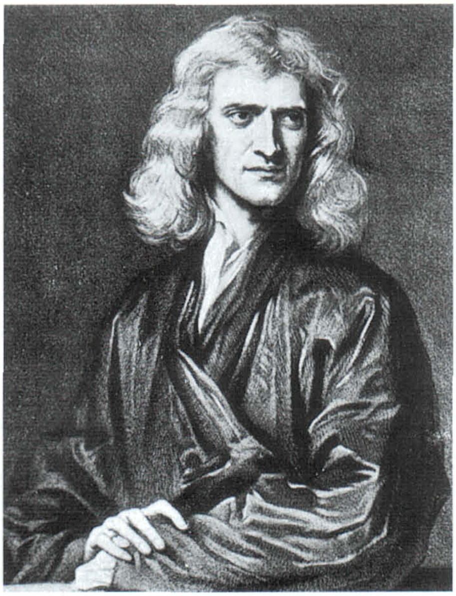
המלצה על סרט

"מדידה" מתוך הסדרה **מדע ולמה** של הטלוויזיה החינוכית

גם כדי למדוד משקל ולבטא את ההבדלים בין משקל למשקל יש צורך במכשיר מדידה וביחידת מידה. ראינו שמשקל הוא למעשה כוח. למדידתו של המשקל נוכל, אם כן, להשתמש במד-כוח וביחידת כוח.

מד-כוח

יחידת כוח רווחת היא "ניוטון". היא קרויה על שמו של הפיזיקאי האנגלי הדגול אייזק ניוטון (Isaac Newton). ניוטון חקר את כוח המשיכה שמפעילים גרמי שמים על גופים. הוא חי באנגליה בין השנים 1642-1727.


אייזק ניוטון (1642-1727)

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - מגלים וממציאים - **אייזק ניוטון**

יחידת המשקל "ניוטון" מוגדרת באופן הבא:

ניוטון: המשקל של מסה בת 100 גרם על פני כדור הארץ.

אמנם זוהי הגדרה מקורבת בלבד, אולם היא תספיק לצרכינו.

כדי להמחיש לעצמכם את גודלה של היחידה ניוטון, תוכלו להניח בידכם משקולת שמסתה 100 גרם ולחוש בכובדה. משקלה של משקולת זו הוא ניוטון אחד.

לגוף בעל מסה של קילוגרם אחד יהיה משקל של 10 ניוטון על פני כדור הארץ. המשקל המדויק קטן מעט יותר, 9.8 ניוטון (ליתר דיוק 9.78).

שאלה 10: הסבירו מדוע המשקל של מסה בת קילוגרם אחד על פני כדור הארץ הוא 10 ניוטון.

אפשר לשלב את החישוב הזה בנוסחה פשוטה

(המסה) • **10** = המשקל על כדור הארץ

$$\mathbf{w} = \mathbf{10} \cdot \mathbf{m}$$

כאשר **w** - משקל בניוטונים, **m** - מסה בקילוגרמים

שאלה 11: המסה של נער היא 50 קילוגרם. חשבו את משקלו על פני כדור הארץ.

אם המסה נתונה בגרמים יש לבטא אותה בק"ג.

שאלה 12: המסה של ספר היא 400 גרם. חשבו את משקל הספר על פני כדור הארץ.

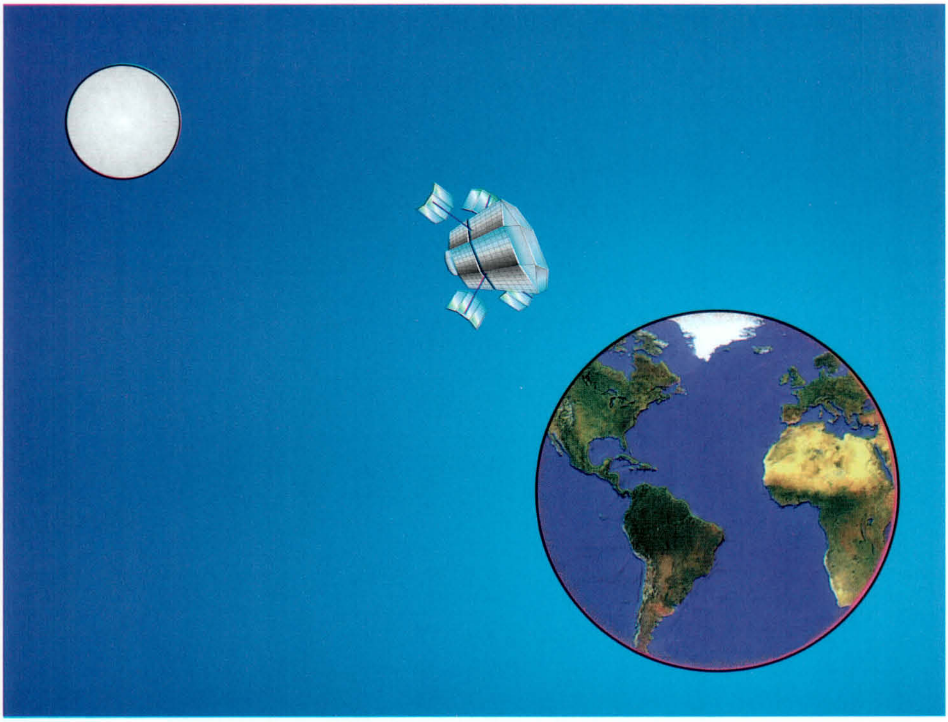
כפי שאפשר לראות בטבלה שלפניכם, כל גֶרם שמים מושך אליו גופים בכוח שונה. למשל, הירח מושך אליו גופים בכוח הקטן פי 6 מזה של כדור הארץ. לדוגמה, גוף שמשקלו על כדור הארץ הוא 60 ניוטון, משקלו על פני הירח יהיה רק 10 ניוטון. לעומת זאת, משקל אותו הגוף על פני כוכב הלכת צדק יהיה גדול פי 2.5 ממשקלו על פני כדור הארץ, כלומר 150 ניוטון. כאמור, כמות החומר של אותו גוף איננה משתנה בשום מקום, גם לא על גרמי שמים שונים. רק המשקל משתנה.

הטבלה מתייחסת לגוף אשר המסה שלו שווה לקילוגרם אחד לו נמצא על פני גרמי השמים במערכת השמש שלנו.

גֶרֶם השמים	פי כמה גדול (או קטן) משקל הגוף על גֶרֶם השמים ממשקלו על כדור הארץ	המשקל על גֶרֶם השמים של גוף בעל מסה של קילוגרם אחד (ניוטון)
השמש	גדול פי 28.0	274.0
כוכב (מרקורי)	קטן פי 2.6	3.78
נוגה (ונוס)	קטן פי 1.1	8.6
כדור הארץ	-	9.78
ירח (של כדור הארץ)	קטן פי 5.9	1.67
מאדים (מארס)	קטן פי 2.6	3.72
צדק (יופיטר)	גדול פי 2.3	22.9
שבתאי (סטורן)	קטן פי 1.1	9.05
אורנוס	קטן פי 1.3	7.77
נפטון	גדול פי 1.1	11.0
פלוטו	קטן פי 19.6	0.5
הימאליה (ירח של כוכב צדק)	קטן פי 132.2	0.074
קארמה (ירח של כוכב צדק)	קטן פי 611.3	0.016

שאלה 13: משקלו על פני כדור הארץ של אסטרונאוט עם ציודו הוא 1,200 ניוטון. חשבו את משקלו על הירח, על השמש ועל קארמה.

שאלה 14: בחודש יוני 1969 נחתו בני האדם הראשונים על הירח. האם המסה שלהם ושל הציוד שהביאו אתם השתנתה על פני הירח?



מה משתנה כשמגיעים מכדור הארץ לירח?

למרות שמשקל איננו טוב כמדד לכמות חומר, בחיי היומיום משתמשים במילה זו פעמים רבות.
מדוע זה קורה?
כדור הארץ הוא כדורי בצורתו. עקב כך, משקלו של גוף בכל נקודה על פני כדור הארץ כמעט זהה. במילים אחרות, על פני כדור הארץ משקלו של גוף נתון נותר קבוע בכל מקום. נוסף לכך, אם המסה של גוף אחד על פני כדור הארץ גדולה פי מספר מסוים מהמסה של גוף אחר, המשקל של הגוף האחד יהיה גדול פי אותו המספר מהמשקל של הגוף השני. במילים אחרות - משקל של גופים על פני כדור הארץ הוא ביחס ישר למסה שלהם. לדוגמה, אם המסה של גוף A גדולה פי 3 מהמסה של גוף B, גם המשקל של גוף A גדול פי 3 מהמשקל של גוף B. אם המסה של גוף A קטנה פי 11 מהמסה של גוף B, גם המשקל של גוף A קטן פי 11 מהמשקל של גוף B.

עכשיו תוכלו להחליט אם הגורם המשפיע על אנרגיית הגובה הוא המסה או המשקל. זכרו את העובדות הבאות:
לכל גוף יש מסה בכל תנאי. אך האם יש לגוף אנרגיית גובה כאשר אין לו משקל?
אם כן, הגורמים הקובעים את אנרגיית הגובה הם המשקל והגובה. בסעיף הבא נלמד לחשב את אנרגיית הגובה באמצעות גורמים אלה.

ו. חישוב אנרגיית הגובה

ראינו שאנרגיית הגובה נקבעת על ידי המשקל והגובה. האם יש גורמים נוספים שמשפיעים על אנרגיית הגובה? התוצאות של ניסויים רבים ושונים שערכו המדענים מעידות שאין גורמים נוספים כאלה.

אנרגיית הגובה של גוף נקבעת על ידי שני הגורמים האלה:
- **גובה הגוף;**
- **משקל הגוף.**

הקשר בין אנרגיית הגובה לבין שני גורמים אלה מתבטא כך:
- **אנרגיית הגובה של גוף גְדֵלה ככל שמגביהים אותו.**
- **כאשר שני גופים מצויים באותו הגובה, אם משקלו של גוף אחד גדול ממשקלו של גוף שני, גם אנרגיית הגובה של הגוף הראשון גדולה יותר.**

מסקנה: מאחר שאת אנרגיית הגובה קובעים הגורמים גובה ומשקל, לגופים שמשקלם זהה וגובהם זהה יש אנרגיית גובה זהה.
נוכל גם לומר שכאשר מגביהים במידה שווה שני גופים בעלי משקל זהה, מוסיפים לשניהם אותה אנרגיית גובה.

אבל איך נוכל להשוות את אנרגיות הגובה של שני גופים אם האחד משקלו גדול יותר, אך גובהו קטן יותר? ובכלל, איך נדע להשוות במדויק את אנרגיות הגובה של שני גופים?

לשם כך עלינו לדעת **לחשב** במדויק את אנרגיית הגובה של הגוף.

למדידת גודל פיזיקלי כלשהו נחוצים מכשיר מתאים ויחידת מידה מתאימה. כך, למדידת אורך של שולחן יתאימו המכשיר סרגל ויחידת המידה סנטימטר. למדידת זמן יתאימו המכשיר שעון ויחידת המידה שעה.
גם האנרגיה היא גודל פיזיקלי. ננסה למצוא מכשיר או מכשירי מדידה מתאימים למדידת אנרגיית הגובה וכן יחידת מידה מתאימה.

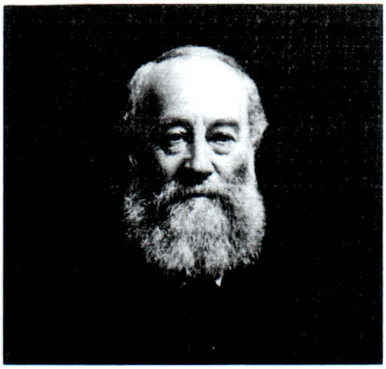
באילו מכשירים נשתמש כדי לחשב את אנרגיית הגובה?
את אנרגיית הגובה קובעים גובהו של גוף ומשקלו. לכן נוכל להשתמש בסרגל או בסרט מדידה למדידת גובהו, ובמד-כוח - למדידת משקלו.

ומה לגבי יחידת אנרגיה? קיימות כמה יחידות אנרגיה. יחידת האנרגיה שנשתמש בה היא יחידת הג'ול. ג'ול היא יחידת אנרגיה רווחת בשימוש.

ג'וּל: אנרגיית הגובה שיש לגוף שמשקלו ניוטון אחד וגובהו מטר אחד.

שימו לב: **ג'ול איננה היחידה של אנרגיית הגובה בלבד.** ג'ול היא יחידת אנרגיה כללית. היחידה ג'ול מוגדרת בעזרת אנרגיית הגובה רק מפני שכך קל להגדיר אותה. ג'ול היא יחידת האנרגיה שמשתמשים בה למדידת הכמות של אנרגיית הגובה וגם למדידת הכמות של **כל סוגי האנרגיה** האחרים.
ככלל, בכל יחידת אנרגיה אפשר להשתמש למדידת הכמות של כל סוגי האנרגיה.

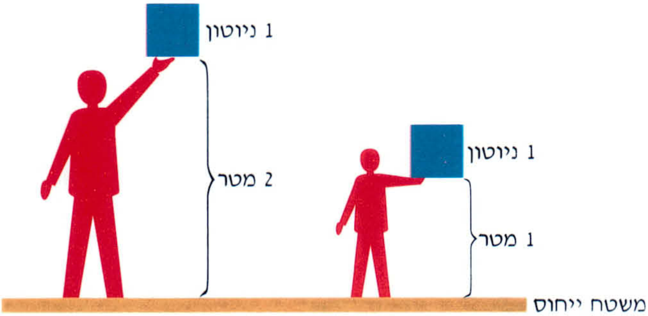
יחידת האנרגיה ג'ול נקראת על שמו של הפיזיקאי ג'יימס פְּרֵסקוט ג'וּל (James Prescott Joule) שחי בין השנים 1818-1889 ועסק רבות בנושא האנרגיה.


ג'יימס פרסקוט ג'ול 1818-1889

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - מגלים וממציאים - **ג'יימס ג'ול**

עיינו באיור שלפניכם.

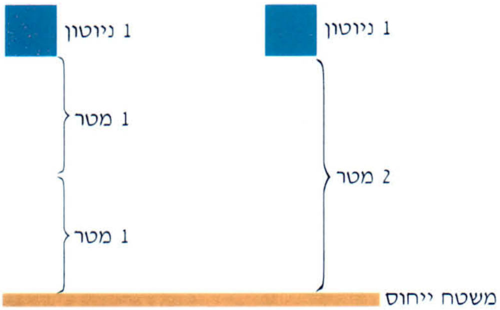


במקרים שבהם דנים באנרגיית גובה, חשוב להגדיר מהו הגובה שאליו אנו מתכוונים. הכוונה היא למרחק שבין הגוף לבין המשטח הנמצא מתחת לגוף. **זהו המשטח שאליו הגוף יכול ליפול.** נקרא למשטח זה **משטח ייחוס**. לגוף אחד יכולים להיות משטחי ייחוס אחדים. תמיד יש לבדוק לאיזה משטח הגוף יכול ליפול.

נמצא תחילה את הקשר בין הגובה לבין אנרגיית הגובה.

על פי הגדרת יחידת האנרגיה, אנרגיית הגובה של המשקולת שבאיור, שמשקלה ניוטון אחד והגובה שלה הוא מטר אחד, היא ג'ול אחד.
אולם איך נחשב את אנרגיית הגובה של המשקולת שגובהה 2 מטרים?

כדי לעשות זאת ננסה לחשוב על הגובה של משקולת זו כשהוא מחולק לשני גבהים, שכל אחד מהם הוא מטר אחד.
על המשקולת המוגבהת לגובה 2 מטרים, ניתן לחשוב כאילו הורמה בשני שלבים: בשלב הראשון - לגובה של מטר אחד מעל פני הרצפה, ובשלב השני - במטר נוסף. בכל שלב נוספת למשקולת אנרגיה של ג'ול אחד.
למשקולת המוגבהת לגובה 2 מטרים יש, אם כן, אנרגיית גובה כוללת של 2 ג'ול.

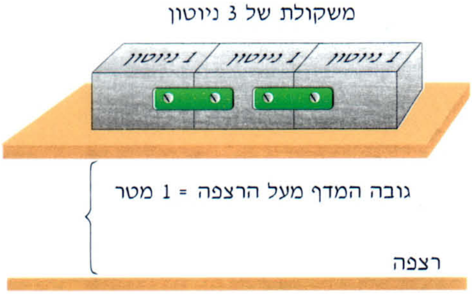


שאלה 15: איזו אנרגיית גובה תהיה למשקולת בגובה 3 מטרים? הסבירו מדוע.

עתה נסכם את התוצאות שלנו לגבי אנרגיית הגובה של משקולת שמשקלה 1 ניוטון בגבהים שונים:

משקל	גובה	אנרגיית גובה
1 ניוטון	1 מטר	1 ג'ול
1 ניוטון	2 מטר	2 ג'ול
1 ניוטון	3 מטר	3 ג'ול

איך משתנה, אם כן, אנרגיית הגובה כאשר מגדילים את הגובה בלי לשנות את המשקל (1 ניוטון, במקרה זה)? – **כאשר הגובה גדל פי מספר מסוים, גדלה אנרגיית הגובה של הגוף פי אותו המספר.**



באיור שלפניכם גוף הבנוי מ-3 משקולות. כל משקולת היא בעלת משקל של 1 ניוטון. הגוף נמצא על מדף בגובה של 1 מטר מעל הרצפה. נתייחס ל-3 גופים שונים שאפשר לצרף מהמשקולות הללו: גוף שמשקלו 1 ניוטון, גוף שמשקלו 2 ניוטון, גוף שמשקלו 3 ניוטון.

להלן סיכום התוצאות המתקבלות לגבי אנרגיית הגובה של 3 גופים הנמצאים בגובה של 1 מטר ומשקליהם שונים:

משקל	גובה	אנרגיית גובה
1 ניוטון	1 מטר	1 ג'ול
2 ניוטון	1 מטר	2 ג'ול
3 ניוטון	1 מטר	3 ג'ול

איך משתנה, אם כן, אנרגיית הגובה כאשר לוקחים גופים שמשקליהם הולכים וגדלים בלי לשנות את הגובה (1 מטר, במקרה זה)? – **כאשר המשקל של גופים גדל פי מספר מסוים, גדלה אנרגיית הגובה של הגופים פי אותו המספר.**

ומה קורה בצירוף של שינויים מהסוג הזה? כלומר, אם עוברים מגוף בעל משקל אחד לגוף בעל משקל אחר וגם משנים את הגבהים שלהם?
לדוגמה, אם עוברים מגוף שמשקלו 1 ניוטון לגוף שמשקלו 4 ניוטון ובמקביל עוברים מגובה של 1 מטר לגובה של 5 מטר - הגידול במשקל מגדיל את אנרגיית הגובה פי 4 והגידול בגובה מגדיל אותה פי 5. בסך הכול אנרגיית הגובה גדלה פי 20.

השלימו את הטבלה במחברתכם.

משקל	גובה	אנרגיית גובה
1 ניוטון	1 מטר	1 ג'ול
2 ניוטון	2 מטר	
3 ניוטון	3 מטר	
2 ניוטון	3 מטר	
2.5 ניוטון	4 מטר	
4 ניוטון	5 מטר	

נוכל אפוא לומר שאנרגיית הגובה שווה למכפלה הבאה:

אנרגיית הגובה = משקל הגוף • גובה הגוף

אפשר לרשום את הקשר הזה גם באותיות:
אם נסמן את משקל הגוף ב-**W**, את גובה הגוף ב-**h**, ואת אנרגיית הגובה ב-$\mathbf{E_h}$*,
תהיה אנרגיית הגובה שלו:

$$E_h = W \cdot h$$

אם נתון גובהו של גוף במטרים ומשקלו בניוטונים, מתקבלת אנרגיית הגובה שלו בג'ולים. כדי לקבל אנרגיית גובה בג'ולים, יש להקפיד שהגובה יבוטא במטרים והמשקל - בניוטונים. לכן אם הגובה נתון בסנטימטרים, יש לתרגמו לגובה במטרים.

תקליטור הספר

תלות אנרגיית הגובה של גוף בגובה הגוף
עיבוד ממצאי ניסוי בעזרת הגיליון האלקטרוני אקסל

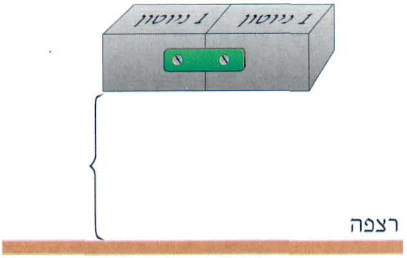
תוכלו לעקוב אחרי הפיתוח של הנוסחה: נסכם את התוצאות שלנו לגבי אנרגיית הגובה של משקולת שמשקלה ניוטון אחד בגבהים שונים.

בגובה של 1 מטר: 1 ג'ול
בגובה של 2 מטר: 2 ג'ול
בגובה של 3 מטר: 3 ג'ול

*אנרגיית הגובה, בג'ולים, של גוף שמשקלו ניוטון אחד וגובהו **h** מטרים, שווה:*
*אנרגיית הגובה = 1 • **h** = **h** ג'ול*

*באיורשלפניכם משקולת המורכבת משתי משקולות בנות 1 ניוטון. המשקולת מצויה בגובה **h** מטרים מעל הרצפה. מהי אנרגיית הגובה שלה?*

משקולת של 2 ניוטון



גובה המשקולת מעל הרצפה = ***h*** מטרים

אנרגיית הגובה הכוללת של המשקולת היא סכום אנרגיות הגובה של שתי המשקולות המרכיבות אותה.

---

* *בספר זה, האות **h** בסימן E_h מתייחסת לגובה כי גובה באנגלית הוא height. שמה המדעי המקובל של אנרגיית גובה הוא אנרגיה פוטנציאלית-כובדית. מסמנים אותה E_p כי **p** היא האות הראשונה במילה potential.*

כל אחת מן המשקולות שמשקלה שווה ניוטון, נמצאת באותו גובה מעל הרצפה - h מטרים.
לפי הנוסחה האחרונה, אנרגיית הגובה המתאימה לכל משקולת בת ניוטון היא זו:

h ג'ול = h • 1 = אנרגיית הגובה

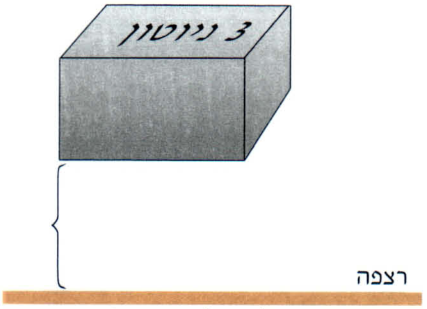
אנרגיית הגובה הכוללת של המשקולת המורכבת משתי המשקולות היא, אם כן, סכום אנרגיות הגובה של שתי המשקולות.
זאת אומרת:

h • 2 ג'ול = h ג'ול + h ג'ול = אנרגיית הגובה הכוללת

תארו לעצמכם משקולת שמשקלה 3 ניוטון. גם משקולת זו מצויה בגובה של h מטרים מעל פני הרצפה. אנרגיית הגובה שלה תהיה h • 3 ג'ול. זאת משום שאפשר להסתכל על המשקולת כמורכבת מ-3 משקולות קטנות יותר שמשקל כל אחת ניוטון אחד. אנרגיית הגובה של כל משקולת כזאת היא h ג'ול. אנרגיית הגובה של 3 המשקולות שמהן מורכבת המשקולת הגדולה תהיה אפוא:

h • 3 ג'ול= h ג'ול + h ג'ול + h ג'ול

משקולת של 3 ניוטון



גובה המשקולת מעל הרצפה = ***h*** מטרים

עתה ננסה לקבל נוסחה לחישוב אנרגיית הגובה כאשר נתונים לנו הגובה והמשקל:
אנרגיית הגובה של משקולת בת 1 ניוטון שגובהה h מטרים: h • 1 ג'ול
אנרגיית הגובה של משקולת בת 2 ניוטון שגובהה h מטרים: h • 2 ג'ול
אנרגיית הגובה של משקולת בת 3 ניוטון שגובהה h מטרים: h • 3 ג'ול

בכל אחד משלושת המקרים יסתבר לנו שאנרגיית הגובה מתקבלת תמיד על ידי מכפלת משקל הגוף בגובהו. במילים אחרות:

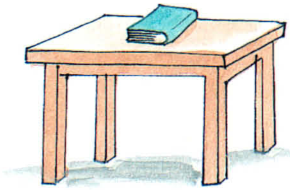
גובה הגוף • משקל הגוף = אנרגיית הגובה

שאלה 16: הציגו שתי דוגמאות נוספות של גופים בעלי אנרגיית גובה של 1 ג'ול.
שאלה 17: תנו דוגמה מספרית לשני גופים בעלי משקלים שונים שיש להם אנרגיית גובה של 20 ג'ול.

שאלה 18: חשבו את אנרגיות הגובה של הגופים המופיעים באיורים הבאים ביחס **למשטחי הייחוס** המתאימים.

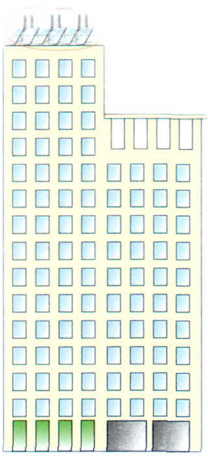
ערכו את אנרגיות הגובה של הגופים לפי גודלן - מן הקטנה ביותר לגדולה ביותר.

שימו לב: כדי לקבל אנרגיית גובה בג'ולים, יש להקפיד תמיד שהגובה יבוטא אך ורק במטרים והמשקל יבוטא אך ורק בניוטונים. אם הגובה נתון בסנטימטרים, יש לתרגמו למטרים.

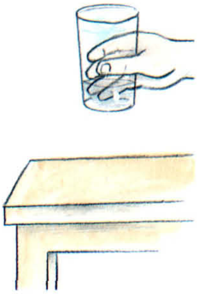


משקל הספר: 2 ניוטון
גובה: 80 ס"מ

משקל המכונית: 16,000 ניוטון
גובה: 10 מטר



משקל דוד השמש: 2000 ניוטון
גובה: 45 מטר



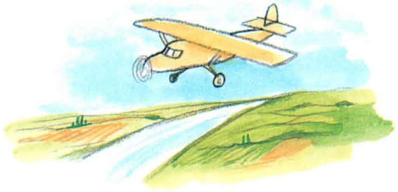
משקל הכוס: 0.8 ניוטון
גובה: 20 ס"מ

שאלה 19

א. פי כמה גדולה אנרגיית הגובה של המכונית מאנרגיית הגובה של הספר?

ב. פי כמה גדולה אנרגיית הגובה של דוד השמש מאנרגיית הגובה של כוס המים?

שאלה 20: לפניכם 2 גופים הנעים מעל פני הקרקע.



משקל המטוס: 50,000 ניוטון
גובה מעל פני הקרקע: 1 ק"מ

משקל הלוויין: 1000 ניוטון
גובה מעל פני כדור הארץ: 400 ק"מ

חשבו: פי כמה גדולה אנרגיית הגובה של הלוויין הנע בחלל מאנרגיית הגובה של המטוס הטס?

העשרה בסוף הפרק (עמ' 85)

איך לוויינים נשארים בחלל?

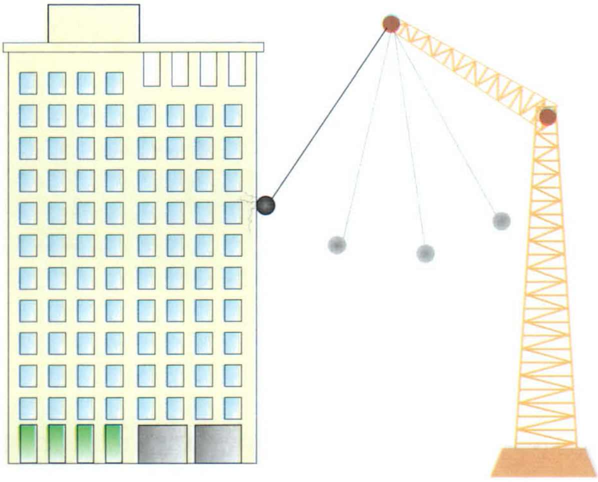
המלצה על סרט

"לוויינים" בסדרה **נביט למעלה** של הטלוויזיה החינוכית

כאשר גוף נופל, אנרגיית הגובה שלו מתגלגלת לאנרגיה אחרת. אפשר להשתמש בנפילת הגוף, כלומר לנצל את גלגול אנרגיית הגובה שלו לאנרגיה אחרת, בדרך השימושית לנו. מלבד השימוש באנרגיית גובה של מים המתגלגלת לאנרגיה חשמלית בתחנת חשמל, קיימים מתקנים רבים מסביבנו העושים שימוש באנרגיית גובה. הנה דוגמה לשניים מהם:

- המגלשה. למי שמצוי בראש המגלשה יש אנרגיית גובה המתגלגלת לאנרגיית תנועה כאשר הוא נשמט למטה.

- כלי להריסת בתים: עיקרו של הכלי משקולת גדולה המשוחררת מגובה רב, פוגעת במבנה והורסת אותו.



ז. מסה, משקל ואנרגיית גובה

למדתם שמשקל הגוף וגובהו קובעים את כמות אנרגיית הגובה שלו. גם למדתם לחשב את אנרגיית הגובה של גוף כאשר ידועים משקלו וגובהו. האם אפשר לדעת את אנרגיית הגובה של גוף כאשר נתונים מסתו וגובהו בלבד?

המשקל של גוף תלוי בכוח שבו מושך אותו גרם השמים שעליו הגוף מצוי. גרם השמים יכול להיות מאדים, כדור הארץ , הירח ועוד. המשקל של גוף בעל מסה של קילוגרם על פני כדור הארץ הוא כ-10 ניוטון (הנתון המדויק הוא 9.78 ניוטון).

ידיעת המסה וידיעת המשקל של גוף בעל מסה של 1 ק"ג על כדור הארץ מאפשרות לנו, אם כן, לחשב את משקל הגוף. לאחר חישוב המשקל, נוכל להשתמש בגובה הנתון לנו ולחשב את אנרגיית הגובה של הגוף.

דוגמה: מהי אנרגיית הגובה של לבנה שהמסה שלה היא 6 קילוגרם והמצויה בגובה 2 מטרים מעל הקרקע של פני כדור הארץ?

נתונים:

המסה: 6 ק"ג

הגובה: 2 מטר

צריך למצוא: אנרגיית הגובה

פתרון:

על פני כדור הארץ, גוף שהמסה שלו שווה לקילוגרם אחד, משקלו 10 ניוטונים.

$$\mathbf{W} = 10 \cdot \mathbf{m}$$

(ניוטון) (ק"ג)

ולכן גוף שהמסה שלו היא 6 קילוגרם, משקלו על פני כדור הארץ:

$$\mathbf{W} = 10 \cdot 6 = 60 \text{ ניוטונים}$$

לחישוב אנרגיית הגובה ניעזר בנוסחה:

$$\mathbf{E_h} = \mathbf{W} \cdot \mathbf{h}$$

אנרגיית הגובה שווה, אם כן:

$$\mathbf{E_h} = (60 \text{ ניוטונים}) \cdot (2 \text{ מטרים}) = 120 \text{ ג'ול}$$

שאלה 21: מכונית בעלת מסה של 800 קילוגרם נוסעת על גשר שגובהו 15 מטר מעל פני הקרקע. חשבו את אנרגיית הגובה של המכונית.

ננסה עתה למצוא באופן כללי את אנרגיית הגובה של גוף שגובהו **h** מטרים ומסתו **m** קילוגרמים.
ניקח גוף שהמסה שלו שווה 1 קילוגרם. משקל הגוף הזה הוא 10 ניוטונים כאשר הגוף נמצא על פני כדור הארץ.
ניקח גוף שהמסה שלו שווה **m** קילוגרמים. בהיותו על כדור הארץ, משקלו של גוף זה בניוטונים הוא: $10 \cdot m$.

אנרגיית הגובה של הגוף כאשר הוא נמצא על פני כדור הארץ תהיה אם כן:

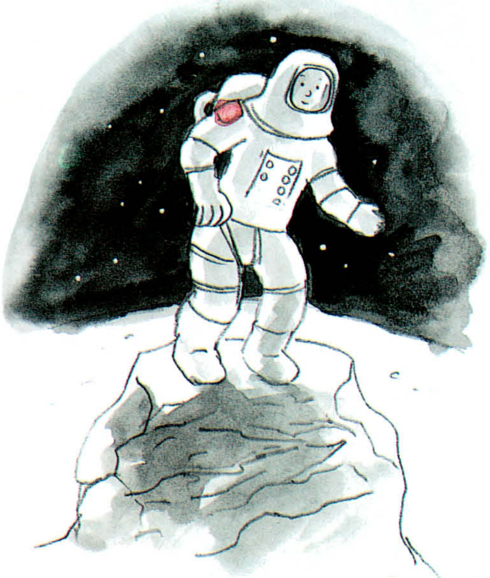
$$E_h = W \cdot h = 10 \cdot m \cdot h$$

יש לבטא **m** בקילוגרמים ו-**h** במטרים, ואז מתקבלת E_h בג'ולים.

שאלה 22: הנוסחה נכונה "כאשר הגוף נמצא על כדור הארץ". האם מילים אלה מתייחסות למשקל הגוף? למסה שלו? לשניהם? נמקו.

נשווה בין שני גופים בעלי אותה מסה הנמצאים באותו גובה - האחד על פני כדור הארץ והאחר על הירח.
אנרגיית הגובה של הגוף שעל פני הירח תהיה שונה מזו של הגוף שעל פני כדור הארץ. מדוע?
משום שמשקל הגוף יהיה שונה על פני הירח.

דוגמה: המסה של אסטרונאוט עם הציוד שלו היא 120 קילוגרם. האסטרונאוט מצוי בגובה 2 מטרים מעל קרקע הירח.



מהי אנרגיית הגובה של האסטרונאוט על פני הירח?

כדי לדעת זאת, נחשב תחילה את משקלו.
משקל האסטרונאוט על כדור הארץ הוא זה:

$$w_{(\text{כדה"א})} = 10 \cdot m$$

$$w_{(\text{כדה"א})} = 10 \cdot (\text{120 ק"ג}) = \text{1200 ניוטון}$$

משקל האסטרונאוט על הירח קטן פי 6 ממשקלו על כדור הארץ:

$$w_{(\text{ירח})} = \text{200 ניוטון}$$

נציב בנוסחת אנרגיית הגובה:

$$E_h = w \cdot h$$

$$E_h = (\text{200 ניוטון}) \cdot (\text{2 מטר}) = \text{400 ג'ול}$$

זוהי כמות אנרגיית הגובה של האסטרונאוט על הירח.

שאלה 23: בחישוב שהבאנו כאן מחלקים את משקלו של האסטרונאוט על כדור הארץ ל-6 כדי לקבל את המשקל הקטן יותר שיש לו על הירח. האם גם המסה שלו קטנה פי 6 בהיותו על הירח? נמקו.

אנרגיית הגובה של גוף על פני הירח תהיה תמיד קטנה פי 6 מאנרגיית הגובה של אותו גוף הנמצא באותו גובה על פני כדור הארץ.
מדוע? כי משקל הגוף על פני הירח יהיה תמיד קטן פי 6.

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית גובה - חדר נפילת גופים - ניסוי תמונה על הקיר
פתחו את קלסר מטרת הניסוי, ערכו את הניסוי על פי הנחיות העבודה, ענו על השאלות במחשב המסקנות.
ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיית גובה לאנרגיית תנועה - **סרט: "אנרגיית גובה מכוכב אחר"...**

אפשר לחשב את אנרגיית הגובה של האסטרונאוט גם בדרך אחרת.

כפי שכתבנו את נוסחת אנרגיית הגובה לגוף בעל מסה m הנמצא על כדור הארץ, אפשר לכתוב נוסחה מקבילה לאותו גוף כשהוא נמצא על פני הירח או על כל גרם שמים אחר.

שימו לב: על פי הטבלה (עמ' 71), המשקל של כל קילוגרם על פני הירח הוא 1.67 ניוטון.

אך מכיוון שאנחנו משתמשים במספרים מעוגלים, יש לכתוב בנוסחה את השבר $\frac{10}{6}$ ולא 1.67.

הנוסחה תהיה:

$$E_{h\,(\text{ירח})} = W \cdot h = 1.67 \cdot m \cdot h = \frac{10}{6}\, m \cdot h$$

נציב בנוסחה את מסת האסטרונאוט ואת הגובה שלו:

$$E_h = \frac{10}{6} \cdot (\text{120 ק"ג})\ (\text{2 מטר}) = \text{400 ג'ול}$$

- *נסחו שאלה דומה עבור כוכב הלכת מאדים וענו עליה.*

שאלה 24: משקלו של 1 קילוגרם על פני מאדים הוא 3.9 ניוטון. חשבו את אנרגיית הגובה של לוויין שמסתו 50 קילוגרם, המקיף את מאדים בגובה 200 קילומטרים מעל פניו.
(כוח המשיכה בגובה 200 קילומטרים מעל פני מאדים הוא בערך כמו זה שעל פני מאדים.)

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית גובה - חדר נפילה חופשית
צפו בקלטת הווידיאו והשוו למתרחש בנפילת הגופים בתמונה על הקיר.
ענו על דף העבודה במחשב "נפילת גופים".
ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיית גובה - **מנין נובע היחס 6?**

העשרה

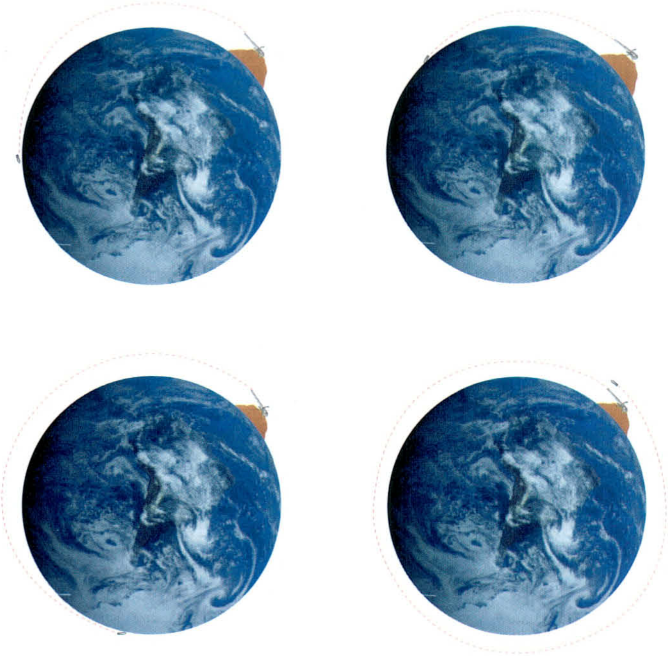
איך לוויינים נשארים בחלל?

אלפי לוויינים מקיפים את כדור הארץ בחלל הקרוב. לוויין הוא גוף המקיף את כדור הארץ או גרם שמים אחר. קיימים לוויינים טבעיים ולוויינים מלאכותיים. הירח הוא דוגמה ללוויין טבעי. זהו הלוויין הטבעי היחיד של כדור הארץ. בני האדם שולחים לוויינים לחלל מזה עשרות שנים ומשתמשים בהם לצרכים מגוונים, כגון תקשורת, ריגול, חיזוי מזג אוויר, מחקר מדעי. גם ישראל שולחת לוויינים לחלל. הלוויין הישראלי הראשון היה "אופק 1". הוא נשלח לחלל בשנת 1989.

כדור הארץ מושך אליו כל גוף, וכמובן גם את הלוויינים המקיפים אותו.
איך, אם כן, נשארים הלוויינים בחלל ולא מנמיכים ופוגעים בכדור הארץ?

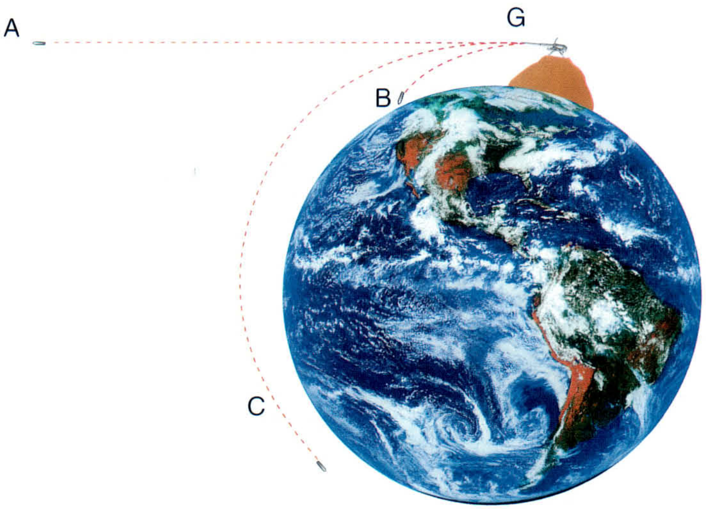
כדי לענות על שאלה זו, נדמה לעצמנו את התיאור הבא: תותח ניצב על ראש הר גבוה ויורה פגזים באופן אופקי אל פני הקרקע. כאשר מהירות הפגז היוצא מלוע התותח גדולה יותר, הפגז ינחת רחוק יותר.

כאשר מהירות הפגז גבוהה די הצורך, הוא לא ינחת עוד על פני כדור הארץ. במצב זה ימשיך הפגז לנוע סביב כדור הארץ עוד ועוד.



מדוע?

נתבונן באיור הבא:



התותח יורה פגזים במקביל לפני כדור הארץ. לולא כוח המשיכה של כדור הארץ, הפגז היה ממשיך לאורך הקו הישר AG. אולם כוח המשיכה קיים, ולכן הפגז נופל אל קרקע כדור הארץ במסלול של קשת. כוח המשיכה מסיט את הפגז ממסלולו הישר ומקרבו אל פני כדור הארץ, למשל לאורך הקשת GB. אם נגביר את מהירות הפגז הנורה מן התותח, הפגז ייפול רחוק יותר ויותר והנקודה B תתרחק ממקום הירי. אם יקבל הפגז מהירות גדולה די הצורך, הוא לא ייפול עוד אל קרקע כדור הארץ. הוא ינוע במסלול המקביל לפני כדור הארץ, לאורך הקשת CG. באופן כזה יתווה הפגז מסלול מעגלי סביב כדור הארץ.

הלוויין מתנהג כמו הפגז הדמיוני.
אם מעניקים לו מהירות די גדולה במקביל לפני כדור הארץ, הוא לא ינחת עוד על פני כדור הארץ, אלא ימשיך לנוע סביבו ללא הרף, ממש כמו הפגז.

כל זה מתרחש כאשר הלוויין נע במהירות מתאימה. אם מהירותו תהיה קטנה ממהירות זו, ילך ויפחת מרחקו מכדור הארץ עד שיפגע לבסוף בקרקע.
מסיבה זו, לוויינים הנמצאים קרוב לכדור הארץ חוזרים לאחר תקופה מסוימת ופוגעים בפני הקרקע. כדור הארץ מוקף שכבת אוויר העוטפת אותו - אטמוספרה. לאטמוספרה אין גבול ברור וחד שבו היא מסתיימת. גם בגובה של מאות קילומטרים מצוי עדיין אוויר דליל מאוד. לוויין המצוי בגובה נמוך מתחכך באוויר זה, ובהדרגה מואטת מהירותו עד שלבסוף הוא מגיע אל פני כדור הארץ. אם הלוויין קטן מספיק, הוא יישרף עקב החיכוך עם האטמוספרה ולא יגיע לקרקע.

אנשים הנמצאים בלוויין חווים תחושה של "חוסר משקל".
האם פירוש הדבר שהלוויין חסר משקל? לא. הלוויין עצמו מסתובב מסביב לכדור הארץ רק משום שיש לו משקל. לו יכולנו "לכבות", כביכול, את כוח המשיכה של כדור הארץ ולהפוך את הלוויין לחסר משקל, היה הלוויין מפסיק מיד את תנועתו הסיבובית סביב כדור הארץ. הלוויין היה ממשיך בתנועה על קו ישר והיה נעלם במרחבי החלל האין-סופיי!

לוויינים אינם תופעה המיוחדת לכדור הארץ. כוכבי לכת שונים במערכת השמש מוקפים לוויינים טבעיים. את צדק, למשל, מקיפים כעשרים לוויינים טבעיים. ארבעה מהם גילה המדען הדגול גלילאו גליליי עוד במאה השבע עשרה, באמצעות הטלסקופ שלו. למאדים יש שני ירחים קטנים. ירחים יש גם לכוכבי הלכת שבתאי, אורנוס, נפטון ופלוטו.

שאלות

1. הסבירו במילים שלכם מדוע לוויינים המקיפים את כדור הארץ, נשארים בחלל ואינם מנמיכים ופוגעים בקרקע.
2. מה, לדעתכם, יקרה ללוויין אם יאיטו את מהירותו עד לאפס? הסבירו.
3. מדוע לוויינים הנעים בגובה נמוך מעל פני כדור הארץ, מנמיכים ופוגעים בו לבסוף?
4. תלמיד נתבקש לחשב את אנרגיית הגובה של חללית המקיפה את כדור הארץ בגובה 400 ק"מ מעל פני הקרקע. התלמיד אמר: "ראיתי בטלוויזיה כיצד האסטרונאוטים בחללית נעים ללא משקל. סימן שאין לחללית שום אנרגיית גובה." מה דעתכם על תשובתו?

אנרגיה ברשת (אתרי אינטרנט רלוונטיים לפרק)

- Your Weight On Other Worlds

כתובת: http://www.exploratorium.edu/ronh/weight/index.html

תיאור האתר: הסברים על כוח המשיכה, על מסה ועל ההבדל ביניהם. נתונים על משקל הגוף על פני גרמי שמים שונים, כגון כוכבי לכת של מערכת השמש וירחים. האתר כולל תצלומים של גרמי שמים שונים.

- Newton's Apple - Show number 1212

כתובת: http://ericir.syr.edu/Projects/Newton/12/Lessons/gravity.html

תיאור האתר: הסברים על כוח המשיכה ועל נפילה חופשית וכן פעילויות. באתר מילון מונחים וכן מקורות לקריאה נוספת.

- The Physics Classroom

כתובת: http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/class/bboard.html

תיאור האתר: הסברים בנושאים שונים, בהם קינמטיקה (תורת התנועה), חוקי ניוטון, עבודה, הספק, אנרגיה. כולל גם הסברים על כוח המשיכה, חוק המשיכה העולמי, לוויינים ותחושת חוסר משקל בחלל.

לקריאה נוספת

- אורעד יורם (1993), לוויינים ולוויני תקשורת, **מבט** 35, עמ' 41-46.
- אורעד יורם (1994), החור השחור, **כמעט 2000**, 1, עמ' 14.
- ורבין יוסף (2001), קיצור תולדות כוח הכובד, **גליליאו** 43, עמ' 16-21, 74-77.
- ליפשיץ רוני (1997), חיים קשים בכבידה קלה, **גליליאו** 22, עמ' 31-37. (על חיי האסטרונאוטים במצב של "חוסר משקל".)
- קרמר דניאל (1998), על חורים שחורים, **גליליאו** 31, עמ' 41.

מסכמים את פרק ב

- **משקל** של גוף הוא הכוח שבו הוא נמשך אל גרם שמים.
- כיוון משקלו של גוף הנמצא על כדור הארץ הוא תמיד אל מרכז כדור הארץ.
- לגוף יש משקל האופייני לו בכל גרם שמים.
- **מסה** היא כמות החומר שבגוף.
- **קילוגרם**: המסה של 1 ליטר (1,000 סמ"ק) מים.
- **ניוטון**: המשקל של מסה בת 100 גרם על פני כדור הארץ.
- שני גורמים קובעים את כמות אנרגיית הגובה של גוף: משקלו וגובהו.
- אחת מיחידות האנרגיה היא ג'ול.
  ג'ול: כמות האנרגיה של גוף שמשקלו 1 ניוטון הנמצא בגובה 1 מטר.
- יחידת האנרגיה ג'ול משמשת **למדידת כל סוגי האנרגיה**.
- הנוסחה לחישוב אנרגיית הגובה היא זו: $E_h = W \cdot h$
  W - משקל הגוף בניוטונים, **h** - גובה הגוף במטרים, E_h - אנרגיית הגובה של הגוף בג'ולים.

שואלים את עצמנו - פרק ב

ד. המשקל

1. מהו כיוונו של המשקל?

2. לפניכם חמש הגדרות למשקל:
   א. משקל של גוף הוא הכוח שבו הוא נמשך למטה.
   ב. משקל של גוף הוא הכוח שבו הוא נמשך אל כדור הארץ.
   ג. משקל של גוף הוא הכוח שבו הוא נמשך אל מרכז גרם שמים.
   ד. משקל של גוף הוא הכוח שבו הוא נמשך אל פני גרם שמים.
   ה. משקל של גוף הוא הכוח שבו הוא נמשך אל גרם שמים.

   איזו הגדרה היא הטובה ביותר, לדעתכם? למה בחרתם בה?

3. יפתח טען: "על פני כדור הארץ, לא תמיד הכיוון 'למטה' הוא הכיוון אל מרכז כדור הארץ. זה תלוי באיזה מקום נמצאים." ליהי, לעומת זאת, טענה: "הכיוון 'למטה' הוא תמיד הכיוון אל מרכז כדור הארץ, ללא קשר למקום שנמצאים על פניו." מי מהם צודק?

4. מה קורה למשקלו של גוף כאשר הוא מתרחק מכדור הארץ?

5. האם רק כדור הארץ מושך אליו גופים? הביאו דוגמאות.

6. נסחו את המשפטים הבאים אחרת תוך שימוש בביטוי "משקל":
   - גופו של דני נמשך אל כדור הארץ בכוח קטן יותר מאשר גופו של אביו.
   - כדור הארץ מושך אליו גופים בכוח גדול יותר מאשר הירח.
   - כדור הארץ מושך אליו חללית רחוקה בכוח קטן יותר מאשר הוא מושך אותה אליו כאשר היא על פניו.

7. אילו גופים מושכים אליהם גופים אחרים?
   א. רק כדור הארץ.
   ב. כל גוף.
   ג. רק גופים גדולים מאוד, כמו כדור הארץ, הירח, מאדים.
   ד. כל הגופים בעולם חוץ מגופים קטנים מאוד.

ה. המשקל והמסה

8. מסתו של גוף -
א. משתנה בהתאם למקום שבו הגוף נמצא.
ב. קבועה בדרך כלל.
ג. קבועה תמיד.
ד. משתנה בדרך כלל.

9. משקלו של גוף -
א. נותר קבוע בדרך כלל.
ב. משתנה בהתאם למיקומו.
ג. משתנה בהתאם ללחץ שמפעילים עליו.
ד. משתנה בהתאם לטמפרטורה שלו.

10. השוו בין מסה למשקל.

11. מסתה של משאית היא 5,000 קילוגרם. מהו משקלה על פני כדור הארץ?

12. בטאו את המסות הבאות בקילוגרמים: 60 גרם, 20 טונות, 200 מיליגרם.

13. בטאו את המסות הבאות בגרמים: 6 טונות, 70 מיליגרם, 2 קילוגרם.

14. בטאו את המסות הבאות בטונות: 8,000 קילוגרם, 10,000 גרם.

15. חללית ובה משלחת של אסטרונאוטים יוצאת אל הירח. מסתם הכוללת של האסטרונאוטים היא 1,200 קילוגרם.
א מהו משקלם על פני כדור הארץ?
ב. מהו משקלם על פני הירח?
ג. מהי מסתם על פני הירח?

16. חללית ממריאה מעל פני הירח. ההדף של מנועיה מספיק בדיוק להרמתה מעל פניו. האם אותה חללית, עם אותו המנוע, תוכל להתרומם מעל פני כדור הארץ? הסבירו.

17. מה קורה למסתה של חללית ומה קורה למשקלה כשהיא מתרחקת מכדור הארץ?

18. אסטרונאוט מסוגל לנוע על פני הירח גם אם המסה הכוללת שלו ושל ציודו היא 300 קילוגרם. הוא איננו מסוגל לעשות זאת על פני כדור הארץ. הסבירו מדוע.

+19. חשבו את מסתו של אסטרונאוט עם ציודו, אם משקלו הכולל (עם ציודו) על פני הירח הוא 200 ניוטון.

20. השתמשו בטבלת המשקלים על פני גרמי שמים שונים (עמ' 71) והשיבו על השאלות הבאות:
א. באיזה מבין גרמי השמים הבאים תחושו כבדים ביותר ובאיזה מהם תחושו קלים ביותר: צדק, פלוטו, ירח, נוגה, כדור הארץ, מאדים, נפטון?
ב. מה יהיה משקלו של אדם שמסתו 70 קילוגרם על כל אחד מגרמי שמים אלה?

+21. לפניכם המסות הבאות: 42 גרם, 6 מיליגרם, 9 טונות. חשבו את משקל כל אחת מהן על פני כדור הארץ ועל פני הירח.

+22. רונית נמצאת על פני הירח. רן נמצא על פני כדור הארץ. הם מקיימים ביניהם קשר רדיו. לשניהם כמות מסוימת של אותו חומר והם רוצים לברר למי יש יותר. לפניכם דו-שיח שמתקיים ביניהם:
רן: משקל החומר שנמצא אצלי הוא 12 ניוטון.
רונית: משקל החומר שבידי הוא 4 ניוטון. זאת אומרת שיש לי כמות כפולה מזו שבידך.
רן: את טועה. כמות החומר שלי גדולה פי 3 מכמות החומר שלך.
מי משניהם צודק? הסבירו.

+23. בונים בחלל תחנת חלל מחומרים שחלקם הובאו מן הירח וחלקם מכדור הארץ. משקל החומרים שהובאו מן הירח הוא 800,000 ניוטונים (על פני הירח). משקל החומרים שהובאו מכדור הארץ הוא 5,000,000 ניוטונים (על פני כדור הארץ). חשבו את מסתה של תחנת החלל.

ו. חישוב אנרגיית הגובה

24. מה קובע את אנרגיית הגובה של גוף? בחרו באפשרות הנכונה:
א. אך ורק גובהו של הגוף.
ב. משקל הגוף וגובהו.
ג. אך ורק משקלו של הגוף.
ד. אך ורק מסתו וגובהו.

שימו לב: הסימן + לצד השאלה מציין שהיא קשה.

25. רק שניים מבין המשפטים הבאים נכונים. אילו הם?
א. ככל שגדל גובהו של גוף, קטנה אנרגיית הגובה שלו.
ב. ככל שקטן גובהו של גוף, קטנה אנרגיית הגובה שלו.
ג. אם משקלו של גוף א׳ גדול מזה של גוף ב׳, אנרגיית הגובה של גוף א׳ תהיה תמיד גדולה מזו של גוף ב׳.
ד. אם גובהו של גוף א׳ גדול מזה של גוף ב׳, אנרגיית הגובה של גוף א׳ תהיה תמיד גדולה מזו של גוף ב׳.
ה. אם משקלו וגובהו של גוף א׳ גדולים ממשקלו וגובהו של גוף ב׳, אנרגיית הגובה של גוף א׳ תהיה תמיד גדולה מזו של גוף ב׳.

26. אילו מן הרעיונות הבאים נכונים ואילו לא? הסבירו מדוע.
א. ילד עולה מהקומה השלישית של בניין לקומה השישית. אנרגיית הגובה שלו גדלה פי 2.
ב. לציפור ולמסוק המרחפים באותה הגובה יש אותה אנרגיית גובה.
ג. ילד מפיל כדור מהקומה הרביעית לדלי חול בקומה השלישית, ובחול נוצר שקע. אילו הילד היה מפיל את הכדור מהקומה השלישית לדלי חול זהה בקומה השנייה, היה נוצר שקע קטן יותר.
ד. בקרקס, פיל עומד על ספסל נמוך וזבוב עומד על גג האוהל. אנרגיית הגובה של הפיל גדולה מזו של הזבוב.
ה. בסוף ההצגה, שחקן הניצב על במה זורק את כובעו לגובה 7 מטרים מעל הקרקע. אנרגיית הגובה של הכובע גדולה מזו של השחקן שגובהו מעל הקרקע הוא 1 מטר.

27. סל פֵּרות נמצא בגובה מסוים מעל הרצפה. ניתן לשנות את גובהו, להוסיף לו פרות או להוציא ממנו פרות בהתאם לצורך ובכך לשנות את משקלו.
א. פי כמה תגדל אנרגיית הגובה שלו אם יגדילו את גובהו פי 3 ואת משקלו פי 2?
ב. פי כמה תקטן אנרגיית הגובה שלו אם יקטינו את גובהו פי 5 ואת משקלו פי 6?
ג. פי כמה תגדל אנרגיית הגובה שלו אם יגדילו את גובהו פי 12 ויקטינו את משקלו פי 4?

28. א. ילד שמשקלו 400 ניוטון עלה מן הקומה החמישית אל הקומה השביעית. ילדה שמשקלה זהה עלתה מן הקומה הראשונה אל הקומה השלישית. האם הם קיבלו תוספת אנרגיית גובה שווה? הסבירו.
ב. שנו את נתוני סעיף א׳ כך שהתשובה לשאלה תהיה הפוכה. הסבירו. (יש יותר מאפשרות נכונה אחת.)

+29. *משקל משאית ריקה הוא 40,000 ניוטון. היא נושאת משא של 20,000 ניוטון. המשאית יורדת מפסגת הר שגובהו 800 מטרים מעל פני הים, עד שהיא מגיעה למחצית גובהו - 400 מטרים, ושם היא פורקת את כל משאה.*
א. פי כמה קטנה אנרגיית הגובה שלה (לעומת האנרגיה שהייתה לה בשיא הגובה)?
ב. פי כמה תקטן אנרגיית הגובה שלה ביחס לאנרגיית הגובה בשיא גובהה, אם היא תפרוק את כל משאה בכל אחד מן הגבהים הבאים: 200 מטרים, 100 מטרים, 50 מטרים?

30. חשבו את אנרגיית הגובה שיש לכל 1,000 ניוטון של מים לפני שהם נופלים ממפל שגובהו 40 מטרים מעל פני הקרקע.

31. גובהו של שולחן מעל הרצפה הוא 120 סנטימטרים. על השולחן ניצבים 3 חפצים: האחד הוא קערה שמשקלה 8 ניוטון, השני הוא סיר שמשקלו 40 ניוטון והשלישי ספל שמשקלו 3 ניוטון. רצפת החדר היא בגובה 20 מטרים מעל הקרקע שעליה ניצב הבניין.
א. חשבו את אנרגיית הגובה של כל אחד מן החפצים ביחס למשטח הרצפה.
ב. חשבו את אנרגיית הגובה של כל אחד מן החפצים ביחס למשטח הקרקע.

32. סדרו את הגופים הבאים לפי אנרגיית הגובה שלהם - מן האנרגיה הגדולה ביותר ועד לקטנה ביותר. משטח הייחוס הוא הרצפה.
א. ספר שמשקלו 8 ניוטון וגובהו מעל הרצפה 1 מטר.
ב. קנקן מים שמשקלו הכולל 10 ניוטון, העומד על שרפרף שגובהו 60 סנטימטרים מעל הרצפה.
ג. שטיח שמשקלו 150 ניוטון, הפרוש על הרצפה.
ד. תמונה שמשקלה 8 ניוטון, התלויה על הקיר בגובה 1.5 מטרים מעל הרצפה.

33. סדרו את הגופים הבאים לפי אנרגיית הגובה שלהם - מן האנרגיה הגדולה ביותר ועד לקטנה ביותר. משטח הייחוס הוא פני הקרקע.
א. מכונית שמשקלה 8,000 ניוטון, הנוסעת על גשר המוגבה 10 מטרים מעל פני הקרקע.
ב. שטיח שמשקלו 500 ניוטון, הפרוש על הקרקע.
ג. ציפור במשקל 4 ניוטון שעפה בגובה 4 קילומטרים מעל פני הקרקע.
ד. מזל"ט (מטוס זעיר ללא טייס) במשקל 200 ניוטון הנע בגובה 60 מטרים מעל פני הקרקע.

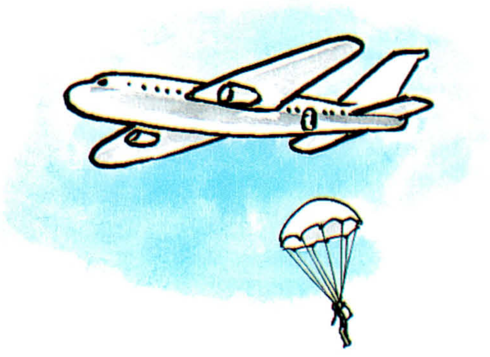
34. משקל של ילד היורד במדרגות היה 300 ניוטון. הוא ירד מגובה 30 מטרים לגובה 20 מטרים מעל פני הקרקע. בכמה פחתה אנרגיית הגובה שלו?

35. לפניכם טבלה בה פירוט משקלם של גופים, גובהם ואנרגיית הגובה שלהם. העתיקו את הטבלה למחברת ומלאו את החסר.

משקל	גובה	אנרגיית גובה
20 ניוטון	10 מטרים	
300 ניוטון	200 ס"מ	
40 ניוטון		200 ג'ול
50 ניוטון		400 ג'ול
2,000 ניוטון		4,800 ג'ול
300 ניוטון		36,000 ג'ול
	800 ס"מ	4,800 ג'ול
	40 ס"מ	600 ג'ול

36. לוויין נע בגובה 500 קילומטרים מעל פני כדור הארץ. מטוס טס בגובה 10 קילומטרים מעל פני הקרקע.
א. האם ייתכן שאנרגיית הגובה של הלוויין תהיה גדולה מאנרגיית הגובה של המטוס, למרות שמשקלו קטן בהרבה מזה של המטוס? הסבירו.
ב. חשבו את היחס בין אנרגיית הגובה של המטוס לאנרגיית הגובה של הלוויין, אם משקל המטוס הוא 20,000 ניוטון ומשקל הלוויין הוא 2,000 ניוטון.

37. משקלו של צנחן הוא 600 ניוטון ומשקל הציוד שלו (כולל המצנח) - 300 ניוטון. הצנחן קופץ ממטוס הטס בגובה 2 קילומטרים מעל פני הקרקע. בכל דקה פוחת גובהו מעל פני הקרקע ב-200 מטרים.



א. חשבו את אנרגיית הגובה הכוללת של הצנחן (שלו ושל הציוד) ברגע קפיצתו מן המטוס.
ב. חשבו את אנרגיית הגובה הכוללת לאחר 2 דקות, 5 דקות, 8 דקות.
ג. לאחר כמה זמן תהיה אנרגיית הגובה הכוללת שלו אפס? הניחו שמהירות צניחתו איננה משתנה במהלך הצניחה.

38. בגלגל ענק, הגובה הנמוך ביותר שאליו מגיע כל תא ישיבה (של הנוסעים) הוא 2 מטרים מעל פני הקרקע. הגובה הגדול ביותר הוא 30 מטרים מעל פני הקרקע. משקל כל מושב ריק הוא 1,000 ניוטון.
א. חשבו את אנרגיית הגובה של תא ישיבה ריק כשהוא בגובה הנמוך ביותר מעל פני הקרקע.
ב. חשבו כמה אנרגיית גובה נוספת לתא ריק כשהוא עולה מגובהו הנמוך ביותר לגובה-השיא שלו.
ג. חשבו את א' ו-ב' לגבי תא עם נוסעים, כשיושבים בו 5 נוסעים שמשקל כל אחד הוא 600 ניוטון.

+39. מכונית שמשקלה הכולל (עם הנוסעים והציוד) הוא 10,000 ניוטונים מטפסת במעלה גבעה. בכל שנייה נוסף לה גובה של 2 מטרים ביחס לרגלי הגבעה.
א. חשבו את אנרגיית הגובה שנוספה לה 10 שניות לאחר שהחלה לטפס מרגלי הגבעה.
ב. כעבור כמה זמן נוספה לה אנרגיית גובה של 1,000,000 (מיליון) ג'ול?

ז. מסה, משקל ואנרגיית גובה

40. מסתה של לבנה היא 1,200 גרם. הלבנה מונחת על גדר בגובה 1.5 מטרים מעל פני הקרקע בכדור הארץ. מהי אנרגיית הגובה שלה?

41. הייתכן שלאותה לבנה בדיוק, אם תימצא בגובה זהה על פני גרם שמים אחר, תהיה אנרגיית גובה שונה? הסבירו.

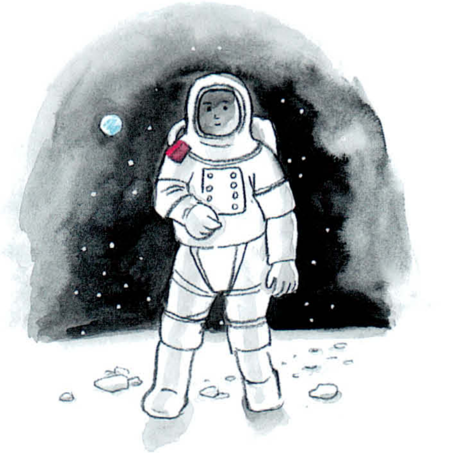
42. מסתו של מטוס היא 2 טונות.
א. חשבו את אנרגיית הגובה שלו (ביחס למסלול ההמראה) לפני המראתו.

ב. חשבו את אנרגיית הגובה שלו (ביחס למסלול ההמראה) שניות ספורות לאחר ההמראה, בגובה 20 מטרים מעל מסלול ההמראה.

43. מסתה של מעלית ריקה היא 400 קילוגרם.
א. מהי אנרגיית הגובה של המעלית הריקה (ביחס לרצפת חדר המדרגות) כשהיא מגיעה לגובה 20 מטרים מעל רצפת חדר המדרגות?
ב. מה תהיה אנרגיית הגובה של המעלית כשהיא בגובה שבסעיף א' (20 מטר), אם מצויים בה 2 אנשים, שמסתו של האחד 60 קילוגרם ושל האחר 70 קילוגרם?
ג. אם המעלית עולה 2 מטרים בכל שנייה, מהי כמות אנרגיית הגובה הנוספת לה בכל שנייה? עשו את החישוב פעם אחת לגבי מעלית ריקה ופעם שנייה לגבי מעלית עם אנשים (של סעיף ב').

44. משקלה של מסה בת 1 קילוגרם על פני מאדים הוא בערך 4 ניוטון. חללית שמסתה 50 טונות נוחתת על פני מאדים.
א. חשבו את אנרגיית הגובה שלה בגובה 100 מטרים מעל פני אדמת מאדים.
ב. פי כמה הייתה גדלה אנרגיית הגובה שלה, אילו נמצאה באותו הגובה מעל פני הקרקע של כדור הארץ?

45. מסתו של אסטרונאוט, כולל ציודו, היא 120 קילוגרם.



א. מהי אנרגיית הגובה שלו על פני כדור הארץ בגובה 20 מטרים מעל פני הקרקע?
ב. מהי אנרגיית הגובה שלו על פני הירח בגובה 30 מטרים מעל פני הקרקע?
+ג. מה צריך להיות גובהו מעל פני הקרקע בירח, כדי שאנרגיית הגובה שלו תהיה זהה לאנרגיית הגובה שלו במקרה של סעיף א'?

+46. לוויין שמסתו 200 קילוגרם מקיף את כדור הארץ בגובה 300 קילומטרים מעל פניו. פי כמה גדולה אנרגיית הגובה שלו מזו של לוויין בעל מסה של 600 קילוגרם, המקיף את הירח בגובה 200 קילומטרים מעל פניו? (הניחו שמשקל הלוויין המקיף את כדור הארץ הוא כמשקלו על פני כדור הארץ, ושמשקל הלוויין המקיף את הירח הוא כמשקלו על פני הירח.)

תשובות מספריות
ל"שואלים את עצמנו", פרק ב

11. 50,000 ניוטון (עבור הערך המקורב של 10 ניוטון לקילוגרם).
12. 0.06 קילוגרם, 20,000 קילוגרם, 0.0002 קילוגרם (לפי סדר ההופעה בשאלה).
13. 6,000,000 גרם, 0.07 גרם, 2,000 גרם (לפי סדר ההופעה בשאלה).
14. 8 טון, 0.01 טון (לפי סדר ההופעה בשאלה).
15. משקלם על כדור הארץ - 12,000 ניוטון (עבור הערך המקורב של 10 ניוטון לקילוגרם על פני כדור הארץ). משקלם על הירח - 2,000 ניוטון, מסתם - 1,200 קילוגרם.
19. 120 קילוגרם.
20. א. קלים ביותר - בפלוטו, כבדים ביותר - בצדק.
ב. משקל האדם על פני גרמי השמים בניוטונים: פלוטו - 35, ירח - 112, מאדים - 273, נוגה - 623, כדור הארץ - 686, נפטון - 742, צדק - 1,750.
21. 42 גרם: בכדור הארץ - 0.41 ניוטון (עבור הערך המדויק של 9.8 ניוטון לקילוגרם).
בירח - 0.067 ניוטון.
6 מיליגרם: בכדור הארץ - 0.000058 ניוטון (עבור הערך המדויק של 9.8 ניוטון לקילוגרם).
בירח - 0.0000096 ניוטון.
9 טונות: בכדור הארץ - 88,200 ניוטון (עבור הערך המדויק של 9.8 ניוטון לקילוגרם).
בירח - 14,400 ניוטון.
23. 1,000 טונות (עבור הערך המדויק של 9.8 ניוטון לקילוגרם).
27. א. פי 6; ב. פי 30; ג. פי 3.
29. א. פי 3; ב. פי 6; ג. פי 12; ד. פי 24.
30. 40,000 ג'ול (עבור הערך המקורב של 10 ניוטון לקילוגרם).
31. ביחס למשטח הרצפה: קערה - 9.6 ג'ול, סיר - 48 ג'ול, ספל - 3.6 ג'ול.
ביחס לקרקע: קערה - 169.6 ג'ול, סיר - 848 ג'ול, ספל - 63.6 ג'ול.
32. סידור אנרגיית הגובה מהגדולה ביותר ועד לקטנה ביותר: תמונה, ספר, קנקן מים, שטיח.
33. סידור אנרגיית הגובה מהגדולה ביותר ועד לקטנה ביותר: מכונית, ציפור, מזל"ט, שטיח.
34. ב-3,000 ג'ול.

35.

משקל	גובה	אנרגיית גובה
20 ניוטון	10 מטרים	200 ג'ול
300 ניוטון	200 ס"מ	600 ג'ול
40 מטרים	5 מטרים	200 ג'ול
50 ניוטון	8 מטרים	400 ג'ול
2,000 ניוטון	2.4 מטרים	4,800 ג'ול
300 ניוטון	120 מטרים	36,000 ג'ול
600 ניוטון	800 ס"מ	4,800 ג'ול
1,500 ניוטון	40 ס"מ	600 ג'ול

36. ב. אנרגיית הגובה של הלוויין גדולה פי 5 מאנרגיית הגובה של המטוס.
37. א. 1,800,00 ג'ול.
ב. לאחר 2 דקות - 1,440,000 ג'ול, לאחר 5 דקות - 900,000 ג'ול, לאחר 8 דקות - 360,000 ג'ול.
ג. לאחר 10 דקות.
38. א. 2,000 ג'ול.
ב. 28,000 ג'ול.
ג. א - 8,000 ג'ול, ב-112,000 ג'ול.
39. א. 200,000 ג'ול.
ב. 50 שניות.
40. 18 ג'ול (עבור הערך המקורב של 10 ניוטון לקילוגרם).
42. א. 0 ג'ול.
ב. 400,000 ג'ול.
43. א. 80,000 ג'ול.
ב. 106,000 ג'ול.
ג. כאשר המעלית ריקה - 8,000 ג'ול, כאשר המעלית עם אנשים - 10,600 ג'ול.
44. א. 20,000,000 ג'ול.
ב. פי 2.5.
45. א. 24,000 ג'ול (עבור הערך המקורב של 10 ניוטון לקילוגרם).
ב. 5,760 ג'ול.
ג. 125 מטרים.
46. פי 3.

פרק ג

האם כמות האנרגיה נשמרת בגלגוליה?

א. חוק שימור האנרגיה / 102

ב. שימור האנרגיה – מחפשים אישורים לחוק / 104

ג. אנרגיית החום בגלגולי האנרגיה / 108

ד. אנרגיית הגובה בספורט ובשעשועים / 111

ה. אנרגיה חשמלית ממפלי מים / 113

א. חוק שימור האנרגיה

האנרגיה חשובה לנו בכל תחומי החיים.
מה קורה לכמות האנרגיה כאשר היא מתגלגלת מסוג אחד למשנהו או כאשר היא עוברת מגוף לגוף? האם כמות האנרגיה גְדֵלה? האם היא קְטֵנה? האם כמותה אינה משתנה כלל?

ניסויים רבים שנערכו במשך הדורות, מראים לנו שכמות האנרגיה אינה משתנה כלל בגלגוליה.
מה הכוונה?

ניסיון הדורות של ממציאים, מדענים ומהנדסים מוביל אותנו למסקנות הבאות:

א. אי אפשר ליצור אנרגיה מלא כלום, יש מאין.
ב. אנרגיה איננה נעלמת. היא עוברת מגוף לגוף ומשתנה מסוג לסוג, אך איננה נעלמת.
ג. כמות האנרגיה היא קבועה, אינה משתנה, לא גְדֵלה ולא קְטֵנה בעת גלגולה מסוג לסוג או בעת העברתה מגוף אחד לגופים אחרים.

עד כה, במשך דורות, לא נתגלתה כל תופעה הסותרת מסקנות אלו, ולכן הן התקבלו כחוק. נוהגים לכנות חוק זה בשם "חוק שימור האנרגיה".

חוק שימור האנרגיה:
כמות האנרגיה איננה משתנה בגלגוליה.
אנרגיה איננה נוצרת מעצמה ואיננה נעלמת.

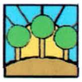
שאלה 1: קומקום חשמלי קיבל אנרגיה חשמלית של 4,000 ג'ול. איזו תוספת של אנרגיית חום קיבלו המים שבקומקום? (הניחו שרק המים מקבלים את האנרגיה.)

שאלה 2: חיממו מים בקומקום חשמלי. הקומקום קיבל אנרגיה חשמלית של 6,000 ג'ול. בבדיקה שנעשתה למים שהתחממו התגלה שהמים קיבלו תוספת אנרגיית חום של 4,500 ג'ול בלבד. האם זה סותר את חוק שימור האנרגיה? הסבירו.

בעבר, לפני גילוי חוק שימור האנרגיה, ניסו רבים לפתח מכונה המייצרת אנרגיה מלא-כלום. איש לא הצליח, כמובן, לפתח מכונה כזו, משום שפעולתה היא בניגוד לחוק שימור האנרגיה. מה פירוש "בניגוד לחוק"? הרי לעתים אנשים נוהגים בניגוד לחוק. אנשים

יכולים לנהוג בניגוד לחוקים הנחקקים על ידי בני אדם (ואז הם עבריינים). אבל איש איננו יכול לנהוג בניגוד לחוקי הטבע: חוק שימור האנרגיה הוא חוק טבע. כשם שאיש איננו יכול לחיות ללא חמצן, או לנשום במים, כך איש אינו יכול לייצר מכונה הפועלת מבלי שתושקע בה אנרגיה.

איש גם לא הצליח לפתח מכונה שתקבל אנרגיית תנועה התחלתית ותמשיך לנוע באופן מתמיד, לנצח, עם אותה אנרגיית תנועה התחלתית. למכונה שרבים התאמצו לפתח ללא הצלחה קוראים "מכונה נצחית", או בלטינית - פֶּרְפֶּטוּאוּם מוֹבִּילֶה (Perpetuum Mobile). הסיבה לאי-ההצלחה היא שפעולתה של כל מכונה מלווה בחיכוך. החיכוך גורם לגלגול מתמיד של אנרגיית תנועה לאנרגיית חום, ולכן יש לספק למכונה אנרגיית תנועה בלי הרף כדי שתמשיך בתנועתה.

 תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיית תנועה - **על פרפטואום מובילה וצעצועי מנהלים**

ב. שימור האנרגיה
מחפשים אישורים לחוק

לפניכם שתי אפשרויות לימוד לסעיף זה:

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית גובה - חדר מטוטלת
תוכלו לערוך את הניסוי באופן וירטואלי. הניסוי בתוכנה מראה את המתרחש בתנאים אידאליים.
ענו על השאלות במחשב המסקנות.

ספר הלימוד

בניסוי הבא ננסה לקבל אישור לחוק שימור האנרגיה.

ניסוי 1 - מטוטלת בתנועה

לפניכם מטוטלת העשויה מכדור התלוי על חוט.

- תחילה הגביהו את המטוטלת לגובה מסוים שתבחרו. הקפידו שהחוט יהיה מתוח.
- מִדדו את הגובה של תחתית הכדור מעל משטח הייחוס וּרשמו אותו. משטח הייחוס יהיה המשטח הנמוך ביותר שתחתית הכדור מגיעה אליו בעת תנועת המטוטלת.
- השמיטו את המטוטלת (במילים אחרות: הרפו ממנה בלי לתת לה מהירות). עצרו את המטוטלת בגובה המרבי שאליו היא מגיעה בצד הנגדי בפעם הראשונה.
- מדדו את הגובה של תחתית הכדור מעל משטח הייחוס ורשמו אותו.

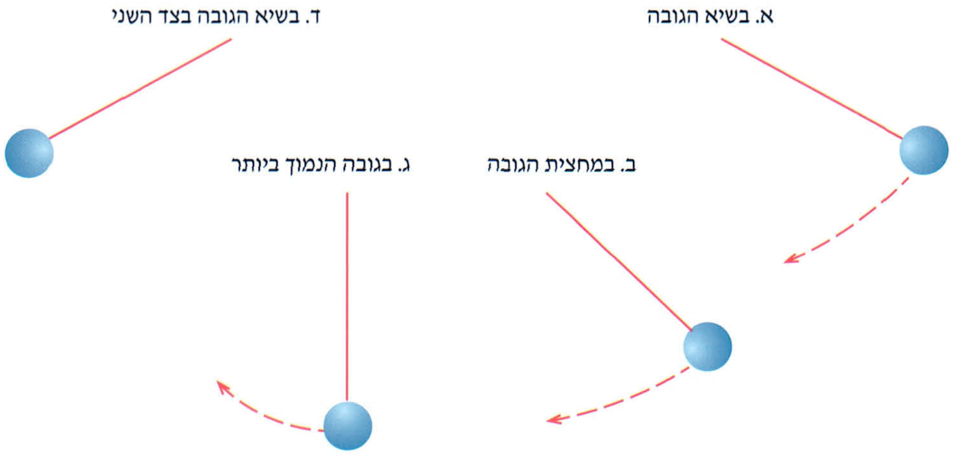
שאלה 3: מהי המסקנה מניסוי 1 לגבי אנרגיית הגובה של המטוטלת בתחילת הניסוי לעומת אנרגיית הגובה שלה בצד הנגדי, במצבה הסופי?

בכל אחד משני המצבים של המטוטלת, ההתחלתי והסופי, היא איננה נעה, היא נמצאת במנוחה. לכן אין לה אנרגיית תנועה במצבים אלה. האנרגיה היחידה של המטוטלת במצבים אלה היא אנרגיית גובה.

שאלה 4: האם הניסוי מהווה אישור לחוק שימור האנרגיה? חשבו על כמות האנרגיה שיש למטוטלת במצב ההתחלתי ועל אנרגיית הגובה שיש לה במצב הסופי.

שאלה 5: האם המסקנה הייתה משתנה אילו הייתם בוחרים מישור ייחוס אחר? הסבירו.

עד כה עסקנו רק בשני מצבים של המטוטלת: התחלתי וסופי. לשאר המצבים שבהם נמצאת המטוטלת במשך תנועתה נקרא **מצבי ביניים**.

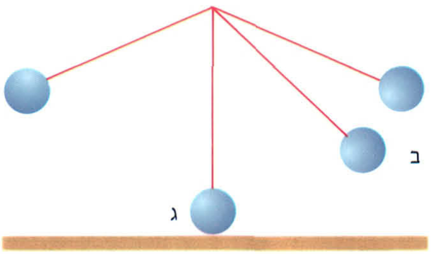


שאלה 6: התבוננו באיורים. איזה סוג או סוגים של אנרגיה יש למטוטלת בכל אחד מן המצבים?

שאלה 7: תארו שלושה מצבי ביניים נוספים של המטוטלת. במה נבדלים מצבי הביניים זה מזה ובמה הם זהים?

בכל אחד ממצבי הביניים יש למטוטלת אנרגיית גובה ואנרגיית תנועה כאחד. במה שונים מצבי הביניים זה מזה? ככל שהמטוטלת נמצאת גבוה יותר, יש לה יותר אנרגיית גובה ופחות אנרגיית תנועה. ככל שהמטוטלת נמצאת נמוך יותר, יש לה יותר אנרגיית תנועה ופחות אנרגיית גובה. בכל המצבים, הכמות הכללית של האנרגיה היא קבועה.

הסכום של כמות אנרגיית הגובה ושל כמות אנרגיית התנועה של המטוטלת בכל אחד ממצבי הביניים שווה לכמות אנרגיית הגובה של המטוטלת בתחילת הניסוי.



שאלה 8: באילו מצבים המטוטלת היא בעלת אנרגיית הגובה הגדולה ביותר?

שאלה 9: באיזה מצב המטוטלת היא בעלת אנרגיית הגובה הקטנה ביותר?

שאלה 10: כאשר המטוטלת נעה למטה בדרכה למצב ב', אנרגיית הגובה שלה הולכת וקטֵנה. לְמה התגלגל חלק מאנרגיית הגובה שהייתה לה במצב א'?

שאלה 11: כאשר המטוטלת נעה למעלה בדרכה למצב ד', אנרגיית הגובה שלה הולכת וגדלה. איזו אנרגיה התגלגלה לאנרגיית הגובה של מצב ד'?

שאלה 12: ככל שאנרגיית הגובה של המטוטלת פוחתת, אנרגיית התנועה שלה גדולה יותר. הסבירו זאת על פי חוק שימור האנרגיה.

שאלה 13: נתונה מטוטלת. משקל החוט זניח. משקל הכדור 10 ניוטון. היא מוגבהת לגובה 2 מטרים. משמיטים את המטוטלת והיא מגיעה לקצה השני של מסלול תנועתה. עוצרים אותה ברגע שהיא מגיעה לשיא הגובה בתום התנודה הראשונה.

- מהי אנרגיית הגובה התחלתית של המטוטלת?
- מהי אנרגיית הגובה הסופית של המטוטלת?
- מהי אנרגיית התנועה של המטוטלת בתחתית המסלול?
- מהי אנרגיית התנועה של המטוטלת בגובה 1 מטר?
- מהי אנרגיית התנועה של המטוטלת בגובה 0.5 מטר?

שאלה 14: מהי היחידה של אנרגיית התנועה?

שאלה 15: תלמידה אמרה שהיא לא יכולה לחשב את אנרגיית התנועה של המטוטלת כי לא ידועה לה הנוסחה של אנרגיית התנועה. האם היא צודקת? נמקו.

קיבלנו אישור לחוק שימור האנרגיה במקרה של המטוטלת. במקרה זה מתרחשים גלגולי האנרגיה באותו הגוף עצמו (המטוטלת). נבדוק עתה אם האנרגיה נשמרת גם כשהיא נמסרת מגוף לגוף.

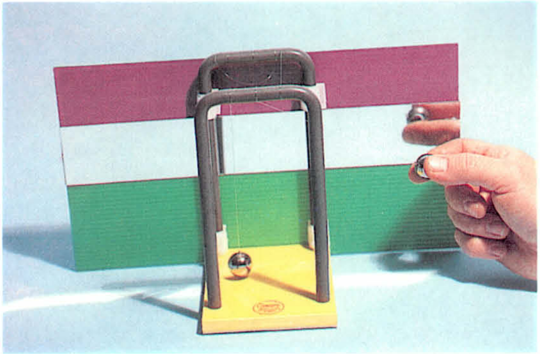
תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית גובה – חדר משקל על הגובה – משחק הליצנים
במשחק זה תוכלו לחשב את הגובה המרבי המתקבל בצירופים שונים של מעברי אנרגיה מגוף לגוף.

ניסוי 2 – מטוטלות מתנגשות

לפניכם שתי מטוטלות זהות לאלו שבניסוי 1.

- דאגו שמטוטלת אחת תימצא במנוחה; את השנייה הגביהו, כפי שמתואר, ולאחר מכן השמיטו אותה. (הקפידו שהחוט יהיה מתוח.)



שאלה 16: תארו את גלגולי האנרגיה מהרגע שבו מרפים מן המטוטלת הראשונה ועד לרגע שבו המטוטלת השנייה הגיעה לגובהה המרבי. מה משתנה ומה נשאר קבוע במשך כל התהליך?

שאלה 17: המטוטלות זהות לחלוטין במשקלן. האם אפשר לקבל מניסוי זה אישור נוסף לחוק שימור האנרגיה? הסבירו.

ג. אנרגיית החום בגלגולי האנרגיה

ניסוי 3 – מה קורה למטוטלת בהמשך תנועתה?

השתמשו שוב במטוטלת של ניסוי 1.

- הגביהו אותה לגובה שתבחרו.
- מדדו את הגובה שלה והשמיטו אותה.
- עתה, בניגוד לניסוי 1, הניחו למטוטלת להתנודד תנודות אחדות.

• מה קרה לגובה המטוטלת לאחר כמה תנודות?

שאלה 18: האם יש בניסוי סתירה לחוק שימור האנרגיה? הסבירו.
(רמז: חִשבו לאיזה סוג של אנרגיה מתגלגלת האנרגיה ההתחלתית של המטוטלת עקב החיכוך עם ציר התנועה של המטוטלת ועם האוויר.)

שאלה 19: אם תגעו במטוטלת לפני השמטתה ולאחר שאיבדה גובה, לא תחושו שהיא התחממה. מדוע?

שאלה 20: מדוע ההבדל בין הגובה ההתחלתי לבין הגובה הסופי בתנודה הראשונה הוא מזערי ובלתי מורגש?

שאלה 21: קיימות דוגמאות רבות נוספות לגלגול לאנרגיית חום כתוצאה מחיכוך עם האוויר. הביאו דוגמאות מאלה שהזכרנו בפרקים הקודמים.

שאלה 22: השתמשו בחוק שימור האנרגיה לגבי המטוטלת בעת תנועתה. נסחו אותו תוך שימוש בביטויים "אנרגיית הגובה ההתחלתית"; "אנרגיית התנועה במצב ביניים"; "אנרגיית החום"; "אנרגיית הגובה במצב ביניים". אפשר לכתוב את החוק גם בצורת נוסחה של סכום מתמטי.

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית גובה – חדר המטוטלת

ענו על השאלות בדבר המטוטלת המציאותית במחשב המסקנות.

קלטת ניסויים **מדע במעבדה ב'**

אנרגיית גובה - ניסוי מצולם של סלסילה המסובבת גלגל בעת נפילתה ולאחר מכן עולה שוב.

תקליטור הספר

סרט ודף עבודה: **מדידת כמויות אנרגיה לפני גלגול ולאחריו**
קטע קצר מתוך הניסוי המצולם בקלטת מופיע בתקליטור ומצורף לו דף עבודה.

שאלה 23: התבוננו באיורים הבאים: מהו החומר או הגוף שאתו נוצר חיכוך בכל אחד מהאיורים?

שאלה 24: מתעמלים על מתח נוהגים לטבול את ידיהם באבקה מיוחדת לפני ביצוע תרגיל על המתח. מדוע?

שאלה 25: כיצד חוק שימור האנרגיה בא לידי ביטוי בכל אחד מהאיורים שלמעלה?

בכל הדוגמאות האלה מתפתחת אנרגיית חום כתוצאה מחיכוך.

לעתים החיכוך מפריע ולעתים הוא נחוץ. למשל, הוא מפריע לפעולת מנועים. כדי להקטין את החיכוך במנוע, משתמשים בנוזלים הקרויים שמני סיכה. משאבה מזריקה את השמן על החלקים הנעים של המנוע.

במקרים אחרים החיכוך נחוץ. מכוניות משתמשות בו להאטת מהירותן באמצעות הבלם. הבלם נצמד לגלגלי המכונית והחיכוך שנוצר בינו לבין הגלגל גורם להאטת תנועת הסיבוב של הגלגל. המכוניות זקוקות לחיכוך גם לשם הנסיעה עצמה. מכונית הנעה על משטח חסר חיכוך, כגון קרח, גלגליה יסתובבו במקום והיא לא תתקדם כלל.

המלצה על סרט

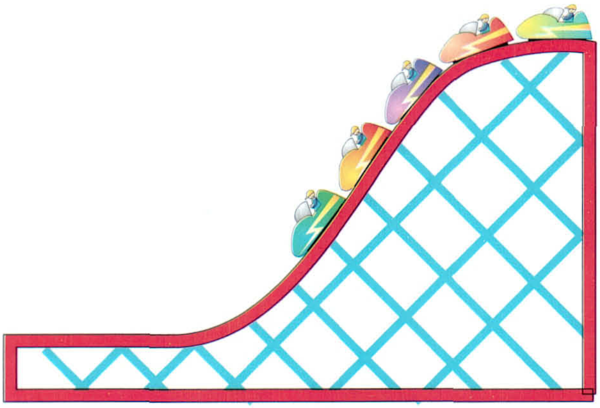
"כוח וחיכוך" מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

מסלול חלופי

כדי ללמוד איך לחשב כמויות של אנרגיית חום, תוכלו לעבור לפרק ה: **מחשבים אנרגיית חום** (עמ' 163).

ד. אנרגיית הגובה בספורט ובשעשועים

באיור שלפניכם רכבת הרים. מביאים אותה אל גובה מסוים במעלה המסילה ומניחים לה להחליק במורד.



פעולתה של רכבת ההרים מתאפשרת הודות לשני גורמים: שימור האנרגיה וגלגולי האנרגיה.

שאלה 26: תארו את גלגול האנרגיה המתחולל ברכבת ההרים תוך כדי החלקתה על המסילה.

שאלה 27: מה קורה לאנרגיית הגובה של רכבת ההרים ולאנרגיית התנועה שלה ככל שהיא מחליקה נמוך יותר לאורך המסילה?

שאלה 28: מה יהיה סך כל אנרגיית התנועה ואנרגיית הגובה של הרכבת בנקודה כלשהי לאורך המסילה לאחר שהרכבת החלה בנסיעתה - גדול יותר, קטן יותר או שווה לאנרגיית הגובה ההתחלתית שלה? הסבירו.

שאלה 29: רכבת ההרים משתחררת מן הפסגה הראשונה. האם היא תוכל להגיע אל פסגה אחרת בגובה גדול יותר בלי שהיא תקבל דחיפה? הסבירו.

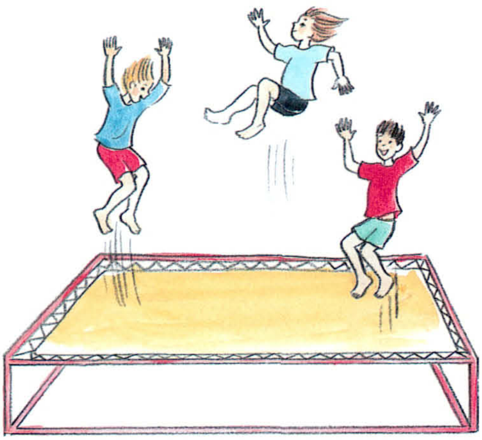
שאלה 30: רכבת ההרים משתחררת מן הפסגה הראשונה. האם היא תוכל להגיע אל פסגה זהה בגובהה לזו הראשונה, בהנחה שאין גלגולי אנרגיה מלבד מאנרגיית גובה לאנרגיית תנועה ולהפך? הסבירו.

שאלה 31: רכבת הרים שמשקלה 5,000 ניוטון גולשת מפסגה שגובהה 30 מטרים. מה תהיה אנרגיית התנועה שלה כשתגיע לפסגה בגובה 10 מטרים? (הזניחו את הגלגול לאנרגיית חום.)

שאלה 32: רכבת הרים שמשקלה 4,000 ניוטון גולשת מפסגה שגובהה 15 מטרים ומגיעה לפסגה שגובהה 5 מטרים. חמישית מאנרגיית הגובה ההתחלתית של הרכבת מתגלגלת לאנרגיית חום. חשבו את אנרגיית התנועה שלה בפסגה השנייה.

שאלה 33: רכבת הרים שמשקלה 3,000 ניוטון גולשת מפסגה בגובה של 20 מטרים אל תחתית הפסגה. מה צריך להיות גובה הפסגה הבאה כדי שהרכבת תוכל להגיע אליה, אם ידוע ש-$^1/_5$ מן האנרגיה שלה מתגלגלת לאנרגיית חום?

שאלה 34: מה השימוש שנעשה בשימור האנרגיה ובגלגולי אנרגיה בכל אחת מן הדוגמאות הבאות: נדנדה, טרמפולינה, גלישת סקי?

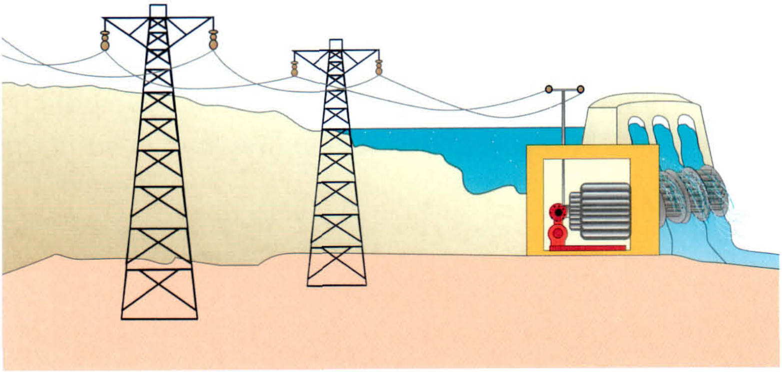


שאלה 35: ילד מחליק על גלגיליות. הוא עושה שימוש באנרגיית גובה כדי להופכה לאנרגיית תנועה בגלישה על מסלול חלק.
משקל הילד (עם הגלגיליות) הוא 400 ניוטון. הגובה שממנו החל לגלוש היה 6 מטרים מעל פני הנקודה הנמוכה ביותר של המסלול. הנקודה הגבוהה ביותר שאליה הגיע הילד בצד הנגדי של המסלול הייתה בגובה 4 מטרים מעל פני הנקודה הנמוכה ביותר של המסלול. כמה מאנרגיית הגובה ההתחלתית של הילד התגלגלה לאנרגיית חום?

ה. אנרגיה חשמלית ממפלי מים

בפרק על אנרגיית הגובה נידון רעיון "תעלת הימים", שלפיו תופק אנרגיה חשמלית באמצעות מים שיפלו מהים התיכון אל ים המלח.

שאלה 36: תארו בתרשים אנרגיה את שרשרת גלגולי האנרגיה המובילה להפקת אנרגיה חשמלית על פי האיור.



שאלה 37: האם כמות האנרגיה החשמלית המתקבלת מנפילה של כמות מים מגובה מסוים זהה לכמות אנרגיית הגובה שהייתה למים לפני שנפלו?

שאלה 38: במה תלויה כמות האנרגיה החשמלית שאפשר להפיק בכל שנייה ממפל מים?

שאלה 39: האם ייתכן שהאנרגיה החשמלית שמפל מים מסוים מסוגל לספק בשנייה אחת תהיה גדולה מהאנרגיה החשמלית שמפל מים אחר, גבוה ממנו בהרבה, מסוגל לספק במשך שנייה אחת? הסבירו.

שאלה 40: במפל מים נופלים בכל שנייה מים במשקל 400,000 ניוטון מגובה של 100 מטרים.

א. חשבו את כמות האנרגיה הכוללת המתגלגלת בכל שנייה מאנרגיית גובה לאנרגיות אחרות.

ב. $^2/_5$ מאנרגיית הגובה מתגלגלות לאנרגיה חשמלית. חשבו את האנרגיה החשמלית המופקת בשנייה.

שאלה 41: בתחנה הידרו-חשמלית, גובה המפל הוא 40 מטרים. בכל 10 שניות נופלים בו מים שמשקלם 200,000 ניוטון. רק חצי מאנרגיית הגובה מתגלגלת לאנרגיה חשמלית. חשבו את האנרגיה החשמלית המופקת מן המפל בדקה אחת.

שאלה 42: באיזה מ-2 המפלים שבשאלות הקודמות מופקת אנרגיה חשמלית בקצב מהיר יותר? הסבירו.

שאלה 43: נניח שמשפחה צורכת 1,000 ג'ול של אנרגיה חשמלית בכל שנייה. חַשבו לכמה משפחות בעלות צריכת אנרגיה כזאת מסוגל המפל הראשון לספק אנרגיה חשמלית בכל שנייה. עשו חישוב דומה לגבי המפל השני.

אנרגיה ברשת (אתרי אינטרנט רלוונטיים לפרק)

- Bang! Boing! Pop!

  כתובת: http://tqd.advanced.org/3042/contents.html

  תיאור האתר: הסברים בנושאי אנרגיה ובנושאים פיזיקליים אחרים (לדוגמה: מידע על שימור אנרגיה, שימור תנע קווי ושימור תנע זוויתי). ניתן לבדוק את הידע בנושא האנרגיה באמצעות מבחן. באתר מילון מונחים פיזיקליים.

- Energy Conservation Enhancement Project

  כתובת: http://ecep.usl.edu/ecep/ecep.html

  תיאור האתר: הסברים ומערכי שיעור מפורטים בנושאי אנרגיה שונים, כולל שימור אנרגיה, חיסכון באנרגיה, מקורות אנרגיה, אנרגיה בבית, תחבורה ואנרגיה. האתר כולל גם מבחנים לבדיקת הנלמד. באתר הצעות לחיסכון באנרגיה.

לקריאה נוספת

- אמיר בן שלום (1996), על "פרפטואום מובילה" וצעצועי מנהלים, **כמעט 2000**, 10, עמ' 14-16.

מסכמים את פרק ג

- **חוק שימור האנרגיה:** כמות האנרגיה איננה משתנה בגלגוליה. לכן אנרגיה גם איננה נוצרת מעצמה ואינה נעלמת.
- חיכוך גורם לגלגול של אנרגיית תנועה לאנרגיית חום.
- אנחנו מנצלים לצורכינו את שימור האנרגיה ואת העובדה שניתן לגלגל אנרגיה.

שואלים את עצמנו - פרק ג

א. חוק שימור האנרגיה

1. רק משפט אחד מבין המשפטים הבאים הוא נכון. איזה?
   א. ברוב המקרים לא נוצרת אנרגיה מעצמה.
   ב. ברוב המקרים לא ניתן ליצור אנרגיה יש מאין, אך אנרגיה יכולה להיעלם.
   ג. אנרגיה לעולם איננה נוצרת יש מאין, אך בתנאים מסוימים היא יכולה להיעלם.
   ד. אנרגיה לעולם איננה נעלמת ולעולם איננה נוצרת מאליה.

2. רק משפט אחד מבין הבאים הוא נכון לגבי חוק שימור האנרגיה. איזה?
   א. חוק שימור האנרגיה נכון רק בגלגולי אנרגיה שיש בהם שינוי סוג האנרגיה.
   ב. חוק שימור האנרגיה נכון רק בגלגולי אנרגיה שיש בהם מסירת אנרגיה מגוף לגוף.
   ג. חוק שימור האנרגיה נכון תמיד.
   ד. בדרך כלל, חוק שימור האנרגיה נכון בכל סוג של גלגול אנרגיה.

3. רק משפט אחד מבין המשפטים הבאים הוא נכון. איזה?
   א. חוק שימור האנרגיה הוכח באופן מתמטי, בלי קשר למציאות, ואין כל אפשרות לערער עליו.
   ב. שימור האנרגיה הוא חוק שנוסח לאור ניסיון ארוך. ניסיון זה לא עמד עד כה בסתירה לחוק.
   ג. חוק שימור האנרגיה הוא השערה שעד כה לא אושרה בשום דרך.
   ד. חוק שימור האנרגיה איננו מבטא את המציאות המדעית.

ב. שימור האנרגיה – מחפשים אישורים לחוק

ג. אנרגיית החום בגלגולי האנרגיה

4 ילד גולש במגלשה. כשהוא נמצא בראש המגלשה יש לו אנרגיית גובה מסוימת ביחס לאדמה. כשהוא נמצא בתחתיתה אין לו כלל אנרגיית גובה, כלומר אנרגיית הגובה שלו נעלמת. האם זה סותר את חוק שימור האנרגיה? הסבירו.

5. מכונית נוסעת מחוף הים אל הרי ירושלים. כשהיא בחוף הים אין לה כל אנרגיית גובה (ביחס לפני הים). לאחר שהיא מגיעה לירושלים, יש לה אנרגיית גובה רבה (ביחס לפני הים). נוספה לה, אם כן, אנרגיית גובה. האם זוהי סתירה לחוק שימור האנרגיה? הסבירו.

6. מיקסר מגלגל אנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה. למרות זאת, רק חלק מן האנרגיה החשמלית מתגלגל לאנרגיית תנועה. כיצד זה מתיישב עם חוק שימור האנרגיה?

7. נוהגים לשמן צירים וכן חלקים אחרים של מכונות שונות שיש בהן חלקים נעים (מנועי מכוניות, מדחפים של מסוקים, טורבינות שונות וכו'). הסבירו מדוע עושים זאת, על פי שיקולי אנרגיה.

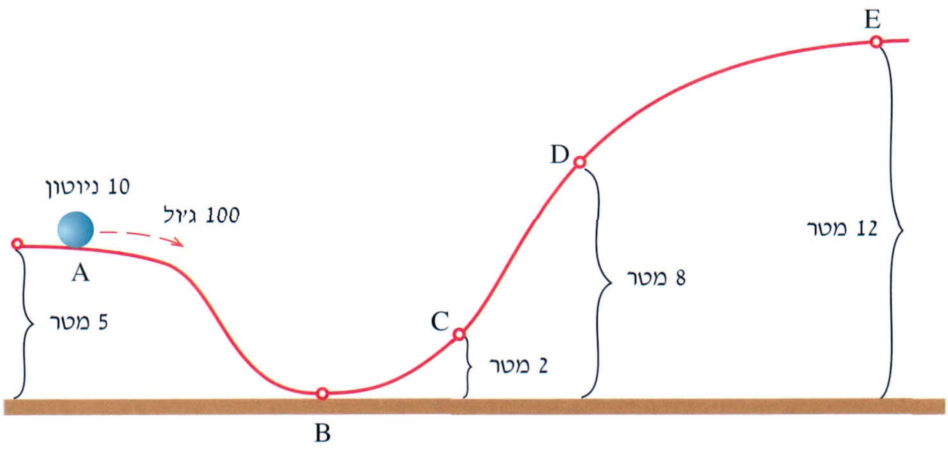
8. כדור שמשקלו 5 ניוטון מתדרדר ממגלשה מגובה 10 מטרים. בהנחה שאנרגיית הגובה מתגלגלת רק לאנרגיית תנועה, חשבו את אנרגיית התנועה שלו בהגיעו לרגלי המגלשה.

9. האם אנרגיית הגובה של כדור המתדרדר במורד מתגלגלת רק לאנרגיית התנועה של הכדור? הסבירו.

10. באיור שלפניכם, כדור הנע על מסלול כה חלק עד שניתן להזניח גלגולי אנרגיה לאנרגיית חום כתוצאה מן החיכוך עם המסלול. כן ניתן להזניח גלגולי אנרגיה לאנרגיית חום כתוצאה מן החיכוך עם האוויר. משקל הכדור הוא 10 ניוטון.
כשהכדור בנקודה A, הנמצאת בגובה 5 מטרים מעל פני הקרקע, אנרגיית התנועה שלו היא 100 ג'ול.

חשבו את אנרגיית התנועה של הכדור בכל אחת מן הנקודות הבאות: E ,D ,C ,B.
גובה כל נקודה מעל פני הקרקע הוא:

B: גובה הקרקע.
C: 2 מטרים.
D: 8 מטרים.
E: 12 מטרים.

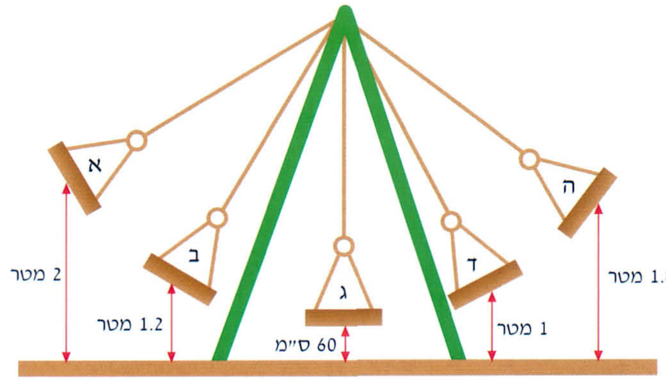


11. כדור שמשקלו 10 ניוטון נופל מגובה 4 מטרים מעל פני הרצפה. כתוצאה מן החיכוך עם האוויר, מתגלגלת אנרגיה של 8 ג'ול לאנרגיית חום. חשבו את אנרגיית התנועה של הכדור בהגיעו לקרקע, בהנחה שאנרגיית הגובה שלו מתגלגלת רק לאנרגיית תנועה ולאנרגיית חום.

+12. משקלו של גוף על פני הירח קטן פי 6 ממשקלו על פני כדור הארץ.
א. זורקים כדור כלפי מעלה באופן אנכי על פני הירח. הוא מגיע לגובה גדול בהרבה מזה שהיה מגיע אליו אילו הייתה מוענקת לו אנרגיית תנועה זהה על פני כדור הארץ. הסבירו מדוע.
ב. כדור שמסתו 600 גרם נשמט מגובה של 20 מטרים מעל פני הירח. מהי אנרגיית התנועה שלו בהגיעו לפני הירח, בהנחה שאנרגיית הגובה מתגלגלת רק לאנרגיית תנועה?

ד. אנרגיית הגובה בספורט ובשעשועים

13. נדנדה תלויה שמשקלה 200 ניוטון מתנדנדת מבלי שישב איש בתוכה. גובה השיא שלה הוא 2 מטרים מעל פני הנקודה הנמוכה ביותר שאליה היא מגיעה. הזניחו את הגלגול לאנרגיית חום והניחו שבתהליך ההתנדנדות מעורבים רק שני סוגי אנרגיה: אנרגיית תנועה ואנרגיית גובה (שתיהן יחד או אחת מהן בלבד). חשבו את אנרגיית התנועה ואנרגיית הגובה בכל אחת מן הנקודות הבאות (גובהן מעל פני הנקודה הנמוכה ביותר שאליה מגיעה הנדנדה מסומן בסוגריים): א (2 מטרים), ב (1.2 מטרים), ג (60 ס"מ), ד (100 ס"מ), ה (1.8 מטרים).



14. אחרי שמתנדנדים זמן-מה בנדנדה צריך להוסיף לה אנרגיית תנועה מבחוץ (איך?) כדי שתמשיך להתנדנד. הסבירו מדוע, תוך שימוש בשיקולי אנרגיה.

שימו לב: הסימון + לצד השאלה מציין שהיא קשה.

15. נדנדה שמשקלה (עם היושבים בה) הוא 1,000 ניוטון, מוגבהת לגובה 1 מטר מעל הנקודה הנמוכה ביותר שאליה היא מגיעה. לאחר 5 מחזורים (מחזור - הדרך שעושה הנדנדה מנקודת השיא שלה ועד שהיא חוזרת לאותה הנקודה, או כמעט לאותה הנקודה), גובה השיא שלה הוא רק 60 סנטימטרים.
   א. הסבירו כיצד ייתכן הדבר על פי חוק שימור האנרגיה.
   +ב. הניחו שסוגי האנרגיה המעורבים בתהליך הם אנרגיית תנועה, אנרגיית גובה ואנרגיית חום וחַשבו כמה מאנרגיית הנדנדה מתגלגלת לאנרגיית חום בכל מחזור בממוצע.

16. ילדה שמשקלה 300 ניוטון קופצת אל טרמפולינה מדרגש שגובהו מעל הטרמפולינה הוא 4 מטרים. לאחר נחיתת הילדה על הטרמפולינה, היא נהדפת כלפי מעלה ומגיעה לגובה מרבי של 3 מטרים מעל פני הטרמפולינה.
   א. תארו את גלגולי האנרגיה המתרחשים.
   ב. כמה מאנרגיית הגובה ההתחלתית של הילדה התגלגלה לאנרגיית חום (בהנחה שאנרגיית הגובה ההתחלתית מתגלגלת רק לאנרגיית גובה, תנועה וחום)?

17. גולש סקי שמסתו עם הציוד היא 80 קילוגרם, גולש מפסגת הר בגובה 300 מטרים. בהגיעו לרגלי ההר יש לו אנרגיית תנועה של 150,000 ג'ול. חשבו כמה מאנרגיית הגובה ההתחלתית שלו התגלגלה לאנרגיית חום. (הניחו שאנרגיית הגובה מתגלגלת כאן רק לאנרגיית חום ואנרגיית תנועה.)

ה. אנרגיה חשמלית ממפלי מים

18. בעבר נהגו להשתמש במפלי מים להנעת טחנות קמח. המים שנפלו על כנפי הטחנה הניעו אותן ואפשרו את סיבוב אבני הריחיים זו על גב זו ואת פעולת הטחינה של הקמח. לא כל אנרגיית הגובה של המפלים התגלגלה לאנרגיית התנועה של הטחנה. מדוע?

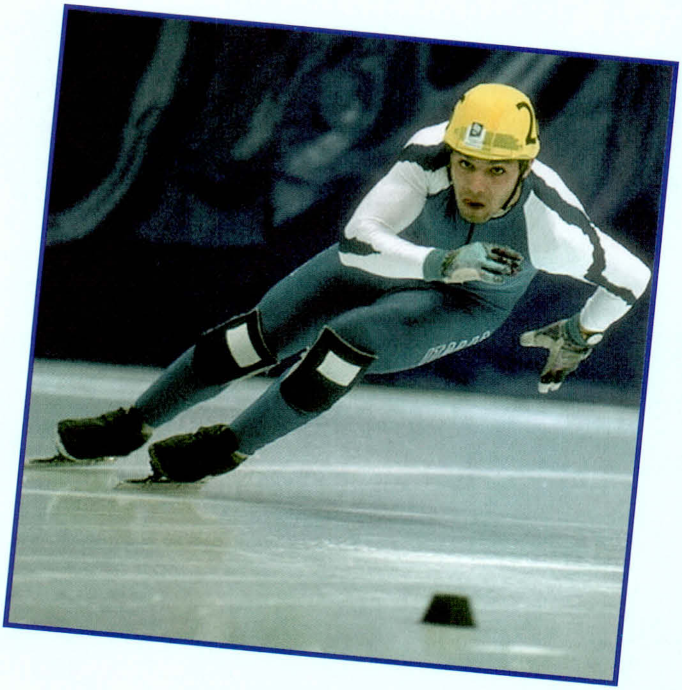
19. לא כל אנרגיית הגובה של מפל מים ניתנת לגלגול לאנרגיה חשמלית.
   א. הסבירו מדוע.
   ב. מה הייתם מציעים לעשות כדי להגדיל את אחוז אנרגיית הגובה המתגלגלת לאנרגיה חשמלית?

20. בתחנה הידרו-אלקטרית יש מאגר וסכר שניתן לסוגרו ולפותחו בהתאם לכמות המים שרוצים לשחרר. גובה המפל מעל פני המשטח שאליו נשפכים המים הוא 40 מטרים. על פני המשטח מצוי מתקן המגלגל אנרגיית גובה של מים לאנרגיה חשמלית באמצעות טורבינה המניעה גנרטור. המפעל מגלגל מחצית מאנרגיית הגובה של המים לאנרגיה חשמלית.

א. מהי כמות האנרגיה החשמלית המתקבלת בשנייה אחת, כאשר משחררים בכל שנייה 500 קילוגרם מים?
ב. איזו מסת מים יש לשחרר בכל שנייה כדי לקבל בכל שנייה אנרגיה חשמלית של 40,000 ג'ול?
ג. הסכר מיועד לספק אנרגיה חשמלית לבתיהם של תושבי עיר. כיצד הייתם משנים את פתיחת הסכר על פי שעות היממה הבאות? 4 בלילה, 11 בבוקר, 7 בערב, 12 בלילה. הסבירו.

תשובות מספריות
ל"שואלים את עצמנו", פרק ג

8. 50 ג'ול.
10. B: 150 ג'ול; C: 130 ג'ול; D: 70 ג'ול; E: 30 ג'ול.
11. 32 ג'ול.
12. 20 ג'ול.
13. א. אנרגיית גובה: 400 ג'ול, אנרגיית תנועה: 0 ג'ול.
ב. אנרגיית גובה: 240 ג'ול , אנרגיית תנועה: 160 ג'ול.
ג. אנרגיית גובה: 120 ג'ול, אנרגיית תנועה: 280 ג'ול.
ד. אנרגיית גובה: 200 ג'ול, אנרגיית תנועה: 200 ג'ול.
ה. אנרגיית גובה: 360 ג'ול, אנרגיית תנועה: 40 ג'ול.
15. 80 ג'ול.
16. 300 ג'ול.
17. 90,000 ג'ול.
20. א. 100,000 ג'ול.
ב. 200 ק"ג.



פרק ד

עולם בתנועה

א. אנרגיית התנועה / 122

ב. במה תלויה אנרגיית התנועה? / 125

ג. הקשר המדויק בין המסה לבין אנרגיית התנועה / 133

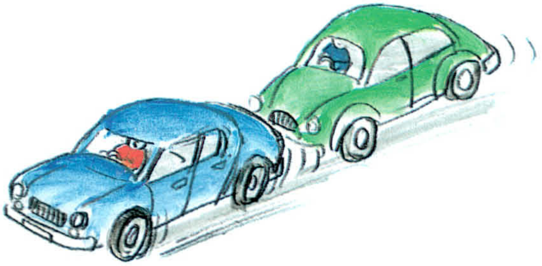
ד. הקשר המדויק בין המהירות לבין אנרגיית התנועה / 135

ה. מחשבים אנרגיית תנועה / 138

ו. אנרגיית התנועה בכבישים / 142

א. אנרגיית התנועה

נהג נוסע ברכבו. לפתע עוצרת המכונית הנוסעת לפניו בחריקת בלמים. הנהג לוחץ מיד על דוושת הבלם כדי להימנע מהתנגשות רכבו במכונית שלפניו.
האם יצליח הנהג למנוע את ההתנגשות ובכך למנוע פגיעה בו, ביתר נוסעי כלי הרכב ובנוסעי המכונית שלפניו?



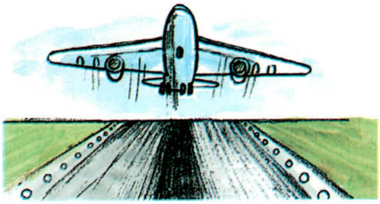
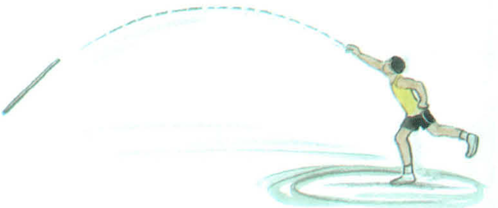
למכונית הנוסעת יש אנרגיית תנועה. כדי למנוע את ההתנגשות צריך הנהג להפחית את אנרגיית התנועה של המכונית עד לאפס, כלומר לעצור את המכונית. הוא עושה זאת על ידי לחיצה על הבלם.
מה קובע את המרחק שתעשה המכונית מהרגע שהנהג מבחין בצורך לעצור ועד לעצירה, כלומר עד לביטול אנרגיית התנועה של המכונית?

זוהי אחת השאלות שנעסוק בה בפרק זה.
שאלה זו היא בעלת חשיבות רבה מאחר שתאונות הדרכים הפכו למכה במדינת ישראל וגם בעולם כולו. מאות בני אדם נהרגים בישראל באלפי תאונות דרכים מִדֵי שנה ורבים עוד יותר נפצעים פציעות אנושות.

תקליטור הספר

תאונות דרכים עם נפגעים במדינת ישראל בשנת 1998 – התפלגות לפי סוג התאונה
דיאגרמה מתוך אתר הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, השנתון הסטטיסטי של ישראל
כתובת האתר: www.cbs.gov.il
ככל שאנרגיית התנועה של כלי הרכב המתנגש גדולה יותר, גֵדל הנזק הנגרם כתוצאה מההתנגשות.
חשוב אם כן להבין: מהי אנרגיית תנועה ובאילו גורמים היא תלויה?
כך נוכל ללמוד כיצד להפחית את אנרגיית התנועה של כלי הרכב בכבישים כדי להקטין את הנזק בעת התנגשות.

אנרגיית התנועה היא האנרגיה שיש לגוף עקב תנועתו. לכן, לכל גוף נע יש אנרגיית תנועה. המכונית הנוסעת היא דוגמה אחת לגוף בעל אנרגיית תנועה.
הנה דוגמאות נוספות:

בכל הדוגמאות קיימת אנרגיית תנועה.

שאלה 1: רשמו עוד שלוש דוגמאות שבהן קיימת אנרגיית תנועה.

עולמנו מלא גופים שיש להם אנרגיית תנועה. אנרגיית התנועה קיימת בכל מקום, בהרבה מאוד תהליכים, תופעות ושימושים. בבית אנחנו נתקלים באנרגיית תנועה של המאוורר הפועל, המים הזורמים מן הברז, התקליט הנע בפטפון ועוד. אנרגיית התנועה של השרירים מאפשרת לגופנו לנוע. לכוכבים, לשביטים, למטאוריטים, לכדור הארץ הנע סביב השמש ולגופים אחרים הנעים במרחבי החלל - לכולם יש אנרגיית תנועה.

גם כאשר גוף נמצא במנוחה, כמו למשל הכיסא שעליו אתם יושבים, הספר המונח על השולחן, או הקיר שמולכם - החלקיקים הבלתי נראים שמרכיבים אותו (אטומים ומולקולות) נמצאים בתנועה כל העת, ולכן יש להם אנרגיית תנועה.

כזכור לכם, כל החומרים והגופים בנויים מחלקיקים. חלקיקים אלה נמצאים תמיד בתנועה, כלומר יש להם אנרגיית תנועה. החלקיקים אינם נעים כולם בדיוק באותה מהירות; לכן גם אנרגיות התנועה שלהם אינן זהות, כלומר אין להם בדיוק אותה אנרגיית תנועה. הטמפרטורה של הגוף מלמדת על הממוצע של אנרגיות התנועה השונות של החלקיקים. בפרק הבא תלמדו על הקשר בין תנועת החלקיקים ואנרגיית התנועה שלהם, הטמפרטורה של הגוף ואנרגיית החום.

אם כן, תנועת החלקיקים מתקיימת בכל גוף בלי קשר למצבו: גם אם הוא נע וגם אם הוא נח. כלומר, לחלקיקים של כל הגופים יש תמיד אנרגיית תנועה, ואילו לגוף עצמו ייתכן שלא תהיה אנרגיית תנועה כלל. כמו כן, כאשר גוף נע, אין קשר בין כמות אנרגיית התנועה של הגוף עצמו לבין אנרגיית התנועה של החלקיקים המרכיבים אותו.

סוגיה

הרוח כמקור אנרגיה

גם לרוח יש אנרגיית תנועה. בני אדם ניצלו את הרוח כמקור אנרגיה במשך דורות. בימינו מנצלים את אנרגיית הרוח בעיקר כמקור אנרגיה להפקת חשמל.

העשרה בסוף הפרק (עמ' 153)

אנרגיית התנועה של הרוח

תקליטור הספר

חוות רוח - רעיון ישן בלבוש חדש

קראו את המאמר וענו על השאלות:

- מהו מקור האנרגיה במאמר?
- מהו סוג האנרגיה של המקור הזה?
- מהם גלגולי האנרגיה עד לקבלת אנרגיה חשמלית?
- האם קיימות בארץ תחנות* רוח המפיקות אנרגיה חשמלית?
- חפשו מידע על תחנות רוח: מהם היתרונות והחסרונות של תחנות אלה?
- חפשו מידע על דרכים נוספות להפקת אנרגיה חשמלית מאנרגיית תנועה. מהם היתרונות והחסרונות של דרכים אלה?

תוכלו להיעזר גם במאמרים אחרים על אנרגיית הרוח:

תקליטור **פארק האנרגיה**

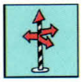
ספרייה - המרות אנרגיה: **מאנרגיית תנועה לאנרגיה חשמלית**

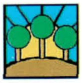
---

* *שלא כמו **ט**חנת רוח שנועדה לטחינת קמח בעזרת הרוח, **ת**חנת רוח משמעותה תחנת חשמל שמקור האנרגיה שלה הוא הרוח.*

ב. במה תלויה
אנרגיית התנועה?

ננסה לבחון באילו גורמים תלויה אנרגיית התנועה.
נבחן תחילה את הקשר בין מסתו של גוף לבין אנרגיית התנועה שלו.
כמה סוגי ניסויים מלמדים על הגורמים המשפיעים על אנרגיית התנועה.


לפניכם שלוש אפשרויות לימוד:


תקליטור **פארק האנרגיה** – תוכלו לערוך ניסויים וירטואליים.

ספר הלימוד – תוכלו לצפות בניסויים להדגמה (עמ' 126).

ספר הלימוד – תוכלו לעיין בניסויים המתוארים (עמ' 128).

תקליטור **פארק האנרגיה**

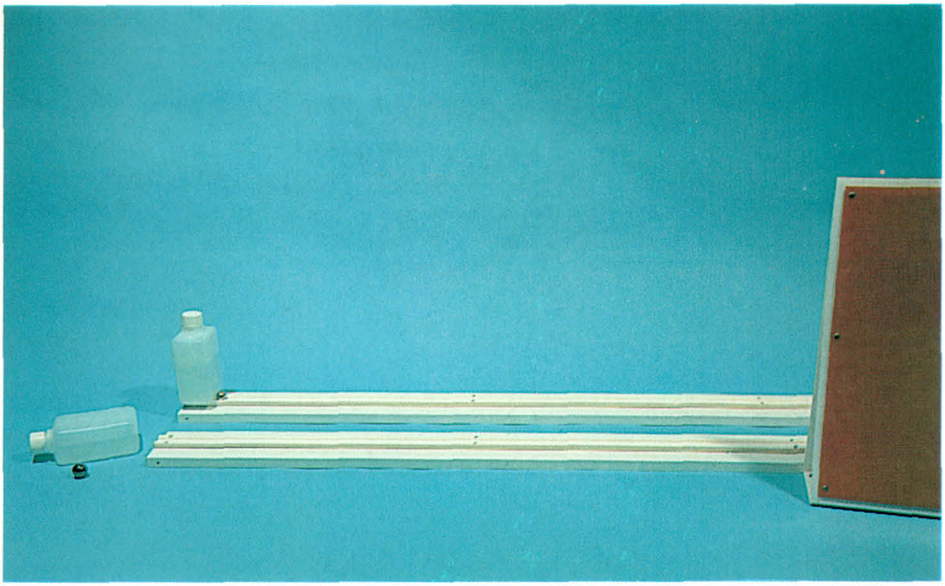
מבנה אנרגיית תנועה – חדר ניסויים
עִרכו את הניסויים, רִשמו את התוצאות במחשב התוצאות, ענו על השאלות במחשב המסקנות, קִראו את הסיכום על דלת היציאה מהחדר.

ניסויים להדגמה

ניסוי 1 - השפעת מסת הגוף על אנרגיית התנועה שלו

לפניכם 2 כדורים בעלי מסה שונה ו-2 מסילות משופעות.

- הניעו את 2 הכדורים בו-זמנית במהירויות שוות. הכדורים ינועו על המסילות לעבר גופים שווים שיונחו בקצה המסלול האופקי.
  יש לשחרר את 2 הכדורים בבת אחת.



שאלה 2: מהי מטרת הניסוי?

שאלה 3: מה קרה לגופים שבקצה כל מסילה? במילים אחרות, מהי תוצאת הניסוי?

שאלה 4: מהו התפקיד של הגופים המונחים בקצות המסילות?

שאלה 5: מדוע היה צריך להקנות לשני הכדורים אותה מהירות?

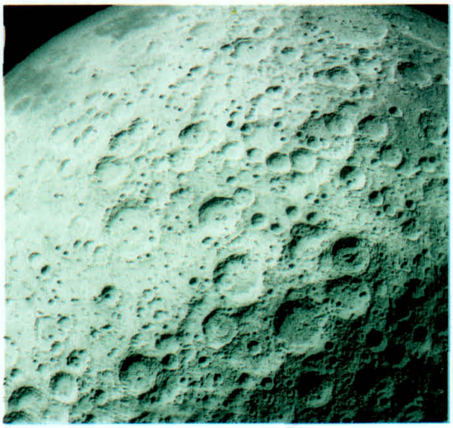
שאלה 6: מהי מסקנת הניסוי?

שאלה 7: קראו את הקטע הבא העוסק **במטאוריטים**. מהם התיאורים המופיעים בקטע המחזקים את המסקנה לגבי הקשר בין המסה לבין אנרגיית התנועה?

מֶטֶאוריט הוא גוש סלע שנע בחלל. מטאוריטים רבים מאוד נעים בחלל. לעתים הם נכנסים לאטמוספרה במהירות גדולה.

בתמונה שלפניכם, מטאוריט בעל מסה מסוימת נע בתוך האטמוספרה של כדור הארץ. אנרגיית התנועה של המטאוריט בהיכנסו לאטמוספרה של כדור הארץ מתגלגלת במהירות לאנרגיית חום ואור. מן הקרקע ניתן לראות את אנרגיית האור הנוצרת כפס אור. בשפה עממית נהוג לכנות תופעה זו בשם "כוכב נופל". ברוב המקרים שבהם מטאוריט חודר לאטמוספרה של כדור הארץ, הוא מתכלה ומתפזר עוד בטרם הגיע לקרקע.

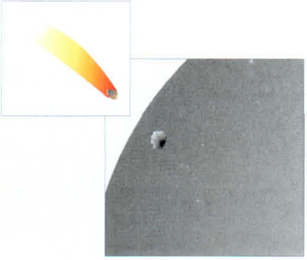
לעתים, כאשר מסת המטאוריט די גדולה, הוא איננו מתכלה עוד טרם הגיע לקרקע, ואז הוא פוגע בקרקע ויוצר מכתש.
מטאוריטים פוגעים גם בירח.
בניגוד לכדור הארץ, הירח הוא חסר אטמוספרה ולכן אין מה שיפריע למטאוריטים לפגוע בו. במהלך מיליארדי שנות קיומו נוצרו על פני הירח מכתשים רבים כתוצאה מפגיעת מטאוריטים.



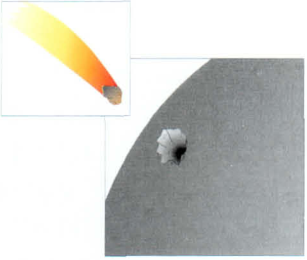
פניו זרועות המכתשים של הירח

מכתש על פני כדור הארץ שנוצר מפגיעת מטאוריט

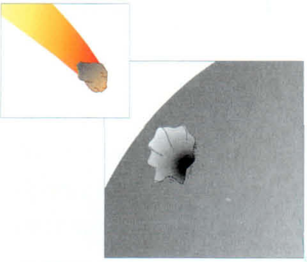
נבחן שלושה מקרים של מטאוריטים הפוגעים בירח **באותה מהירות:**



מכתש שנוצר על ידי
מטאוריט בעל מסה קטנה



מכתש שנוצר על ידי
מטאוריט בעל מסה בינונית



מכתש שנוצר על ידי
מטאוריט בעל מסה גדולה

שאלה 8: כיצד משווים את כמויות אנרגיית התנועה של שלושת המטאוריטים?

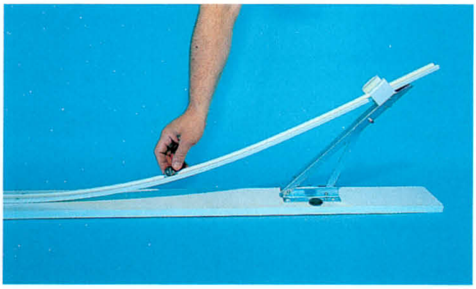
שאלה 9: מה הקשר בין המסה של המטאוריט לבין אנרגיית התנועה שלו?

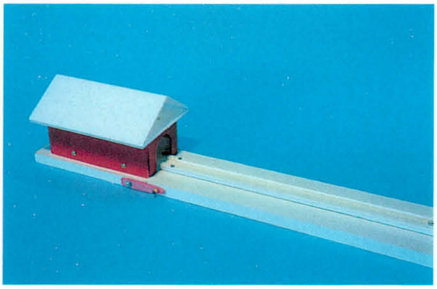
העשרה בסוף הפרק (עמ' 150)

אנרגיית תנועה מן השמים

ניסוי 2 – השפעת מהירות הגוף על אנרגיית התנועה שלו

על 2 מסילות ינועו 2 כדורים בבת אחת. 2 הכדורים זהים במסה. לכדורים יוענקו מהירויות שונות. בקצה המסילה יונחו 2 גופים שווים.





שאלה 10: מהי מטרת הניסוי?

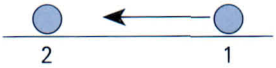
שאלה 11: מה קרה לגוף המונח בקצה כל מסילה? או: מהי תוצאת הניסוי?

שאלה 12: מהי מסקנת הניסוי?

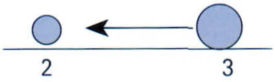
ניסויים מתוארים

א. לפניכם תיאור של ניסוי.
נתונים 3 כדורים העשויים מאותו חומר.
בשלב ראשון: כדור 1 נע במהירות מסוימת ומתנגש בכדור 2.

לאחר ההתנגשות, כדור 2 מתגלגל עד למרחק של 1 מטר.



בשלב שני: כדור 3 נע באותה מהירות כמו כדור 1 ומתנגש בכדור 2.
לאחר ההתנגשות, כדור 2 מתגלגל למרחק של 2 מטרים.



ענו במחברת. מהי התשובה הנכונה?

- מה היה קבוע ולא השתנה בשני השלבים?
  מסת הכדורים / מהירות הכדורים / המרחק שהתגלגל כדור 2.
- מה השתנה בשני השלבים?
  מסת הכדורים / מהירות הכדורים / המרחק שהתגלגל כדור 2.
- מהו הגורם שהשפיע?
  מסת הכדורים / מהירות הכדורים / המרחק שהתגלגל כדור 2.
- מהו הגורם המושפע?
  מסת הכדורים / מהירות הכדורים / המרחק שהתגלגל כדור 2.
- לאיזה כדור הייתה אנרגיית תנועה גדולה יותר? כדור 1 / כדור 3.

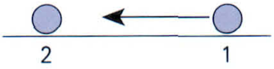
ככל שאנרגיית התנועה של הכדור גדולה יותר הוא יגרום לכדור 2 להתגלגל למרחק גדול יותר.

מסקנת הניסוי:

- ככל שמסתו של גוף גדלה יותר, אנרגיית התנועה שלו קטנה יותר / גדולה יותר.

ב. לפניכם תיאור של ניסוי.
נתונים 2 כדורים מברזל.
בשלב ראשון: כדור 1 נע במהירות מסוימת ומתנגש בכדור 2.
לאחר ההתנגשות, כדור 2 מתגלגל עד למרחק של 1 מטר.

בשלב שני: כדור 1 נע במהירות גדולה יותר ומתנגש בכדור 2.
לאחר ההתנגשות, כדור 2 מתגלגל עד למרחק של 3 מטרים.



ענו במחברת. מהי התשובה הנכונה?

- מה היה קבוע ולא השתנה בשני השלבים?
מסת הכדורים / מהירות הכדורים / המרחק שהתגלגל כדור 2.

- מה השתנה בשני השלבים?
מסת הכדורים / מהירות הכדורים / המרחק שהתגלגל כדור 2.

- מהו הגורם המשפיע?
מסת הכדורים / מהירות הכדורים / המרחק שהתגלגל כדור 2.

- איזה גורם היה הגורם המושפע?
מסת הכדורים / מהירות הכדורים / המרחק שהתגלגל כדור 2.

ככל שאנרגיית התנועה של כדור 1 גדולה יותר הוא יגרום לכדור 2 להתגלגל למרחק גדול יותר.

- באיזה שלב הייתה לכדור 1 אנרגיית תנועה גדולה יותר?

- מסקנת הניסוי:
ככל שמהירותו של גוף גדולה יותר, אנרגיית התנועה שלו קטנה יותר / גדולה יותר.

ג. לפניכם תיאור של ניסוי נוסף לבדיקת השפעת המהירות על אנרגיית התנועה.
בשלב ראשון: כדור 1 נע במהירות מסוימת ומתנגש בכדור 2.
לאחר ההתנגשות, כדור 2 מתגלגל עד למרחק 1 מטר.

בשלב שני: כדור 3 נע במהירות גדולה יותר מזו של כדור 1 ומתנגש בכדור 2.
לאחר ההתנגשות, כדור 2 מתגלגל למרחק של 6 מטר.

מסקנת הניסוי הייתה: ככל שהמהירות גְדלה, אנרגיית התנועה גְדלה.
שאלה 13: האם הניסוי נערך כראוי והאם אפשר להסיק מסקנה זו בעקבותיו? הסבירו.

האם אנרגיית התנועה של גוף תלויה במשקל הגוף? מסתבר שלא. משקלה של מכונית על פני הירח הוא רק 1/6 ממשקלה על פני כדור הארץ. למרות זאת, אנרגיית התנועה של המכונית, אילו נעה על פני הירח, הייתה זהה לאנרגיית התנועה של אותה מכונית עצמה הנעה על פני כדור הארץ באותה מהירות. התנגשות המכונית הנעה בסלע שעל פני הירח הייתה גורמת לנזק שווה לזה שהיה נגרם מהתנגשותה בסלע זהה על פני כדור הארץ, בתנאי שהמכונית נעה באותה מהירות על שני גרמי השמים. אילו נעה המכונית בחלל

הרחוק מאוד, היה משקלה כמעט אפס, אך גם שם הייתה נותרת אנרגיית התנועה שלה בלי כל שינוי (בתנאי שמהירותה הייתה זהה למהירותה על פני כדור הארץ).

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיית תנועה - **סרט: "מסה או משקל"?**

האם קיימים גורמים נוספים מלבד מסה ומהירות, המשפיעים על אנרגיית התנועה? תלמידים רבים חושבים על גורמים מגוונים המשפיעים **על** המהירות. מהירות הגוף מושפעת משיפוע המסלול, מחספוס המסלול, אם הגוף מחליק או מתגלגל, ואולי מגורמים נוספים. נכון שמהירות הגוף הנע עשויה להשתנות בהתאם לתנאים שבהם הוא נמצא. אבל מרגע שהמהירות נקבעה כבעלת גודל מסוים (קטנה, או בינונית, או גדולה מאוד וכד'), אין זה משנה מה גרם למהירות להיות בגודל זה; ואז, המהירות לבדה משפיעה על אנרגיית התנועה בהתאם לגודלה.

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית תנועה – חדר מירוץ מכוניות

צפו בתחרות כלי הרכב, ענו על השאלות במחשב.

מבנה אנרגיית תנועה – חדר תופעות

צפו בגלגולי האנרגיה והתייחסו לשאלות במחשב.

מבנה אנרגיית חום – חדר חום וטמפרטורה – מכונת החלקיקים

צפו בחלקיקים בעלי מסות שונות ובעלי אותה אנרגיית תנועה.

שאלה 14: קראו בעיון את המשפטים הבאים.
רשמו נכון / לא נכון ותקנו בהתאם לצורך.

א. גוף נמצא על כדור הארץ; גוף שווה לו נמצא על הירח. מספקים לשני הגופים אותה כמות של אנרגיית תנועה והיא הופכת לאנרגיית גובה. אנרגיית הגֹובה תהיה גדולה יותר על הירח.
ב. אנרגיית התנועה של גוף תלויה במהירותו ובמשקלו.
ג. אנרגיית התנועה של מכונית תלויה בשיפוע המדרון או בתקינות הכביש.
ד. אם לגוף א' יש מהירות גדולה יותר מאשר לגוף ב', גם אנרגיית התנועה של גוף א' גדולה יותר.

ניסיון הדורות מראה שהמסה והמהירות הם הגורמים היחידים הקובעים את אנרגיית התנועה. לפיכך, ההנחה היא שאין גורמים המשפיעים על אנרגיית התנועה מלבד מהירותו של הגוף ומסתו.

לסיכום:

- **גוף שמסתו גדולה משל גוף אחר ומהירותו זהה לזו של הגוף האחר, אנרגיית התנועה שלו גדולה יותר.**
- **גוף שמהירותו גדולה יותר ממהירותו של גוף אחר בעל מסה שווה, אנרגיית התנועה שלו גדולה יותר**.

נוכחנו לדעת שאנרגיית התנועה של גוף תלויה בשני גורמים:

* מסת הגוף.

* מהירות הגוף.

אבל איך נדע לחשב במדויק את אנרגיית התנועה של גוף? כיצד נוכל להשוות בין כמויות שונות של אנרגיית תנועה?

לשם כך עלינו למצוא את הקשר המדויק בין המסה לבין אנרגיית התנועה (סעיף ג') ואת הקשר המדויק בין המהירות לבין אנרגיית התנועה (סעיף ד'). אחר כך נשלב את הקשרים לנוסחה אחת (סעיף ה').

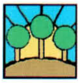
לפניכם שלוש אפשרויות ללימוד הנושא בהמשך:

ספר הלימוד - ניתוח ממצאים והסקת מסקנות על פי הספר (סעיפים ג', ד', ה').

תקליטור הספר

הקשר בין אנרגיית התנועה של הגוף לבין מסת הגוף;
הקשר בין אנרגיית התנועה של הגוף לבין מהירות הגוף

שימוש בטבלאות נתונים באמצעות הגיליון האלקטרוני אקסל וסרטוט גרפים בעזרתו, ניתוח משמעות הגרפים והסקת מסקנות.



תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה **אנרגיית תנועה** - חדר **מכוניות ניסוי**, פינות: **מסה ואנרגיית תנועה, מהירות ואנרגיית תנועה, סיכום הנוסחה**

התבוננו במכוניות הניסוי, השלימו את הטבלאות וענו על השאלות בשלושת המחשבים.

ג. הקשר המדויק בין המסה לבין אנרגיית התנועה

נדון תחילה בקשר בין המסה לאנרגיית התנועה.
משאית ריקה נוסעת, מסתה 4,000 קילוגרם ואנרגיית התנועה שלה 200,000 ג'ול.
נניח שאותה משאית נוסעת באותה מהירות, אך נוסף לה מטען שמסתו זהה למסת המשאית הריקה - 4,000 קילוגרם. מהי אנרגיית התנועה של המשאית עם המטען?
המסה הכוללת של המשאית הריקה והמטען היא 8,000 קילוגרם. זוהי מסה הגדולה פי 2 ממסת המשאית הריקה.
נדון לרגע רק במטען עצמו, בלי המשאית. המהירות שבה המטען נוסע היא, כמובן, מהירות המשאית עצמה. אנרגיית התנועה של גוף נקבעת על פי מסתו ומהירותו. מסת המטען ומהירותו זהים לאלה של המשאית הריקה, לכן אנרגיית התנועה שלו היא בדיוק כשל המשאית הריקה. במילים אחרות - אנרגיית התנועה של המטען לבדו תהיה גם היא 200,000 ג'ול.

אנרגיית התנועה הכוללת בג'ולים של המשאית הריקה ושל המטען תהיה אפוא:

400,000 ג'ול = 200,000 ג'ול + 200,000 ג'ול

זאת אומרת: עבור אותה המהירות, כאשר המסה גדולה פי 2,
גם אנרגיית התנועה גדולה פי 2.

מסת המשאית הריקה 4,000 קילוגרם

מסת המטען 4,000 קילוגרם

מסת המטען 8,000 קילוגרם

מסת המטען 12,000 קילוגרם
בכל המקרים, המשאית נוסעת באותה מהירות.

התבוננו באיורים והשלימו את הטבלה.

המסה של משאית ריקה + מטען (קילוגרם)	פי כמה גדולה המסה הכוללת בהשוואה למסת המשאית הריקה	אנרגיית התנועה (ג'ול)	פי כמה גדולה אנרגיית התנועה בהשוואה לאנרגיית התנועה של המשאית הריקה
4,000	1	200,000	1
8,000		400,000	
12,000			
16,000			

שאלה 15: מהי, לדעתכם, התשובה הנכונה לגבי הקשר בין המסה של המשאית הנוסעת לבין אנרגיית התנועה שלה? (בכל המקרים, המשאית נוסעת באותה המהירות.)

- כאשר המסה של המשאית גְדלה פי מספר מסוים, אנרגיית התנועה שלה גְדלה פי ריבוע המספר.
- כאשר המסה של המשאית גְדלה פי מספר מסוים, אנרגיית התנועה שלה גְדלה פי אותו המספר.
- אין קשר קבוע בין המסה של המשאית לבין אנרגיית התנועה שלה.

נוכל להכליל ולומר:

עבור שני גופים הנעים במהירות שווה – כאשר מסת גוף א' גדולה פי מספר מסוים ממסת גוף ב', אנרגיית התנועה של גוף א' גדולה פי אותו המספר מאנרגיית התנועה של גוף ב'.

שאלה 16: מכונית ואוטובוס נוסעים באותה המהירות. מסת האוטובוס היא 5,000 קילוגרם, ואילו מסת המכונית 1,000 קילוגרם. פי כמה גדולה אנרגיית התנועה של האוטובוס מאנרגיית התנועה של המכונית?

שאלה 17: קטר בלי קרונות שמסתו 9,000 קילוגרם נע על מסילת הרכבת במהירות מסוימת. אנרגיית התנועה שלו היא 450,000 ג'ול. מחברים לו 6 קרונות, שמסת כל אחד מהם היא 3,000 קילוגרם. חַשבו מהי אנרגיית התנועה של הקטר עם 6 הקרונות, אם מהירות התנועה על המסילה נותרת קבועה.

מצאנו את הקשר המדויק בין המסה של גוף לאנרגיית התנועה שלו.
מהו הקשר המדויק בין מהירותו של גוף לבין אנרגיית התנועה שלו?
על כך נדון בסעיף הבא.

ד. הקשר המדויק בין המהירות לבין אנרגיית התנועה

נבדוק את הקשר בין מהירותו של גוף לבין אנרגיית התנועה שלו.

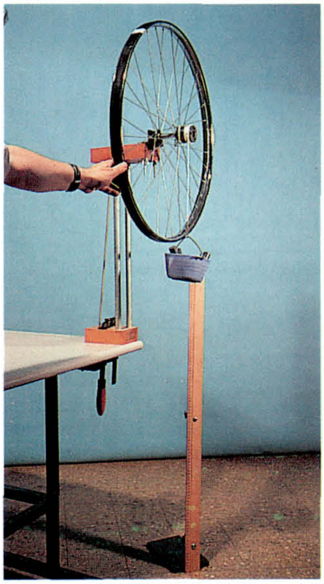
כדי לבדוק את הקשר, יש להעניק לגוף אנרגיית תנועה בכמות מסוימת ולמדוד את מהירותו של הגוף. יש לבצע זאת פעמים מספר עם אותו הגוף. בכל פעם יש לרשום את אנרגיית התנועה שלו ואת מהירותו. לאחר מכן ננסה למצוא את הקשר בין המהירות לבין אנרגיית התנועה.

קלטת ניסויים **מדע במעבדה ב'**

אנרגיית תנועה ומהירות - ניסוי מצולם מהסוג המתואר בהמשך הפרק (ניסוי 3)

תקליטור הספר

סרט ודף עבודה: **אנרגיית התנועה של גלגל ומהירות סיבובו**
קטע קצר מתוך הניסוי המצולם מופיע בתקליטור. בדף העבודה שלו מופיעים כל הממצאים שנמדדו בניסוי השלם. תוכלו לעבד אותם בגיליון האלקטרוני אקסל.



ניסוי 3 – מהירות ואנרגיית תנועה (ניסוי מתואר)
בניסוי זה נבדוק את הקשר בין מהירות הסיבוב של גלגל לבין אנרגיית התנועה שלו. בכל פעם מעניקים אנרגיית תנועה שונה לגלגל ומודדים את מהירות סיבובו עבור אנרגיית תנועה זו.
בצילום מופיעה המערכת. הגלגל מוגבה מעל פני הקרקע. הסרגל המאונך מאפשר למדוד גבהים שונים מעל פני הרצפה.
בתוך הסלסילה אפשר להניח משקולות. המערכת כוללת משקולות רגילות של 3 ניוטון כל אחת ומשקולת קטנה יותר השוקלת פחות. משקל הסלסילה עם המשקולת הקטנה בתוכה הוא 1 ניוטון. קושרים חוט לידית הסלסילה. בקצה החוט יש לולאה. מציר הגלגל מזדקרת בליטת מתכת. בליטת המתכת נכנסת בתוך לולאה זו, אך אין קושרים את הלולאה אל הבליטה כדי שהלולאה תוכל

להשתחרר מן הבליטה. בכל פעם מניחים משקל מסוים בתוך הסלסילה ומגביהים אותה לגובה מסוים מעל הרצפה, בעוד שהסלסילה מחוברת באמצעות הלולאה אל הבליטה. משמיטים את הסלסילה, היא נופלת ומתחילה לסובב את הגלגל. כשהסלסילה מגיעה לרצפה, היא משתחררת מן הגלגל. מרגע זה מונים את מספר סיבובי הגלגל במשך 30 שניות.

שאלה 18: מדוע נחוצה הסלסילה? הרי אפשר לתת מכה לגלגל ולגרום לו להסתובב ואז למנות את מספר הסיבובים? הסבירו.
שאלה 19: מהו גלגול האנרגיה המתרחש כאן?
שאלה 20: איזה שימוש נעשה כאן בחוק שימור האנרגיה?

לסלסילה בניסוי יש אנרגיית גובה שניתן לחשב בקלות. אנרגיית הגובה של הסלסילה נמסרת לגלגל. הגלגל נע רק בגלל נפילת הסלסילה המושכת את החוט שמחובר לציר הגלגל. הגלגל ממשיך לנוע אחרי השתחררות החוט. ברגע שהסלסילה מגיעה לקרקע, כל אנרגיית הגובה ההתחלתית שלה התגלגלה לאנרגיית התנועה של הגלגל. על פי חוק שימור האנרגיה, אנרגיית התנועה שיש עתה לגלגל שווה לאנרגיית הגובה של הסלסילה לפני השמטתה.*

שאלה 21: מהי מטרת הניסוי?
שאלה 22: רשמו בתרשים את גלגול האנרגיה בניסוי זה.

לפניכם תוצאות (מעוגלות) של מדידות במערכת הניסוי המתואר.
השלימו את הטבלה במחברתכם.

אנרגיית התנועה של הגלגל (ג'ול)	פי כמה גדלה אנרגיית התנועה ביחס לאנרגיית התנועה הקטנה ביותר	מהירות תנועת הגלגל (מספר הסיבובים בדקה)	פי כמה גדלה מהירות תנועת הגלגל ביחס למהירות הגלגל הקטנה ביותר
1	1	18	1
4		36	
9		54	
16		72	

* *חלק מאנרגיית הגובה הופך לאנרגיית תנועה של הסלסילה עצמה, אלא שחלק זה קטן בהרבה לעומת האנרגיה שנמסרת לגלגל, ולכן מותר לא להתחשב בו.*

שאלה 23: מהי, לדעתכם, התשובה הנכונה (מבין שלוש התשובות שבהמשך) לגבי הקשר בין המהירות של הגלגל המסתובב לבין אנרגיית התנועה שלו? (מסתו של הגלגל קבועה בכל המדידות.)

- כאשר מהירות הגלגל גְדֵלה פי מספר מסוים, אנרגיית התנועה שלו גְדֵלה פי אותו המספר.
- כאשר מהירות הגלגל גְדֵלה פי מספר מסוים, אנרגיית התנועה שלו גְדֵלה פי ריבוע המספר.
- כאשר מהירות הגלגל גְדֵלה פי מספר מסוים, אנרגיית התנועה שלו גְדֵלה פי אותו מספר בשלישית.

המסקנה הנובעת מתוך התוצאות היא, אם כן, זאת:
כאשר מהירותו של גוף גְדֵלה פי מספר מסוים, אנרגיית התנועה שלו גדלה פי אותו המספר בחזקת שניים (בריבוע).

שאלה 24: מכונית מגבירה את מהירותה מ-40 קמ"ש (קילומטרים לשעה) ל-80 קמ"ש. חשבו פי כמה גדלה אנרגיית התנועה שלה.

שאלה 25: מכונית נעה במהירות של 30 קמ"ש. אנרגיית התנועה שלה היא 500,000 ג'ול. ביציאתה מן העיר הגבירה המכונית את מהירותה ל-90 קמ"ש. חשבו את אנרגיית התנועה שלה במהירות זו.

לפעמים נוח לנסח את הקשר בין מהירות הגוף ואנרגיית התנועה שלו בצורה קצת שונה:
כאשר ריבוע המהירות של גוף גדל פי מספר מסוים, אנרגיית התנועה שלו גדלה פי אותו המספר.
ניסוח זה הוא בסיס לחישוב בדרך שונה.

שאלה 26: חשבו את אנרגיית התנועה של המכונית בשאלה 25 בשיטת החישוב הנובעת מהניסוח החדש. האם קיבלתם אותה התשובה?

ה. מְחשבים אנרגיית תנועה

נסכם את הקשר בין אנרגיית התנועה של גוף נע לבין שני הגדלים שבהם היא תלויה - מהירות הגוף ומסתו:

- עבור אותה מהירות תנועה של גוף - כש**מסת הגוף** גדולה פי מספר מסוים, אנרגיית התנועה שלו גדולה פי **אותו המספר**.
- עבור אותה המסה - כש**המהירות** גדולה פי מספר מסוים, אנרגיית התנועה גדולה פי **המספר בריבוע**.

מה קורה כאשר משנים גם את המסה וגם את המהירות? פי כמה תשתנה אנרגיית התנועה?
התבוננו בטבלה.

אם משנים את המסה פי **מספר מסוים** A, ומשנים את המהירות פי **מספר מסוים** B, אנרגיית התנועה משתנה **פי** $B^2 \cdot A$.

לדוגמה: בניסוי א' המסה גדלה פי 5: מ-4 ק"ג ל-20 ק"ג, וכך תגדל גם אנרגיית התנועה. המהירות גדלה פי 3: מ-10 מטרים בשנייה ל-30 מטרים בשנייה, ואנרגיית התנועה תגדל פי 3^2.
אם כך, אנרגיית התנועה גדלה פי המכפלה של 5 ושל 9.

	מסה (ק"ג)	פי כמה גדלה המסה?	מהירות (מטר בשנייה)	פי כמה גדלה המהירות?	מהו הריבוע של יחס המהירויות?	פי כמה גדלה אנרגיית התנועה?
ניסוי א	4	–	10	–	–	–
	20	5	30	3	$3^2 = 9$	$3^2 \times 5 = 45$

השלימו את היחסים עבור ניסויים ב' ו-ג' במחברתכם

	מסה (ק"ג)	פי כמה גדלה המסה?	מהירות (מטר בשנייה)	פי כמה גדלה המהירות?	מהו הריבוע של יחס המהירויות?	פי כמה גדלה אנרגיית התנועה?
ניסוי ב	4.5	–	10	–	–	–
	9.0		40			

	מסה (ק"ג)	פי כמה גדלה המסה?	מהירות (מטר בשנייה)	פי כמה גדלה המהירות?	מהו הריבוע של יחס המהירויות?	פי כמה גדלה אנרגיית התנועה?
ניסוי ג	3	–	7	–	–	–
	18		35			

נוסחת אנרגיית התנועה

ננסה עתה לבטא את הקשר בין אנרגיית התנועה של גוף לבין מסתו ומהירותו באמצעות ביטוי מתמטי.
לשם קיצור, נסמן את המסה באות **m**, את המהירות באות **v** ואת אנרגיית התנועה באותיות E_K.*

נשתמש בנתון הבא: אנרגיית התנועה של גוף שהמסה שלו 1 קילוגרם ומהירותו 1 מטר בשנייה היא $\frac{1}{2}$ ג'ול. (אפשר להדגים זאת בניסוי מתאים - ראו קטע העשרה.)

העשרה בסוף הפרק (עמ' 152)

אנרגיית התנועה של מסה בת קילוגרם אחד הנעה במהירות של מטר בשנייה

מכאן,
אנרגיית התנועה E_k של גוף שמסתו **m** ק"ג ומהירותו **v** מטר בשנייה תהיה גדולה מ- $\frac{1}{2}$ פי mv^2.

* *האות k היא האות הראשונה במושג kinetic energy שפירושו אנרגיית תנועה.*

כלומר, הנוסחה לחישוב אנרגיית התנועה היא זו:

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

הערה חשובה: כדי לקבל את אנרגיית התנועה בג'ולים, יש לבטא **תמיד** את המסה בקילוגרמים ואת המהירות במטרים בשנייה. אם המסה או המהירות או שתיהן ניתנות ביחידות אחרות, יש להפוך תחילה יחידות אלה ליחידות הנדרשות ורק לאחר מכן להציב את המספרים בנוסחה לאנרגיית התנועה.

שאלה 27: חשבו את אנרגיית התנועה של מזל"ט בעל מסה של 40 קילוגרם הנע במהירות של 30 מטרים בשנייה.

יחידת המהירות מטר-בשנייה איננה מוכרת בחיי היום-יום. אנחנו רגילים "לחוש" אם מהירות גבוהה או נמוכה לפי המהירויות המוכרות של כלי רכב. מהירות של 20 קמ"ש היא מהירות אטית, המהירות המרבית בשטח בנוי היא 50 קמ"ש והמהירות המרבית בכביש בין-עירוני היא 100 קמ"ש.

אבל האם 100 מטר-בשנייה היא מהירות גבוהה או נמוכה מ-100 קמ"ש?

איך "מתרגמים" מהיחידה ק"מ-בשעה ליחידה מטר-בשנייה?

בק"מ יש 1,000 מטרים. בשעה יש 3,600 שניות.

$$1 \frac{\text{ק"מ}}{\text{שעה}} = \frac{1{,}000}{3{,}600} \frac{\text{מטר}}{\text{שנייה}} = \frac{1}{3.6} \frac{\text{מטר}}{\text{שנייה}}$$

לכן, אם המהירות נתונה בקמ"ש, יש לחלק אותה ב-3.6 כדי לקבל את המהירות במטר בשנייה.

36 קמ"ש = 10 מטרים בשנייה.

שאלה 28: מהירות מטוס היא 180 קמ"ש. מהי מהירותו במטר בשנייה?

מהירות טנדר היא 108 קמ"ש. בטאו את מהירותו במטר בשנייה.

שאלה 29: מהירותו של מטוס נוסעים מסוים ושל מזל"ט מסוים הן זהות - 360 קמ"ש. מסת המזל"ט היא 20 קילוגרם ואילו מסת מטוס הנוסעים היא 20,000 קילוגרם. חשבו את אנרגיית התנועה של המטוס ואת זו של המזל"ט וחשבו פי כמה גדולה אנרגיית התנועה של המטוס מאנרגיית התנועה של המזל"ט.

שאלה 30: מסתו של מזל"ט היא 16 קילוגרם ומהירותו 100 מטרים בשנייה. מסתה של מכונית 1,000 קילוגרם ומהירותה 20 מטרים בשנייה. מהי אנרגיית התנועה של המזל"ט, מהי אנרגיית התנועה של המכונית ופי כמה גדולה או קטנה אנרגיית התנועה של המזל"ט מזו של המכונית?

איך מתקבל הביטוי המתמטי של אנרגיית התנועה?
את הביטוי המתמטי של אנרגיית התנועה נמצא בעזרת השלבים הבאים:

א. כאמור, אנרגיית התנועה של גוף שמסתו 1 קילוגרם ומהירותו 1 מטר בשנייה היא $\frac{1}{2}$ ג'ול.

ב. אנרגיית התנועה של גוף שמסתו m קילוגרמים **גדולה פי m** בהשוואה ל-א. זאת אומרת, אנרגיית התנועה של גוף זה היא $\frac{1}{2}m$ ג'ול. כל זאת בתנאי שגם הגוף שמסתו m נע במהירות של 1 מטר בשנייה.

לדוגמה: אם מסתו היא 4 קילוגרם, אנרגיית התנועה שלו היא 2 ג'ול $\frac{1}{2}m = \frac{1}{2} \cdot 4 = 2$

ג. אנרגיית התנועה של גוף שמסתו m ק"ג ומהירותו v מטרים בשנייה גדולה פי v^2 בהשוואה ל-ב. אנרגיית התנועה של גוף זה **גדולה פי mv^2** בהשוואה ל-א. זאת אומרת, אנרגיית התנועה שלו שווה ל $\frac{1}{2}mv^2$ ג'ול.

לדוגמה: אנרגיית התנועה של גוף שמסתו 4 ק"ג ומהירותו 3 מטרים בשנייה היא זו:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 3^2 = 18$$

לסיכום:
א כאשר מסתו של גוף גדלה פי m ומהירותו גדלה פי v^2, אנרגיית התנועה שלו גדלה פי mv^2.
ב. אנרגיית התנועה של גוף שמסתו m מטרים בשנייה ומהירותו v מטרים בשנייה, שווה ל $\frac{1}{2}mv^2$ ג'ול.

אפשר להגיע לנוסחה שאליה הגענו גם בדרך אחרת.
מצאנו שיש יחס ישר בין אנרגיית התנועה E_k לבין המסה m. כן מצאנו יחס ישר בין E_k לבין ריבוע המהירות v^2. לכן יש יחס ישר בין אנרגיית התנועה לבין המכפלה mv^2.
אפשר, אם כן, לרשום את הקשר בין E_k לבין mv^2 באופן הבא:

$$E_k = C \cdot mv^2$$

כאשר C הוא מספר קבוע.
באמצעות ניסוי, מוצאים את E_k עבור גוף שמסתו ומהירותו ידועים. ידיעת E_k, m ו-v מאפשרת לחשב את C, ומתברר שערכו הוא $\frac{1}{2}$.

ו. אנרגיית התנועה בכבישים

מהו המרחק שיש לשמור בין מכונית למכונית בכביש?

אמצעי התקשורת - עיתונים, רדיו, טלוויזיה, אינטרנט - מזהירים את הנהגים ללא הרף: "שמור מרחק!" מהו המרחק שיש לשמור בין המכונית שבה אנו נוהגים לבין זאת שלפנינו?

כדי להשיב על כך, נבדוק תחילה מה מתרחש כשעוצרים מכונית נוסעת. פירוש העצירה מבחינת האנרגיה הוא שיש לגלגל אותה לסוג אחר, כלומר: למכונית לא תהיה אנרגיית תנועה כלל. הבלם הוא שמאפשר זאת.

כיצד? הבלם עושה זאת על ידי גלגול אנרגיית התנועה של המכונית לאנרגיית חום. הגלגול מתבצע כך: הבלם נצמד לגלגל המכונית באופן שהוא מאט את סיבוב הגלגל, או אף מונע לחלוטין את סיבובו. גם כאשר הבלם לא נצמד חזק עד כדי עצירת הגלגל, הוא מתחכך עם הגלגל ומגלגל את אנרגיית התנועה של הגלגל לאנרגיית חום. כאשר ההצמדה חזקה עד כדי עצירת הגלגל, נוצר חיכוך גדול עם הגלגל וגם נוצר חיכוך גדול מאוד בין הגלגל לבין הכביש. גם חיכוך זה גורם לגלגול אנרגיית התנועה של המכונית לאנרגיית חום.

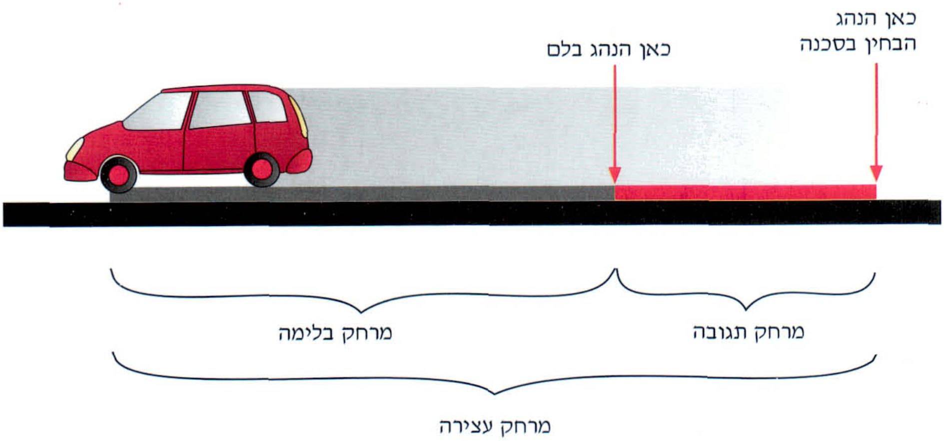
בלם המכונית איננו מסוגל לגלגל מיד את כל אנרגיית התנועה של המכונית לאנרגיית חום. הגלגול לאנרגיית חום מתבצע בהדרגה, ותוך כך חולף זמן. בזמן הזה המכונית עדיין נעה, אף כי יותר לאט, ולכן היא עוברת מרחק מסוים. אם כן, כדי למנוע את התנגשות המכונית עם המכונית שלפניה, על הנהג לשמור לפחות על מרחק זה בין המכוניות.

כאשר לוחצים על הבלם במידה כזאת שהוא עוצר לגמרי את סיבוב הגלגל, הגלגל זז על הכביש מבלי שיסתובב, ונוצר חיכוך גדול מאוד בינו לבין הכביש. לחיצה כזאת על הבלם נקראת "בלימת חירום". שמה מעיד על מטרתה - בלימת המכונית בשעת חירום, כשצריך לעצור את המכונית מהר ככל האפשר, "על המקום!". במקרה זה, אנרגיית תנועה מתגלגלת לאנרגיית חום בקצב מהיר יותר מאשר בבלימה רגילה, שבה הבלם רק מאט את סיבוב הגלגל. המרחק שהמכונית עוברת מרגע התחלתה של בלימת החירום ועד רגע העצירה נקרא **מרחק הבלימה**. מגדירים מרחק זה בתור מרחק הבלימה **המינימלי** שהמכונית המסוימת זקוקה לו לשם עצירה מוחלטת.

מרחק הבלימה הוא המרחק שעושה המכונית מרגע הלחיצה על הבלם בזמן בלימת חירום, עד לעצירתה המלאה של המכונית.

למעשה, המרחק שהמכונית עוברת מן הרגע שבו הנהג מבחין בצורך לעצור ועד לעצירתה, גדול ממרחק הבלימה. הסיבה היא שחולף זמן מהרגע שבו הנהג מבחין בצורך לעצור ועד שהוא לוחץ על דוושת הבלם בפועל.
זמן זה נקרא **זמן התגובה.**

בזמן התגובה ממשיכה המכונית לנוע. המרחק שהמכונית עוברת מן הרגע שבו הנהג מבחין בצורך לעצור ועד לרגע שבו הוא לוחץ על דוושת הבלם נקרא **מרחק התגובה.**
זמן הבלימה נמדד רק מרגע הלחיצה על הבלם.
המרחק **הכולל** שהמכונית עוברת מן הרגע שבו הנהג מבחין בצורך לעצור ועד לרגע העצירה נקרא **מרחק העצירה.**
לכן המרחק שעוברת המכונית מרגע זיהוי הצורך לעצור ועד עצירתה גדול ממרחק הבלימה.



נוכל לרשום את הקשר בין מרחק העצירה, מרחק הבלימה ומרחק התגובה באופן הבא:

מרחק התגובה + מרחק הבלימה = מרחק העצירה

אם כן, למרות הביטוי המקובל "לעצור במקום", מסתבר שאי אפשר לעשות זאת.
מכאן מובן מדוע חשוב כל כך שכל נהג ישמור על מרחק גדול דיו בין כלי הרכב שלו לבין כלי הרכב שלפניו. כמו כן, על הנהג להיות מרוכז בנהיגה ומודע לכל המתרחש סביבו, בצד הכביש ובהמשך הדרך.

הקשר בין מרחק העצירה לבין מהירות המכונית

כידוע, ככל שגדלה מהירות המכונית בכביש, גדל מרחק הבלימה שלה ועמו מרחק העצירה שלה. בלם המכונית מגלגל את אנרגיית התנועה של המכונית לאנרגיית חום. מן הניסיון

מתברר שבכל מטר שבו נעה המכונית בזמן הבלימה, כמות קבועה של אנרגיית תנועה של המכונית הופכת לאנרגיית חום. כמות קבועה זו איננה שווה בכל כלי הרכב. היא מיוחדת לכל כלי רכב בפני עצמו.

ככל שמסת כלי הרכב גדולה יותר, כמות האנרגיה המתגלגלת לאנרגיית חום בכל מטר, גדולה יותר.
מדוע?
כמות האנרגיה המתגלגלת תלויה בחיכוך הרכב עם הקרקע. כשהחיכוך גדֵל, גם האנרגיה המתגלגלת גדֵלה. החיכוך גדול יותר עבור משקל גדול יותר, משום שאז הרכב נצמד חזק יותר אל הקרקע. לרכב בעל מסה גדולה יותר יש כמובן משקל גדול יותר, ולכן החיכוך שלו עם הקרקע גדול יותר, וכך גדולה יותר גם כמות האנרגיה המתגלגלת לחום.

נשתמש עתה בגלגול האנרגיה לחום עקב החיכוך כדי למצוא את הקשר בין מהירותה של מכונית לבין מרחק העצירה שלה.

תחילה נדון בקשר בין המהירות לבין מרחק הבלימה.

נפתח בדוגמה:
מכונית שמסתה 1,000 קילוגרם נוסעת פעם במהירות של 10 מטרים בשנייה (36 קמ"ש) ופעם במהירות של 20 מטרים בשנייה (72 קמ"ש). חשבו את אנרגיית התנועה של המכונית בכל אחת מן המהירויות.

פתרון: אנרגיית התנועה במהירות הנמוכה היא 50,000 ג'ול.
אנרגיית התנועה במהירות הגבוהה היא 200,000 ג'ול.

נניח עתה שבכל מטר שבו מתחככים גלגלי המכונית (שסיבובם פסק), 5,000 ג'ול של אנרגיית תנועה הופכים לאנרגיית חום. כעבור כמה מטרים מרגע הבלימה תיעצר המכונית? במילים אחרות - מהו מרחק הבלימה שלה?

בכל מטר של כביש מתגלגלים 5,000 ג'ול של אנרגיית תנועה לאנרגיית חום. לכן 50,000 ג'ול אנרגיית תנועה (כל אנרגיית התנועה של המכונית כשהיא נעה במהירות של 10 מטרים בשנייה) יהפכו לאנרגיית חום כעבור:

10 מטרים = 5,000 : 50,000

זהו מרחק הבלימה של המכונית הנוסעת במהירות של 10 מטרים בשנייה.

נעשה חישוב דומה למקרה שבו המכונית נעה מהר יותר. אנרגיית התנועה שלה במקרה זה היא 200,000 ג'ול.

לכן, מרחק הבלימה יהיה:

40 מטרים = 5,000 : 200,000

כלומר, בעוד שמהירות המכונית גדלה רק פי 2, אנרגיית התנועה שלה גדלה פי 4 ומרחק הבלימה גדל פי 4.

נוכל להסיק מכך מסקנה כללית:

כשמהירותה של מכונית גדֵלה פי מספר מסוים, מרחק הבלימה גדֵל פי אותו המספר בריבוע.

לעתים נהגים חושבים בטעות שהכפלת מהירות נסיעתם תוך כדי הכפלת המרחק בין מכוניתם לבין המכונית הנוסעת לפניהם תמנע התנגשות. נוכח המסקנה שהעלינו, קל להיווכח שזוהי טעות חמורה ומסוכנת. המרחק שיש לשמור גדול בהרבה מהמספר שבו גדלה המהירות.

מרחק העצירה מורכב ממרחק הבלימה וממרחק התגובה. מרחק התגובה גדל גם הוא כאשר המהירות גדלה.

הסיבה לכך היא שמרחק התגובה נקבע על פי זמן התגובה של הנהג ומהירות המכונית.

לפי נוסחת הדרך: **זמן • מהירות = דרך**

עבור מרחק התגובה נקבל, אם כן:

זמן התגובה • מהירות = מרחק התגובה

(של הנהג) (המכונית) (הדרך שהמכונית עוברת עד ללחיצת הנהג על הבלם)

זאת אומרת: ככל שתגדל מהירות המכונית יגדל מרחק התגובה.

מדידות הראו שזמן התגובה נמשך בממוצע כ-0.3 שניות. אולי נדמה לכם שזהו זמן קצר וזניח. אבל לא כך יתברר אם נחשב את המרחק שכלי רכב יעבור במשך 0.3 שניות אם הוא נוסע בדרך בין-עירונית במהירות של 90 קמ"ש.

ראשית, יש לחלק את המהירות המבוטאת בקמ"ש ב-3.6 כדי לבטא אותה במטר בשנייה. מקבלים 25 מטר בשנייה.

פתרון:

לפי נוסחת הדרך: **זמן • מהירות = דרך**

7.5 מטר = 0.3 • 25 = דרך

מרחק של 7.5 מטר הוא מרחק משמעותי מאוד בעצירת-פתאום. הוא יכול לקבוע אם הנהג מאחור יעצור לפני ההתנגשות בכלי הרכב שלפניו או, חלילה, רק אחריה.

תאונות רבות מאוד הן תאונות מסוג "חזית-אחור" ונגרמות בגלל אי-שמירת מרחק מספיק בין כלי הרכב.
איך נהג המתכונן לעצור יכול להזהיר את הנהג הנוסע מאחוריו שהוא חייב להאט? בכל כלי הרכב, כל נגיעה של הנהג בדוושת הבלם מדליקה נורות אזהרה אדומות בחלקו האחורי של כלי הרכב. זוהי דרישת התקן מיצרני כלי הרכב בעולם. אם תתבוננו בחלקן האחורי של מכוניות נוסעות, תוכלו לדעת מתי הנהגים בולמים. במשך זמן הבלימה, הנהג מאחור מקבל אזהרה מן הרגע שהוא רואה את נורות האזהרה נדלקות במכונית שלפניו.

האם אפשר להזהיר את הנהג מוקדם יותר?
בשנים האחרונות פותח בישראל אמצעי מיוחד המותקן במכוניות על דוושת הדלק. אמצעי זה גורם להדלקת נורות האזהרה כבר ברגע שרגל הנהג מרפה מדוושת הדלק, ולא רק ברגע שהיא נוגעת בדוושת הבלם. כלומר הנהג הנוסע מאחור מקבל אזהרה 0.3 שניות מוקדם יותר.
האמצעי שעליו מדובר איננו מפעיל את הנורות האחוריות אם הנהג מסיר את רגלו מדוושת הדלק בקצב רגיל. הדבר קורה רק אם הוא עושה זאת בפתאומיות.

שאלה 31: זמן התגובה של נהג מכונית הוא 0.75 שנייה. חשבו את מרחק התגובה שלו למהירויות הבאות: 10 מטרים בשנייה (36 קמ"ש), 15 מטרים בשנייה (54 קמ"ש), 20 מטרים בשנייה (72 קמ"ש), 25 מטרים בשנייה (90 קמ"ש).

שאלה 32: מכונית שמסתה 1,200 קילוגרם נעה במהירות של 4 מטרים בשנייה. כשבולמים אותה בבלימת חירום (בלימה שבה הגלגל מפסיק לנוע), מתגלגלים 3,200 ג'ול של אנרגיית תנועה שלה לאנרגיית חום בכל מטר. חשבו את מרחק הבלימה של המכונית.

שאלה 33: זמן התגובה של נהג מכונית הוא 0.4 שנייה. הוא נוהג במכונית שמסתה 800 קילוגרם (יחד אתו). חשבו את מרחק העצירה של המכונית לכל אחת מן המהירויות הבאות, אם בכל מטר של בלימה מתגלגלים 4,000 ג'ול של אנרגיית תנועה לאנרגיית חום: 10 מטרים בשנייה, 20 מטרים בשנייה.

פעילות נוספת

- היכנסו למוסך המציג מודל של הפעלת מכשיר האזהרה המוקדמת. בקשו רשות לבחון את המודל. תארו בכתב את המתרחש כאשר מרפים מדוושת הדלק במהירות או באִטיות.
- חפשו בעיתונות היומית תיאור של תאונת דרכים אשר התרחשה כתוצאה מאי-שמירת מרחק מספיק בין מכוניות שנסעו בזו אחר זו. הסבירו את ההתרחשות בהתאם להסברים בפרק זה.

בלימת הרכב והחיכוך עם הכביש

תפקיד בלם הרכב הוא לעצור את הרכב או להאט את תנועתו. הוא עושה זאת, בין השאר, באמצעות יצירת חיכוך עם הכביש. חיכוך זה גורם לגלגול של אנרגיית תנועה לאנרגיית חום. אולם לעתים מונעים תנאי הכביש מן הבלם לבצע את תפקידו כנדרש. דבר זה מתרחש, למשל, כאשר נשפך שמן על הכביש, כאשר יורד גשם, במיוחד מיד לאחר ירידת הגשם הראשון או לאחר תקופה ארוכה שבה לא ירדו גשמים.

מדוע? - השמן הנשפך גורם להקטנת החיכוך של גלגל הרכב עם הכביש.
גם המים המכסים את הכביש בזמן ירידת גשם גורמים להקטנת החיכוך, אם כי בשיעור קטן בהרבה.
אם הגשם שירד הוא הגשם הראשון, החיכוך של גלגלי המכונית עם הכביש נעשה קטן בהרבה מאשר בזמן ירידת גשם באמצעה של תקופת גשמים. מדוע? - ירידת גשם ראשון באה אחרי זמן ארוך מאד שבו לא ירד גשם. בזמן זה הצטבר על הכביש אבק רב. מי הגשם מתערבבים עם האבק ונוצרת עיסה בוצית, המתנהגת כמו שמן והמקטינה במידה משמעותית את חיכוך הרכב עם הכביש. באמצע תקופת גשמים כבר נשטף האבק מן הכביש, ולכן גם לא נוצרת עיסה בוצית כזאת.

בכל המקרים שמנינו, החיכוך הוא קטן יותר ובה-במידה יקטן קצב גלגול אנרגיית התנועה של הרכב לאנרגיית חום. לכן גדל גם מרחק העצירה של הרכב. בכל המקרים הללו יש להיזהר ולבצע את הפעולות הבאות:

- לשמור על מרחק גדול מהרגיל בין מכונית למכונית.
- לנסוע במהירות נמוכה מהרגיל.

שאלה 34: מדוע יש להקפיד על שתי הפעולות הללו? הסבירו בעזרת מונחי אנרגיה.

שאלה 35: בסיבובים של כבישים מסוכנים מונחת חבית עם חול בצד הדרך ורשום עליה: "למקרה של שמן על הכביש". הסבירו מה השימוש של החבית.

פעילות נוספת

- חפשו עוד מידע על אנרגיית התנועה של כלי רכב, על בטיחות בכבישים ועל תאונות דרכים הנגרמות עקב אי-שמירת מרחק בתנאי כביש שונים.
  היעזרו במועצה הלאומית לבטיחות בדרכים, בחברות ביטוח, בבוחני רכב, בבעלי מוסכים. מהן המסקנות שעלו מהמידע שאספתם?
- במסגרת פעולת התנדבות התבקשו תלמידים לסייע למועצה הלאומית לבטיחות בדרכים. הם סייעו בהכנת דף מידע לאתר של המועצה באינטרנט. נסחו דף מידע, לדוגמה.

המלצה על סרט

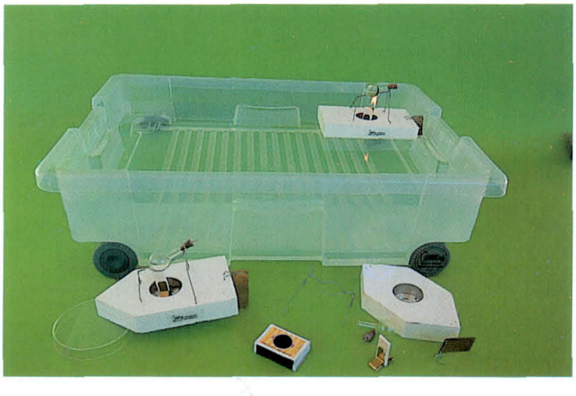
"מהירות ובטיחות" מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

משימה

לשוט בעזרת הקיטור

איך אפשר לנצל אנרגיית תנועה של אדי מים להנעת סירת צעצוע?
אדי מים נקראים קיטור.
במשימה תניעו סירה בעזרת קיטור בתנועה.
השתמשו בציוד העומד לרשותכם:

- גופי סירות בצורות שונות מעץ בלזה.
- פיסות של חומר דליק.
- מכלי זכוכית פיירקס עם פקקי גומי קוניים (בצורת חרוט) שצינוריות מוחדרות דרכם.
- תומכים למכלי הזכוכית.
- מתקני מתכת המשמשים לייצוב החומר הדליק.
- טפי.
- אמבט להשטת הסירות.
- מתקני מתכת המיועדים להגה הסירות.



הקיטור יופק בתוך מכל הזכוכית החרוטי באמצעות חימום מים שיוכנסו לתוך המכל.
הקיטור ייפלט מקצה הצינור ויניע את הסירה.
על עיקרון דומה פועלים גם מטוסי סילון וטילים - הגזים הנפלטים בכיוון אחד ממטוס הסילון או מן הטיל גורמים להנעת המטוס או הטיל בכיוון הנגדי.

הדרישות הן אלה:

1. מהירות הסירה תהיה גדולה ככל האפשר.
2. הסירה תהיה יציבה בעת תנועתה.
3. הסירה תנוע בקו ישר.

הפעלה ראשונית

1. הניחו פיסה מהחומר הדליק במתקן המיועד לכך. העמידו את המתקן בגוף הסירה שבחרתם.
2. מַקמו את התומך של מכל הזכוכית בגוף הסירה (החלק הנמוך פונה קדימה) כך ש"בטן" המכל תהיה מעל החומר הדליק. קִבעו את התומך בגוף הסירה על ידי החדרת הרגליים שלו לגוף הסירה.
3. בעזרת הטפי, מלאו את מכל הזכוכית במים עד חצי נפחו ופקקו אותו בפקק הגומי.
4. הניחו את מכל הזכוכית על התומך שלו. שימו לב שהציר של הצינורית העוברת בפקק יהיה מקביל לציר הסירה.
5. קבעו את ההגה למקומו, כך שימשיך את הציר המרכזי של הסירה.
6. הדליקו בזהירות את החומר הדליק.
7. הכניסו את הסירה לאמבט עם המים וצפו בתנועת הסירה.

- תארו את גלגול האנרגיה המתרחש כאשר הסירה נעה עקב החימום בחומר הדליק.

מנסים לשפר

הסירה שלכם כבר מתפקדת כסירת קיטור, ועתה הגיע הזמן להגביר את מהירותה. לשם כך, השתמשו בציוד העומד לרשותכם.

אילו שינויים יגבירו את המהירות?

- גופי הסירה השונים הם בעלי חיכוך שונה עם המים. כיצד שימוש בגופי סירה שונים משפיע על מהירות הסירה?
- כיצד שינוי גובה מכל המים ביחס לגוף הסירה יכול לשנות את מהירותה?

העשרה

אנרגיית תנועה מן השמים

גוף מן החלל עומד להתנגש בכדור הארץ.

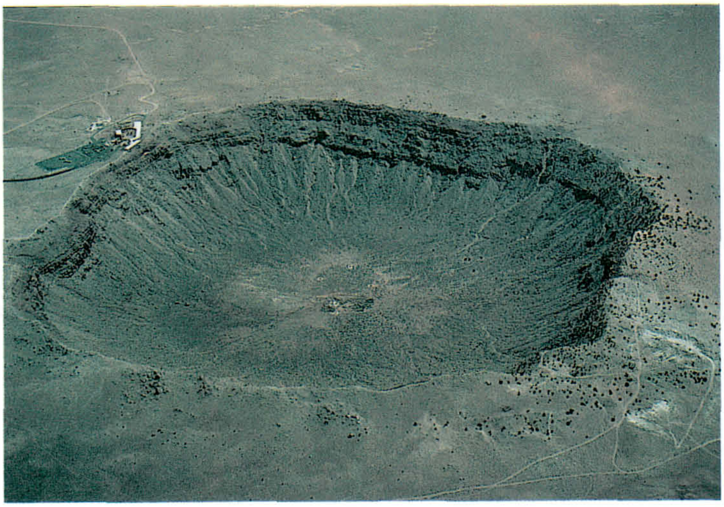
התפוצצות אדירה נשמעה ב-30 ביוני 1908 מעל אזור טוּנְגוּסְקָה (Tunguska) בסיביר שברוסיה. ההתפוצצות החריבה שטח של כ-2,000 קילומטרים רבועים (כעשירית משטח מדינת ישראל). כיום ידוע שההתפוצצות נגרמה מגוף שהגיע לכדור הארץ מן החלל. עוצמת ההתפוצצות הייתה גדולה פי אלף מזו של הפצצה הגרעינית שהוטלה על הירושימה ב-1945 וגרמה להשמדתה של העיר ולמותם של עשרות אלפי בני אדם. קוטרו של הגוף שפגע בטונגוסקה היה כ-50 מטרים, בערך כגובה בניין בן 15 קומות. הסיבה לכך שגוף בגודל כזה גרם להרס כה עצום היא המהירות הגדולה שבה הגיע לכדור הארץ, מהירות שהגיעה לעשרות אלפי קילומטרים בשעה.
למרבה המזל, האזור שבו נפל הגוף היה בלתי מיושב.

גופים בעלי אנרגיית תנועה דומה לזו שהייתה לגוף שפגע בטונגוסקה, פוגעים בכדור הארץ בתדירות של אחת לשלוש מאות שנים - זמן רב ביחס לחיי אדם, אך קצר למדי בראייה היסטורית. תדירות פגיעתם של גופים מן החלל קטֵנה ככל שאנרגיית התנועה שלהם גדֵלה.

אנרגיית התנועה של גוף שקוטרו 250 מטרים תהיה כשל 100,000 פצצות בעוצמת פצצת הגרעין שהוטלה על הירושימה ב-1945. אם גוף כזה יפגע בכדור הארץ, ייווצר מכתש בקוטר של 5 קילומטרים וייגרם הרס ל-10,000 קילומטרים רבועים (כמחצית שטחה של מדינת ישראל). גוף כזה פוגע בכדור הארץ פעם ב-10,000 שנים בערך.

אנרגיית התנועה של גוף שקוטרו קילומטר אחד היא כשל 10 מיליוני פצצות הירושימה. אירוע של פגיעת גוף כזה מתרחש אחת לכמה עשרות אלפי שנים.

לפי אחת התאוריות, לפני 65 מיליוני שנים התרחשה פגיעה של גוף בקוטר 10 קילומטרים בכדור הארץ ויצרה מכתש בקוטר 180 קילומטרים. ענן האבק שכיסה את האטמוספרה גרם למותם של רוב היצורים החיים ולהכחדתם של הדינוזאורים - יצורים ענקיים שחיו על פני כדור הארץ במשך 150 מיליון שנה. התנגשות כזו, העלולה לגרום להשמדה עולמית, מתרחשת רק אחת לכמה עשרות מיליוני שנים.



מכתש באריזונה, שנוצר מפגיעת גוף מן החלל לפני 22,000 שנה

איך אפשר למנוע את סכנת פגיעתם של גופים מן החלל בכדור הארץ? ראשית, יש לזהות בתצפיות אסטרונומיות את מסלוליהם של גופי חלל העלולים להתנגש בכדור הארץ ולעקוב אחר תנועתם. באופן כזה ניתן יהיה להתריע על התנגשות צפויה.

אבל לאחר ההתרעה, כיצד ניתן יהיה למנוע את התנגשותו של גוף כזה בכדור הארץ? אחת האפשרויות היא להשתמש בפצצות גרעיניות שישוגרו באמצעות טילים, שירסקו את הגוף המתקרב או יסיטו אותו ממסלולו, כך שלא יפגע בכדור הארץ.

שאלות

1. תארו את הקשר בין אנרגיית התנועה של גופים המגיעים לכדור הארץ מן החלל לבין תדירות הפגיעה בו על ידי גופים אלה.
2. האם ייתכן שגוף המגיע לכדור הארץ מן החלל יהיה בעל אנרגיית תנועה גדולה בהרבה מגוף אחר בעל אותה מסה שיגיע גם הוא מן החלל? הסבירו.
3. כיצד ניתן למנוע את פגיעתם של גופים בכדור הארץ? (תוכלו להציע גם דרך משלכם.)

העשרה

אנרגיית התנועה של מסה בת קילוגרם אחד הנעה במהירות של מטר בשנייה

כדי למצוא את אנרגיית התנועה, השתמשנו בגודל אנרגיית התנועה של גוף שמסתו קילוגרם אחד ומהירותו מטר בשנייה. אנרגיית התנועה של גוף כזה היא $\frac{1}{2}$ ג׳ול.

כיצד יודעים זאת?

ניסוי מדויק מראה שכאשר משמיטים גוף שמסתו קילוגרם מגובה של 5.1 סנטימטרים מעל פני הרצפה, הגוף מגיע אל הרצפה במהירות של מטר בשנייה.

על פי חוק שימור האנרגיה, אנרגיית הגובה ההתחלתית של הגוף שווה לאנרגיית התנועה שלו בהגיעו לקרקע. נקרא לאנרגיית תנועה זו בשם "אנרגיית התנועה הסופית".

נחשב את האנרגיה ההתחלתית:

משקלו של קילוגרם אחד על פני כדור הארץ כ-10 ניוטון. קודם צוין שהערך המדויק יותר הוא 9.8 ניוטונים, ולחישובינו נשתמש הפעם בערך זה.

מסת הגוף היא קילוגרם, ולכן משקלו הוא 9.8 ניוטונים.

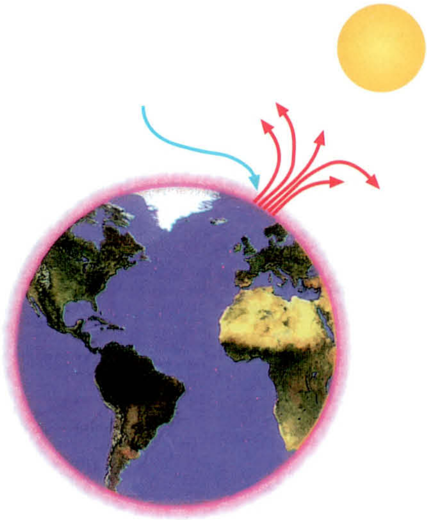
גובהו הוא 0.051 מטרים, ולכן אנרגיית הגובה ההתחלתית שלו היא:

אנרגיית הגובה=(משקל) • (גובה)=(9.8 ניוטונים) • (0.051 מטרים) = 0.5 ג׳ול

אנרגיית הגובה ההתחלתית של הגוף שווה, כאמור, לאנרגיית התנועה שלו בהגיעו לקרקע. זאת אומרת - אנרגיית התנועה של גוף שמסתו קילוגרם ומהירותו מטר בשניה, שווה ל-0.5 ג׳ול.

העשרה

אנרגיית התנועה של הרוח



שוב ושוב אנחנו נתקלים בהשפעתה של הרוח. רוח מכופפת ענפי עצים, גורמת לתזוזתם של עננים, מעיפה את שערנו ועוד. רוח היא תנועה של אוויר. לכן יש לה אנרגיית תנועה.

כיצד נוצרת רוח?

השמש מחממת את האוויר. אוויר שהטמפרטורה שלו עולה, מתרומם כלפי מעלה. את מקומו של האוויר הנע כלפי מעלה תופס אוויר אחר, קר יותר, המגיע מאזורים אחרים של האטמוספרה. תנועת אוויר זו היא רוח. נוכל לומר שבתהליך זה אנרגיית חום מתגלגלת לאנרגיית תנועה של אוויר.

בלילות בהירים, האוויר המצוי מעל מקומות גבוהים מתקרר. ככל שאוויר קר יותר, צפיפותו גדולה יותר. אוויר זה, עקב צפיפותו הגדולה, נופל מטה, אל מישורים נמוכים יותר. כך נוצרות רוחות היורדות מן ההרים והגבעות כלפי מטה. רוחות כאלה נקראות "רוחות הרים". אנרגיית הרוח שימשה את האנושות במשך דורות רבים, בין השאר להנעת ספינות מפרש וסירות מפרש, להפעלת טחנות רוח לטחינת חיטה ולשאיבת מים. כיום מנצלים את אנרגיית הרוח להפקת אנרגיה חשמלית באמצעות מתקנים מיוחדים.

מהי מהירות הרוח? מהירותה של נשיבת רוח קלה עשויה להיות בין 12 ל-19 קמ"ש. רוח כזאת מסוגלת להניע עלים וכבסים על חבל הכביסה. רוח סוערת, לעומת זאת, מגיעה למהירות שבין 50 ל-61 קמ"ש. זוהי רוח שמניעה עצים שלמים וקשה ללכת כנגדה.

חוות רוח שבה מתקנים המגלגלים את אנרגיית התנועה של הרוח לאנרגיה חשמלית.

שאלות

1. תארו כיצד נוצרת רוח.
2. תארו את גלגולי האנרגיה בכל אחד מן השימושים הבאים של הרוח: שאיבת מים, הנעת ספינות מפרש.

תקליטור **פארק האנרגיה:**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיית תנועה לאנרגיה חשמלית - **חוות רוח; מגדלים פורחים באוויר; רוחות הדרכים** - **מקור אנרגיה מפתיע**

אנרגיה ברשת (אתרי אינטרנט רלוונטיים לפרק)

- The physics Classroom

כתובת: http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/class/bboard.html

תיאור האתר: הסברים בנושאים שונים, בהם קינמטיקה (תורת התנועה), חוקי ניוטון, עבודה, הספק, אנרגיה.

לקריאה נוספת

אורעד יורם (1995), יו יו - בוא בוא, **כמעט 2000**, 10, עמ' 34-35. (עיבוד ותירגום מתוך The Exploratorium Quarterly).
(המאמר עוסק באנרגיית התנועה של הצעצוע יו-יו.)

וייסמן פול (1995), פגיעה ברורה בצדק, **גליליאו** 12, עמ' 52-56.
(המאמר עוסק בשברי השביט שומייקר-לוי בכוכב הלכת צדק.)

לירז גילה (1996), המטרה - כדור הארץ, **גליליאו** 19, עמ' 62-65.
(המאמר עוסק בסכנת פגיעתם של גופים מן החלל בכדור הארץ.)

מסכמים את פרק 3

- **אנרגיית התנועה** של גוף נקבעת על ידי **מסתו ומהירותו**.
- גוף שמסתו גדולה משל גוף אחר, ומהירותו זהה לזו של הגוף האחר, אנרגיית התנועה שלו גדולה יותר.
- גוף שמהירותו גדולה יותר ממהירותו של גוף אחר, ומסתו זהה לזו של הגוף האחר, אנרגיית התנועה שלו גדולה יותר.
- נוסחת אנרגיית התנועה היא $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, כאשר E_k היא האנרגיה בג'ולים, m היא המסה בקילוגרמים ו-v היא המהירות במטרים בשנייה.
- בלם הרכב עוצר או מאט את תנועת המכונית על ידי גלגול אנרגיית התנועה של המכונית לאנרגיית חום.
- **מרחק העצירה** הוא המרחק שעוברת המכונית מן הרגע שבו הנהג מבחין בצורך לעצור ועד לרגע העצירה.
- **מרחק הבלימה** הוא המרחק שעוברת המכונית מרגע הלחיצה על הבלם עד לעצירתה המלאה.
- **מרחק התגובה** הוא המרחק שהמכונית עוברת מהרגע שבו הנהג מבחין בצורך לעצור ועד לרגע שבו הוא לוחץ על דוושת הבלם.
- מרחק העצירה שווה לסכום של מרחק הבלימה ומרחק התגובה.
- כשמהירותה של מכונית גדלה פי מספר מסוים, מרחק הבלימה גדל פי אותו המספר בריבוע.
- כשנשפכים על הכביש שמן או מים, חיכוך גלגלי המכונית עם הכביש קָטֵן. דבר זה גורם להקטנת גלגול אנרגיית התנועה של המכונית לאנרגיית חום. כתוצאה מכך, גָדֵל מרחק הבלימה של המכונית.

שואלים את עצמנו - פרק 3

ב. במה תלויה אנרגיית התנועה?

1. במה תלויה אנרגיית התנועה של גוף? בחרו במשפט הנכון מבין הבאים:
   א. במשקל הגוף ובמהירותו.
   ב. במסת הגוף ובמהירותו.
   ג. במסת הגוף בלבד.
   ד. במהירות הגוף בלבד.

2. הנזק שגורם קליע גדול הפוגע בבניין, גדול בהרבה מן הנזק שגורם קליע קטן הפוגע באותו בניין באותה מהירות. הסבירו מדוע.

3. לפניכם משפטים אחדים על הקשר שבין מסת הגוף ומהירותו לבין אנרגיית התנועה שלו. רק אחד מהם נכון. איזה מהם?
   א. כאשר גדלים מהירות הגוף ומסתו, גדלה אנרגיית התנועה שלו.
   ב. אם מהירותו של גוף א' גדולה מזו של גוף ב', פירוש הדבר תמיד שאנרגיית התנועה שלו גדולה מזו של גוף ב'.
   ג. אם מסתו של גוף א' גדולה מזו של גוף ב', פירוש הדבר תמיד שאנרגיית התנועה שלו גדולה מזו של גוף ב'.
   ד. כשמהירות הגוף גְדֵלה ומסתו נותרת קבועה, אנרגיית התנועה שלו קְטֵנה.

ג. הקשר המדויק בין המסה לבין אנרגיית התנועה

ד. הקשר המדויק בין המהירות לבין אנרגיית התנועה

ה. מחשבים אנרגיית תנועה

4. 4 כלי רכב נעים על כביש במהירות זהה: משאית שמסתה 15,000 קילוגרם, אוטובוס שמסתו 10,000 קילוגרם, קטנוע שמסתו 40 קילוגרם ומכונית שמסתה 1,000 קילוגרם. סדרו את ארבעת כלי הרכב לפי גודל אנרגיית התנועה שלהם - מן האנרגיה הקטנה ביותר ועד לגדולה ביותר.

5. מה ניתן לעשות כדי שאנרגיית התנועה של האוטובוס תהיה גדולה מזו של המשאית? הסבירו.

6. משאית ריקה נוסעת ליעד מסוים במהירות של 40 קמ"ש. בהגיעה ליעד, מעמיסים עליה מטען שמסתו בדיוק כמסת המשאית הריקה. עם מטען זה היא נוסעת באותה מהירות כמו קודם. פי כמה גדולה אנרגיית התנועה שלה עם המטען מאנרגיית התנועה שלה כשהיא נוסעת ריקה?

7. ילד הולך במהירות של 4 קמ"ש. לאחר מכן הוא רץ במהירות של 12 קמ"ש. פי כמה גדלה אנרגיית התנועה של הילד?

8. איזה מכלי הרכב הבאים הוא בעל אנרגיית התנועה הגדולה ביותר? לאיזה מכלי הרכב אנרגיית התנועה הנמוכה ביותר?
   א. מכונית שמהירותה 10 מטרים בשנייה ומסתה טון אחד.
   ב. מכונית שמהירותה 10 מטרים בשנייה ומסתה 2 טון.
   ג. מכונית שמהירותה 20 מטרים בשנייה ומסתה 2 טון.
   ד. משאית שמהירותה 5 מטרים בשנייה ומסתה 10 טון.

+9. מכונית ריקה נוסעת עד היציאה מן העיר במהירות של 40 קמ"ש. ביציאה מן העיר מעמיסים עליה מטען שמסתו זהה למסת המכונית הריקה. היא יוצאת מן העיר כשמהירותה 80 קמ"ש. חשבו פי כמה גָדלה אנרגיית התנועה שלה.

10. סדרו את הדוגמאות הבאות על פי גודל אנרגיית התנועה - מאנרגיית התנועה הקטנה ביותר עד לאנרגיית התנועה הגדולה ביותר:
   א. משאית שמסתה 10 טון והיא נעה במהירות של 10 מטרים בשנייה.
   ב. פגז שמסתו 5 קילוגרם והוא נע במהירות של 2 קילומטרים בשנייה.
   ג. ציפור שמסתה 400 גרם והיא נעה במהירות של 20 מטרים בשנייה.
   ד. אדם שמסתו 70 קילוגרם והוא נע במהירות של 1 מטר בשנייה (מהירות הליכה רגילה).
   ה. סירת מנוע שמסתה 400 קילוגרם והיא נעה במהירות של 10 מטרים בשנייה.
   ו. מסוק שמסתו 2 טון והוא נע במהירות של 100 מטרים בשנייה.

11. מסתו של קטנוע היא 100 קילוגרם. מסת כל אחד משני הרוכבים עליו היא 60 קילוגרם.
   א. חשבו את אנרגיית התנועה של הקטנוע כשהוא נע במהירות של 20 מטרים בשנייה ורק אדם אחד רוכב עליו.
   ב. חשבו את אנרגיית התנועה של הקטנוע כשהוא נע באותה מהירות ושניים רוכבים עליו.

שימו לב: הסימון + לצד השאלה מציין שהיא קשה;
הסימון ++ מציין שאלה קשה מאוד.

ג. חשבו את אנרגיית התנועה של הקטנוע כשהוא נע במהירות של 10 מטרים בשנייה, שניים רוכבים עליו והוא נושא מטען שמסתו 80 קילוגרם.
ד. האם תוצאות השאלה ישתנו אם הקטנוע ייסע על פני הירח? הסבירו.

12. מסתה הכוללת של חללית בלתי מאוישת זעירה היא 40 קילוגרם. היא נעה בחלל במהירות של 10 קילומטרים בשנייה (קילומטר אחד = 1,000 מטר).
א. חשבו את אנרגיית התנועה של החללית.
ב. האם אנרגיית התנועה שלה קטנה או גדולה מאנרגיית התנועה של משאית שמסתה הכוללת היא 10 טון (טון = 1,000 קילוגרם) והיא נעה במהירות של 20 מטרים בשנייה? חשבו פי כמה גדולה או קטנה אנרגיית החללית מאנרגיית המשאית.

13. לפניכם טבלה שבה נתונות מסותיהם של גופים והמהירויות שלהם. העתיקו את הטבלה למחברת ומלאו את החסר.

מסה (קילוגרם)	מהירות (מטר בשנייה)	אנרגיה (ג'ול)
2	3	
30	20	
200	40	
	10	400
	5	250
	20	40,000
20		40
60		750

14. מטאוריט הוא גוש חומר המגיע מן החלל ופוגע בכדור הארץ. מטאוריטים מגיעים לכדור הארץ במהירות עצומה של כמה קילומטרים בשנייה. פגיעת מטאוריט שמסתו כשל אבן חצץ עלולה להיות קטלנית, בעוד שאבן חצץ רגילה שמישהו מטיל עלולה להסב רק נזק קטן יחסית. הסבירו מדוע.

15. חשבו פי כמה גדולה אנרגיית התנועה של מטאוריט שמסתו 10 גרם והנע במהירות של 4 קילומטרים בשנייה, מאנרגיית התנועה של אבן חצץ בעלת אותה מסה, הנעה במהירות של 20 מטרים בשנייה.

+ 16. ילד זורק כדור טניס למעלה באופן אנכי. הכדור יוצא מידו במהירות של 20 מטרים בשנייה. הזניחו את החיכוך עם האוויר וחַשבו לאיזה גובה מרבי יגיע הכדור.

+ 17. שולחים פגז באופן אנכי כלפי מעלה. הפגז יוצא מלוע התותח במהירות של 1 קילומטר בשנייה. עקב החיכוך עם האוויר, מתגלגלת 1/4 מן האנרגיה שלו לאנרגיית חום. לאיזה גובה מרבי יגיע הפגז?

+ 18. חפץ שמסתו קילוגרם אחד נופל מגובה 5 מטרים מעל פני הקרקע. מה תהיה מהירותו בהגיעו לקרקע? (הזניחו את החיכוך עם האוויר וזכרו שמשקלה של מסה בת 1 קילוגרם על פני כדור הארץ הוא 10 ניוטון.)

+ 19. חפץ שמסתו 2 קילוגרם נופל מגובה 5 מטרים. באיזו מהירות יגיע החפץ לקרקע? (גם כאן הזניחו את החיכוך עם האוויר.)

+ 20. *לאיזו מסקנה ניתן להגיע מן התשובות לשאלות 18 ו-19?*

++21. לאיזו מהירות יגיע החפץ שבשאלה 18 אם יופל מאותו הגובה בדיוק, אבל על פני הירח?

++22. לאיזה גובה מרבי יגיע כדור טניס הנשלח מעל פני הירח באופן אנכי כלפי מעלה במהירות של 4 מטרים בשנייה? (בירח אין אוויר.)

23. בעתיד, ייתכן שינצלו את הירח לכריית מחצבים על מנת לבנות על פניו חלליות שישוגרו ליעדים רחוקים מאוד בחלל. נסו למנות לפחות שני יתרונות של שילוח חלליות מפני הירח לעומת שילוחן מפני כדור הארץ. (שימו לב: בירח אין אוויר.)

ו. אנרגיית התנועה בכבישים

24. הסבירו במונחי אנרגיה מדוע יש לשמור מרחק בין מכונית למכונית בזמן הנסיעה.

25. המרחק בין מכונית למכונית בזמן נסיעה ביום גשום צריך להיות גדול יותר מאשר ביום לא גשום. הסבירו מדוע, במונחי אנרגיה.

26. הסבירו במונחי אנרגיה כיצד שמן על הכביש משפיע על מרחק העצירה של מכונית.

27. מכונית בעלת מסה של 800 קילוגרם נעה במהירות של 30 מטרים בשנייה. כאשר בולמים את המכונית בלימת חירום, הבלם עוצר את סיבוב הגלגל. בכל מטר של דרך

אנרגיית תנועה של 10,000 ג'ול מתגלגלת לאנרגיית חום כתוצאה מחיכוך הגלגלים עם הכביש. חַשבו איזה מרחק תעבור המכונית מרגע התחלת הבלימה ועד שתעצור לחלוטין (מרחק בלימה).

28. אדם נוהג בקטנוע במהירות של 10 מטרים בשנייה. מסת הקטנוע עם האדם והמטען היא 150 קילוגרם.
א. חשבו את אנרגיית התנועה הכוללת של הקטנוע.
ב. האם אנרגיית התנועה תשתנה אם ינהג בקטנוע אדם אחר באותה המהירות? הסבירו.
ג. בזמן בלימת חירום (הבלם עוצר אז את סיבוב הגלגל) מגלגל הקטנוע בכל מטר אנרגיית תנועה של 750 ג'ול לאנרגיית חום. חשבו את מרחק הבלימה.
ד. בזמן נהיגה בקטנוע מתרחש אירוע המצריך עצירה מידית. חשבו את המרחק שיעבור הקטנוע מהרגע שהנהג הבחין בצורך לעצור ועד לעצירה המוחלטת, אם זמן התגובה של הנהג הוא 0.6 שניות.

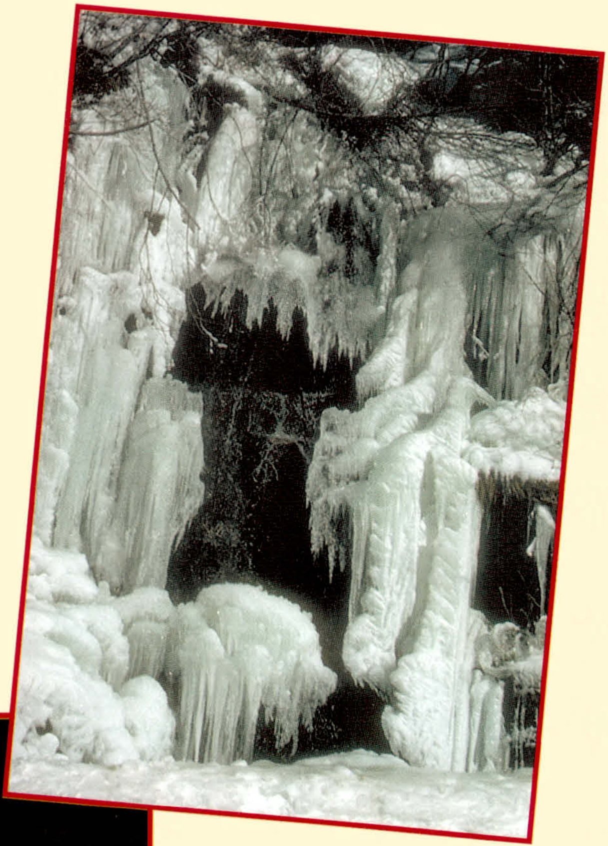
תשובות מספריות
ל"שואלים את עצמנו", פרק 3

6. פי 2.
7. פי 9.
9. פי 8.
11. א. 32,000 ג'ול; ב. 44,000 ג'ול; ג. 15,000 ג'ול.
12. א. 2,000,000,000 ג'ול; ב. גדולה פי 1,000.

13. הטבלה המלאה:

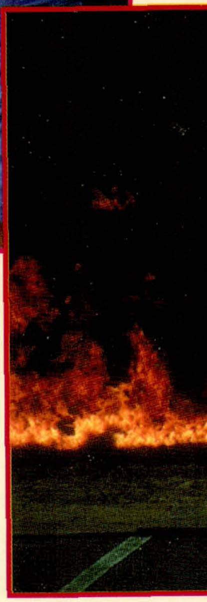
מסה (קילוגרם)	מהירות (מטר בשנייה)	אנרגיה (ג'ול)
2	3	9
30	20	6,000
200	40	160,000
8	10	400
20	5	250
200	20	40,000
200	2	400
60	5	750

15. פי 40,000.
16. 20 מטרים.
17. 37,500 מטרים.
18. 10 מטרים בשנייה.
19. 10 מטרים בשנייה.
21. 4 מטרים בשנייה.
22. 5 מטרים.
27. 36 מטרים.
28. א. 7,500 ג'ול.
ג. 10 מטרים.
ד. 16 מטרים.



פרק ה

מְחשבים אנרגיית חום



א. אנרגיית חום, טמפרטורה וחישוב אנרגיית חום / 164

ב. עוברים בין מצבי צבירה / 176

א. אנרגיית חום, טמפרטורה וחישוב אנרגיית חום

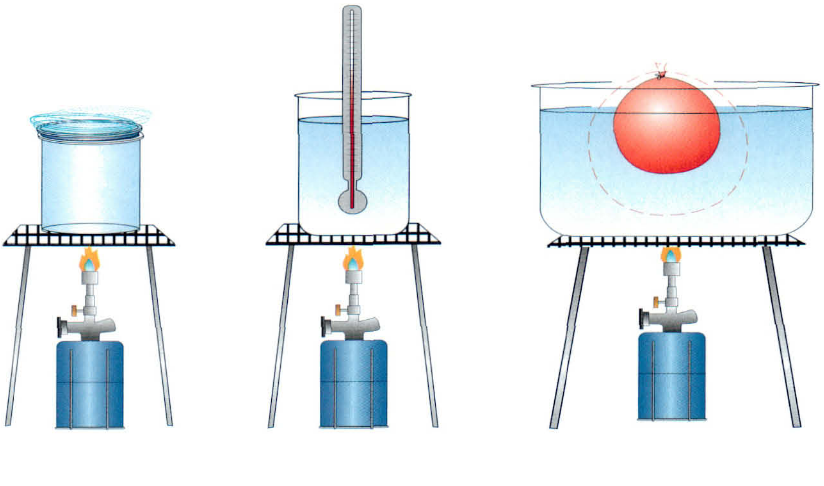
בפרק הקודם למדתם על גלגול אנרגיית תנועה לאנרגיית חום עקב חיכוך. חיכוך הוא, כידוע, רק דרך אחת לקבלת אנרגיית חום. אנרגיית חום מתקבלת גם באופנים אחרים. למשל, אנרגיה חשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום כאשר זרם חשמלי עובר בגוף חימום של קנקן חשמלי. אנרגיה כימית מתהליך בעירת גז בישול מתגלגלת לאנרגיית חום בלהבת הגז.
יש תהליכים שבהם מעוניינים לגלגל סוג אנרגיה מתאים לאנרגיית חום, ויש תהליכים שבהם אנרגיית חום מתקבלת מבלי שמעוניינים בה.

לעתים אומרים **אנרגיית חום** ולעתים מקצרים זאת ל**חום**, אך אלה הם מושגים זהים לחלוטין.

שאלה 1: תנו דוגמאות לשימושים באנרגיית חום בחיי יום-יום. מהן ההשלכות של שימושים אלה על הבריאות, על הסביבה ועל איכות החיים?

מאז ומעולם ייחס האדם חשיבות גדולה לשימור המזון. הדרך המודרנית והמוכרת לכולנו היא קירור והקפאה. גם השיטות האחרות קשורות באנרגיית חום.

שאלה 2: איך שימרו מזון בעבר? תארו דרכים נוספות לשימור מזון בעזרת אנרגיית חום.
במדינות שטופות שמש כמו ישראל, מתקינים דודי שמש על גגות בתים רבים כדי לחסוך בחשמל לחימום מים לצריכה ביתית. בארץ תוקן גם חוק המחייב קבלנים להתקין דוד שמש בכל בניין חדש.
שאלה 3: פרטו את השיקולים הכלכליים שבגללם תוקן חוק זה.
שאלה 4: התבוננו באיורים ותארו את השינויים המתרחשים בחומרים כתוצאה מקליטה או מפליטה של אנרגיית חום.



המלצה על סרט

"התפשטות מתכות בחום" מתוך הסדרה **פיזיקה בפעולה** של הטלוויזיה החינוכית
"חימום והתכה" מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

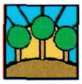
אחד השינויים האפשריים בגוף כתוצאה מקליטת אנרגיית חום או כתוצאה מפליטתה הוא שינוי הטמפרטורה.

אנרגיית חום וטמפרטורה הן גדלים פיזיקליים שונים זה מזה אך קשורים זה לזה, ולכן קל לבלבל ביניהם. גם אנרגיית החום וגם הטמפרטורה קשורות לתנועת החלקיקים בכל גוף וגוף. למדתם שכל הגופים בנויים מחלקיקים; כל החלקיקים האלה נמצאים בתנועה מתמדת. ככל שטמפרטורת הגוף עולה, גוברת תנועת החלקיקים. ככל שטמפרטורת הגוף יורדת, מואטת תנועת החלקיקים. אבל גם בטמפרטורות נמוכות מאוד נמשכת התנועה האטית של החלקיקים ולעולם איננה פוסקת לחלוטין.

לפניכם שתי אפשרויות ללימוד הקשר בין אנרגיית חום לבין טמפרטורה:

תקליטור הספר

אנרגיית חום – הנחיות לעריכת 5 ניסויים
כל קבוצה מבצעת ניסוי אחד ומדווחת במליאת הכיתה על הממצאים והמסקנות.



תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית חום – חדר חום וטמפרטורה
פתחו את קלסר "טמפרטורה" - חוצץ "טמפרטורה ונפח", הפעילו את הקומקום, ענו על השאלות בדף העבודה "תרמוסטט דו-מתכת".
היכנסו ל"מכונת החלקיקים" - פרק 1: הטמפרטורה ואנרגיית התנועה של חלקיקי הגז. הפרק מתאר ניסויים ומסביר את המתרחש בהם באמצעות הדמיות מ"נקודת הראות של החלקיקים".

העשרה בסוף הפרק (עמ' 181)

הטמפרטורה ואנרגיית התנועה של חלקיקי החומר

כאשר גוף הנמצא בטמפרטורה גבוהה (גוף חם) נוגע בגוף הנמצא בטמפרטורה נמוכה ממנו (גוף קר), תנועת החלקיקים בגוף החם הולכת ומאיטה ואילו תנועת החלקיקים בגוף הקר הולכת וגוברת. להתרחשות הזאת אנחנו קוראים מעבר אנרגיית חום או **מעבר חום**. כך קורה לכוס תה חם הנמצאת זמן מה על השולחן בחדר. כך קורה לקוביית קרח הנמצאת על השיש במטבח.

עד מתי עובר החום מהגוף החם אל הגוף הקר? עד שהטמפרטורות של שני הגופים ישתוו זו לזו. נהוג גם לומר: עד להשתוות הטמפרטורה. לכן כל הגופים הנמצאים בחדר אחד מגיעים במשך הזמן לאותה טמפרטורה הנקראת "טמפרטורת החדר". כוס התה החמה שעל השולחן מעבירה חום לשולחן ולאוויר החדר עד שכולם מגיעים לאותה הטמפרטורה. טמפרטורת התה לא תרד יותר.
באשר לקוביית הקרח שעל השיש, היא הולכת ומתחממת עד שהיא מפשירה, ואז טמפרטורת המים משתווה לזו של האוויר בחדר ולזו של השולחן. אנרגיית חום עוברת מהאוויר ומהשולחן וגורמת לעליית הטמפרטורה של הקרח ושל המים המופיעים בהפשרה. המים לא יתחממו מעבר לטמפרטורת החדר.
האוויר שבחדר מתחמם מעט במקרה הראשון בגלל התה החם, ובמקרה השני הוא מתקרר מעט בגלל קוביית הקרח.

אנרגיית החום עוברת מגוף לגוף בדרכים שונות: **הסעה, הולכה וקרינה.**
בהסעה עוברת אנרגיית החום על ידי תנועה של גושי חומר (נוזלים או גזים).
בהולכה עוברת אנרגיית החום ללא תזוזה של גושי חומר. גוש חומר בעל טמפרטורה מסוימת מעביר אנרגיית חום לגוש חומר הצמוד לו וכך הלאה. באופן כזה עוברת אנרגיית החום קטע אחרי קטע ללא תנועתו של גוש החומר.
בדרך השלישית עוברת אנרגיית החום באמצעות קרינה. כל גוף בעל טמפרטורה מסוימת פולט חלק מאנרגיית החום שלו באמצעות קרינה.

עוד על דרכי מעבר החום תוכלו ללמוד ממקורות אלה:

העשרה בסוף הפרק (עמ' 184)

כיצד אנרגיית החום עוברת ממקום למקום?

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית חום – חדר דרכי מעבר חום

פתחו את הקלסר, התבוננו באנימציה, ענו על השאלות בדפי העבודה שבמחשב.

חדר חום וטמפרטורה

הפעילו את "מכונת החלקיקים" - פרק 2: אנרגיית חום וחוק שימור האנרגיה.

בחיי היום-יום אנו משתמשים לעתים בביטויים שאינם מדויקים מבחינה מדעית. ביטויים אלה מפריעים לנו לא פעם להבין את המשמעות המדעית של המושגים הנכונים. תוכלו לקרוא על כך במאמר:

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיית חום – **חום לעומת קור – על תחושות ועל מילים**

- קראו את שני העמודים הראשונים של המאמר ודונו בדברי החברים שבאירוע המתואר: יוסי הזמין חברים לביתו ביום חורף קר. החברים התיישבו על השטיח ולאחדים לא נותר מקום עליו. הם סירבו לשבת על הרצפה כי "טמפרטורת הרצפה נמוכה יותר מזו של השטיח".

המלצה על סרט

"בידוד ושמירת חום" מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

"כיצד מקררים?" מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

מדידת הטמפרטורה לעומת חישוב אנרגיית חום

כדי לדעת את הטמפרטורה של גוף יש למדוד אותה במד-טמפרטורה. לעומת זאת, אין מכשיר המודד אנרגיית חום. כדי לדעת כמה אנרגיית חום עברה אל גוף מסוים, יש למדוד כמה גדלים פיזיקליים ולהציבם בנוסחה של אנרגיית החום.

איך מודדים טמפרטורה, ראו:

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית חום – חדר חום וטמפרטורה

פתחו את הקלסר וקראו את חוצץ "מדידת טמפרטורה", ענו על השאלות בדף העבודה "מדידת טמפרטורה".

ספרייה - סוגי אנרגיה - אנרגיית חום - **מדידת טמפרטורה; עוד על מכשיר מדידת טמפרטורה**

בעת השימוש בחומרי דלק שונים מתגלגלת אנרגיה כימית מתהליך השריפה לאנרגיית חום. אחד השיקולים בעת בחירת חומר הדלק המתאים הוא כמות אנרגיית החום המתקבלת בתהליך השריפה. לדוגמה: חברת החשמל, בבואה לבנות תחנת חשמל, בודקת מהי כמות אנרגיית החום שניתן להפיק משריפת טון של דלק, למשל מזוט או פחם.

אילו גורמים קובעים את כמות אנרגיית החום הנוספת לגוף (או הנגרעת ממנו) וכיצד ניתן לחשב את אנרגית החום?

לפניכם שלוש אפשרויות ללימוד הנושא:

ספר הלימוד – ניסוי מתואר

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית חום – חדר מדידות וגרפים

בפינה "נוסחת אנרגיית חום" בצעו את הניסוי הווירטואלי.

במחשב מלאו את ההוראות לטיפול בתוצאות בעזרת הגיליון האלקטרוני אקסל וענו על השאלות.

התבוננו בניסוי בקלסר "חום סגולי" וענו על השאלות בדף העבודה במחשב.

תקליטור הספר

פיתוח נוסחת אנרגיית חום – סדנת 4 ניסויים

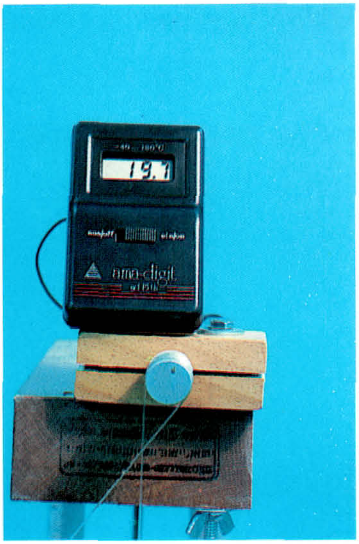
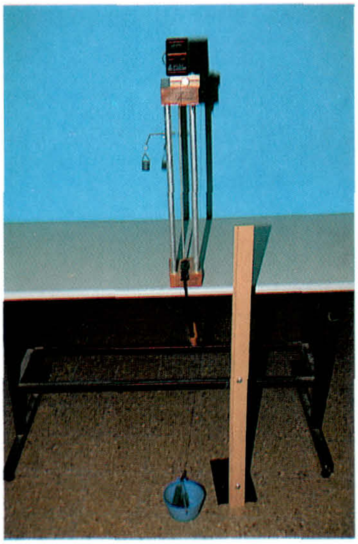
סרטטו גרפים בעזרת הגיליון האלקטרוני אקסל והסיקו מסקנות.

תוכלו לפתח את הנוסחה של אנרגיית חום לאור המסקנות מהניסויים.

באמצעות הניסוי המתואר הבא, נלמד במה תלויה הכמות של אנרגיית החום.

ניסוי מתואר – חישוב אנרגיית החום

מהדקים היטב גליל אלומיניום בין שני לוחות כדי שלא יוכל להסתובב. מצמידים מד-טמפרטורה לגליל האלומיניום.

כורכים חוט ניילון כמה פעמים על הגליל. בקצה האחד של החוט קשור סל. בקצהו השני תלויה משקולת קְטנה שמטרתה לשמור שהחוט יהיה מתוח כל זמן הניסוי. כאשר הסל יורד הוא מושך אחריו את חוט הניילון הכרוך על גבי הגליל. החוט מתחכך בגליל.
בכל מדידה מבצעים את השלבים הבאים:

- כורכים את החוט מספר פעמים עד שהסל נמצא בגובה של 1 מטר מעל פני הרצפה.
- בעזרת המשקולת הצדדית, מקפידים שחוט הניילון יהיה מתוח וכרוך היטב על הגליל.
- מודדים את הטמפרטורה ההתחלתית של הגליל.
- משחררים את הסל עם המשקולות ומניחים לו לרדת עד לרצפה.
- מודדים את טמפרטורת הגליל לאחר שהסל הגיע אל הרצפה.
- חוזרים על שלבים 1-5, אך בכל פעם מניחים בסל מספר שונה של משקולות.

הניסוי מראה שטמפרטורת הגליל עולה.

איך ניתן להסביר זאת?
הסל היורד למטה מתחכך עם הגליל, וכתוצאה מכך חלק מאנרגיית הגובה שלו מתגלגלת לאנרגיית חום בגליל.
כאשר הסל עם המשקולות פוגע ברצפה, יש לו מהירות ולכן גם אנרגיית תנועה. אנרגיה זו לא מתגלגלת כמובן לאנרגיית חום של הגליל, אלא לאנרגיית חום של הרצפה ושל הסל. מאחר שכמות האנרגיה הזו היא קטנה, נאמר שאנרגיית הגובה **כולה** מתגלגלת לאנרגיית החום של הגליל.

ככל שאנרגיית הגובה גדולה יותר, נוספת לגליל אנרגיית חום גדולה יותר.

יתר על כן - כאשר אנרגיית הגובה גָדלה פי מספר מסוים, אנרגיית החום שנוספה לגליל גָדֵלה פי אותו המספר.

שאלה 5: בניסוי המתואר, אנרגיית הגובה של הסל התגלגלה לאנרגיית חום. האם הגליל קיבל את כולה? הסבירו.

בניסוי התקבלו התוצאות המופיעות בטבלה הבאה:

אנרגיית הגובה של הסל (ג'ול)	**בכמה עלתה הטמפרטורה (מעלת צלזיוס)**
3	0.2
6	0.4
9	0.6
12	0.8
15	1.0
18	1.2

- על מה מעידה עלייה גדולה יותר של הטמפרטורה?
- מהי המסקנה מנתוני הטבלה?

נתוני הטבלה מובילים למסקנה מפורטת:

יש יחס ישר בין כמות אנרגיית החום שמספקים לגוף לבין עליית הטמפרטורה שלו.

מהי הכוונה?
נניח שהוספנו לגוף כמות מסוימת של אנרגיית חום, וכתוצאה מכך עלתה הטמפרטורה בערך מסוים, אזי:
- כאשר מוסיפים לגוף פי 2 אנרגיית חום, גם עליית הטמפרטורה שלו גְדֵלה פי 2.
- כאשר מוסיפים לגוף פי 3 אנרגיית חום, גם עליית הטמפרטורה שלו גְדֵלה פי 3.
- כאשר מוסיפים לגוף פי 4 אנרגיית חום, גם עליית הטמפרטורה שלו גְדֵלה פי 4.

וכך הלאה.

האם עליית הטמפרטורה היא הגורם היחיד שיש לדעת כדי להעריך את אנרגיית החום שגוף קיבל?
נניח שאנו מספקים אנרגיית חום מסוימת לגליל האלומיניום. טמפרטורת הגליל עולה בערך מסוים.

ל-2 גלילי אלומיניום כאלה (שמסתם הכוללת היא פי 2 מזו של הגליל המקורי) יש לספק אנרגיה כפולה כדי שהטמפרטורה של הגלילים תעלה באותו ערך.
ל-3 גלילי אלומיניום (שמסתם הכוללת היא פי 3 מזו של הגליל המקורי) יש לספק אנרגיה פי 3 כדי שהטמפרטורה שלהם תעלה גם היא באותו ערך.

מקרים אלו הדגימו את הכלל הבא:

כאשר טמפרטורה של גופים מאותו החומר עולה באותו הערך, קיים יחס ישר בין מסות הגופים לאנרגיית החום שסופקה להם.

לדוגמה: מסת גוף א' גדולה פי 2 מזו של גוף ב'. שני הגופים עשויים מאותו החומר. כאשר הטמפרטורה של שני הגופים עולה באותו ערך, אנרגיית החום שסופקה לגוף א' גדולה פי 2 מזו שסופקה לגוף ב'.

זה איננו מפתיע. אתם הרי יודעים שכאשר רוצים להרתיח כמויות מים שונות בקנקן חשמלי (במילים אחרות: להעלות את הטמפרטורה שלהם ל-100 מעלות בערך), צריך להפעיל את הקנקן במשך זמנים שונים.
כאשר מסת המים גדולה פי מספר מסוים, יש להפעיל את הקנקן זמן ארוך יותר. זמן זה גדול פי אותו מספר, זאת אומרת שיש להעניק אנרגיית חום גדולה פי אותו מספר למסה הגדולה יותר.

שאלה 6: הֶעניקו ל-200 גרם מים אנרגיית חום של 4,200 ג'ול, והטמפרטורה שלהם עלתה ב-5 מעלות צלזיוס. כמה אנרגיית חום יש להעניק ל-600 גרם מים כדי להעלות את הטמפרטורה שלהם באותו הערך?

שאלה 7: מסת גוף א' היא 400 גרם. מסת גוף ב', העשוי מאותו החומר, היא 100 גרם. מעניקים לגוף א' אנרגיית חום של 8,000 ג'ול, והטמפרטורה שלו עולה ב-50 מעלות. כמה אנרגיית חום צריך להוסיף לגוף ב' כדי שהטמפרטורה שלו תעלה גם היא ב-50 מעלות?

שאלה 8: גופים א' ו-ב' עשויים מאותו חומר. מסת גוף א' היא 2 ק"ג. מעניקים לו אנרגיית חום של 10,000 ג'ול, והטמפרטורה שלו עולה ב-15 מעלות. מסת גוף ב' היא 3 ק"ג. כמה אנרגיית חום צריך להעניק לו כדי שהטמפרטורה שלו תעלה ב-30 מעלות?

האם עליית הטמפרטורה ומסת הגוף הן הגורמים היחידים שיש לדעת כדי להעריך את אנרגיית החום שגוף מסוים קיבל?

נניח שהיינו מחליפים את גליל האלומיניום בגליל פליז בעל אותה המסה ועורכים שוב את המדידות שערכנו בניסוי הקודם. היינו מגלים שעבור אותה אנרגיית גובה של הסל, עליית הטמפרטורה של גליל הפליז היא גדולה יותר.

שאלה 9: האם זה אומר שכמות אנרגיית החום שנוספה לשני הגלילים היא שונה? הסבירו.
שאלה 10: מהו הגורם השונה בשני הניסויים? לְמה נוכל לייחס את השוני בעליית הטמפרטורה?

בלשון יום-יום היינו אומרים שפליז מתחמם "ביתר קלות" מאלומיניום. עבור אותה אנרגיית חום ועבור אותה מסה, עליית הטמפרטורה של הפליז **גדולה** יותר משל האלומיניום.

נוכל לומר זאת גם אחרת: כדי להעלות את הטמפרטורה של קילוגרם פליז ב-1 מעלת צלזיוס, צריך להוסיף לו **פחות** אנרגיית חום מזו הדרושה להעלאת הטמפרטורה של קילוגרם אלומיניום ב-1 מעלת צלזיוס.

לא רק אלומיניום ופליז, גם חומרים אחרים שונים זה מזה באנרגיית החום שצריך להוסיף ל-1 קילוגרם שלהם כדי להעלות את הטמפרטורה שלהם ב-1 מעלת צלזיוס.

התכונה האחראית לשונות זו בין חומרים נקראת **חום סגולי**.

נגדיר תכונה זו באופן כללי:

חום סגולי: אנרגיית החום שיש להוסיף לקילוגרם של חומר כדי להעלות את הטמפרטורה שלו במעלת צלזיוס אחת.

כדי לדעת כמה אנרגיית חום נוספה לגוף, עלינו לדעת את הגורמים הבאים:

- עליית הטמפרטורה;
- מסת הגוף;
- סוג החומר, כלומר החום הסגולי של החומר.

ידוע לנו גם כי:

- יש יחס ישר בין אנרגיית החום שמספקים לְגוף לבין עליית הטמפרטורה שלו.
- יש יחס ישר בין אנרגיית החום שמספקים לגוף ובין המסה שלו, כאשר הטמפרטורה של גופים מאותו החומר עולה באותה המידה.

אנרגיית החום תלויה בשלושת הגדלים האלה, והיא שווה למכפלה שלהם:

[עליית הטמפרטורה] · [מסת הגוף] · [החום הסגולי של החומר] = אנרגיית החום הנוספת לגוף

נוכל גם להגיע בהדרגה לנוסחה לחישוב אנרגיית החום הנוספת לְגוף.
אנרגיית החום שיש לספק לקילוגרם חומר כדי להעלות את הטמפרטורה שלו במעלת צלזיוס אחת היא:

***החום הסגולי** של החומר.*

לדוגמה: אנרגיית החום הדרושה להעלאת הטמפרטורה של קילוגרם אחד ברזל במעלת צלזיוס אחת היא 470 ג'ול.
אנרגיית החום הדרושה כדי להעלות מסה כלשהי של חומר במעלה צלזיוס אחת (המסה מבוטאת בקילוגרמים):

(מסה) • (החום הסגולי של החומר)

לדוגמה: עבור מסה של 4 קילוגרם ברזל, אנרגיית החום שנוספת כאשר הטמפרטורה עולה במעלה צלזיוס אחת היא: (4 • 470) ג'ול, שהם 1,880 ג'ול.

אנרגיית החום הדרושה כדי להעלות מסת חומר בהפרש טמפרטורה מסוים (הפרש הטמפרטורה מבוטא במעלות צלזיוס):

(הפרש הטמפרטורה) • (מסה) • (החום הסגולי של החומר)

זוהי הנוסחה לחישוב אנרגיית החום הנוספת לגוף.
לדוגמה: עבור מסה של 4 קילוגרם ברזל שהטמפרטורה שלהם עולה ב-10 מעלות, אנרגיית החום שנוספת היא: (10 • 4 • 470) ג'ול, שהם 18,800 ג'ול.

נסמן: מסה - **m** חום סגולי - **c** עליית הטמפרטורה - **ΔT** אנרגיית חום - **E_Q***.
נוסחת אנרגיית החום בניסוחה באותיות תיראה כך:

$$E_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

כדי לקבל את האנרגיה ביחידות של ג'ול -
- יש לבטא את המסה בקילוגרם.
- יש לבטא את עליית הטמפרטורה במעלות צלזיוס.
- יש לבטא את יחידת החום הסגולי בג'ול לקילוגרם למעלה.

* *מסיבות היסטוריות מקובל לסמן כמות של חום באות Q. כדי להדגיש שחום הוא אנרגיה ככל אנרגיה, נסמן אנרגיית חום בספר זה באות E ולידה האות Q בהקטנה.*

לפניכם טבלת חום סגולי של חומרים שונים:

החומר	חום סגולי (ג'ול לק"ג למעלה)
מים	4,200
קרח	2,100
צמר גפן	1,400
פלסטיק	כ-1,300
שמן בישול	1,200
אלומיניום	910
חול, אבן	840
זכוכית	830
ברזל	470
נחושת	400
פליז	390
כסף	235
כספית	140
זהב	135

התבוננו בטבלה.

- מהו החומר בעל החום הסגולי הגדול ביותר? מה משמעות הדבר לגבי חומר זה בהשוואה לחומרים אחרים?
- מה אפשר לומר על החום הסגולי של רוב המתכות לעומת החום הסגולי של מוצקים שאינם מתכות?

שאלה 11: השוו את החום הסגולי של אלומיניום לזה של פליז. כיצד השוני בחומים הסגוליים מסביר את התוצאות השונות בניסויים שתוארו?

שאלה 12: ביום קיץ חם קשה ללכת יחפים על חול הים בגלל הטמפרטורה הגבוהה שלו. לעומת זאת, טמפרטורת המים נמוכה יותר. הסבירו את התופעה בעזרת הנתונים שבטבלה.

חיממו 2 קילוגרם מים. טמפרטורת המים עלתה ב-20 מעלות צלזיוס. כמה אנרגיית חום נוספה למים?

פתרון:

נתונים: m = 2 ק"ג ΔT = 20 מעלות c = 4,200 ג'ול לק"ג למעלה

צריך לחשב: $E_Q = ?$

נציב בנוסחה: $E_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$

$E_Q = 4{,}200 \cdot 2 \cdot 20 = 168{,}000$ ג'ול

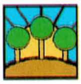
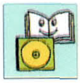
כמות החום שנוספה למים היא 168,000 ג'ול.

שאלה 13: הטמפרטורה של גוש נחושת שמסתו 10 קילוגרם עלתה ב-10 מעלות. הטמפרטורה של 4 קילוגרם מים עלתה באותו הפרש טמפרטורה. מי קיבל יותר אנרגיית חום – גוש הנחושת או המים? הסבירו.

נוסחת אנרגיית החום נכונה לא רק לגוף שבו הטמפרטורה עולה. היא נכונה גם לגבי גוף שהטמפרטורה שלו יורדת. במקרה זה, אנרגיית חום נפלטת מן הגוף במקום להתווסף אליו. הנוסחה במקרה זה תיתן ערך שלילי, דבר המבטא את העובדה שאכן נפלטה אנרגיה מן הגוף.

שאלה 14: הטמפרטורה של 1 קילוגרם מים שרתחו בקנקן חשמלי ירדה מ-100 מעלות צלזיוס ל-60 מעלות צלזיוס. חשבו כמה אנרגיית חום נפלטה בזמן ירידת הטמפרטורה.

לביסוס והרחבה ולהבנת ההבדלים בין חום לבין טמפרטורה וכן לחישובים נוספים:


תקליטור **פארק האנרגיה** וכן  תקליטור **הספר**

ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיית חום - **האם הטמפרטורה עוברת מגוף לגוף?**

ב. עוברים בין מצבי צבירה

עליית הטמפרטורה של גוף היא סימן לכך שהגוף קיבל אנרגיית חום. האם תוספת של אנרגיית חום לגוף גורמת תמיד להעלאת הטמפרטורה שלו?

לפניכם שתי אפשרויות לימוד:

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית חום – חדר שינוי מצב צבירה
פתחו את הקלסר, צפו בפעולת המקרר, השלימו את החידה שעל הקיר, ענו על השאלות במחשב.

מבנה אנרגיית חום – חדר חישובים וגרפים
פתחו את קלסר "חום היתוך" וענו על השאלות בדף העבודה הממוחשב תוך שימוש בגיליון אקסל.

ספר הלימוד

מחממים בכלי על להבת גז גוש קרח בטמפרטורה של 0 מעלות צלזיוס. בהדרגה משתנה מצב צבירתו של הקרח. הקרח הופך למים נוזליים. במילים אחרות, מצב הצבירה שלו משתנה ממוצק לנוזל. כל עוד נותר קרח בכלי, הטמפרטורה של הקרח איננה עולה למרות שהוא מקבל אנרגיית חום כל העת. איך זה ייתכן? האם אנרגיית החום שמספקים לגוש הקרח נעלמת? אם היא נעלמת, הדבר סותר את חוק שימור האנרגיה.

התופעה שתוארה איננה סותרת את חוק שימור האנרגיה. אנרגיית החום אמנם איננה מעלה את הטמפרטורה, אך לעומת זאת היא מושקעת בשינוי מצב צבירתו של הקרח.

אספקת אנרגיית חום לגוף יכולה לגרום לאחד משני שינויים:

- העלאת הטמפרטורה שלו.
- שינוי מצב הצבירה שלו.

כאשר מספקים לְגוף אנרגיית חום ומצב צבירתו נותר קבוע, הטמפרטורה שלו עולה.
כאשר מספקים לְגוף אנרגיית חום ומצב צבירתו משתנה בהדרגה, הטמפרטורה שלו נותרת קבועה במהלך שינוי מצב הצבירה.
שינוי מצב הצבירה של גוף כתוצאה מאספקת אנרגיית חום ייתכן רק בטמפרטורת ההיתוך של החומר או בטמפרטורת הרתיחה שלו. אם הטמפרטורה של הגוף נמוכה מטמפרטורת ההיתוך או הרתיחה, יש תחילה להשקיע אנרגיית חום כדי להגיע אליה. רק משלב זה ואילך אנרגיית החום תתחיל לגרום לשינויו של מצב הצבירה.

דוגמאות:

- הפיכת מים מוצקים (קרח) למים נוזליים כתוצאה מאספקת אנרגיית חום, תיתכן רק בטמפרטורה של 0 מעלות צלזיוס (טמפרטורת ההיתוך של המים). לכן, קרח בטמפרטורה של 30- מעלות צלזיוס, למשל, יש לחמם תחילה ל 0 מעלות צלזיוס, ורק אז תוספת אנרגיית חום תשמש להתכתו.
- הפיכת גוש אלומיניום מוצק לנוזל על ידי הוספת אנרגיית חום, תיתכן רק בטמפרטורה של 660 מעלות צלזיוס (טמפרטורת ההיתוך של אלומיניום). לכן, גוש אלומיניום בטמפרטורת חדר של 20 מעלות צלזיוס, למשל, יש לחמם תחילה ל- 660 מעלות צלזיוס, ורק אז תוספת אנרגיית חום תשמש להתכתו.

לכל חומר יש כמות אנרגיית חום המיוחדת לו שאותה יש להשקיע כדי לשנות את מצב צבירתו ממוצק לנוזל או מנוזל לגז (כאשר החומר כבר נמצא בטמפרטורה של המעבר ממצב צבירה אחד לשני).
אנרגיית חום זו נקראת "חום כמוס".

חום כמוס: אנרגיית החום הדרושה לשינוי מצב צבירתו של 1 קילוגרם חומר ממצב מוצק למצב נוזל או ממצב נוזל למצב גז.

לדוגמה:
החום הכמוס של היתוך מים הוא 333,000 ג'ול לקילוגרם. במילים אחרות, כדי לשנות את מצב הצבירה של קילוגרם קרח בטמפרטורה של 0 מעלות למים נוזלים ב-0 מעלות, יש לספק לו אנרגיית חום של 333,000 ג'ול.

שאלה 15: מהי כמות אנרגיית החום שיש לספק ל-2 ק"ג קרח ב-0 מעלות כדי שישתנו ל-2 ק"ג מים ב-0 מעלות?

שאלה 16: האם אפשר להשתמש בנוסחת אנרגיית החום $E_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ לחישוב אנרגיית החום המושקעת לשינוי מצב הצבירה של חומר? נמקו.

החום הכמוס של ההיתוך הוא כמות החום **המושקעת** ב-1 קילוגרם מוצק כדי להופכו לנוזל **בטמפרטורת ההיתוך** של המוצק.
מה קורה בתהליך ההפוך, כאשר 1 קילוגרם נוזל הופך למוצק ב**טמפרטורת הקיפאון** (הזהה לטמפרטורת ההיתוך)? בתהליך זה **משתחררת** כמות חום השווה לחום הכמוס של היתוך החומר.
החום הכמוס של רתיחת מים הוא 2,256,000 ג'ול לקילוגרם. במילים אחרות, כדי לשנות 1 קילוגרם מים בטמפרטורה של 100 מעלות מנוזל לגז, יש לספק לו אנרגיית חום של 2,256,000 ג'ול.

שאלה 17: מהי כמות אנרגיית החום שיש לספק ל-5 ק"ג מים בטמפרטורת הרתיחה כדי שישתנו לאדים באותה הטמפרטורה?

החום הכמוס של הרתיחה הוא כמות החום **המושקעת** ב-1 קילוגרם של נוזל כדי להופכו לגז **בטמפרטורת הרתיחה** של הנוזל.
כאשר 1 קילוגרם גז הופך לנוזל ב**טמפרטורת ההתעבות** (הזהה לטמפרטורת הרתיחה) **משתחררת** כמות חום השווה לחום הכמוס של רתיחת החומר.

החום הכמוס של היתוך נחושת הוא 207,000 ג'ול לקילוגרם. במילים אחרות, כדי לשנות 1 קילוגרם נחושת בטמפרטורה של 1,083 מעלות (טמפרטורת ההיתוך של הנחושת) לנוזל, יש לספק לו אנרגיית חום של 207,000 ג'ול.

שאלה 18: מהי כמות החום המשתחררת כאשר 1 קילוגרם נחושת נוזלית בטמפרטורה של 1,083 מעלות הופך למוצק בטמפרטורה של 1,083 מעלות?

החום הכמוס של רתיחת נחושת הוא 4,730,000 ג'ול לקילוגרם. במילים אחרות, כדי לשנות 1 קילוגרם נחושת בטמפרטורה של 2,567 מעלות (טמפרטורת הרתיחה של הנחושת) מנוזל לגז, יש לספק לו אנרגיית חום של 4,730,000 ג'ול.

שאלה 19: מהי כמות אנרגיית החום המשתחררת כאשר 3 קילוגרם של אדי נחושת הופכים לנוזל בטמפרטורת הרתיחה של נחושת?

יכולתם לראות בדוגמאות האחרונות שהחום הכמוס מוגדר עבור 1 קילוגרם של חומר. לכן, אם רוצים לחשב את כמות אנרגיית החום הדרושה לשינוי מצב הצבירה של מסה כלשהי, יש לכפול את המסה (בק"ג) בחום הכמוס.

כדי להתיך מסה מסוימת של מוצק הנמצא בטמפרטורת ההיתוך, יש להשקיע כמות חום לפי נוסחה זו:

אנרגיית החום הדרושה להיתוך = מסה (בק"ג) • החום הכמוס של ההיתוך

כדי להרתיח מסה מסוימת של נוזל הנמצא בטמפרטורת הרתיחה כדי שיהפוך לגז, יש להשקיע כמות חום לפי נוסחה זו:

אנרגיית החום הדרושה לרתיחה = מסה (בק"ג) • החום הכמוס של הרתיחה

הרתיחה וההתעבות מתרחשות באותה הטמפרטורה. ברתיחה של 1 קילוגרם נוזל מושקעת אנרגיית חום. בהתעבות (של 1 קילוגרם גז) משתחררת אותה כמות של אנרגיית חום.

באופן דומה, ההיתוך והקיפאון מתרחשים באותה הטמפרטורה. בהיתוך של 1 ק"ג מוצק מושקעת אנרגיית חום ובקיפאון (של 1 ק"ג נוזל) משתחררת אותה כמות של אנרגיית חום.

בטבלה הבאה מוצגים נתונים על החום הכמוס של ההיתוך והחום הכמוס של הרתיחה עבור חומרים שונים:

החומר	חום היתוך (ג'ול לקילוגרם)	חום רתיחה (ג'ול לקילוגרם)
מימן	58,000	455,000
חמצן	13,900	213,000
כספית	11,400	296,000
מים	333,000	2,256,000
עופרת	23,200	5,858,000
כסף	105,000	2,336,000
נחושת	207,000	4,730,000

התבוננו בטבלה: לכל חומר יש חום כמוס של היתוך וחום כמוס של רתיחה האופייניים לו, ואין קשר מספרי בין הכמויות האלה. עם זאת, עבור כל חומר וחומר, החום הכמוס של הרתיחה גדול בהרבה מהחום הכמוס של ההיתוך.

שאלה 20: מדוע, לדעתכם, החום הכמוס של הרתיחה גדול מהחום הכמוס של ההיתוך?

שאלה 21: כמה אנרגיית חום צריך להשקיע ב-8 קילוגרם קרח המצויים ב-0 מעלות צלזיוס כדי להופכם למים נוזליים בטמפרטורה של 0 מעלות צלזיוס?

שאלה 22: כמה אנרגיית חום צריך להשקיע ב-4 קילוגרם מים המצויים בטמפרטורה של 80 מעלות צלזיוס כדי להופכם לאדי מים? היעזרו בטבלת החום הכמוס.

נוזל מתאדה בכל טווח הטמפרטורות שלו, גם כאשר איננו רותח.
תוכלו ללמוד על כך בתקליטור.

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית חום – חדר שינוי מצב צבירה
פתחו את הקלסר "התאדות ורתיחה", ענו על השאלות בדף העבודה "חום כמוס" שבמחשב. הפעילו את "מכונת החלקיקים": צפו בהדמיות ההתאדות, קראו על הגורמים המשפיעים על ההתאדות.

למתעניינים - רתיחה המתרחשת בטמפרטורה שונה מהצפוי:

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיית חום - סרט ומאמר: **לחץ האוויר ורתיחה; סיר לחץ**

לְמסה מסוימת של נוזל יש נפח מסוים. כאשר מרתיחים מסה זאת של הנוזל, מקבלים גז בעל מסה השווה למסת הנוזל, אך נפח הגז גדול בהרבה מנפח הנוזל.
לתכונה זו יש שימושים טכנולוגיים. תוכלו לצפות בשימוש כזה במקדש מצרי בעת העתיקה כפי שהוא משוחזר בסרט.

המלצה על סרט

"מהו חום?" מתוך הסדרה **סופי לעת עתה** של הטלוויזיה החינוכית

העשרה

הטמפרטורה ואנרגיית התנועה של חלקיקי החומר

אנחנו מסוגלים להבחין בין טמפרטורות של גופים שונים באמצעות חושינו או באמצעות מד-הטמפרטורה. הטמפרטורה של מי ברז גבוהה בהרבה מזו של קרח שמוציאים מן המקרר. הטמפרטורה של משקה חם גבוהה מזו של מי ברז. הבדלי הטמפרטורות ניכרים גם באוויר שמסביבנו. טמפרטורת האוויר ביום קיץ גבוהה מזו של האוויר ביום חורף.

מהי טמפרטורה?
כידוע, כל חומר עשוי מחלקיקים - אטומים או מולקולות. אלה נמצאים כל הזמן בתנועה. תנועתם אינה אחידה, לא במהירות ולא בכיוון.

הטמפרטורה היא ביטוי לאנרגיית התנועה הממוצעת של החלקיקים שמהם החומר עשוי. כפי שניתן לדבר על ממוצע של ציונים, של גבהים, של הכנסות או של גילים, ניתן גם לדבר על אנרגיית תנועה ממוצעת של חלקיקי חומר. חלקיקי החומר נעים במהירויות שונות זו מזו בכל הכיוונים. אם נסכם את אנרגיית התנועה של חלקיקים רבים ונחלק אותה במספר החלקיקים נקבל אנרגיית תנועה הנקראת "אנרגיית התנועה הממוצעת" של החלקיקים. זהו מספר הנותן תמונה כללית לגבי אנרגיית התנועה של חלקיק טיפוסי של החומר בטמפרטורה נתונה.

ככל שאנרגיית התנועה הממוצעת של החלקיקים גדולה יותר, הטמפרטורה שנמדדת במכשיר המדידה גבוהה יותר.
בטמפרטורה נתונה, אנרגיית התנועה הממוצעת של החלקיקים תהיה תמיד זהה. כאשר הטמפרטורה הנמדדת גדולה יותר, משמע שאנרגיית התנועה הממוצעת של החלקיקים גָדלה, כי הגידול בטמפרטורה הוא ביטוי להגדלת אנרגיית התנועה הממוצעת של החלקיקים.

בטבלה הבאה רשומות המהירויות הממוצעות של מספר גזים באותה הטמפרטורה - 0 מעלות צלזיוס.

הגז (ב-0^oC)	**מהירות ממוצעת (מטר בשנייה)**
חמצן	461
חנקן	493
מימן	1,838
הליום	1,311
פחמן דו-חמצני	393
ניאון	584

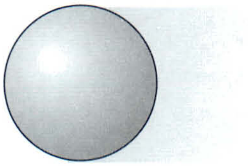
אפשר לראות שחלקיקי הגזים נבדלים **במהירויותיהם הממוצעות**, לעתים במידה ניכרת מאוד, למשל גז פחמן דו-חמצני לעומת גז מימן.

כיצד ייתכן שבאותה טפרטורה יהיו מהירויותיהם הממוצעות של חלקיקי הגזים השונים - שונות כל כך זו מזו?
כידוע לכם, אנרגיית התנועה תלויה לא רק במהירות, אלא גם במסה. נוסחת אנרגיית התנועה היא זו:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

עבור אותה אנרגיית תנועה, אם מסת הגוף גדולה יותר, מהירותו קטנה יותר. בטבלה, החלקיקים בעלי המסה הגדולה יותר הם בעלי מהירות קטנה יותר. למשל: מסתו של חלקיק החמצן גדולה בהרבה מזו של חלקיק המימן (פי 16), ולכן חלקיק החמצן אטי בהרבה מחלקיק המימן. המסה הגדולה יותר של החלקיק "מפצה" על מהירותו הנמוכה יותר.
וגם להפך - עבור אותה אנרגיית תנועה, אם מסת הגוף קטנה יותר, מהירותו גדולה יותר. לחלקיקים בעלי מסה קטנה יותר יהיו מהירויות גדולות יותר ש"יפצו" על מסתם הקטנה יותר.

לפניכם איורים של חלקיקים בעלי מסות שונות, הנעים באותה טמפרטורה.



החלקיקים בעלי המסה הגדולה יותר נעים לאט יותר.

החלקיקים בעלי המסה הקטנה יותר נעים מהר יותר.

באופן כזה, החלקיקים יכולים להיות בעלי אותה אנרגיית תנועה, גם אם מהירויותיהם שונות.

שאלות

1. מה ההבדל בין אנרגיית התנועה הממוצעת של חלקיקי האוויר ביום חורף קר לבין אנרגיית התנועה הממוצעת שלהם ביום קיץ חם?
2. טמפרטורת האוויר הייתה ברגע מסוים 20 מעלות צלזיוס. האם ייתכן שלחלקיקים שונים של האוויר תהיה באותו הרגע אנרגיית תנועה שונה? הסבירו.
3. התייחסו לנתוני הטבלה ומיינו על פיה את החלקיקים של החומרים הבאים לפי גודל המסה שלהם - מן המסה הקטנה ביותר ועד לגדולה ביותר (חמצן, מימן, הליום, פחמן דו-חמצני). הסבירו כיצד מיינתם.

למתעניינים

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיית חום - **טמפרטורה של גז וממוצע אנרגיית התנועה של החלקיקים**

המאמר מפרט את השיקולים הפיזיקליים ואת הפיתוח המתמטי שלפיו הטמפרטורה של גז אכן נמצאת ביחס ישר לממוצע אנרגיית התנועה של חלקיקי הגז.

העשרה

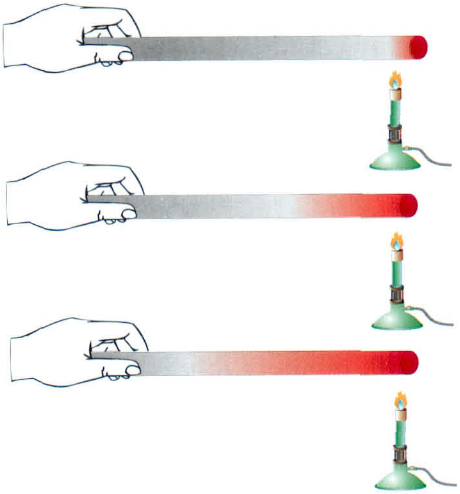
כיצד אנרגיית החום עוברת ממקום למקום?

תנור מחמם חדר, קומקום חשמלי מחמם מים, מים מתחממים בסיר הניצב על להבת גז. בכל אחת מן הדוגמאות הללו מועברת אנרגיית חום - פעם מן התנור אל החדר, פעם מן הקומקום החשמלי אל המים שבתוכו ופעם מן הלהבה אל המים שבסיר.
כיצד מועברת אנרגיית החום?
אנרגיית החום עשויה לעבור ממקום למקום בשלוש דרכים:

- **הולכה:** לו יכולנו להציץ אל תוך חומר מוצק, היינו מבחינים בתנודות של החלקיקים במקומותיהם. בתנודתם, החלקיקים פוגעים בשכניהם ללא הרף. נתאר לעצמנו גוף מוצק שהטמפרטורה של קצהו האחד גבוהה (הקצה החם); ואילו הטמפרטורה של קצהו השני נמוכה (הקצה הקר). בקצה החם מתנודדים חלקיקי החומר במהירויות גבוהות יותר מאשר בקצה הקר. החלקיקים המהירים שבקצה החם מתנגשים בשכניהם ומוסרים להם חלק מאנרגיית התנועה שלהם. אלה מוסרים שוב חלק מאנרגיית התנועה שלהם לשכניהם, וכך הלאה. באופן זה פוחתת אנרגיית התנועה של החלקיקים בצד החם. האנרגיה שפוחתת, נוספת בהדרגה לחלקיקים בקצה הקר. כך עוברת אנרגיית חום מהקצה החם אל הקצה הקר באמצעות הולכה.

- **הסעה:** אם יכולנו להתבונן במים המתחממים בסיר המונח על להבה היינו רואים שמתרחשת בתוכם זרימה מתמדת. אין זו תנועת חלקיקי החומר, אלא תנועה של גושים שלמים במים, זרמים עולים וזרמים יורדים. קרקעית הסיר מחממת את המים הקרובים אליה בדרך ההולכה שתוארה קודם. המים הללו עולים מעלה, ובמקומם מגיעים לסביבות הקרקעית מים בטמפרטורה נמוכה יותר. גם אלו מתחממים, וחוזר חלילה. זרמי המים העולים והיורדים גורמים למעשה לערבוב כל הנוזל בסיר. באופן זה מוסע החום ממקום למקום על ידי תנועת הנוזל. דרך זו של העברת החום נקראת לפיכך הסעה. הסעה אופיינית לנוזלים ולגזים.

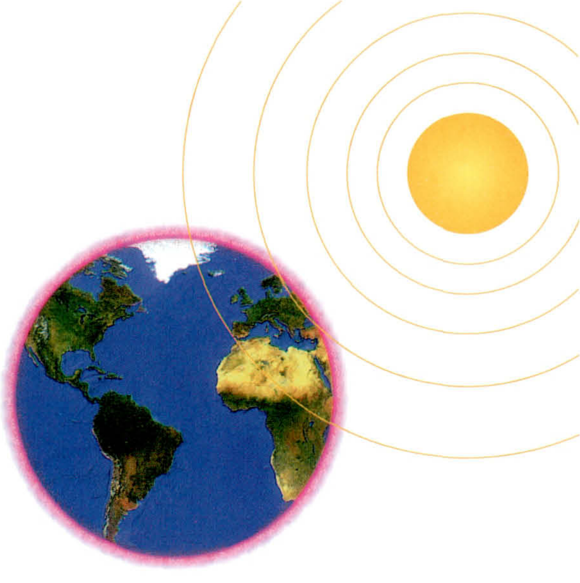
- **קרינה:** אנרגיית חום מסוגלת לעבור באמצעות קרינה. גוף בטמפרטורה מסוימת מגלגל חלק מן האנרגיה שלו לאנרגיית קרינה הנפלטת ממנו אל הסביבה. הקרינה איננה זקוקה לחומר כדי לעבור דרכו הלאה. היא מסוגלת לעבור דרך חומר או בלעדיו. הקרינה נעה, וכאשר היא נתקלת בגוף כלשהו ונבלעת בו היא מתגלגלת לאנרגיית חום. לדוגמה: קרינת השמש עוברת את כל הדרך מן השמש אל כדור הארץ, מרחק של 150 מיליון קילומטרים, דרך החלל הריק. כאשר הקרינה פוגעת בגופים השונים בכדור הארץ, חלקה מתגלגל לאנרגיית חום. גם תנור חימום עם להבה גלויה או תנור סלילי (עם סליל בתוכו) מעביר לסביבה חלק מאנרגיית החום שלו באמצעות קרינה, בעיקר קרינה אינפרה-אדומה שהיא קרינה בלתי נראית.



העברת חום על ידי הולכה. גושי חומר אינם זזים. פגיעת חלקיקי המוצק זה בזה היא שגורמת לחימום.

העברת אנרגיית חום על ידי הסעה. גושי חומר שלמים זזים ומתערבבים זה בזה.

הולכה והסעה זקוקות לחומר כדי להתרחש. לעומת זאת, העברת אנרגיית חום באמצעות קרינה יכולה להתרחש גם ללא חומר, בריק.



הקרינה מהשמש מגיעה לכדור הארץ. כאשר הקרינה פוגעת בגוף, אנרגיית הקרינה מתגלגלת לאנרגיית חום.

שאלות

1. נורת חשמל מעבירה לסביבתה אנרגיית חום באמצעות קרינה והסעה. הסבירו כיצד.
2. תנו דוגמה לכל אחת מן הדרכים להעברת אנרגיית חום: הסעה, הולכה, קרינה. בכל אחת מן הדוגמאות, הסבירו כיצד נעשית העברת אנרגיית החום.
3. האם ייתכן שהשמש תעביר לכדור הארץ אנרגיית חום באמצעות הסעה? הסבירו.

אנרגיה ברשת (אתרי אינטרנט רלוונטיים לפרק)

- Digger Jr. Explains

כתובת: http://www.govictory.com/DiggerJr/Intro.html

תיאור האתר: הסברים בנושאי אנרגיה וכוח, כגון כוח צנטריפוגלי, חיכוך, טמפרטורה, אנרגיית חום, תרמודינמיקה, כוח-סוס, המנוף, הידראוליקה והידרוסטטיקה. ההסברים מלווים באיורים, בניסויים פשוטים ובדוגמאות טכנולוגיות.

לקריאה נוספת

- גלילי יגאל ומשולם מירה (1993), כיצד פועל המקרר?, **מבט** 35, עמ' 34-27.

מסכמים את פרק ה

- **אנרגיית החום** הנוספת לְגוף או הנפלטת מגוף נקבעת על ידי **סוג החומר** שממנו הגוף עשוי, **המסה** של הגוף **והשינוי בטמפרטורה** שלו.
- **חום סגולי** של חומר מסוים הוא כמות האנרגיה שיש להוסיף לקילוגרם של החומר כדי להעלות את הטמפרטורה שלו במעלת צלזיוס אחת.
- לכל חומר יש חום סגולי האופייני לו.
- כאשר מספקים לגוף אנרגיית חום ומצב צבירתו נותר קבוע, הטמפרטורה שלו עולה.
  כאשר גורעים מגוף אנרגיית חום ומצב צבירתו נותר קבוע, הטמפרטורה שלו יורדת.
- כאשר מספקים לגוף אנרגיית חום ומצב צבירתו משתנה בהדרגה, הטמפרטורה שלו נותרת קבועה במהלך שינוי מצב הצבירה.
- **חום כמוס של היתוך** הוא אנרגיית החום הדרושה לשינוי מצב צבירתו של 1 קילוגרם חומר ממצב מוצק למצב נוזל.
  חום כמוס של רתיחה הוא אנרגיית החום הדרושה לשינוי מצב צבירתו של 1 קילוגרם חומר ממצב נוזל למצב גז.
- הנוסחה לחישוב אנרגיית החום הנוספת לגוף (או הנגרעת ממנו) כשהטמפרטורה שלו משתנה היא $E_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$
  c – חום סגולי בג'ול לקילוגרם למעלה, m – המסה בקילוגרמים
  ΔT – שינוי הטמפרטורה במעלות צלזיוס, E_Q – אנרגיית החום בג'ולים.

שואלים את עצמנו - פרק ה

א. אנרגיית חום, טמפרטורה וחישוב אנרגיית החום

1. בסיר א' מסה מסוימת של מים. חיממו את המים, והטמפרטורה שלהם עלתה ב-20 מעלות צלזיוס. בסיר ב' חיממו אותה מסה של מים, והטמפרטורה שלהם עלתה ב-60 מעלות צלזיוס. פי כמה גדולה אנרגיית החום שקיבלו המים בסיר ב' מזו שבסיר א'? הסבירו.

2. 2 ספסלים מאותו החומר חשופים לאור השמש. מסתו של ספסל אחד היא 10 קילוגרם ושל הספסל השני - 30 קילוגרם. כתוצאה מהחשיפה, עלתה הטמפרטורה של כל אחד מהם ב-10 מעלות צלזיוס. איזה ספסל קיבל יותר אנרגיית חום? הסבירו.

3. בגן משחקים יש ארגז חול וברכת מים קטנה. מסת החול שבארגז החול שווה למסת המים שבברכת המים. שניהם חשופים לשמש, ואנרגיית החום שהם סופגים כתוצאה מכך היא זהה. הטמפרטורה של מי תעלה יותר - של החול או של המים? הסבירו. (היעזרו בטבלת החום הסגולי.)

4. חיממו בסיר מים שמסתם 2 קילוגרם. טמפרטורת המים עלתה מ-20 מעלות צלזיוס ל-60 מעלות צלזיוס. חשבו כמה אנרגיית חום נוספה למים.

5. אפשר לחמם מים בסיר אלומיניום שמסתו 1 קילוגרם. אפשר לחמם אותה מסת מים בסיר אלומיניום שמסתו 2 קילוגרם. אם רוצים לחסוך אנרגיה, באיזה סיר כדאי יותר להשתמש לחימום המים כדי להעלות את הטמפרטורה שלהם ב-50 מעלות צלזיוס? הסבירו. (הדרכה: כאשר טמפרטורת המים עולה במידה מסוימת, טמפרטורת הסיר עולה באותה המידה.)

6. מסת סיר אלומיניום היא 2 קילוגרם ומסת המים שבתוכו היא 3 קילוגרם. חשבו את אנרגיית החום שיש להוסיף לסיר עם המים כדי להעלות את הטמפרטורה מ-15 ל-65 מעלות צלזיוס. (הדרכה: חשבו בנפרד את כמות אנרגיית החום שנוספה למים ואת זו שנוספה לסיר; לאחר מכן חברו את שתי כמויות אנרגיית החום.)

7. נתך הוא תערובת של 2 מתכות. הטמפרטורה של גוף העשוי מנתך של 0.2 קילוגרם נחושת ו-0.5 קילוגרם אלומיניום עלתה ב-5 מעלות צלזיוס. כמה אנרגיית חום נוספה לגוף?

+8. עִרבבו 300 גרם מים בטמפרטורה של 20^oC (20 מעלות צלזיוס) עם 200 גרם מים בטמפרטורה של 15^oC. מהי טמפרטורת התערובת?
(הדרכה: על פי חוק שימור האנרגיה, כמות אנרגיית החום שפולטים המים החמים יותר, זהה לכמות אנרגיית החום שקולטים המים החמים פחות. סמנו את הטמפרטורה הצפויה של התערובת ב-X וכתבו משוואה מתאימה.)

9. כדי לבדוק את חומו הסגולי של חומר מסוים, העניקו לגוש של 500 גרם מן החומר הזה אנרגיית חום של 2,000 ג'ול ועקבו אחרי עליית הטמפרטורה שלו. הטמפרטורה עלתה מ-20^oC ל-30^oC. היעזרו בטבלת החום הסגולי והשיבו על השאלות הבאות:
א. חשבו את חומו הסגולי של החומר.
ב. מהו החומר?

10. באילו מהגורמים הבאים תלויה אנרגיית החום שעוברת לגוף?
א. במהירותו, במסתו ובחום הסגולי שלו.
ב. בטמפרטורת הגוף לאחר שחומם, במסתו ובחום הסגולי שלו.
ג. במסתו, בחום הסגולי שלו ובשינוי הטמפרטורה שלו.
ד. בחום הסגולי שלו, במשקלו ובשינוי הטמפרטורה ממצבו ההתחלתי.

11. לפניכם 3 סירים בעלי הנתונים הבאים:

סיר	מסה	**חום סגולי** (ג'ול לק"ג למעלה)
א'	0.5 ק"ג	400
ב'	1 ק"ג	390
ג'	1,000 גרם	470

מעוניינים להעלות את הטמפרטורה של מים ב-10 מעלות צלזיוס על ידי השקעה **מינימלית** של אנרגיה. באיזה סיר עדיף להשתמש?
א. סיר א'
ב. סיר ב'
ג. סיר ג'
ד. אין אפשרות לענות כי לא נתונה הטמפרטורה של המים.

שימו לב: הסימון + לצד השאלה מציין שהיא קשה.

12. מעניקים ל-3 גופים כמות שווה של אנרגיית חום: 20,000 ג'ול.
אלה הם נתוני הגופים:

גוף	**טמפרטורה התחלתית** (^oC)	**חום סגולי** (ג'ול לק"ג למעלה)
א'	10	100
ב'	10	40
ג'	20	40

איזה מ-3 הגופים יגיע לטמפרטורה הגבוהה ביותר?
א. גוף א'
ב. גוף ב'
ג. גוף ג'
ד. אין אפשרות לענות כי לא נתונה מסת הגופים.

ב. עוברים בין מצבי צבירה

13. מחממים מים עד לנקודת הרתיחה (100 מעלות צלזיוס). למרות שממשיכים לחמם, הטמפרטורה שלהם איננה עולה. הסבירו.

14. כשמניחים בחדר גוש קרח שהטמפרטורה שלו היא 0 מעלות צלזיוס, הוא ניתך והופך למים כעבור זמן-מה. (טמפרטורת החדר היא בדרך כלל בין 15 ל-25 מעלות צלזיוס.) הסבירו מדוע.

15. שלג שהטמפרטורה שלו 0 מעלות צלזיוס נופל במשך הלילה ונערם על הקרקע. כאשר השמש זורחת והטמפרטורה מגיעה ל-10 מעלות צלזיוס, השלג איננו ניתך בבת אחת. מדוע?

16. הוציאו קוביית קרח שמסתה 20 גרם מן המקפיא. טמפרטורת הקרח הייתה -20^oC. כעבור זמן-מה התחמם הקרח והפך למים נוזליים בטמפרטורה של 10^oC. כמה אנרגיית חום קלטה קוביית הקרח?

+17. 100 גרם קרח בטמפרטורה של -10^oC חוממו בתוך קנקן חשמלי. הקנקן החשמלי מספק אנרגיה של 2,000 ג'ול בכל שנייה, אולם רק 80% ממנה עברו לקרח.
א. חשבו את אנרגיית החום הדרושה להפיכת כל הקרח לאדי מים.
ב. כמה זמן יחלוף מרגע הפעלת הקנקן ועד להפיכת כל הקרח לאדי מים?

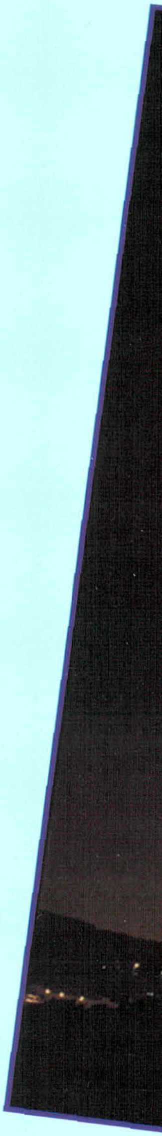
18. בבית חרושת מייצרים כלי כסף. לשם כך מתיכים את הכסף ויוצקים אותו לתבניות. חשבו כמה אנרגיית חום דרושה להתכתו של כסף כדי ליצור:
א. קערת כסף שמסתה 1 קילוגרם.
ב. מגש כסף שמסתו 600 גרם.

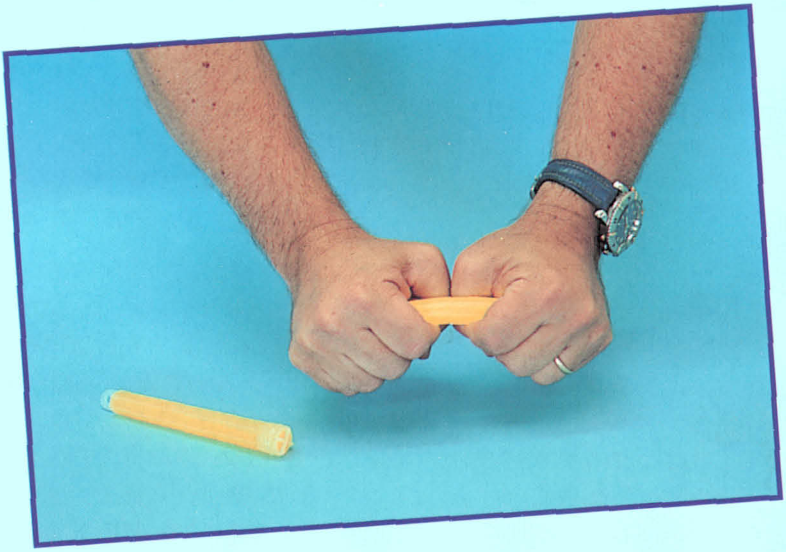
תשובות מספריות ל"שואלים את עצמנו", פרק ה

1. פי 3.
4. 336,000 ג'ול.
6. 721,000 ג'ול.
7. 2,675 ג'ול.
8. $18^{\circ}C$.
9. א. 400 ג'ול לק"ג למעלה.
ב. נחושת.
16. 8,340 ג'ול.
17. א. 303,000 ג'ול; ב. 189 שניות.
18. א. 105,000 ג'ול; ב. 63,000 ג'ול.

פרק ו

אנרגיה כימית





א. תהליך פולט-אנרגיה ותהליך קולט-אנרגיה / 194

ב. האנרגיה הכימית והמשיכה בין האטומים / 202

ג. תהליכים צמודים / 211

א. תהליך פולט-אנרגיה ותהליך קולט-אנרגיה

לפניכם דוגמאות של תהליכים כימיים.

ניסוי 1 – המתכת אבץ ותמיסת נחושת גופרתית

- הַכניסו למבחנה פס אבץ.
- שִׁפכו למבחנה תמיסה מרוכזת של נחושת גופרתית (כ-2 כפיות אבקה ב-100 סמ"ק מים) עד כדי מחצית גובהו של הפס.

● מהו צבע החומר שנוצר?

החומר שנוצר בתהליך זה הוא המתכת נחושת.

- השתמשו במבחנה עטופה בבד. הכניסו למבחנה פס אבץ חדש ומד-טמפרטורה שיש בו הפרדה למעלות בודדות. קִראו את הטמפרטורה ההתחלתית.
- מַלאו את המבחנה בתמיסה של נחושת גופרתית בדיוק עד לגובה המְכסה את הפס.

● מה מראה מד-הטמפרטורה?

בתהליך כימי זה השתתפו שני חומרים: אבץ ונחושת גופרתית. חומרים אלה נקראים **מגיבים**. הם נקראים כך כי הם הגיבו ביניהם וכתוצאה מתגובתם נוצרו חומרים חדשים.
החומר החדש שראיתם הוא המתכת נחושת. נחושת לא הייתה במבחנה מלכתחילה, היא נוצרה בתהליך. ככל שיותר אבץ ויותר נחושת גופרתית הגיבו ביניהם וכמותם פחתה, נוצרה כמות גדולה יותר של נחושת.
נחושת היא אחד ה**תוצרים** של התהליך. חוץ ממנה יש תוצר נוסף שנמס במים והוא חסר צבע, לכן לא הבחנתם בו.
בחלקו השני של הניסוי הבחנתם בשינוי בטמפרטורה. שינוי זה מעיד על שינוי באנרגיה הכימית של התהליך.

ניסוי 2 – חומץ וסודה לשתייה

- הַכניסו כפית של אבקת סודה לשתייה לכוסית של 50 סמ"ק.
- הַכניסו מד טמפרטורה ורשמו את הטמפרטורה ההתחלתית.
- בזהירות שפכו למבחנה מעט חומץ שולחני.

● מהי הטמפרטורה עכשיו?

● מהם מצבי הצבירה של המגיבים ושל התוצר שקיבלתם בתהליך?

בניסוי זה נפלט פחמן דו-חמצני. הוא אחד התוצרים. התוצר האחר חסר צבע ונמס בחומרים

האחרים שבמבחנה.

- על מה מעיד שינוי הטמפרטורה?

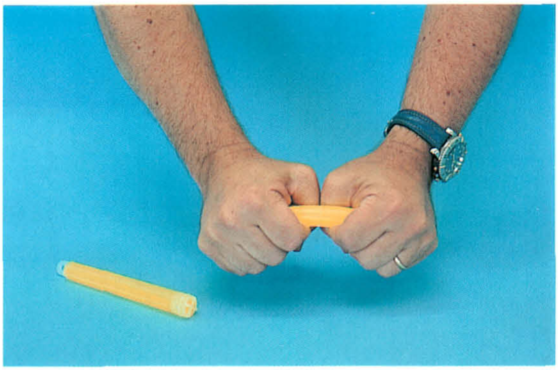
לפעמים נחוץ להדליק אור בשטח פתוח. במקרה כזה אפשר להשתמש באמצעי פשוט הנקרא "מקל-אור" (Light Stick).

ניסוי 3 - מקל-אור

המקל עשוי מחומר פלסטי ומכיל נוזל. בתוך הנוזל מצויה בועה העשויה גם היא מחומר פלסטי שקוף ובתוכה נוזל אחר.

- קחו מקל-אור וכופפו אותו באמצע עד שיישבר.
- תארו את המתרחש.

שאלה 1: תארו מקרים שבהם כדאי להשתמש במקל-אור.



אנרגיית האור נפלטה מתהליך כימי שהתרחש בין חומרים שהיו נפרדים במקל המקורי ושהתערבבו בעת שבירת המקל.

מהו **תהליך כימי**?

כבר הכרתם תהליכים כימיים רבים. בעירת גז הבישול על הכיריים, בעירת הבנזין במנוע המכונית, תהליך התגובה בין חומצה לבסיס, פירוק אלקטרוליטי של אבץ ברומי.

בתחילתו של תהליך כימי יש חומר או כמה חומרים העוברים שינוי במשך התהליך. חומרים אלה הקרויים **מגיבים**, הולכים ונעלמים. תוך כדי התהליך, נוצרים במקומם חומר או כמה חומרים חדשים הקרויים **תוצרים**.

לדוגמה: בעת בעירת גז בישול בכיריים שבמטבח, הגז מגיב עם החמצן מהאוויר. שני המגיבים הם גז הבישול והחמצן. גם התוצרים של תהליך הבעירה הם שני גזים - פחמן דו-חמצני ואדי מים, אך התוצרים הם חומרים שונים לגמרי מהמגיבים.

גם בגוף החי מתרחשים תהליכים כימיים רבים. גם בגוף החי החומרים מגיבים ביניהם ומתקבלים מהם תוצרים השונים מהמגיבים. חומרי המוצא לתהליכים בגופנו הם המזון שאנו אוכלים והחמצן שמקורו בחילוף הגזים בריאות.

כל התהליכים הכימיים מלווים שינויים בחומר: חומרים נעלמים וחומרים נוצרים. כל התהליכים הכימיים מלווים גם בשינויי אנרגיה. בשם "אנרגיה כימית" אנו קוראים הן לאנרגיה הנפלטת לסביבה בתהליך כימי והן לאנרגיה הנקלטת מהסביבה בתהליך כזה.

האנרגיה הכימית יכולה להתגלגל לסוגי אנרגיה שונים: אנרגיית חום, אנרגיית קרינה, אנרגיה חשמלית, או צירופים שלהן.
כמו כן, אנרגיית חום, אנרגיית קרינה ואנרגיה חשמלית יכולות להתגלגל לאנרגיה כימית של תהליך.

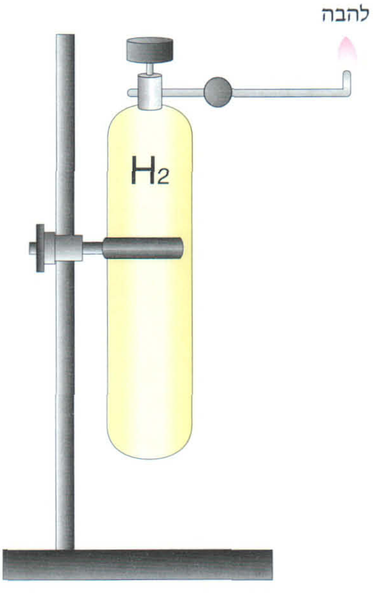
תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה כימית - חדר תהליכים כימיים
בחדר זה תוכלו לצפות בקטעי וידיאו קצרים של תהליכים כימיים. ענו על השאלות:
- באילו תהליכים שבהם צפיתם נפלטת אנרגיה?
- באילו תהליכים נקלטת אנרגיה?

תקליטור הספר

אנרגיה כימית - דף עבודה
דף עבודה זה מתייחס רק לשני ניסויים מתוך מגוון הניסויים שבפרק זה.

ניסוי 4 (ניסוי מתואר; לא לביצוע) - **נר מימן**
זרם של גז מימן יוצא ממכל מתכת או מופק מתהליך כימי.
מקרבים גפרור בוער אל פתח הצינורית. נוצרת להבה בצבע כמעט שקוף.
מחזיקים כלי זכוכית קר מעל הלהבה. רואים טיפות מים על תחתית הכלי.



נר מימן

- מהם המגיבים בתהליך זה?
- מהו התוצר?
- האם זהו תהליך כימי או תהליך של שינוי מצב צבירה?
- מה מעיד על כך שמתהליך זה נפלטת אנרגיה כימית?
- לאיזה סוג של אנרגיה התגלגלה האנרגיה הכימית של התהליך?

מלבד תיאור הניסוי תוכלו לצפות גם בניסוי מצולם. גז המימן בניסוי זה מתקבל מתהליך כימי אחר.

קלטת ניסויים **מדע במעבדה ב'**

ניסוי מצולם: **נר מימן**

תקליטור הספר

סרט: **בעירת נר מימן**
הניסוי המצולם מופיע בתקליטור עם הסבר קצר.

תוכלו לצפות בתהליכים אחרים הפולטים אנרגיה כימית שמתגלגלת לאנרגיית חום:

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה כימית – חדר אקסו-אנדו – קלטת אבץ וחומצה; קלטת נתרן וכלור
ענו על השאלות:

- האם בכל תהליך כימי שהוא תהליך פולט-אנרגיה רואים להבה?
- מהם המגיבים ומהו התוצר בניסוי בקלטת "נתרן וכלור"?

יש תהליכים כימיים רבים שבהם נפלטת אנרגיה. האנרגיה הכימית של התהליך מתגלגלת לרוב לסוג אחר של אנרגיה.

שאלה 2: בפרק זה צפיתם עד כה בתהליכים כימיים אחדים ותוארו תהליכים אחרים.
זהו את התהליכים:
אנרגיה כימית נפלטה כאנרגיית קרינה
אנרגיה כימית נפלטה כאנרגיית חום עם אנרגיית קרינה
אנרגיה כימית נפלטה כאנרגיית חום.

דוגמה אחרת היא התהליך הכימי שבסוללה החשמלית. החומרים שבסוללה מסוגלים להגיב ביניהם בתהליך כימי פולט-אנרגיה. הם מגיבים ביניהם בשעה שהסוללה מחוברת במעגל חשמלי, ואז האנרגיה הכימית מתגלגלת **לאנרגיה חשמלית**.

כדי להבין יותר את העיקרון שלפיו מתגלגלת האנרגיה הכימית לאנרגיה חשמלית בסוללה, ראו:

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית - **תאים חשמליים**
צפו בסרט וקראו את המאמר.

לתהליכים כימיים הפולטים אנרגיה לסביבה קוראים בשם תהליכים פולטי-אנרגיה*

ניסוי 5 - פירוק קלי על-מנגנט (הדגמה)

- מכניסים למבחנה אבקה של אשלגן על-מנגנט ("קָלִי") עד כרבע מגובה המבחנה. סוגרים את המבחנה בפקק שבתוכו עובר צינור זכוכית. אל הצינור הזה מחובר צינור גומי.
- המבחנה מחוברת למעמד כשהיא נוטה באלכסון.
- מכניסים את צינור הגומי לתוך אמבט מים שבתוכו בקבוק הפוך מלא מים.

פירוק "קלי"

* *בתקליטור **פארק האנרגיה** נקראים כל התהליכים פולטי-האנרגיה "תהליכים אקסותרמיים".*

- מחממים את האבקה שבמבחנה בעזרת מבער.

החומר המגיב מתחיל להתפרק. בועות הגז היוצאות אל תוך הבקבוק ההפוך מעידות על תהליך הפירוק.

- מרחיקים את להבת המבער. מה קורה לבועות?
- מקרבים את הלהבה מחדש אל מתחת למבחנה. מה קורה לבועות?

זהו תהליך כימי שבו משתתף מגיב יחיד: אשלגן על-מנגנט, אבקה סגולה כהה המכונה בקיצור "קָלִי". ה"קלי" מתפרק בתהליך, ונוצרים ממנו שלושה תוצרים: גז חמצן המבעבע דרך צינור הגומי, ושני חומרים מוצקים הנשארים בתוך המבחנה.

- כמה חומרים מגיבים בתהליך? מה הם?
- האבקה לא התפרקה לפני שחיממו אותה. מה גרם לתהליך להתרחש?
- מהי הפעולה שנערכה בניסוי המאשרת את המסקנה שלכם?

לתהליכים כימיים המתרחשים רק אם נקלטת אנרגיה מהסביבה קוראים בשם תהליכים קולטי-אנרגיה*

אנרגיית החום המושקעת בתהליך מתגלגלת לאנרגיה הכימית הדרושה לקיומו.
הניסוי הוא דוגמה לתהליך שמתרחש רק כאשר מושקעת בו אנרגיה מבחוץ ללא הפסקה.

תוכלו לצפות בתקליטור בדוגמה נוספת לתהליך קולט-אנרגיה:

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה כימית – **חדר אקסו-אנדו** – פינת **תהליכים אנדותרמיים** – קלטת **כספית חמצנית**

יש תהליכים קולטי-אנרגיה שהאנרגיה נקלטת בהם מהסביבה באופן ספונטני, ללא צורך בהשקעה מכוונת של אנרגיה.
במילים אחרות, תהליכים אלה "אינם מחכים" שנשקיע בהם אנרגיה: הם "לוקחים" בעצמם את האנרגיה מהסביבה.

הניסוי שערכתם בתהליך התגובה בין סודה לשתייה וחומץ הוא דוגמה לתהליך כזה.

- איך ראיתם בניסוי שאנרגיית חום "נלקחה" מהסביבה?

* *בתקליטור **פארק האנרגיה** נקראים כל התהליכים קולטי-האנרגיה "תהליכים אנדותרמיים".*

תוכלו לצפות בעוד תהליכים קולטי-אנרגיה כאלה:

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה כימית – **חדר אקסו–אנדו** – פינת **תהליכים אנדותרמיים** – קלטת **בסיס הבריום**

- כיצד רואים בניסוי את השינוי בטמפרטורה?

קלטת ניסויים **מדע במעבדה (א)**

ניסוי מצולם: **תגובה אנדותרמית**

- עד לאיזו טמפרטורה הגיע התהליך בניסוי המצולם?
- על מה מעידה ירידת הטמפרטורה במשך התהליך בניסוי שבו צפיתם?

האנרגיה המושקעת בתהליך כימי איננה חייבת להיות אנרגיית חום.

לפניכם שלוש אפשרויות:

תוכלו לערוך את הניסוי, תוכלו לצפות בתהליך בתקליטור, תוכלו לצפות בתהליך דומה בשתי קלטות ניסויים.

ניסוי 6 – אלקטרוליזה

לפניכם כלי המכיל 2 אלקטרודות המחוברות במוליכים למקור זרם ישר או לסוללה וכן תמיסה של אבץ ברומי ($ZnBr_2$), או נחושת כלורית ($CuCl_2$).
הפעילו את המקור.

- מהם החומרים הנוצרים ליד האלקטרודות?
- מהו המגיב ומהם התוצרים בתהליך שבו צפיתם?
- מהי האנרגיה המושקעת בניסוי?
- לאיזו אנרגיה היא מתגלגלת?
- כיצד יודעים שמעורבת אנרגיה כימית בניסוי זה?

תקליטור **פארק האנרגיה**

המרות אנרגיה – **המרה מאנרגיה חשמלית לאנרגיה כימית** – סרט: **"אלקטרוליזה במעבדה"**

קלטת ניסויים **מדע במעבדה (א)**

ניסוי מצולם: **אלקטרוליזה של מים**

קלטת ניסויים **מדע במעבדה ב'**

ניסוי מצולם: **אלקטרוליזה של נחושת כלורית**

- איזה סוג של אנרגיה מושקע בתהליך הכימי בניסוי שבו צפיתם?

יש עוד תהליכים קולטי-אנרגיה שבהם האנרגיה הנקלטת בתהליך איננה אנרגיית חום. יש תהליכים שבהם אנרגיית אור מתגלגלת לאנרגיה כימית ומאפשרת את קיום התהליך. תהליך כזה הוא תהליך הצילום.

תקליטור **פארק האנרגיה**

המרות אנרגיה – המרה מאנרגיית קרינה לאנרגיה כימית – תהליך הצילום

שאלה 3: מבחינת גלגולי האנרגיה, "מקל-האור" הוא תהליך הפוך לתהליך הצילום. הסבירו.

גם תהליך הפוטוסינתזה, בשלב הראשון בשרשרת התהליכים שלו הוא תהליך קולט-אנרגיה.

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה – המרות אנרגיה: מאנרגיית קרינה לאנרגיה כימית – **פוטוסינתזה** – **"טעם החיים"**

תוכלו לצפות בעוד תהליכים כימיים:

המלצה על סרט

"תגובות כימיות" מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

ב. האנרגיה הכימית והמשיכה בין האטומים

ראיתם דוגמאות של תהליכים כימיים הפולטים אנרגיה. ראיתם דוגמאות של תהליכים כימיים הקולטים אנרגיה מבחוץ.

מנין באה האנרגיה של תהליכים כימיים? איך קורה שתהליך מסוים פולט אנרגיה ותהליך אחר חייב לקבל אנרגיה כדי שיתרחש? מה גורם לתהליכים להתנהג כך?

כדי לענות על שאלה זו עלינו "להתבונן בעיני רוחנו" בחלקיקים המשתתפים בתהליך. נחזור לתהליך התגובה בין המימן והחמצן בלהבה של נר מימן ונשאל: מנין באה האנרגיה של הלהבה? לשם כך נברר מה מתרחש "מנקודת הראות" של האטומים והמולקולות.

כדי לדמות לעצמכם מה קורה בין האטומים, היזכרו בהתנהגות של קוטבי מגנט. תוכלו גם לערוך ניסוי בפועל.
קחו שני מגנטים ישרים והחזיקו אותם כך שצד דרום של האחד מכוון אל צד צפון של האחר.

- מה אתם מרגישים כאשר הקטבים נמצאים במרחק של 1 ס"מ בערך?
- אחרי שהקטבים נצמדים, מה צריך לעשות כדי להפריד ביניהם?
- באיזה שלב אין צורך להשקיע שום אנרגיה מבחוץ והמגנטים נעים מעצמם?
- באיזה שלב אתם אלה שצריכים להשקיע אנרגיה במגנטים?

כאשר המגנטים נעים מעצמם זה אל זה, משמע שאנרגיה **משתחררת** כתוצאה מהמשיכה הזאת.
כאשר יש צורך להפריד בין המגנטים, משמע שאנרגיה **מושקעת** בהם בגלל המשיכה שביניהם.

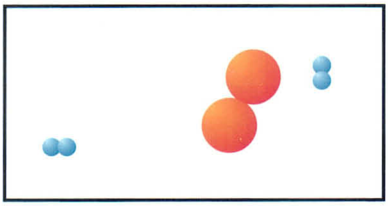
התנהגות האטומים דומה להתנהגות קוטבי המגנט, כי גם אטומים מושכים זה את זה.
כאשר קוטבי המגנט נמשכים ומתקרבים מעצמם זה לזה, משתחררת אנרגיה. גם כאשר האטומים מתקרבים ומתקשרים זה לזה, משתחררת אנרגיה.
אך כאשר האטומים מתנתקים זה מזה, מושקעת אנרגיה מבחוץ, כפי שהיה עליכם לעשות כדי להפריד בין קוטבי המגנט.

להדגמת המשמעות של המשיכה בין אטומים ושל ההרחקה שלהם, ראו:

תקליטור **פארק האנרגיה**

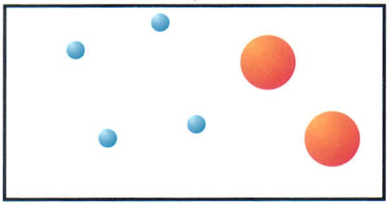
מבנה אנרגיה כימית – חדר תופעות
קראו את הכתוב בקלסר, התבוננו בקלטת הווידיאו וערכו את שני הניסויים. "חלון הסבר" מפרט את המתרחש בהם.

נחזור לחלקיקים המשתתפים בניסוי נר מימן, בתהליך התגובה של המימן והחמצן. האיור הבא מתאר בשלבים את המתרחש בין החלקיקים.



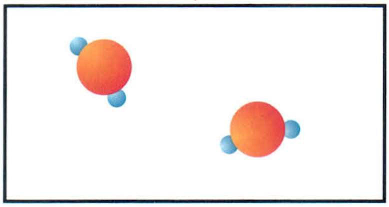
נסתכל על מולקולה של חמצן ושתי מולקולות של מימן.

אטומים הקשורים ביניהם מושכים זה את זה. כדי להתגבר על המשיכה הזאת ולהרחיק ביניהם עד שהאטומים יתנתקו, יש צורך ב**השקעת אנרגיה**.



האטומים הקשורים במולקולות המימן והאטומים הקשורים במולקולת החמצן ניתקים זה מזה.
מתקבלים 2 אטומי חמצן ו-4 אטומי מימן.

כאשר האטומים מתקרבים, הם מושכים זה את זה, ואז, כאשר הם מתקשרים, **משתחררת אנרגיה.**



האטומים הבודדים מתקשרים מחדש באופן שונה ויוצרים שתי מולקולות של מים.

שאלה 4: התבוננו שוב באיור של בעירת נר מימן. על איזה סוג של תהליך מעידה הלהבה?

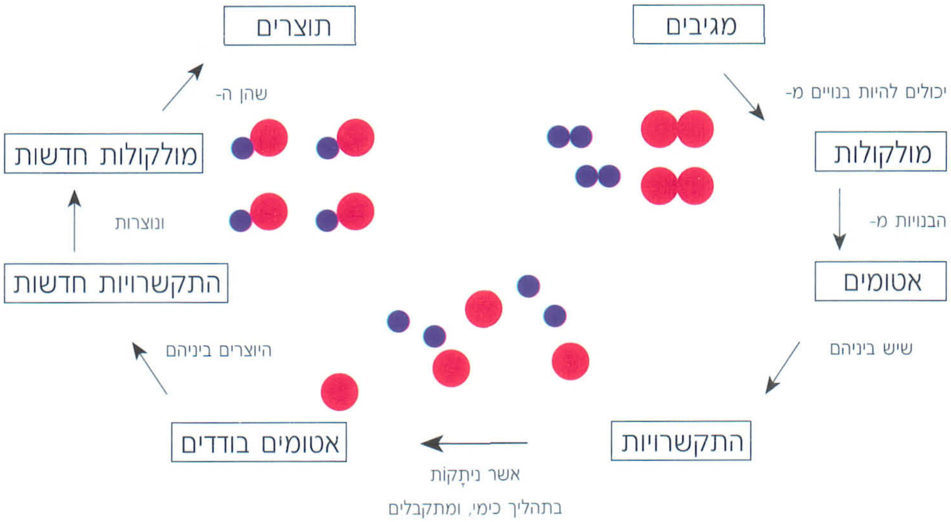
עם זאת, האיור שלמעלה אומר כי "מנקודת הראות של האטומים והמולקולות" יש בלהבה **גם** השקעה של אנרגיה **וגם** שחרור של אנרגיה.
אתם כבר יודעים מהי המשמעות של נקודת ראות זו. כאשר מתבוננים בתופעה עצמה, במקרה זה בלהבה, אי אפשר לראות את האטומים ואת המולקולות. אי אפשר לראות את האטומים **ניתקים** זה מזה ואי אפשר לראותם **מתקשרים** זה לזה. גם אי אפשר להבחין שמושקעת אנרגיה בשלב ההינתקות בנפרד משחרור האנרגיה בשלב ההתקשרות.
האם כמויות האנרגיה האלה, זו המושקעת וזו המשתחררת, מבטלות זו את זו? מסתבר שכמות האנרגיה הנפלטת בזמן ההתקשרות של אטומי המימן ואטומי החמצן ליצירת מולקולות מים, **גדולה יותר** מכמות האנרגיה שהושקעה קודם לכן בניתוק האטומים במולקולות המימן ובמולקולות החמצן.

אם כן, מה אנחנו רואים בתהליך הכימי של הבעירה? אנחנו רואים את האנרגיה הכימית **העודפת.** זו מתגלגלת לאנרגיית חום ולאנרגיית אור בלהבה של נר המימן. איננו רואים את שלבי ההשקעה בניתוק האטומים במולקולות המימן והחמצן. כמו כן, איננו רואים את שלב שחרור האנרגיה בהתקשרות האטומים למולקולות של מים. התופעה היחידה שאנו יכולים לראות היא **פליטת עודף האנרגיה** מהתהליך.

אם אנרגיה המשתחררת בתהליך פולט-אנרגיה היא "עודף אנרגיה", אנרגיה הנקלטת בתהליך קולט-אנרגיה היא "גירעון באנרגיה". נוח להשוות את שיקולי העודף והגירעון של האנרגיה לשיקולי עודף וגירעון בחשבון בנק.
בתהליך כימי מושקעת אנרגיה לניתוק בין אטומים בדומה להוצאות של בעל החשבון. בתהליך גם משתחררת אנרגיה, והדבר דומה להכנסות שלו.
אם ההכנסות גדולות מההוצאות, לבעל החשבון יש עודף כסף; עודף בחשבון מקביל לתהליך פולט-אנרגיה.
אם ההוצאות גדולות מההכנסות, לבעל החשבון יש גירעון; גירעון בחשבון מקביל לתהליך קולט-אנרגיה.

בכל תהליך כימי, אטומי החומרים המגיבים נפרדים זה מזה ומתקשרים מחדש בצירופים חדשים. התבוננו בשלבי ההתרחשות בין האטומים כאשר תהליך כימי מתרחש והמגיבים הופכים לתוצרים.

מה קורה בין האטומים כאשר מגיבים הופכים לתוצרים?



כאשר אטומי החומרים המגיבים מתנתקים זה מזה, הם קולטים אנרגיה מהסביבה.
כאשר הם מתקשרים ביניהם, נפלטת אנרגיה לסביבה.

*כדי לנתק אטומים זה מזה בתוך מולקולות **יש להשקיע אנרגיה**.*
*כאשר אטומים מתקשרים ויוצרים מולקולות חדשות **משתחררת אנרגיה**.*

שאלה 5:

לפניכם משוואת התהליך של תגובת שני הגזים מימן וכלור. התוצר הוא גז אחר, מימן כלורי.

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2\,HCl$$

סרטטו את אטום המימן בעיגול קטן ואת אטום הכלור - בעיגול גדול. הראו בעזרת הסכמה שלמעלה איך התהליך מתרחש "מנקודת הראות של האטומים והמולקולות".

סיכום

כאשר מתבוננים בתהליך כימי, מבחינים רק **בעודף האנרגיה** הנפלט או **בגירעון האנרגיה** הנקלט.

אבל בכל התהליכים הכימיים לסוגיהם, האטומים במגיבים תמיד ניתקים זה מזה ותמיד מתקשרים מחדש לתוצרים. הדבר מצריך גם השקעת אנרגיה וגם שחרור אנרגיה. אם **בסך הכול** האנרגיה המשתחררת גדולה יותר, או אם **בסך הכול** האנרגיה המושקעת גדולה יותר - דבר זה יקבע אם התהליך הוא פולט-אנרגיה או קולט-אנרגיה.

יש רק שתי אפשרויות, ואותן תוכלו לראות בסכֵמה.
הסכֵמה כוללת את הסימונים המקובלים: קטן מ: <
גדול מ: >

<u>בתהליך כימי פולט-אנרגיה</u>

מגיבים	←	**תוצרים**
האנרגיה המושקעת בניתוק האטומים במגיבים	<	האנרגיה המשתחררת בהתקשרויות חדשות בין האטומים של התוצרים

<u>בתהליך כימי קולט-אנרגיה</u>

מגיבים	←	**תוצרים**
האנרגיה המושקעת בניתוק האטומים במגיבים	>	האנרגיה המשתחררת בהתקשרויות חדשות בין האטומים של התוצרים

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה כימית - חדר אקסו-אנדו - קלטות: **תהליך קולט-אנרגיה; תהליך פולט-אנרגיה**

ראינו שבתהליך בעירת המימן נפלטת אנרגיה. אם כן, לשם מה נחוץ גפרור בוער בתחילת התהליך?

הבה "נעקוב" אחרי מולקולות המימן והחמצן מהרגע שבו מקרבים את הגפרור הבוער. הגפרור הבוער הוא שמאפשר את התחלת התהליך. הוא מספק **מעט אנרגיה** לתערובת מולקולות החמצן והמימן. כתוצאה מכך, האטומים ניתקים זה מזה בחלק ממולקולות המימן והחמצן. אטומי החמצן והמימן הבלתי קשורים מתקשרים ויוצרים מולקולות חדשות - מולקולות מים, ומשתחררת אנרגיה כימית.

חלק מהאנרגיה הזו מושקע עכשיו בפירוק מולקולות מימן וחמצן נוספות לאטומים בודדים. מרגע זה ואילך התהליך נמשך ללא צורך באנרגיה מבחוץ. האטומים הבודדים מתקשרים, יוצרים מולקולות מים נוספות, ומשתחררת אנרגיה נוספת, וחוזר חלילה. עודף האנרגיה נפלט בצורת אנרגיית חום רבה.
בסך הכול, האנרגיה הנפלטת בהתקשרות גדולה מזו המושקעת בהפרדה.

אפשר לדמות את אנרגיית הגפרור הבוער למתנע (Starter) במכונית. אחרי שמשקיעים מעט אנרגיה בהתנעת המנוע, הוא ממשיך לעבוד בעצמו. נהוג לקרוא לכמות הקטנה הזאת של האנרגיה הכימית **אנרגיית הפעלה.** היא דומה לכמות האנרגיה הקטנה הדרושה לסגירת מעגל חשמלי או להפעלת מערכת בלמים ברכב. היא איננה משתתפת בגלגולי האנרגיה.

בתקליטור פארק האנרגיה תוכלו למצוא עוד התייחסות לאנרגיית ההפעלה.

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה כימית - חדר אקסו-אנדו - קלסר **למתעניינים בלבד** - חוצץ **אנרגיית הפעלה**

תוכלו לראות ייצוג של "הפעלתו" של תהליך בעירה וכיצד האטומים ניתקים ומתקשרים ביניהם:

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה כימית - חדר אקסו-אנדו - קלסר **למתעניינים בלבד** - חוצץ **שריפת מתאן**

ראינו שגם בתהליך חימום ה"קלי" וגם בניסוי נר המימן יש צורך לחמם. אם כך, איך נבדיל בין תהליך פולט-אנרגיה לתהליך קולט-אנרגיה? בתהליך בעירת המימן נחוץ לקרב את הגפרור רק לרגע קט, ואחר כך החום הרב משתחרר מהתגובה עצמה. בתהליך פירוק ה"קלי" יש צורך לחמם את המגיב כל הזמן.
קירוב הגפרור לתערובת המימן והחמצן רק "מתניע" את התהליך פולט-האנרגיה, בעוד שהחימום בתהליך קולט האנרגיה הוא הכרחי במשך כל התהליך.
כפי שראיתם בניסוי, בתהליך פירוק אשלגן על-מנגנט יש צורך להשקיע אנרגיה כל הזמן. כמות האנרגיה שיש להשקיע בהפרדה בין האטומים באשלגן על-מנגנט גדולה מכמות האנרגיה המשתחררת בהתקשרות של האטומים בתוצרים. אחד התוצרים הוא החמצן. לכן, אם לא משקיעים בתהליך אנרגיה מבחוץ, הוא לא ימשיך להתרחש, ובועות החמצן יפסיקו לבעבע.

שאלה 6: יש תהליכים פולטי-אנרגיה שאין צורך לקרב אליהם גפרור כדי להפעיל אותם, ויש תהליכים קולטי-אנרגיה שאינם מלווים בחימום, ובכל זאת הם מתרחשים. מִצאו דוגמאות מתאימות בפרק.

גם בתהליך הפוטוסינתזה, האנרגיה הדרושה להפרדת האטומים במולקולות של המגיבים גדולה מהאנרגיה המשתחררת בהתקשרויות של האטומים במולקולות של התוצרים. הפרש האנרגיה הדרוש מתקבל מאנרגיית האור.

מה קורה אם נותנים **לתוצרים** של תהליך כימי להגיב ביניהם? מה נוצר בתגובה הזאת? מה קורה מבחינת האנרגיה הכימית?

תהליך רגיל שבו מגיבים הופכים לתוצרים נקרא **תהליך ישר**. תהליך שבו התוצרים הופכים למגיבים נקרא **תהליך הפוך**.
בפארק האנרגיה תוכלו לצפות בתהליך ישר ובתהליך הפוך ולברר את התשובה.

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה כימית – חדר אקסו–אנדו - קלטת **נחושת גופרתית**; קלטת **התהליך ההפוך**
ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיה כימית - **תהליך ישר ותהליך הפוך**

סוגיה

מקורות אנרגיה

מקורות האנרגיה המוכרים והמנוצלים ביותר בימינו להפקת חשמל הם מקורות של אנרגיה כימית. מקורות האנרגיה המתאימים ביותר לניצול הם נפט גולמי ופחם. פחם ונפט מגיבים עם חמצן בתהליך השריפה שהוא תהליך פולט-אנרגיה בכמות גדולה.

שאלה 7: מנצלים מקור אנרגיה כימית כאשר הוא משתתף בתהליך פולט-אנרגיה. האם כדאי שמקור אנרגיה ישתתף בתהליך קולט-אנרגיה? הסבירו.

כריית פחם או חפירה של בארות נפט נועדו לאגירת מקורות האנרגיה האלה ולניצולם בעת הצורך על ידי בעירה. בעירת הנפט או הפחם בתחנות החשמל מאפשרת את גלגול האנרגיה הכימית של תהליך הבעירה לאנרגיה חשמלית. אחד מחומרי הדלק המקובלים לשריפה בתחנת החשמל הוא **מזוט**. מזוט הוא אחד השלבים של תוצרי הזיקוק של הנפט הגולמי.

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - מקורות אנרגיה: **נפט גולמי; פחם; אשפה**

הפקת החשמל היא שרשרת גלגולי אנרגיה בת כמה שלבים המתרחשת במערכות טכנולוגיות מורכבות ביותר. בתחנת החשמל המודרנית מבעירים פחם או מזוט בדוד שריפה ענק, שהטמפרטורה שלו מגיעה למאות מעלות. בשריפה משתחררת כידוע אנרגיית חום, אך אנרגיה זו אי אפשר לגלגל ישירות לאנרגיה חשמלית. אנרגיית החום של הבעירה נועדה להרתחת מים וליצירת קיטור בלחץ גבוה ובטמפרטורות גבוהות מאוד. הקיטור הדחוס מוזרם בצינורות. מגלגלים את אנרגיית התנועה של הקיטור לאנרגיית התנועה של טורבינה. תנועת הטורבינה מאפשרת את תנועת הגנרטור המחובר אליה. רק אנרגיית התנועה של הגנרטור היא המתגלגלת לאנרגיה חשמלית. אך השלב הראשון בשרשרת הוא לעתים קרובות גלגול אנרגיה כימית לאנרגיית חום.

הטכנולוגיה המודרנית משוכללת מאוד, אך עקרון ההפעלה של תחנת החשמל לא השתנה מאז המצאתו ושכלולו בסוף המאה ה-19 ועד ימינו. בכל שנות התפתחות השיטות להפקת אנרגיה חשמלית, חיפשו הטכנולוגים מקורות אנרגיה שיניעו טורבינה כדי שהיא תוכל להניע גנרטור. האנרגיה הכימית תופסת מקום מרכזי בין השיטות הקיימות.

תקליטור **פארק האנרגיה**

המרת אנרגיה – מאנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית
ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית - **תחנות חשמל**

הבנזין הוא מקור אנרגיה נוסף שבשריפתו מתגלגלת אנרגיה כימית לאנרגיה אחרת. במנוע המכונית מתגלגלת אנרגיה כימית משריפת הבנזין לאנרגיית תנועה. גם במנוע המכונית מתרחשת שרשרת של גלגולי אנרגיה שמטרתה הנעת הגלגלים.
גם הבנזין הוא אחת מתערובות החומרים המתקבלים בעת זיקוק הנפט הגולמי. מלבדו משתמשים להנעת כלי רכב בתוצרים נוספים של הזיקוק: להנעת מנועי משאיות כבדות ומנועי אניות משתמשים בתערובת אחרת הנקראת **סולָר;** להנעת מנועי מטוסים משתמשים בתערובת הנקראת **קֶרוֹסִין** - נוזל שקוף שמשתמשים בו גם בתנורי נפט לחימום בית.

תקליטור **פארק האנרגיה**

המרת אנרגיה – מאנרגיה כימית לאנרגיית תנועה – מנוע בנזין
ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיית תנועה - **העופרת בבנזין; הנעה משולבת**

תהליכי השריפה של כל סוגי הדלק הם, כמובן, תהליכים כימיים פולטי-אנרגיה. כמויות האנרגיה שכל דלק משחרר בעת השריפה שונות זו מזו. מובן שיש להשוות דלק אחד לדלק אחר רק כאשר שורפים מסות שוות.

לפניכם טבלה ובה כמויות האנרגיה הנפלטות משריפת 100 גרם דלק.

סוג הדלק	כמות אנרגיית החום הנפלטת משריפה של 100 גרם דלק (ג'ול)
עץ אורן	1,800,000
פחם	3,200,000
נפט גולמי	4,500,000
בנזין	4,800,000

שאלה 8: התבוננו בטבלה. כדי להבעיר אש באח - במה כדאי יותר להשתמש, מנקודת הראות האנרגטית, בעץ או בפחם? מהם השיקולים הנוספים שיש להתחשב בהם?

שאלה 9: כמה אנרגיה נפלטת כאשר שורפים 1 קילוגרם בנזין (בערך 1 ליטר)?
נניח שרק 20% מהאנרגיה הכימית משריפת הדלק במנוע של מכונית מתגלגלים לאנרגיית התנועה של המכונית. על פי נתון זה, חַשבו כמה אנרגיית תנועה יש למכונית בעקבות שריפת 1 ליטר בנזין במנוע.

תקליטור **פארק האנרגיה** - חומר נוסף לביסוס, העשרה והעמקה

מלבד מראי המקום שהופיעו בתוך הפרק, במבנה אנרגיה כימית תוכלו ללמוד עוד על הקשר הכימי והשינויים באנרגיה המתרחשים כאשר הוא נוצר וכאשר הוא ניתק.
היכנסו לארבעת החדרים של המבנה: קראו את הקלסרים, צפו בסרטים, בצעו את ההפעלות. בחדר ההרחבה תוכלו למצוא מידע מעניין נוסף להעשרה ולהעמקה.
מבנה אנרגיה כימית – חדר תהליכים כימיים; חדר תופעות; חדר אקסו–אנדו; חדר הרחבה
בהמרות האנרגיה המתאימות (המרה מֵאנרגיה כימית או המרה לְאנרגיה כימית) צפו בהתרחשות וענו על השאלות בדף העבודה הממוחשב.
ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיה כימית (יש התייחסות לניסויים המופיעים בכל החדרים); **שאלות נוספות** (לסיכום הניסויים); **על מגיבים ותוצרים**

- המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיית חום ולאנרגיית אור - **על האש**
- המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיית חום - **המזון: מסה ואנרגיה**
- המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיית תנועה - **מנוע הקיטור; מנוע הקיטור והמהפכה התעשייתית**
- המרות אנרגיה: מאנרגיה חשמלית לאנרגיה כימית - **כיצד הפך אלומיניום למתכת זולה?**
- סוגי אנרגיה: אנרגיית חום - **מדידת חום – קלורימטר**

ג. תהליכים צמודים

ראינו כיצד אנרגיית חום, אנרגיית אור או אנרגיה חשמלית מתגלגלות לאנרגיה כימית הנקלטת בתהליכים קולטי-אנרגיה.
ראינו גם כיצד האנרגיה הכימית של תהליכים כימיים פולטי-אנרגיה נפלטת ומתגלגלת לאנרגיית חום, אנרגיית אור או אנרגיה חשמלית.

האנרגיה המשתחררת בתהליכים פולטי-אנרגיה משמשת פעמים רבות לביצוע פעילויות צורכות אנרגיה. נתבונן בכמה דוגמאות.

בתנור שריפה שורפים מזוט.

מזוט הוא חומר אורגני. בעת השריפה של החומר האורגני מתרחשת תגובה כימית בין החומרים האורגניים שבו לבין החמצן שבאוויר. שריפה היא תהליך פולט-אנרגיה, כלומר האנרגיה הכימית של התהליך נפלטת לסביבה כאנרגיה של חום. תוצרי תהליך השריפה הם פחמן דו-חמצני ומים.

אפשר לתאר את המרכיבים של מערכת תנור השריפה בעזרת המונחים האלה:
קֶלֶט (כל מה שנקלט במערכת) ופֶלֶט (כל מה שנפלט מהמערכת).

הקֶלֶט כולל את המגיבים שהם: החומר האורגני של המזוט + חמצן.
הפֶלֶט כולל את התוצרים שהם: פחמן דו-חמצני + מים.
נוסף לחומרים הנפלטים, הפֶלֶט כולל גם אנרגיית חום. האנרגיה הכימית של התהליך מתגלגלת לאנרגיית חום. החום הנפלט מחמם את הסביבה.

האם אפשר לגלגל את האנרגיה הנפלטת מהמערכת הזאת לסוג אחר של אנרגיה במערכת אחרת? למשל, האם נוכל לגלגל את אנרגיית החום לאנרגיית תנועה ולהניע בעזרתה מערכת של טורבינה? הפעלת מערכת הטורבינה צורכת אנרגיה.
האם אפשר לחבר את שתי המערכות, כלומר **להצמיד** את מערכת השריפה הפולטת אנרגיה אל מערכת הטורבינה הצורכת אנרגיה?

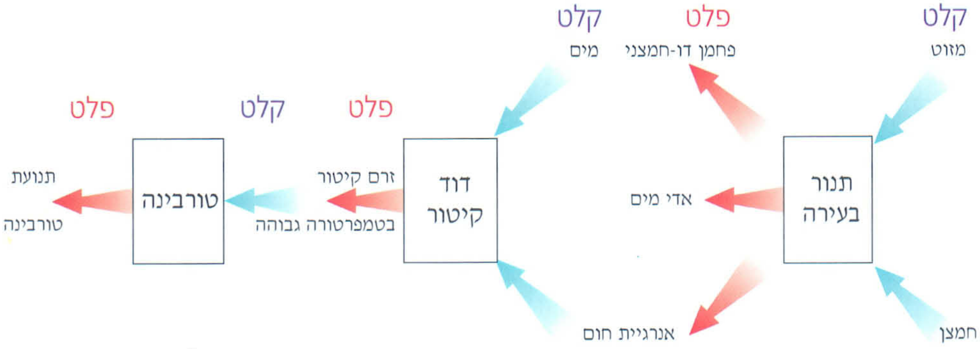
הדבר אכן ניתן לביצוע בעזרת מערכת קיטור.

הודות להצמדה הזאת, אנרגיית החום לא תחמם את הסביבה ולא תתפזר בה, אלא תתועל לחימום של מים עד שהמים יהפכו מנוזל לאדי מים - לקיטור. זרם הקיטור הוא שיפעיל ויניע את הטורבינה.

שני התהליכים **צמודים זה לזה**. זרם הקיטור **מצמיד** את התהליך שבו נפלטת אנרגיה - שריפת המזוט - לתהליך שבו נקלטת אנרגיה - הנעת הטורבינה.

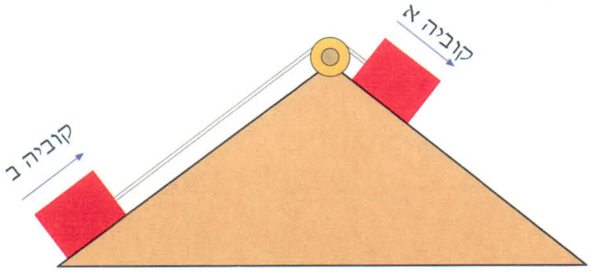
אם כן, התהליך קולט-האנרגיה יכול לנצל את האנרגיה של התהליך פולט-האנרגיה בתנאי שהתהליכים יהיו צמודים זה לזה.

לפניכם תרשים של ה**קֶלֶט** וה**פֶּלֶט** של מערכת הבעירה ומערכת הטורבינה ושל מערכת הקיטור המצמידה אותן זו לזו.



בהתאם לחוק שימור האנרגיה, אנרגיה לא נוצרת ולא נעלמת, היא רק עוברת מגוף לגוף ומשתנה מסוג לסוג.
עם זאת, לא כל האנרגיה שנפלטה בתהליך השריפה של המזוט מתגלגלת לאנרגיה של תנועה. כזכור, כאשר מתרחשים תהליכים של גלגולי האנרגיה, נפלט חלק מהאנרגיה מן המערכת בצורה של חום ומחמם את הסביבה. לא קיימים שום תהליכים צמודים שבעזרתם אפשר להשתמש במלוא כמות האנרגיה הנפלטת בתהליך פולט-אנרגיה ולגלגל אותה לאנרגיה שתשמש בתהליך קולט-אנרגיה.

לפניכם מערכת אחרת.



- איזו אנרגיה יש לקובייה א'?
- מה יקרה לקובייה ב' כאשר קובייה א' תיפול?
- מהו גלגול האנרגיה המתרחש?

- האם כל אנרגיית הגובה של קובייה א׳ תתגלגל לאנרגיית הגובה של קובייה ב׳? הסבירו.
- האם אפשרי שנפילת קובייה א׳ תעלה את קובייה ב׳ גם ללא החבל והגלגלת?
- מהו התנאי לתנועתה של קובייה ב׳?

שאלה 10: היזכרו בתהליכים הכימיים שהכרתם: בעירת המימן ופירוק ה"קלי". כיצד אפשר להצמיד את שני התהליכים, כך שאנרגיה כימית הנפלטת מתהליך אחד תיקלט כאנרגיה הכימית הנדרשת בתהליך אחר?

שאלה 11: על כיריים של גז מתבשלת ביצה בתוך סיר עם מים עד שהיא הופכת ל"ביצה קשה". תהליך הקשיית הביצה הוא תהליך כימי קולט-אנרגיה. תהליך שריפת גז הבישול הוא תהליך כימי פולט-אנרגיה.
האם התהליכים צמודים זה לזה? הסבירו.

בדוגמאות של הנעת הטורבינה, של תנועת הקוביות ושל התהליכים הכימיים -
- אנרגיה הנפלטת מתהליך אחד משמשת לביצוע תהליך אחר, תהליך אשר לקיומו נדרשת השקעה של אנרגיה.
- כדי שהדבר יתרחש, נחוצה הצמדה בין מערכת שבה מתקיים תהליך פולט-אנרגיה לבין מערכת שבה צריך להתקיים תהליך קולט-אנרגיה.
- שני התהליכים הצמודים חייבים להתרחש באותו זמן ובאותו מקום.
- לא כל האנרגיה הנפלטת במערכת פולטת-האנרגיה מנוצלת במערכת קולטת-האנרגיה. חלק מן האנרגיה נפלט לסביבה כאנרגיית חום.

אנרגיה כימית הנפלטת מתהליך כימי פולט-אנרגיה יכולה לאפשר את התרחשותו של תהליך כימי קולט-אנרגיה גם באופן ישיר, ללא שלב-ביניים של גלגול לאנרגיית חום. דבר זה יכול להתרחש בתנאי ששני התהליכים צמודים זה לזה, כלומר מתרחשים יחדיו באותו מקום ובאותו זמן.
כיצד הדבר מתרחש? על כך תלמדו בפרק על גלגולי אנרגיה ביצורים חיים.

מסכמים את פרק ו

- בתהליך כימי, חומרים **מגיבים** ביניהם וכתוצאה מכך נוצרים חומרים חדשים הקרויים **תוצרים**.
- יש תהליכים שבהם האנרגיה הכימית מתגלגלת לאנרגיית חום, לאנרגיית קרינה או לאנרגיה חשמלית, או לצירופים שלהן. בתהליכים כימיים אחרים, אנרגיית חום, או אנרגיית קרינה, או אנרגיה חשמלית מתגלגלות לאנרגיה כימית.
- בכל התהליכים הכימיים מתרחשים שינויים אנרגטיים. יש תהליכים כימיים **פולטי-אנרגיה** ויש תהליכים כימיים **קולטי-אנרגיה**. האנרגיה הנקלטת בתהליך או הנפלטת ממנו נקראת אנרגיה כימית.
- בכל תהליך כימי, אנרגיה מושקעת בהפרדה בין האטומים שבמולקולות של המגיבים ואנרגיה משתחררת כאשר האטומים מתקשרים ביניהם ליצירת המולקולות החדשות של התוצרים.
- **תהליך פולט-אנרגיה** הוא תהליך שבו כמות האנרגיה המשתחררת בהתקשרותם של אטומים בסידור חדש גדולה מזו המושקעת בניתוקם זה מזה בסידור הקודם.
- **תהליך קולט-אנרגיה** הוא תהליך שבו כמות האנרגיה המושקעת בניתוקם של אטומים זה מזה גדולה מכמות האנרגיה המשתחררת בהתקשרותם בסידור חדש.
- אנרגיה מתהליך פולט-אנרגיה מאפשרת את התרחשותו של תהליך קולט-אנרגיה, בתנאי שהתהליכים **צמודים** וקשורים זה לזה ומתרחשים יחד באותו המקום ובאותו הזמן.

שואלים את עצמנו - פרק ו

1. תנו דוגמה לתהליך שבו -
   א. אנרגיה חשמלית מתגלגלת לאנרגיה כימית
   ב. אנרגיה כימית מתגלגלת לאנרגיה חשמלית
   ג. נוצרת להבה
   ד. יש לחמם באופן רצוף
   ה. הטמפרטורה יורדת בעצמה
   ו. אנרגיית קרינה מתגלגלת לאנרגיה כימית
   ז. אנרגיה כימית מתגלגלת לאנרגיית קרינה.

2. ציינו בכל הדוגמאות שרשמתם בשאלה 1 אם התהליך הוא פולט-אנרגיה או קולט-אנרגיה.

3. בתהליך השריפה של גז הבישול בכיריים משתתפים מגיבים ותוצרים. מה נכון?
   א. המגיב היחיד הוא גז הבישול.
   ב. המגיבים הם חמצן וגז הבישול.
   ג. התוצר היחיד הוא חום.
   ד. התוצר היחיד הוא פחמן דו-חמצני.

4. אנרגיה כימית הִיא:
   א. כינוי לאנרגיית חום ולאנרגיית אור.
   ב. אנרגיה המושקעת בהפרדה בין אטומים או המשתחררת בהתקשרות בין אטומים.
   ג. אנרגיה המושקעת ביצירת קשרים בין האטומים.
   ד. אנרגיה המשתחררת משינויים בתוך גרעין האטום.

5. באילו מן המקרים הבאים מופיעה אנרגיה כימית ובאילו לא? הסבירו כל מקרה:
   א. מחממים מים בקנקן חשמלי והמים מתאדים.
   ב. שורפים עץ במדורה.
   ג. אור שמש פוגע במכונית והיא מתחממת.
   ד. מתיכים ברזל לנוזל אדום לוהט.

6. לכל אחד מהתיאורים הבאים, השיבו: האם התהליך הוא פולט-אנרגיה או קולט-אנרגיה? מדוע?
   א. מכניסים פיסות אלומיניום לתמיסה של נחושת גופרתית. טמפרטורת התמיסה עולה.

ב. מחממים אבקת קלי על-מנגנט. טמפרטורת החומר עולה.
ג. מבעירים מימן בעזרת גפרור דולק.

7. סמנו את התהליך שבו <u>לא</u> מופיעה אנרגיה כימית.
א. מעבירים זרם חשמלי דרך תמיסה, נוצרים חומרים ליד האלקטרודות.
ב. מערבבים חומרים זה עם זה והערבוב גורם לפיצוץ.
ג. מטפטפים חומצה על גיר ורואים גז מבעבע.
ד. פותחים בקבוק סודה ויוצאות בועות של גז.

8. מקרבים גפרור אל נייר. הנייר מתלקח. האם הנייר המתלקח הוא דוגמה לתהליך כימי פולט-אנרגיה? הסבירו.

9. סליליו של תנור חשמלי מתלהטים באור אדום. האם זוהי דוגמה לתהליך כימי פולט-אנרגיה? הסבירו.

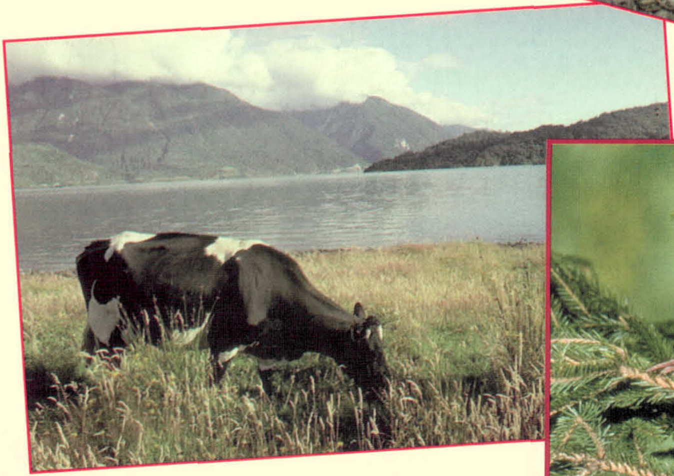
10. תהליך פולט-אנרגיה הוא תהליך שבו האנרגיה המושקעת בהפרדה בין האטומים -
א. שווה לאנרגיה המשתחררת בהתקשרויות החדשות בין האטומים.
ב. קטנה מן האנרגיה המשתחררת בהתקשרויות החדשות בין האטומים.
ג. גדולה מן האנרגיה המשתחררת בהתקשרויות החדשות בין האטומים.
ד. שווה לאפס.

11. תהליך קולט-אנרגיה הוא תהליך שבו האנרגיה המושקעת בהפרדה בין האטומים -
א. גדולה מן האנרגיה הנפלטת בהתקשרויות החדשות בין האטומים.
ב. שווה לאנרגיה הנפלטת בהתקשרויות החדשות בין האטומים.
ג. שווה לאפס.
ד. קטנה מן האנרגיה הנפלטת בהתקשרויות בין האטומים.

12. משתמשים בסוללה כדי לגלגל אנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית.
מה תוכלו לומר על אופי התהליך הכימי בסוללה אם ידועות לכם העובדות הבאות:
- כל זמן שהסוללה פעילה היא מפיקה חשמל בו-ברגע שהיא מחוברת למכשיר חשמלי.
- כאשר משתמשים בסוללה זמן רב היא מפסיקה לפעול.
א. הסוללה מפסיקה לפעול כיוון שהתהליך המתרחש בה פולט-אנרגיה.
ב. הסוללה מפסיקה לפעול כיוון שהתהליך המתרחש בה קולט-אנרגיה.
ג. הסוללה מפסיקה לפעול מפני שנגמרו בה המגיבים.
ד. הסוללה מפסיקה לפעול כיוון שמפסיקים לספק לה אנרגיית הפעלה.

פרק ז

גלגולי אנרגיה ביצורים חיים



א. מה מאפיין יצורים חיים? / 218

ב. חוקי האנרגיה במערכות חיות / 223

ג. המזון מקור אנרגיה במערכות חיות / 225

ד. מארג המזון / 229

ה. תהליכים צמודים בתא החי / 231

עד כה הכרתם סוגים שונים של אנרגיה: אנרגיית גובה, אנרגיית חום, אנרגיית תנועה, אנרגיה כימית, אנרגיה חשמלית. למדתם כי אנרגיה מסוגלת לעבור מגוף לגוף וגם להתגלגל מסוג אחד של אנרגיה לסוג אחר.

גלגולי האנרגיה שהכרתם עסקו בעיקר בחפצים ובגופים דוממים, שהם גופים שאינם חיים: קוביות, קופסאות, אוויר, מים, שמש. גם ים, רוח ומכונית נוסעת הם גופים דוממים; אף שהם יכולים להימצא בתנועה ולהשמיע קולות - הם אינם יצורים חיים.
בפרק זה נתמקד בגלגולי אנרגיה ביצורים חיים - בחיידקים, בצמחים ובבעלי חיים.
נעסוק בעקרונות גלגולי האנרגיה בעולם החי בהשוואה לאלה של העולם הדומם.

א. מה מאפיין יצורים חיים?

ומה מבדיל אותם מגופים דוממים - גופים שאינם חיים?

למדתם כי כל החומרים בנויים מחלקיקים זעירים הקרויים מולקולות. גופם של כל היצורים החיים בנוי מחומרים הנקראים **חומרים אורגניים**.* החלקיקים הזעירים של החומרים האורגניים הם מולקולות.

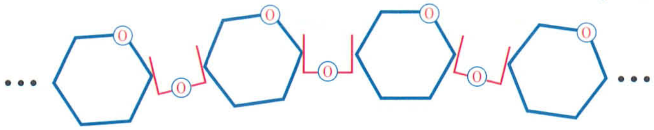
למכלול המולקולות הבונות את גופם של היצורים החיים יש מספר תכונות, **שכולן יחד** מאפיינות את היצורים החיים ומבדילות אותם מהחומרים הדוממים, החומרים שאינם חיים. נפרט את התכונות:

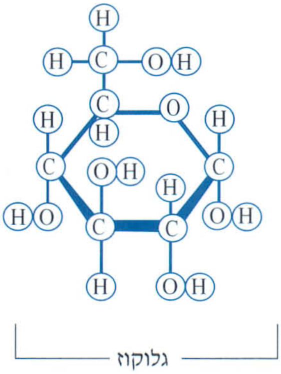
א. כל יצור חי בנוי ממספר רב של מולקולות אורגניות גדולות ומורכבות: פחמימות, חלבונים, שומנים וחומצות גרעין. כל מולקולה גדולה בנויה מאבני-מבנה של מולקולות קטנות ופשוטות שהתקשרו יחד. מולקולות קטנות - כמו אלה של גלוקוז, חומצה אמינית או חומצה שומנית - בנויות כל אחת מאטומים אחדים ועד כמה עשרות אטומים. לעומתן המולקולות הגדולות, מולקולות הענק הבנויות מהן, יכולות להכיל אלפי אטומים ואפילו עשרות אלפי אטומים.

---

* *חומרים אורגניים – השם ניתן בשעתו לחומרים שיצורים חיים מייצרים, על סמך ההנחה שרק יצורים חיים מסוגלים ליצור חומרים כאלה. יותר מאוחר הוכח שאפשר לייצר חומרים אלה במעבדה מחומרים אי-אורגניים, כלומר חומרים שיצורים חיים אינם מייצרים. בכל זאת לא שינו את השם. חומרים אורגניים מבוססים על שרשרות ארוכות של אטומי פחמן, שאליהם מחוברים בעיקר אטומי מימן ולעתים גם אטומי חמצן, חנקן, זרחן או גופרית.*

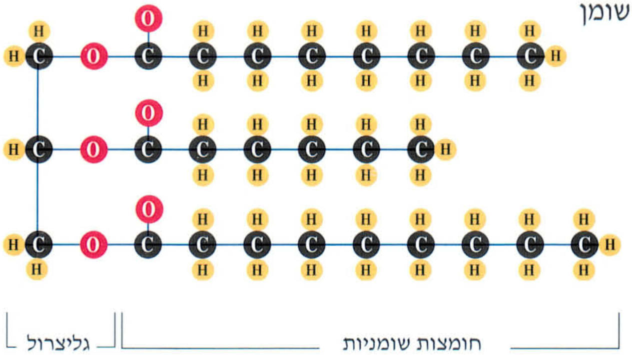
עמילן





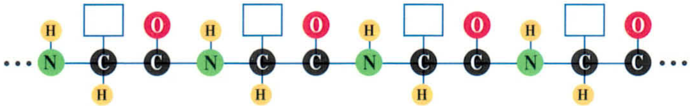
עמילן הוא מולקולת-ענק, הבנויה ממספר גדול מאוד של אבני מבנה: מולקולות **גלוקוז** הקשורות זו לזו.
מולקולת גלוקוז אחת בנויה מ-6 אטומי פחמן (C)
ואליהם קשורים אטומי חמצן (O) ואטומי מימן (H).
נוסחת מולקולת גלוקוז היא $C_6H_{12}O_6$.
בסרטוט הגלוקוז נראית המולקולה ובה כל האטומים שלה.
בסרטוט העמילן נראית השרשרת של מולקולות הגלוקוז בלי פירוט כל האטומים.

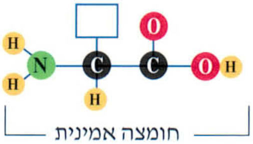
שומן



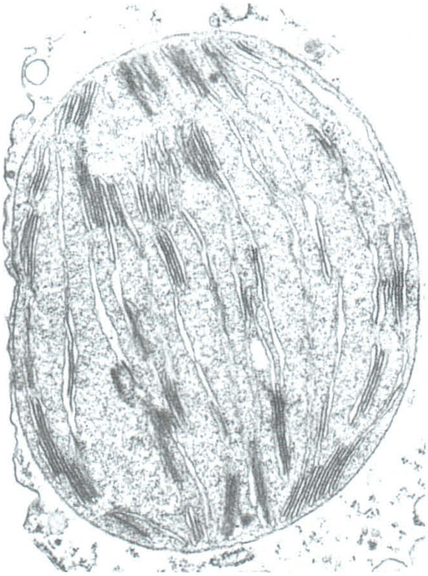
שומן הוא מולקולת-ענק הבנויה מצירוף של אבני מבנה משני סוגים: 3 מולקולות ארוכות של **חומצות שומניות** ומולקולה אחת של גליצרול, המסומנות באיור.

חלבון





חלבון הוא מולקולת-ענק, הבנויה ממספר גדול מאוד של אבני מבנה: מולקולות של **חומצות אמיניות** מסוגים שונים.
הסרטוט של מולקולת החומצה האמינית מראה את המשותף לסוגים השונים:
כל מולקולה של חומצה אמינית כוללת אטום פחמן (C) מרכזי הקשור ל-4 קבוצות אטומים:
א. אטום מימן (H);
ב. קבוצה המיוצגת בסרטוט כמסגרת, (כל סוג של חומצה אמינית מתאפיין ב'מסגרת' אחרת);
ג. קבוצה ובה אטומי פחמן (C), חמצן (O) ומימן (H);
ד. קבוצה ובה אטומי חנקן (N) ומימן (H).
שתי קבוצות האטומים האחרונות קושרות את מולקולות החומצות האמיניות זו לזו, וכך נוצרת שרשרת ארוכה של חלבון.



מבנה מורכב ומסודר של כלורופלסט - גופיף בתא הצמח.
הגדלה פי 20,000 בעזרת מיקרוסקופ אלקטרונים.

המולקולות האורגניות הגדולות – מולקולות-הענק – מתקבצות יחד ויוצרות **מבנים מורכבים מסודרים ומאורגנים**. לדוגמה: קרום התא בנוי ממולקולות-ענק של שומנים, חלבונים וסוכרים המאורגנות יחד; כרומוזום בנוי מחומצת הגרעין DNA ומחלבון.
אפשר למצוא סדר וארגון גם בחומרים שאינם מן החי. בגביש היהלום, למשל, אטומי הפחמן מאורגנים במבנה מסודר מאוד. מבנה זה, המורכב מיחידות פשוטות של אטומי פחמן, הוא מבנה קבוע שאינו משתנה.
גם המערכת החיה בנויה ממולקולות אורגניות ערוכות ומסודרות. אך בניגוד ליהלום, זוהי **מערכת המשתנה כל הזמן**, מערכת שהמולקולות השונות הבונות אותה נעות בתוכה, מתפרקות ונוצרות מחדש בלי הרף כל עוד המערכת היא מערכת חיה.

נדגים זאת בעזרת מעקב אחר סוג מסוים של מולקולות חלבון בגופנו - מולקולות הֶמוֹגְלוֹבִּין. כמו כל מולקולה של חלבון, גם מולקולת ההמוגלובין בנויה מאבני-מבנה של מולקולות קטנות. אלה הן מולקולות של חומצות אמיניות שונות. מולקולות ההמוגלובין ממוקמות בתוך תאי הדם האדומים, והן שנותנות להם את הצבע האדום. מולקולות ההמוגלובין שבתאי הדם האדומים נעות בגוף עם זרם הדם ומעבירות חמצן מן הריאות אל כל תאי הגוף. משך החיים של כל תא דם אדום בגופנו הוא כ-40 יום.
מולקולות המוגלובין נוצרות בתוך תא הדם וממוקמות בתוכו. עם הרס התא נהרסות גם מולקולות ההמוגלובין ומתפרקות לאבני-המבנה שלהן - למולקולות קטנות ובודדות של חומצות אמיניות. את מקומן תופסות מולקולות המוגלובין חדשות, דומות להן, שנבנו בתוך תא דם אחר, גם הן מאבני- מבנה של חומצות אמיניות בודדות.

מולקולות קטנות של חומצות אמיניות ← *מולקולה אחת של המוגלובין*

בנייה מחומצות אמיניות בודדות ← מולקולת **המוגלובין** ← **פירוק** לחומצות אמיניות בודדות ← **בנייה** מחומצות אמיניות בודדות ← מולקולה חדשה של **המוגלובין** ← וכן הלאה.
מספר מולקולות המוגלובין הנהרסות שווה בערך למספר מולקולות ההמוגלובין הנבנות מחדש. כתוצאה מכך מספר מולקולות ההמוגלובין בדם הוא קבוע פחות או יותר.
דוגמה זו היא רק אחת מיני רבות בגופנו. בכל יצור חי – חיידק, צמח, או בעל-חיים – מולקולות נהרסות ונוצרות מחדש, נעות ובונות מבנים מורכבים. למרות הדינמיות הרבה, נשמר בתאים ארגון וסדר. כאשר התאים מתים, נעלם הסדר המאפיין תאים חיים.

ב. בניגוד לחומרים דוממים רבים, ליצורים חיים ה**כושר לקלוט חומרים מן הסביבה**. הקליטה במקרים רבים היא בררנית, כלומר יש מנגנון המבחין בין חומרים מתאימים לבין חומרים בלתי מתאימים. החומרים הנקלטים עוברים בגוף תהליכים כימיים שונים. מחומרים אלה בונה היצור את גופו ומפיק אנרגיה לפעילויותיו השונות. בד-בבד נפלטים חומרי פסולת שונים מהיצור אל הסביבה עם אנרגיית חום. קליטה בררנית זו מופסקת עם מותם של התאים.

ג. ליצורים חיים היכולת לגדול, להתרבות ולבנות יצורים הדומים להם. כדי לגדול ולהתרבות, היצור החי מייצר מולקולות אורגניות המורכבות מחומרים פשוטים שקלט מן הסביבה. מחומרים אלה נבנה יצור חדש הדומה להורים. לדוגמה: אם שמים תא בודד של חיידק בכלי עם תמיסת מזון המכילה חומרים אורגניים פשוטים, כמו סוכרים וחומצות אמיניות, החיידק קולט את החומרים הפשוטים ובונה מהם תרכובות מורכבות, כמו חלבונים, שומנים, פחמימות וחומצות גרעין, הדרושות לגידולו ולבניית תא של חיידק חדש. התא מתחלק, מכפיל את עצמו ומתרבה. תוך כמה שעות נמצאים בתמיסה אלפי חיידקים הדומים לתא הראשוני. כל עוד יהיו די חומרי מזון בתמיסה, החיידקים ימשיכו להתרבות. אבל אם לא נשים מלכתחילה תא של חיידק בתמיסת חומרי המזון, לא ייווצרו חיידקים חדשים. תמיסת המזון שבה מומסות התרכובות האורגניות הפשוטות היא חומר דומם. על אף שהמולקולות בתמיסת המזון שימשו לבנייה של תא החיידק, הן אינן מסוגלות להתרבות בכוחות עצמן. לשם כך דרוש תא חי. תא חי מכיל בתוכו **מידע ויכולת להכפלה עצמית** לצורך בניית תא הדומה לו. עם מותו של התא, יכולת זו נהרסת.

גור של היפופוטם דומה מאוד לאִמו.

שאלה 1: מכונית היא מבנה מורכב ומאורגן, העשוי ממגוון רב של חומרים. מכונית קולטת דלק, הדלק עובר תהליך כימי. המכונית מסוגלת לנוע. כאשר המנוע עובד, נפלטים ממנו אל הסביבה חומרי הפסולת, פחמן דו-חמצני ומים. המנוע גם פולט חום בזמן פעולתו. מדוע המכונית אינה חומר חי?

שאלה 2: אם מחליפים את הדלק במזון – לסוס יש אותם מאפיינים כמו למכונית. מדוע הסוס הוא יצור חי בעוד שהמכונית איננה יצור חי?

המבנה של יצור חי הוא מבנה דינמי, מסודר ומאורגן המשתנה כל הזמן. היצור קולט חומרים מהסביבה, הוא גדל ומתרבה.
כדי להתקיים ולשמור על חיותו חייב היצור החי לבצע פעילויות רבות: עליו לבנות מולקולות גדולות ולייצר מהן מבנים מורכבים, עליו לגדול, עליו להעביר חומרים מאתר לאתר בתוך התאים וביניהם; עליו לקלוט חומרים מן הסביבה החיצונית ולשמור בתוך התאים חומרים שריכוזם בתאים שונה מריכוזם בסביבה; עליו להעביר מסרים, לקבל גירויים ולהגיב להם ועוד ועוד. כל הפעילויות החיוניות הללו, המתבצעות בגוף החי בסדר ובארגון, צורכות אנרגיה.

קיומו של כל יצור חי תלוי בהספקה מתמדת של אנרגיה ממקור חיצוני, כלומר מן הסביבה שבה הוא חי, לגוף היצור.

ב. חוקי האנרגיה במערכות חיות

בפרק הדן בחוק שימור האנרגיה למדנו כי אנרגיה אינה נוצרת מעצמה ואינה נהרסת או נעלמת. היא יכולה לעבור מגוף לגוף, להתגלגל מסוג אחד לאחר, אך כמותה ביקום כולו נשמרת.
כמו כן למדנו כי כאשר סוג אחד של אנרגיה מתגלגל לסוג אחר של אנרגיה, חלק מן האנרגיה המתגלגלת הופך לאנרגיה של חום. החום משתחרר מן המערכת לסביבה.
גם כאשר תהליך פולט-אנרגיה מוצמד לתהליך קולט-אנרגיה לצורך פעילות מסוימת, לא כל כמות האנרגיה מתגלגלת לביצוע הפעילות; חלק ממנה נפלט ומחמם את הסביבה.

חוקים אלה תקפים גם לגבי כל היצורים החיים. היצור החי צורך אנרגיה לביצוע פעילויותיו ולשמירת תקינותן של כל מערכות גופו. מכיוון שאינו "יוצר" אנרגיה, עליו לקבל את האנרגיה ממקור חיצוני לו, כלומר מן הסביבה. כל היצורים החיים קולטים חומרים ואנרגיה מן הסביבה ופולטים לסביבה חומרים אחרים. כמו כן, בגלגולי האנרגיה הם פולטים אנרגיית חום לסביבה.
מערכת הקולטת חומרים ואנרגיה מהסביבה ופולטת חומרים ואנרגיה לסביבה נקראת **מערכת פתוחה**. כל המערכות החיות הן מערכות פתוחות, כלומר מערכות המחליפות חומרים ואנרגיה עם סביבתן.

האם כל גלגולי האנרגיה שהכרנו יכולים לשמש לביצוע פעילויות ביצורים חיים?
בפרק הקודם הזכרנו את תהליך השריפה של המזוט, שהוא תהליך כימי פולט-אנרגיה. בתהליך זה נפלטת אנרגיה של חום אל הסביבה. מערכת השריפה מוצמדת למערכת קיטור. נניח שמערכת חיה תוצמד ישירות למערכת שריפה כזו לצורך ביצוע פעילויות צורכות אנרגיה בתאי היצור החי. האם המערכת החיה תוכל להשתמש באנרגיית החום הנפלטת ממערכת השריפה של חומר אורגני?

במערכת הקיטור, האנרגיה שנפלטה משריפת המזוט שימשה להעלאת הטמפרטורה של המים. המים רתחו ויצרו זרם קיטור שבעזרתו הטורבינה נעה. מערכת כזו פועלת בטמפרטורות גבוהות מאוד. גם מערכות טכנולוגיות רבות אחרות במפעלי תעשייה - מפעלי כימייה, מערכות מנועים וכדומה - פועלות בטמפרטורות גבוהות.

במערכות הטכנולוגיות יש לטמפרטורה הגבוהה יתרון נוסף: היא מזרזת תהליכים רבים. תהליכים מתרחשים בקצב מהיר יותר ככל שהטמפרטורה שלהם גבוהה יותר.

לעומת המערכות הטכנולוגיות, מערכות חיות אינן מסוגלות לפעול בטמפרטורות כה גבוהות. הן אינן יכולות להשתמש באנרגיית חום שעוברת מגוף חם מאוד לביצוע פעילויות הצורכות

אנרגיה בגוף החי. יצורים חיים נהרסים בטמפרטורות גבוהות. לדוגמה: אנו מרתיחים את החלב כדי להרוס ולהמית את החיידקים שהתפתחו בו. אם נחמם ביצה מופרית, העוּבָּר ייהרס בה ולא יוכל להתפתח לאפרוח. חום גבוה גורם לכוויות בגופנו והורס את הרקמות.

מערכות חיות פועלות בתנאים של טמפרטורות גוף נמוכות יחסית, $30^{\circ}C$-$40^{\circ}C$ בקירוב. בחלק מבעלי החיים - בעופות וביונקים - קיימים מנגנוני בקרה המפקחים על שמירת טמפרטורת גוף יציבה למרות שינויי הטמפרטורה של הסביבה החיצונית.
ביצורים אחרים, כמו חרקים, זוחלים, חיידקים וצמחים, אין מנגנוני בקרה פנימיים כאלה. הטמפרטורה של גופם מושפעת משינויי הטמפרטורה של הסביבה. אבל יצורים חיים אינם יכולים להתאים את עצמם לכל הטמפרטורות. בעלי החיים בורחים מטמפרטורות קיצוניות. צמחים ובעלי חיים לא יתפתחו באזורים שבהם הטמפרטורות גבוהות מאוד או נמוכות מאוד.
בניגוד לתהליך שריפת המזוט המתרחש בטמפרטורה גבוהה, התהליכים בתא מתרחשים בטמפרטורה נמוכה. בטמפרטורה נמוכה כזו התהליכים היו אמורים להיות אטיים מאוד. למעשה, הם אינם כה אטיים, כי הם מזורזים על ידי **אנזימים**. אנזים הוא חומר המזרז את קצב התרחשותם של תהליכים בתא החי. כך התהליכים יכולים להתרחש בקצב נכון ובטמפרטורה נמוכה.

בתהליכים המתקיימים בגוף החי מתרחשים גלגולי אנרגיה ומשתחררת אנרגיית חום. אנרגיית חום היא סוג של אנרגיה שהיצור החי אינו מסוגל להשתמש בו לביצוע פעילויות צורכות אנרגיה. החום הנפלט מן הגוף מספיק כדי לחמם מעט את היצור ואת סביבתו. כך יכולים יצורים חיים לגדול ולהתפתח גם בסביבה שבה הטמפרטורה החיצונית נמוכה מעט מזו הנוחה להתפתחותם.

חלק גדול של האנרגיה הכימית המשתחררת בתהליכים שונים בגוף החי אינו מתגלגל לאנרגיית חום, אלא לאנרגיה כימית המאפשרת את קיום הפעילויות של היצור החי.

האנרגיה שכל היצורים החיים משתמשים בה היא אנרגיה כימית.

יצורים חיים משתמשים באנרגיה כימית לביצוע כל פעילויות גופם. יש המשווים את המערכת החיה למערכת של מנוע המופעל גם הוא על ידי אנרגיה כימית, כגון זו הנפלטת בשריפה של דלק. אולם בניגוד למנוע כזה, ה"מנוע" ביצור החי חייב לפעול בתנאים של טמפרטורה נמוכה וקבועה.
נחזור לדוגמת התנור והטורבינה מהפרק הקודם. הטורבינה מופעלת על ידי **הצמדה** בין התהליך הכימי של השריפה, שהוא תהליך פולט-אנרגיה, לבין תהליך התנועה של הטורבינה, שהוא תהליך קולט-אנרגיה. גם בגופם של כל היצורים החיים - חיידקים, פטריות, צמחים ובעלי חיים - מתרחשת **הצמדה** בין תהליכים: בגוף החי, תהליכים כימיים פולטי-אנרגיה **צמודים** לתהליכים כימיים קולטי-אנרגיה. זהו גלגול האנרגיה המתרחש ביצור החי.

ג. המזון מקור אנרגיה במערכות חיות

המזון שיצורים חיים קולטים מכיל חומרים אורגניים רבים (פחמימות, חלבונים, שומנים וכו'). מולקולות הענק של החומרים האורגניים שנקלטו, נעכלות בגוף היצור החי ומתפרקות לאבני-המבנה הקטנות. מולקולות אלה מסוגלות לחדור לתאים. לדוגמה: העמילן, שהוא אחד מאבות המזון, אינו חודר ישירות לתאים. הוא מתפרק בגוף לאבני המבנה שלו - מולקולות גלוקוז החודרות לתאים השונים.

בכל אחד מהתאים המרכיבים את היצור החי מתרחש **תהליך הנשימה התאית**. בתהליך זה מגיבים ביניהם שני חומרים חיוניים: גלוקוז שמקורו מהמזון שאנו אוכלים וחמצן החודר לתא בחילופי הגזים בריאות. תוצרי התהליך הם פחמן דו-חמצני ומים הנפלטים מהתאים. בתהליך משתחררת אנרגיה.

נשווה בין תהליך בעירה של גזע עץ לבין תהליך הנשימה התאית:
שאלה 3: השלימו את הטבלה במחברת. מהו הקלט ומהו הפלט בכל אחד מהתהליכים?

התהליך	**קֶלֶט**	**פֶּלֶט**
שריפת גזע עץ		
נשימה תאית		

יש דמיון רב בין שני התהליכים: א. אחד המגיבים בכל תהליך, גם גזע העץ וגם הגלוקוז, הוא חומר אורגני. ב. בשני המקרים חומר אורגני מגיב עם חמצן. ג. בשני התהליכים התוצרים הסופיים הם פחמן דו-חמצני ומים. ד. שני התהליכים הם תהליכים פולטי-אנרגיה. ה. משני התהליכים נפלטת אנרגיית חום.

השוני בין שני התהליכים הוא בכך שתהליך השריפה של העץ מתרחש בשלב אחד, ואילו בנשימה התאית, התהליך הוא רב-שלבי ומורכב ממספר רב של תהליכים כימיים.

שוני נוסף הוא זה: בתהליך שריפת העץ משתחררת אנרגיה רבה הנפלטת כולה בבת אחת לסביבה כאנרגיית חום, ואילו בשלבי הביניים השונים של הנשימה התאית משתחררת

כמות קטנה של אנרגיה בכל שלב.
אם נחבר את כמויות האנרגיה הקטנות הנפלטות בכל תהליכי הביניים, תתקבל אותה כמות אנרגיה שהייתה נפלטת לו הגלוקוז היה מגיב ישירות עם החמצן בתהליך דומה לתהליך הבעירה.

בניגוד לבעירה של גזע העץ, האנרגיה המשתחררת בתהליך הנשימה התאית אינה נפלטת כולה כחום. בכל אחד משלבי הביניים משתחררת כמות קטנה של אנרגיה - חלקה אנרגיית חום וחלקה **אנרגיה כימית**. התהליך שממנו נפלטת האנרגיה הכימית **צמוד** לתהליך כימי קולט-אנרגיה. כך האנרגיה של התהליך הראשון מאפשרת את התרחשותו של התהליך השני בדומה לתנור הבעירה הצמוד לטורבינה והמאפשר את תנועתה.

כאשר מסה מסוימת של גלוקוז שמקורו מן המזון, משתתפת בתהליך הנשימה התאית, משתחררת בכל שלב כמות קטנה של אנרגיה. סכום כל הכמויות הקטנות שווה לכמות האנרגיה שהייתה מתקבלת לו מסה זו של גלוקוז הייתה מגיבה באופן ישיר ומהיר עם חמצן. זוהי הסיבה שמודדים את כמות האנרגיה הכימית של מקור האנרגיה שלנו - החומר האורגני שבמזון - על ידי תהליך שריפה במכשיר מיוחד הנקרא קלורימטר.

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיית חום - **המזון: מסה ואנרגיה**

העשרה בסוף הפרק (עמ' 235)

איך מודדים את אנרגיית החום המשתחררת בעת שריפה של חומר?

החומרים האורגניים משמשים גם חומרי גלם לבניית הגוף

החומרים האורגניים מן המזון, מלבד היותם מגיבים בתהליכי הנשימה התאית הם משמשים גם מקור לאבני-מבנה שמהן היצור בונה את גופו. כאמור, כל גוף חי בנוי מחומרים אורגניים – חלבונים, שומנים, פחמימות – האופייניים לאותו היצור. החומרים האורגניים שבמזון מתפרקים במערכת העיכול לאבני-המבנה הפשוטות המרכיבות אותם. יחידות קטנות אלה נקלטות על ידי התאים ומשמשות בתוך כל תא ותא לבניית התרכובות המורכבות הייחודיות הבונות את גופו של אותו יצור.
כל בעלי החיים **חייבים** לקבל חומרים אורגניים מן המוכן. לכן בעלי החיים ניזונים ממזון אורגני מוכן מן הסביבה: הם אוכלים צמחים או בעלי חיים לצורך בניית גופם. לעומתם, הצמחים מסוגלים לבנות חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים: מפחמן דו-חמצני ומים. הם אינם חייבים לקבל מזון אורגני מוכן מן הסביבה.

כיצד בונים הצמחים חומר אורגני?

בניית החומר האורגני מפחמן דו-חמצני ומים צורכת אנרגיה רבה. לצמחים היכולת להשתמש באנרגיית השמש לבניית החומר האורגני. הצמח מסוגל **לקלוט** את אנרגיית אור השמש **ולגלגל** אותה לאנרגיה כימית. התהליך הכימי שממנו משתחררת אנרגיה כימית **מוצמד** לתהליכי **בנייה** של חומר אורגני, תהליכים הצורכים אנרגיה. מכלול התהליכים נקרא מערכת הפוטוסינתזה (פוטו - אור, סינתזה - בנייה). בפוטוסינתזה משתחרר גם הגז חמצן O_2.

מערכת הפוטוסינתזה ממוקמת ברוב הצמחים בעלים. בתאי העלים יש חומרים המסוגלים לקלוט את אור השמש. חומרים אלה נקראים **צַבְעָנִים** (פיגמנטים), והם הנותנים לצמח את צבעו הירוק. הם ממוקמים בתאי העלים בתוך גופיפים מיוחדים הנקראים **כלורופלסטים**. קליטת האור על ידי הצבען בעלים מפעילה בתא סדרה של תהליכים כימיים, שבמהלכם נפלטת אנרגיה. התהליך שממנו נפלטת אנרגיה כימית זו **צמוד** לתהליכי הבנייה של החומר האורגני מהחומרים האי-אורגניים: פחמן דו-חמצני ומים.

מערכת הפוטוסינתזה מורכבת מכמה תהליכים ומשלבי ביניים רבים. נכתוב רק את המגיבים והתוצרים הסופיים:

אנרגיית אור

פחמן דו-חמצני + מים ← חומר אורגני + חמצן

כאמור, מלבד החומר האורגני, התוצר החשוב הנוסף של מערכת הפוטוסינתזה הוא הגז חמצן. החמצן חיוני לנשימה התאית של כל היצורים החיים. החמצן הנמצא באטמוספרה, מקורו במערכת הפוטוסינתזה.

רק בצמחים ובמספר חיידקים קיימת מערכת זו המסוגלת לבנות חומר אורגני מפחמן דו-חמצני ומים. לכן הצמחים ואותם חיידקים אינם תלויים בלעדית באספקת מזון אורגני מוכן מן הסביבה.

הטבלה משווה בין תכונות הצמחים לתכונות בעלי החיים מבחינת מבנה התאים ומבחינת פעילות התאים:

	צמחים	בעלי חיים
מבנה התאים	תאי העלים מכילים גופיפים ובהם צבענים המסוגלים לקלוט את אנרגיית האור. בגופיפים אלה ממוקמת גם מערכת המסוגלת לבנות חומרים אורגניים.	התאים חסרים גופיפים עם צבענים הקולטים את אנרגיית האור, והם גם חסרים את מערכת הבנייה של חומרים אורגניים.
פעילות התאים	מסוגלים לקלוט אנרגיית אור ולגלגל אותה לאנרגיה כימית. מסוגלים להצמיד תהליכים הקולטים אנרגיית אור לתהליכים הצורכים אנרגיה כימית לבניית חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים.	אינם מסוגלים לקלוט אנרגיית אור ולגלגל אותה לאנרגיה כימית. אינם מסוגלים לבנות חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים.
	אינם חייבים לקבל מזון אורגני מן המוכן.	חייבים לקבל מזון אורגני מן המוכן.
	בכל תא ותא מתרחשים תהליכי נשימה תאית, שבמהלכם מתגלגלת אנרגיה כימית לביצוע פעילויות הצורכות אנרגיה בתאים.	בכל תא ותא מתרחשים תהליכי נשימה תאית, שבמהלכם מתגלגלת אנרגיה כימית לביצוע פעילויות הצורכות אנרגיה בתאים.

שאלה 4: התבוננו בטבלה ובדקו מהם קווי השוני בין תאי הצמחים לבין תאי בעלי חיים ומהם קווי הדמיון.

ד. מארג המזון

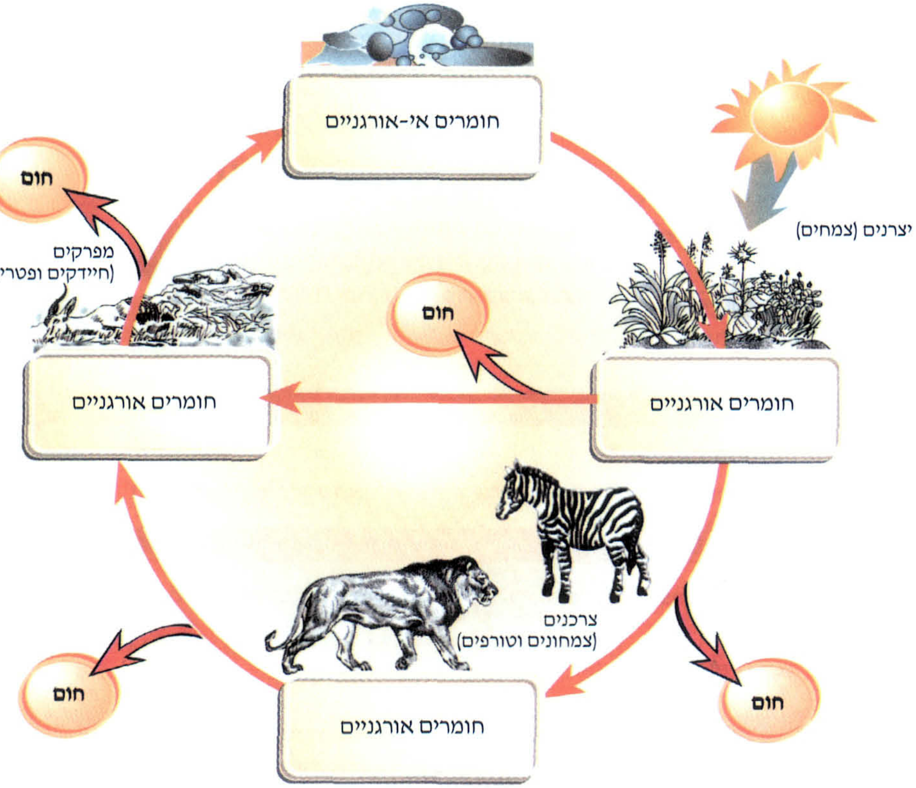
החומרים האורגניים שנוצרים בתהליך הפוטוסינתזה משמשים לבניית כל התרכובות האורגניות הדרושות לגידולו של גוף הצמח. חומרים אורגניים אלה משמשים גם מגיבים בתהליכי הנשימה התאית.

בתהליך הפוטוסינתזה, הצמחים מייצרים חומרים אורגניים בכמות רבה יותר מן הנחוץ לצורכיהם המידיים. הכמות הנותרת נאגרת כחומר המשמש לצמח בעתות מחסור וכן כמקור של חומרים אורגניים הנאגרים בזרעים והמשמשים אותם בעת הנביטה. לחומרים אלה קוראים "חומרי תשמורת". חומרי תשמורת נאגרים בצמחים כפחמימות, כשומנים וגם כחלבונים. לדוגמה: בתפוח האדמה נאגר חומר התשמורת בפקעת, ואילו באורז ובחיטה מצויים חומרי התשמורת בזרעים. בצמחים אלה רוב חומרי התשמורת הם פחמימות (עמילן). לעומת זאת, חומרי התשמורת בזרעי החמניות ובזרעי הבוטנים הם שומנים, ואילו בפולי הסויה יש כמות גבוהה של שומנים וגם של חלבונים כחומרי תשמורת.

הואיל ולבעלי החיים חסרה מערכת המסוגלת לבצע פוטוסינתזה, הם חייבים לקבל חומרים אורגניים מן המוכן. מקור החומרים האורגניים הוא המזון שהם אוכלים. **בעלי חיים צמחונים,** כדוגמת הבקר, ניזונים רק מצמחים. **בעלי חיים "אוכלי-כול"** אוכלים גם צמחים וגם בעלי חיים אחרים. **בעלי חיים טורפים** ניזונים רק מבעלי חיים אחרים.

הצמחים נקראים **יצרנים** כיוון שהם מסוגלים לייצר חומר אורגני מחומר אי-אורגני. בעלי החיים נקראים **צרכנים** כיוון שהם צורכים חומר אורגני מן המוכן.

לאחר מותם של הצמחים ושל בעלי החיים, החומרים האורגניים שבגופם מפורקים על ידי פטריות וחיידקים הניזונים מיצורים מתים. יצורים אלה נקראים בשם כולל **מְפַרקים**. הם מפרקים את החומרים האורגניים המורכבים שביצור המת וקולטים לתאיהם את תוצרי הפירוק. בין המפרקים יש המסוגלים לפרק גם חומרים אורגניים שיצורים אחרים אינם מפרקים. לדוגמה: שום יצור חי מלבד החיידקים אינו מסוגל לפרק את התאית (צלולוז). התאית היא מולקולת-ענק הבונה את דופנות תאי הצמחים.



איור: הדס בר יוסף

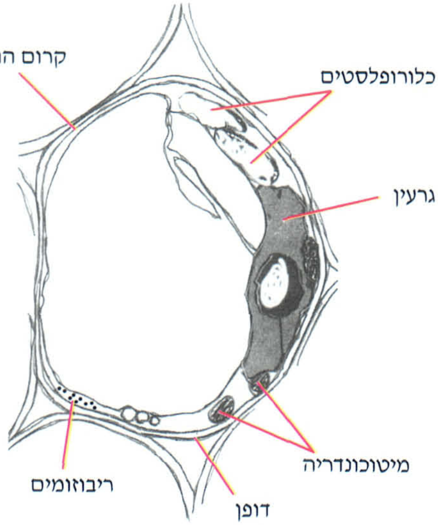
מארג המזון – שימו לב לקליטת האנרגיה ולפליטתה בכל אחד מהתהליכים

החומרים האורגניים שנקלטו על ידי תאי המפרקים - תאי הפטריות והחיידקים - עוברים בתאים אלה תהליכים כימיים שונים. חלקם משמשים בתהליכי הנשימה התאית, חלקם משמשים לבניית גוף החיידק וחלקם מתפרקים: תוצרי הפירוק הסופיים הם חומרים אי-אורגניים - פחמן דו-חמצני ומים. הפחמן הדו-חמצני והמים חוזרים לאטמוספרה ומשמשים מגיבים בתהליכי הפוטוסינתזה.

היצרנים, הצרכנים והמפרקים תלויים האחד בשני. פעילותם יוצרת את **מארג המזון**, שבו חומרים מן הסביבה, פחמן דו-חמצני ומים נקלטים על ידי הצמחים היצרנים. הצמחים בונים מהם חומרים אורגניים. החומרים האורגניים עוברים מן הצמחים היצרנים אל בעלי החיים הצרכנים. לאחר מותם של כל היצורים, גופם מפורק על ידי הַמְפַרְקִים (חיידקים ופטריות). בגופם של כל היצורים כולם - יצרנים, צרכנים ומְפַרקים - משתחררת אנרגיה בתהליכים פולטי-אנרגיה. התהליכים פולטי-האנרגיה **צמודים** לתהליכים קולטי-האנרגיה לביצוע פעילויות שונות בתאים.

ה. תהליכים צמודים בתא החי

בתהליכי הנשימה התאית המתקיימים בכל תא מתאי הצמחים ובכל תא מתאי בעלי החיים, משתחררת כמות רבה של אנרגיה. תהליכי הנשימה התאית מתרחשים בגופיפים מיוחדים הנקראים מיטוכונדריה. (גופיף יחיד נקרא מיטוכונדריון.) עם זאת, פעילויותיו של התא הצורכות אנרגיה מתרחשות גם במקומות אחרים בתא, מחוץ למיטוכונדריה. לדוגמה: בניית ה-DNA, שהוא תהליך צורך-אנרגיה, מתרחשת בתוך הגרעין; בניית רוב החלבונים מתקיימת על גבי גופיפים הנקראים ריבוזומים, שרובם נמצאים מחוץ למיטוכודנריה.



מימין – תא צמח המוגדל פי 5000. בסרטוט רואים את דופן התא וקרום התא וגופיפים אלה:
גרעין התא – גופיף הנושא את החומר התורשתי ובו מתרחשת בניית ה-DNA.
ריבוזומים – הגופיפים שעליהם מתרחשת בניית חלבוני התא.
כלורופלסטים – הגופיפים שבהם מתרחש תהליך הפוטוסינתזה.
מיטוכונדריה – הגופיפים שבתוכם מתרחשת הנשימה התאית ונוצר ה-ATP.
משמאל – מיטוכונדרון בודד מצולם במיקרוסקופ אלקטרונים, הגדלה פי 30,000.

כיצד, אם כן, התהליכים פולטי-האנרגיה של הנשימה התאית המתרחשים במיטוכונדריה, מאפשרים את התרחשות הפעילויות צורכות-האנרגיה במקומות אחרים בתא? כיצד נעשית ההצמדה בין התהליכים האלה?

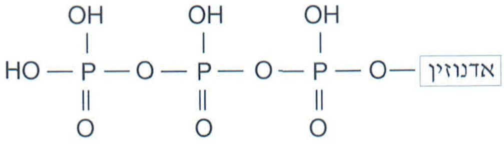
קיימת בתא מערכת שמסוגלת להעביר את האנרגיה הכימית שנפלטת במיטוכונדריה **ולהצמיד** את השימוש בה לתהליכים קולטי-אנרגיה.
העברת האנרגיה הכימית מהמיטוכונדריה אל המקום שבו היא נדרשת, מתאפשרת באמצעות מולקולה של חומר כימי הקרוי **ATP**.

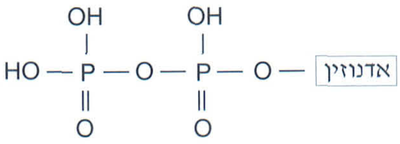
מהי מולקולת ה-ATP וכיצד היא משמשת בתור "נשא של אנרגיה"?

מולקולת ה-**ATP** בנויה ממרכיבים כימיים שונים הקשורים יחד: אדנוזין ושלוש (טְרי) יחידות של פוספט בזו אחר זו. השם **ATP** בא מקיצור השם של המולקולה אָדֶנוֹזין טְרי-פוֹסְפָט.
כל יחידת פוספט מכילה אטומים של זרחן **P**, חמצן **O**, ומימן **H**. לשם קיצור נהוג לסמן יחידת פוספט כך: Ⓟ.

ATP:

ADP:





כאשר ATP מגיב עם מים הוא מתפרק לפוספט ולמולקולת אדנוזין עם שתי (דִי) יחידות פוספט – אדנוזין די-פוספט **ADP**. תהליך זה הוא תהליך פולט-אנרגיה.

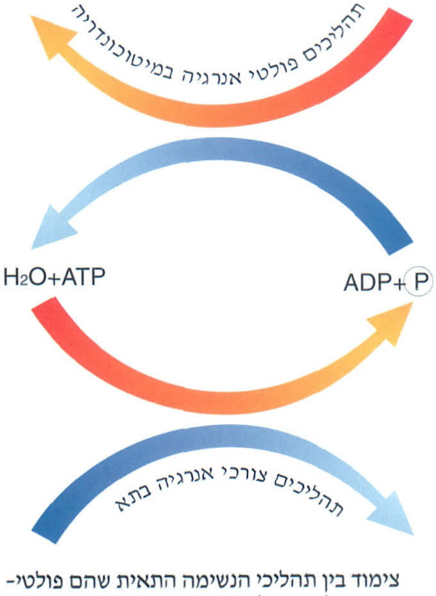
ATP + מים ← ADP + פוספט

תהליך זה מתרחש גם בכיוון הפוך, ואז מתרחשת **בניית ה-ATP**. תהליך זה הוא תהליך קולט-אנרגיה. כלומר, בניית ATP דורשת השקעת אנרגיה ממקור חיצוני.

ADP + פוספט ← ATP + מים

כאמור, בניית ה-ATP מ-ADP ומפוספט היא תהליך קולט-אנרגיה. תהליך בניית ה-ATP מתרחש בתוך המיטוכונדריה בצמוד לתהליכי הנשימה התאית. באופן זה, תהליכי הנשימה התאית פולטי האנרגיה קשורים ו**צמודים** לתהליכי בניית ה-ATP. כך האנרגיה הכימית המשתחררת בתהליכי הנשימה התאית, מתגלגלת לאנרגיה כימית הדרושה לתהליך קולט-האנרגיה של בניית ה-ATP.

מולקולות ה-ATP מסוגלות לעזוב את המיטוכונדריה ולנוע בתוך התא. בהגיען לאתרים שבהם מתרחשים תהליכים צורכי-אנרגיה, ה-ATP מגיב עם מים ומתפרק ל-ADP ופוספט. זהו תהליך פולט-אנרגיה. כשהוא **צמוד** לתהליך קולט-אנרגיה, התרחשותו של האחד מאפשרת את התרחשותו של האחר.



צימוד בין תהליכי הנשימה התאית שהם פולטי-אנרגיה לבין תהליכים צורכי-אנרגיה בתא.

ה-ADP והפוספט, שהם התוצרים של תהליך תגובת ה-ATP עם מים, חוזרים למיטוכודנריה ומשמשים שם מחדש לבניית ATP.

האנרגיה של התהליך פולט-האנרגיה מתגובת ה-ATP עם מים מאפשרת את קיומם של תהליכים קולטי-אנרגיה שונים בגוף, תהליכים היכולים להתרחש בזמן אחר ובמקום אחר. באופן זה, תהליך התגובה של ATP עם מים ותהליך התגובה של ADP עם פוספט משמשים מנגנון לגלגול של אנרגיה כימית מתהליך אחד לתהליך אחר. תהליך פולט-אנרגיה אחד מאפשר את קיומו של תהליך קולט-אנרגיה אחר בכל מקום שבו הדבר נחוץ לתא של היצור החי.

ה-ATP משמש, אפוא, "נשא אנרגיה" בתאים.
בנייתו צמודה לתהליכי הנשימה התאית במיטוכונדריה. ה-ATP נוצר בכל תא ותא, הוא מסוגל לנוע בתוך התא ולהיות **מקור אנרגיה** זמינה לתהליכים קולטי אנרגיה בתא.
הוא נוצר בכל תא ותא לצורכי אותו תא עצמו ואינו עובר מתא אחד למשנהו. הוא אינו מצטבר בתאים, אלא נוצר בעת הצורך, מתפרק ושוב נוצר מחדש...
חישבו ומצאו שלוּ כל ה-ATP הנוצר בגוף אדם בוגר במשך יממה, היה מצטבר בתאים ולא היה חוזר ומתפרק ושוב נוצר ומתפרק – הייתה מסתו הכוללת כ-40 ק"ג ביממה.

שאלה 5: לפניכם משפטים המתארים את תהליכי הנשימה התאית ואת מאזן האנרגיה בתא. השלימו את המילים החסרות במחברתכם מתוך בנק המילים.

א. בתהליכי הנשימה התאית מתרחשת תגובה כימית בין גלוקוז לבין חמצן. תוצרי התהליכים הם ______________. בתהליכים אלה משתחררת ______________.

ב. תהליכי הנשימה התאית מתרחשים בכל תא ותא של צמחים ובעלי חיים אך ורק בתוך גופיפים מיוחדים הקרויים ______________.

ג. בצמוד לתהליכי הנשימה התאית, שהם תהליכים ______________, נבנה ATP בתהליך קולט-אנרגיה.

ד. ה-ATP מסוגל לעזוב את המיטוכודנריה ולנוע בתוך התא לאזורים שבהם מתרחשים תהליכים ______________.

ה. כאשר ATP ומים מגיבים ביניהם, התהליך הוא ______________. התהליך מתרחש בצמידות לתהליכים קולטי-אנרגיה. הצמידות הזאת מאפשרת את קיומם של תהליכים שהתרחשותם דורשת השקעה של אנרגיה.

ו. ה-ATP משמש בתא "נשא של אנרגיה". באמצעות בנייתו מצד אחד ובאמצעות תגובתו עם מים מצד שני, חלה ______________ בין תהליכי הנשימה התאית קולטי-האנרגיה לבין תהליכים שונים צורכי-אנרגיה בתא.

ז. האנרגיה הכימית מתגלגלת לסוגים שונים של אנרגיה בהתאם לתהליך שבו משמש ה-ATP. למשל, בתהליך בניית העמילן מתגלגלת האנרגיה הכימית מתגובת ה-ATP עם מים לאנרגיה ___________ הדרושה ליצירת עמילן. בתהליך התכווצות השריר מתגלגלת האנרגיה הכימית מתגובת ATP עם מים לאנרגיית ___________ של השריר.

ח. ATP נוצר ומתפרק בכל תא ותא לצורכי אותו ___________ בלבד. אין מעבר של ATP מתא לתא.

ט. לא כל האנרגיה המשתחררת בתהליכי הנשימה התאית מוצמדת לתהליכים קולטי-אנרגיה. חלק גדול מן האנרגיה שמשתחררת נפלט בתור ___________ לסביבה.

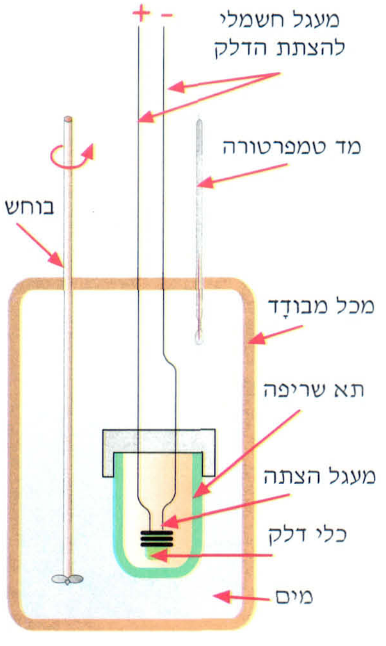
בנק מילים:

התא / אנרגיה / מיטוכונדריה / קולטי-אנרגיה / פולטי-אנרגיה / קולט-אנרגיה / פולט-אנרגיה / הצמדה / כימית / פחמן דו-חמצני ומים / חום / פוספט / אור / תנועה

העשרה

איך מודדים את אנרגיית החום המשתחררת בעת שריפה של חומר?

בשעת שריפה של חומר משתחררת אנרגיית חום רבה. זהו תהליך פולט-חום שבו האנרגיה הכימית של התהליך מתגלגלת לאנרגיית חום.
אחד השיקולים החשובים שחברת החשמל שוקלת בבואה לבנות תחנת חשמל הוא כמות אנרגיית החום שניתן להפיק משריפת טון של דלק, למשל מזוט או פחם.
כיצד ניתן למדוד כמה אנרגיית חום ניתן להפיק משריפת טון של דלק, למשל פחם?
לצורך זה משתמשים במכשיר מדידה הנקרא **קלורימטר**. זהו מכשיר למדידת אנרגיית חום.



הקלורימטר בנוי מתא שריפה ממתכת. התא נמצא בתוך מכל עם כמות גדולה של מים. המכל נמצא בתוך כלי הבנוי מחומר מבודד-חום שכמעט איננו מאפשר מעבר אנרגיית חום מן המכל החוצה.
בתוך המים נמצאים מד-טמפרטורה וכן בוחש לערבוב המים.
מכניסים לתא השריפה 10 גרם פחם עם חמצן נקי דחוס.
סוגרים את התא הרמטית ומכניסים אותו למים.
אוטמים את מכל המים המבודד.
לפני התחלת שריפת הפחם רושמים את הטמפרטורה ההתחלתית של המים.
כדי להתחיל את השריפה יוצרים זיק שגורם להתלקחות הפחם ולשריפתו עד תום. כמות החמצן הדחוס מספיקה לשריפת כל החומר. ללא חמצן דחוס הייתה הבעירה דועכת מהר למדי, עוד לפני שהחומר נשרף כליל.
בשריפה, האנרגיה הכימית מתגלגלת לאנרגיית חום. אנרגיית החום עוברת מיד לתא המתכת. המתכת מתחממת, ומאחר שהיא מוליכת-חום טובה, החום עובר למים שמסביב. בגלל הבידוד החיצוני, אנרגיית החום איננה "דולפת" מן המכל. מאחר שכמות המים היא גדולה, כמעט כל אנרגיית החום הנוצרת עוברת למים, ורק מיעוטה – לתא המתכת. ניתן להניח אפוא שכל אנרגיית החום בקירוב עוברת למים שמסביב.
טמפרטורת המים עולה.
בוחשים את המים עד שהטמפרטורה שלהם מתייצבת ולא עולה יותר, כלומר חלה השתוות טמפרטורות בין התא לבין המים.

זוהי הטמפרטורה הסופית של המים. מחסירים ממנה את הטמפרטורה ההתחלתית ומקבלים את העלייה בטמפרטורה.
באמצעות נוסחת אנרגיית החום $E_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$, ניתן לחשב עתה כמה אנרגיית חום נפלטה משריפת הפחם הנבדק, וזוהי כמות אנרגיית החום שנוספה למים.
מדידת אנרגיית חום שנפלטת משריפת 10 גרם דלק מאפשרת לנו לדעת את אנרגיית החום שנפלטת מ-1 קילוגרם או מ-1 טון (על ידי הכפלת כמות האנרגיה במספר הפעמים ש-10 גרם נכנסים ב-1 קילוגרם או ב-1 טון).
במדידות התקבלו התוצאות הבאות:
1 קילוגרם פחם פולט 26,000 קילוג'ול (קילוג'ול = 1,000 ג'ול) של אנרגיית חום.
1 קילוגרם מזוט פולט 40,000 קילוג'ול של אנרגיית חום.
מדידות זהות לאלה נערכות גם במוצרי מזון. אם מעוניינים לדעת כמה אנרגיה ניתן להפיק ממזון בגוף האדם, שורפים מסה ידועה של המזון בתוך קלורימטר ומודדים את כמות אנרגיית החום הנפלטת. כך מתקבלים למשל ערכי האנרגיה של מזונות שונים הכתובים על מוצרים מסחריים, וכן ערכי האנרגיה של מזונות המופיעים בטבלאות של ספרי תזונה.

לפניכם טבלת ערכים אנרגטיים של מזונות אחדים:

שם המזון	כמות האנרגיה המשתחררת בשריפה של 100 גרם	
	(קילו-ג'ול)	(קילו-קלוריות)
לחם	1,050	250
גבינה	1,260	300
חלב 3% שומן	244	58
בשר בקר	1,008	240
בשר עוף	874	208
עגבניות	88	21
מלפפונים	50	12
אורז לבן	450	107
ביצים	672	160
אגוזי פקאן	3,070	731
סוכר	1,663	396
בננות	672	160
ענבים	273	65
אבטיח	122	29

(לפי טבלאות של הרכב המזונות, ערוכות על ידי גוגנהיים, קאופמן ורשף, מהדורה שישית, 1980)

כידוע, היחידה המשמשת למדידת אנרגיה היא ג'ול.
בעבר נהגו להשתמש ביחידה שונה למדידת אנרגיה - קלוריה. מונח זה הומצא בתקופה שבה חשבו שהחום הוא נוזל מיוחד בשם **קלוריק**. לגבי מוצרי מזון נוהגים עדיין להשתמש ביחידה קלוריה, אם כי בארצות רבות כבר נמצא את השימוש בג'ול.
בטבלה מבוטאת האנרגיה של המזונות גם בקילו-ג'ול וגם בקילו-קלוריות.

אם כתוב על האריזה שערך האנרגיה של המזון הוא 300 קלוריות, הכוונה היא ל-300 קילו-קלוריות.
כדי לדעת את כמות האנרגיה בקילו-ג'ול יש לכפול את מספר הקילו-קלוריות ב-4.2.
4.2 • 300 קילו-קלוריות = 1260 קילו-ג'ול.

תוכלו לצפות בפעולת קלורימטר בסרט הבא:

המלצה על סרט

"אנרגיה" מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

שאלות

1. מהו תפקיד תא השריפה של הקלורימטר?
2. מה תפקיד מכל המים של הקלורימטר?
3. מכל המים שבו נמצא תא השריפה של הקלורימטר עשוי מחומר מבודד-חום. מדוע?
4. רִשמו דברים שניתן לעשות בקלורימטר כדי לשפר את הדיוק במדידת החום הנפלט משריפה של 1 קילוגרם חומר.
5. שָׂרְפוּ 5 גרם חומר בקלורימטר. במכל המים של הקלורימטר היו 2 קילוגרם מים. כתוצאה מן השריפה עלתה הטמפרטורה של המים ב-10ºC. חשבו כמה אנרגיית חום פולט 1 קילוגרם של החומר.

לקריאה נוספת

- ראלט דינה (1998), על מזון ועל תנועה – ועל הקשר ביניהם, **כמעט 2000**, 17, עמ' 19-18.

מסכמים את פרק ז

- גלגולי האנרגיה במערכות של יצורים חיים דומים לגלגולי האנרגיה במערכות של חומרים שאינם חיים.

- מערכות חיות הן מערכות מאורגנות ומסודרות. שמירה על קיומן התקין מחייבת את היצור החי לבצע פעילויות רבות ומגוונות הכרוכות כולן בגלגולי אנרגיה. היצור החי תלוי בהספקה מתמדת של אנרגיה ממקור חיצוני לו, כלומר מן הסביבה שבה הוא חי.

- האנרגיה הזמינה ליצורים החיים היא אנרגיה כימית מתהליכים שבהם משתתפים חומרים אורגניים. בעלי החיים חייבים לקבל חומרים אורגניים מן המוכן ולקלוט אותם מסביבתם החיצונית. צמחים יכולים לבנות חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים (פחמן דו-חמצני ומים). הם עושים זאת בתהליך הפוטוסינתזה שהוא תהליך קולט-אנרגיה. בפוטוסינתזה, אנרגיה של אור השמש מתגלגלת לאנרגיה כימית. תהליך זה, שהוא פולט-אנרגיה, צמוד לתהליכי בניית חומרים אורגניים, שהם תהליכים קולטי-אנרגיה. כך אנרגיה כימית מתהליך פולט-אנרגיה מאפשרת את התרחשותו של תהליך הצורך אנרגיה.

- החומרים האורגניים שנקלטו במזונם של בעלי החיים או שנבנו על ידי הצמחים, משמשים לבניית גופו של היצור. החומרים האורגניים גם מגיבים עם חמצן בתהליכי הנשימה התאית שבהם משתחררת אנרגיה.

- תהליך הבנייה של ATP צמוד לתהליכי הנשימה התאית שהם תהליכים פולטי-אנרגיה.

- ATP משמש בתאים "נשא של אנרגיה". בתגובתו עם מים משתחררת אנרגיה. תהליך זה צמוד לתהליכים צורכי-אנרגיה בתאים.

- האנרגיה הכימית המשתחררת מתגובת ATP עם מים יכולה להתגלגל לאנרגיה כימית של תהליך כימי וגם לצורות אחרות של אנרגיה, כמו אנרגיית תנועה.

- כמו במערכות שאינן חיות, כך גם ביצורים חיים: אנרגיה המשתחררת בתהליך פולט-אנרגיה תוכל לשמש בתהליך קולט-אנרגיה רק אם התהליכים צמודים זה לזה.

שואלים את עצמנו - פרק ז

1. לפניכם שתי תופעות שונות.
תופעה א: כאשר מנביטים זרעים בכלי מבודד קיימת עלייה בטמפרטורת הכלי.
תופעה ב: כאשר אנשים רבים מצויים בחדר, הטמפרטורה בחדר עולה.
הסבירו את התופעות. האם יש קשר ביניהן? מהו ?

2. בזרע נובט מתרחשים תהליכים רבים צורכי-אנרגיה. את הזרע מטמינים מתחת לפני הקרקע. עוברים מספר ימים עד שהנבט גדל, צומח, מגיע לפני הקרקע, קולט אור ויכול לבצע בעצמו פוטוסינתזה.
   א. מנו מספר תהליכים צורכי-אנרגיה בנבט.
   ב. ממה ניזון הנבט עד שיתחיל ליצור לעצמו חומרים אורגניים?
   ג. מהו התהליך שבו מפיקים הזרעים אנרגיה?
   ד. מדוע חשוב לשמור על קרקע מאוורר סביב הצמח הנובט?

3. באילו תנאים מתקיימים בתאי הצמחים גם תהליכי פוטוסינתזה וגם תהליכי נשימה? באילו תנאים מתקיים בתאים אלה רק אחד התהליכים?

4. בחממה מגדלים צמחים. הצמחים מוארים על ידי נורות חשמל. אור הנורה משמש אנרגיה בתהליך הפוטוסינתזה של הצמחים בחממה.
   א. רשמו את גלגולי האנרגיה – מן האנרגיה המשתחררת בתהליך שריפת דלק (פחם, נפט או גז) שממנו מתקבל החשמל בנורה, עד לאנרגיה כימית בחומר האורגני שנוצר בצמחים בחממה.
   ב. האם כל האנרגיה מתהליך שריפת הדלק התגלגלה בצמח לאנרגיה כימית? מדוע?
   ג. האם כמות האנרגיה המושקעת בתהליכים קולטי-האנרגיה בתאים יכולה להיות שווה בדיוק לכמות האנרגיה שמשתחררת בתהליכים פולטי-אנרגיה בתאים?

5. נבחרתם להיות חלק מצוות של מחקר מדעי שתפקידו לבחון אם דוגמאות של חומר שהגיע מכוכב מאדים מכילות יצורים חיים. אילו בדיקות תציעו לבצע בחומר? מהו המידע שתוכלו לקבל מכל מערכת בדיקה?

פרק ח

בקצב האנרגיה

א. הספק ויחידות הספק / 242

ב. הספק שימושי לעומת הספק מושקע / 247

א. הספק ויחידות הספק

הרתחת מים להכנת משקה חם אפשר לבצע בקומקום חשמלי.
למשפחת ישראלי יש קומקום מסוג זה, וזמן הרתחת ליטר מים הוא 8 דקות.
יום אחד הוחלט במשפחה לקנות קומקום חשמלי חדיש יותר. הרתיחו ליטר מים בקומקום החדש, ומשך הזמן עד לרתיחת המים היה 4 דקות.

בקומקום החדש, קצב גלגול האנרגיה החשמלית לאנרגיית חום היה מהיר יותר.

שאלה 1: השוו בין הקומקומים: האם כמות האנרגיה המושקעת בחימום המים בקומקום החדש שונה מכמות האנרגיה המושקעת בקומקום הישן? נמקו.

לקצב גלגול האנרגיה במכשיר או בתהליך קוראים "הֶספק".

נוכל לתאר את קצב גלגול האנרגיה על ידי התייחסות לכמות האנרגיה המתגלגלת בכל שנייה. באופן כזה נקבל את ההגדרה הבאה עבור הספק:

הספק: כמות האנרגיה המתגלגלת במכשיר או במשך תהליך בשנייה אחת.

ההספק של הקומקום החדש גדול מההספק של הקומקום הישן. הקומקום החדש מגלגל כמות גדולה יותר של אנרגיה בכל שנייה, ולכן הוא מגיע מהר יותר לטמפרטורת הרתיחה. הקומקום הישן הוא בעל הספק נמוך יותר, והוא זקוק לזמן ארוך יותר כדי להגיע לאותה טמפרטורה.

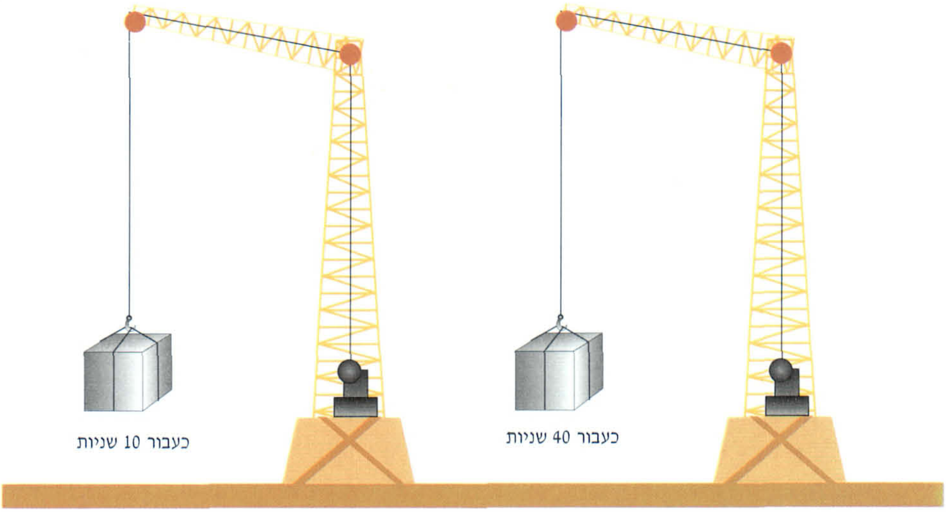
בשני הקומקומים מושקעת אותה כמות אנרגיה, אלא ש**קצב** גלגול האנרגיה מהיר יותר באחד מהם.

הגדרת ההספק נכונה לגבי כל גלגול אנרגיה.

עגורן הוא מתקן המרים משאות כבדים לגובה. כאשר עגורן המצויד במנוע חשמלי מרים משא, הוא מגלגל אנרגיה חשמלית לאנרגיית גובה.
בחברת בנייה השתמשו בעגורנים שונים להרמת משאות.

שאלה 2: התבוננו באיורים: מהו ההבדל בין העגורן הראשון והעגורן השני?

שני איורים המראים את שני המקרים:



עגורן 1 מרים משא במשקל של 100,000 ניוטון **לגובה של 10 מטרים**, ב-40 שניות, בפעולה רציפה אחת.

עגורן 2 מרים משא במשקל של 100,000 ניוטון **לגובה של 10 מטרים**, ב-10 שניות, בפעולה רציפה אחת.

שאלה 3: האם כמות האנרגיה שהעגורן הראשון השקיע במשא שונה מכמות האנרגיה שהשקיע בו העגורן השני? הסבירו.

שאלה 4: במה שונה פעולת העגורנים זו מזו?

לעתים צריך להעריך את גודל ההספק של מכשיר, של מערכת וכו'. לעתים נחוץ גם להשוות בין הספקים של מכשירים שונים, כגון הספקים של מנועי מכוניות, של תנורים או של נורות. במקרים אחרים מעוניינים להשוות בין הספקים של תהליכים המתרחשים בטבע, כגון הספקי האנרגיה של כוכבים או של ברקים.

כדי לבצע זאת, נחוצה יחידה מתאימה להספק ושיטה לחישוב ההספק.
יחידת הספק רווחת היא **ואט**.

ואט: כמות אנרגיה של ג'ול אחד המתגלגלת בשנייה.

יחידת ההספק משמשת לכל גלגולי האנרגיה, למשל לגלגול אנרגיה חשמלית לאנרגיית גובה, לגלגול אנרגיית תנועה לאנרגיית חום או לכל גלגול אנרגיה אחר.
יחידת ההספק ואט (watt) קרויה על שמו של המהנדס והממציא הסקוטי ג'יימס ואט שחי בין השנים 1819-1736.

איך אפשר לחשב את ההספק, אם ידועה כמות האנרגיה המתגלגלת וידוע זמן הגלגול? חִשבו על דוגמת העגורנים החשמליים.
האנרגיה החשמלית המתגלגלת לאנרגיית גובה בשני המקרים היא 1,000,000 ג'ול.
כאשר פועל העגורן שהמנוע שלו חזק פחות, זמן ההרמה של המשא הוא 40 שניות.
במילים אחרות, עגורן זה מגלגל אנרגיה חשמלית של 1,000,000 ג'ול לאנרגיית גובה בזמן של 40 שניות.
לכן, כמות האנרגיה החשמלית המתגלגלת לאנרגיית גובה בכל שנייה היא זו:

$$\frac{1{,}000{,}000}{40} = \text{25,000 ג'ול בכל שנייה}$$

זאת אומרת, ההספק הוא **25,000 ואט.**

כאשר פועל העגורן שהמנוע שלו חזק יותר, כמות האנרגיה החשמלית המתגלגלת לאנרגיית גובה בכל שנייה היא זו:

$$\frac{1{,}000{,}000}{10} = \text{100,000 ג'ול בכל שנייה}$$

זאת אומרת, ההספק הוא **100,000 ואט**, הספק הגדול פי 4 מזה של העגורן בעל המנוע החזק פחות.
ההספק בכל אחד משני המקרים הוא כמות האנרגיה החשמלית המתגלגלת לאנרגיית גובה בכל שנייה.
הדוגמה מראה שכדי לחשב את ההספק יש לחלק את האנרגיה הכללית שהתגלגלה (בג'ולים) לזמן הגלגול (בשניות).

נוכל לנסח זאת באופן הבא:

$$\textbf{הספק} = \frac{\textbf{כמות האנרגיה המתגלגלת (בג'ולים)}}{\textbf{זמן גלגול האנרגיה (בשניות)}}$$

באותיות, הנוסחה לחישוב ההספק תיראה כך:

$$P = \frac{E}{t}$$

E היא האנרגיה המתגלגלת, **P** הוא ההספק ו-**t** הוא זמן הגלגול.
כדי לקבל את ההספק בוואטים, יש לבטא תמיד את הזמן בשניות ואת האנרגיה בג'ולים.

שאלה 5: עגורן מרים משא שמשקלו 4,000 ניוטון לגובה 20 מטרים ב-10 שניות. חשבו את הספק העגורן.

שאלה 6: פועל מרים משא שמשקלו 400 ניוטון לגובה 10 מטרים ב-40 שניות. חַשבו פי כמה גדול הספק העגורן שבשאלה 1 מהֶספק הפועל.

שאלה 7: בדוגמאות הבאות, אנרגיית חום מתגלגלת מהמים אל האוויר שמסביב:

א. סיר לוהט פולט לאוויר אנרגיית חום של 6,000 ג'ול במשך 6 שניות.

ב. סיר לוהט אחר פולט לאוויר אנרגיית חום של 6,000 ג'ול במשך 2 שניות.

מהי כמות האנרגיה שמתגלגלת בשנייה מכל סיר?

גם הדוגמה הבאה עוסקת בהספק אנרגיה. הפעם הגלגול הוא מאנרגיית תנועה לאנרגיית חום:
מכונית שמסתה 1,000 קילוגרם האיטה את מהירותה מ-20 מטרים בשנייה עד שנעצרה לגמרי כעבור 10 שניות. מהו הספק הבלם של המכונית (המגלגל את אנרגיית התנועה של המכונית לאנרגיית חום על ידי חיכוך)?

פתרון:
נחשב את אנרגיית התנועה: $\mathbf{E_k = \frac{1}{2}mv^2} = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 20^2 =$ 200,000 ג'ול

הזמן שבו התגלגלה אנרגיית התנועה לאנרגיית חום היה 10 שניות, לכן:

$$\mathbf{P = \frac{E}{t}} = \frac{200,000}{10} =$$ 20,000 ואט

בחיי היום-יום אנו זקוקים למושג "הספק" לעתים קרובות.
לדוגמה: חשוב לדעת את הספק המנוע של המכונית. הספק המנוע קובע בעצם את הקצב שבו נוכל להגביר את מהירות המכונית (להאיץ אותה). ככל שהספק המנוע גדול יותר, נוכל להגביר את מהירותה בקצב גדול יותר.

דוגמה אחרת היא הפעלת מכשירים חשמליים. חברת החשמל מתירה לנו לצרוך אנרגיה עד להספק מוגבל מסוים. אם נעבור אותו, תיפסק לחלוטין אספקת החשמל לדירתנו באמצעות מתקן מיוחד הקרוי נתיך (בלועזית - פיוז). לכן עלינו להשתמש במכשירי החשמל מבלי לחרוג מההספק המרבי המותר.
ידיעת ההספק של מכשירים מאפשרת לנו גם לחשב את כמות האנרגיה שהם יצרכו לאורך זמן ובאופן כזה להעריך את מחיר השימוש בהם.

שאלה 8: מקלט רדיו צורך אנרגיה של 42 ג'ול ב-3 שניות.

א. חשבו את הספק הרדיו.

ב. מהי האנרגיה החשמלית שיצרוך הרדיו במשך זמן פעולה של 1,000 שניות?

שאלה 9: לפניכם רשימה של מכשירים חשמליים בביתה של משפחת נרקיס. חשבו את ההספקים של כל אחד מהם וסדרו אותם על סמך הנתונים שבטבלה - מן ההספק הגבוה ביותר ועד להספק הנמוך ביותר.

המכשיר	צריכת האנרגיה (ג'ול)	זמן הצריכה
טלוויזיה	560	8 שניות
רדיו	70	7 שניות
קנקן חשמלי	6,400	4 שניות
מחשב	6,000	0.5 דקה
תנור חימום	12,000	6 שניות
מכונת כביסה	24,000	6 שניות
נורה	18,000	2 דקות

שאלה 10: נניח שההספק המרבי המותר בשימוש בדירת משפחת נרקיס הוא 9,200 ואט. **באילו** מן הצירופים הבאים של מכשירים חשמליים אפשר יהיה להשתמש בו-זמנית בלי לחרוג מן ההספק המותר? (הסתמכו על הנתונים שבטבלת המכשירים החשמליים.)

א. קנקן חשמלי, מחשב, 2 תנורי חימום.
ב. 2 תנורי חימום, מכונת כביסה, קנקן חשמלי, טלוויזיה.
ג. 2 מקלטי רדיו, טלוויזיה, 2 מחשבים, מכונת כביסה.
ד. 3 מקלטי טלוויזיה, מכונת כביסה, קנקן חשמלי, 5 נורות.

נוסף ליחידת הוואט, נהוג להשתמש ביחידות גדולות יותר, הנוחות לשימוש כאשר מדובר בהספקים גדולים.

שתי יחידות שימושיות הגדולות מוואט הן אלה:

קִילוֹ-וָאט: 1,000 ואט (אלף ואט);

מֶגָה-וָאט: 1,000,000 ואט (מיליון ואט).

היחידה קילו-ואט משמשת לביטוי הספקים של מכשירים ביתיים, כמו מכונות כביסה, תנורי אפייה, תנורים חשמליים, מייבשים, מזגנים, דודי חשמל לחימום מים (בוילרים) וכדומה.

היחידה מגה-ואט משמשת לביטוי הספקים של תחנות חשמל ומפעלים גדולים. לדוגמה: ההספק המרבי של תחנת החשמל ע"ש רוטנברג באשקלון הוא 1,200 מגה-ואט.

נהוג להשתמש גם ביחידות קטנות יותר מוואט, הנוחות יותר לשימוש כאשר מדובר בהספקים קטנים מאוד.

יחידה שימושית הקטנה מוואט היא זו:

מִילִי-וָאט: אלפית ואט ($\frac{1}{1000}$ ואט).

יחידה זו משמשת לביטוי ההספק של סוללות.

ב. הספק שימושי
לעומת הספק מושקע

אתם לוחצים על מתג התאורה ומפעילים נורת ליבון. בזמן פעולתה של הנורה, מתגלגלת בה בכל שנייה כמות מסוימת של אנרגיה חשמלית לאנרגיית אור.

האם כמות **האנרגיה החשמלית** המתגלגלת בשנייה שווה לכמות **אנרגיית האור** הנפלטת בשנייה? במילים אחרות - האם הספק האנרגיה החשמלית שאנו משקיעים בנורה, זהה להספק של אנרגיית האור הנפלטת מן הנורה?

המציאות מוכיחה שאין זהות כזאת. בנורת ליבון, רק חלק קטן מהספק האנרגיה החשמלית המושקעת נפלט כהספק של אנרגיית אור. למעשה, הספק אנרגיית האור בנורה הוא פחות מעשירית מהספק האנרגיה החשמלית המושקעת בנורה.

איך זה ייתכן? האם חלק מן האנרגיה המושקעת הולך לאיבוד בניגוד לחוק שימור האנרגיה?

לא. בכל שנייה, רוב האנרגיה החשמלית המושקעת בנורה, מתגלגלת למעשה לאנרגיית חום. תוכלו לחוש בכך אם תקרבו את ידכם אל הנורה. אנרגיית החום הנפלטת איננה משמשת אותנו. היא עוברת לסביבה ומתפזרת באוויר. אנו משתמשים רק באנרגיית האור של הנורה.

נוכל להסתכל על זה כך:

הספק אנרגיה חשמלית מסוים מושקע בנורה. רק חלק קטן ממנו מתגלגל להספק השימושי לנו, במקרה זה - הספק של אנרגיית אור. הספק אנרגיית החום, שהוא רוב ההספק המתקבל מן הנורה, איננו שימושי עבורנו. מבחינתנו זוהי אנרגיה מבוזבזת: אנו משלמים לחברת החשמל עבור אנרגיה שאיננה מביאה לנו תועלת.

לעתים החום המשתחרר מהנורה אף מפריע. למשל, ביום קיץ חם, נורת ליבון שנועדה להאיר את החדר גם מחממת אותו. במקומות עבודה מסוימים הדבר עלול להגדיל את הוצאות מיזוג האוויר בקיץ. אנשי הטכנולוגיה מנסים כל העת לשפר את הנורות החשמליות ולהגדיל עוד ועוד את החלק של הספק אנרגיית האור מתוך כלל הספק האנרגיה החשמלית המושקעת.

לעתים המצב הפוך - הספק האנרגיה השימושי הוא דווקא הספק אנרגיית החום, כגון בתנור חימום מסוג "ספירלות" שבו הסלילים חמים ואדומים. *במקרה זה*, הספק אנרגיית האור הוא הבלתי שימושי.

נקרא להספק האנרגיה השימושית **הספק שימושי**, ולהספק האנרגיה המושקעת נקרא **הספק מושקע**.

החלק של ההספק השימושי מתוך ההספק המושקע נקרא **נצילות**.
נוכל לבטא את הנצילות גם בנוסחה:

$$\text{נצילות} = \frac{\text{הספק שימושי}}{\text{הספק מושקע}}$$

מאחר שההספק השימושי קטן תמיד מההספק המושקע, הנצילות היא תמיד שבר: מספר קטן מ-1.

את הנצילות ניתן לבטא גם באחוזים.
כדי לקבל את הנצילות באחוזים, כופלים את הביטוי ב-100 ומקבלים:

$$\textbf{נצילות}\ \text{(באחוזים)} = \frac{\textbf{הספק שימושי}}{\textbf{הספק מושקע}} \cdot 100$$

נצילות של מכשיר או מכונה, קטנה תמיד מ-100%.

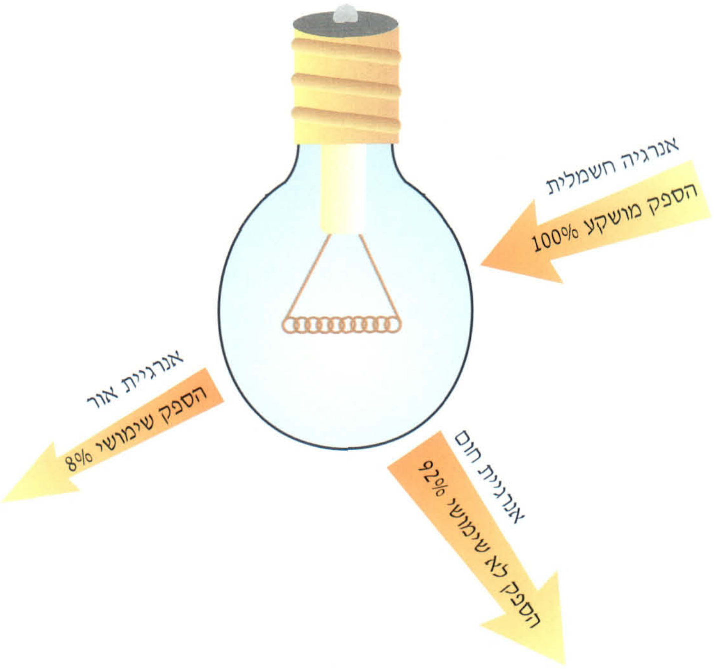
למכונות שונות ולמתקנים שונים יש נצילויות שונות.
לדוגמה: ההספק השימושי במאוורר הוא הספק אנרגיית התנועה שלו. אנרגיה חשמלית מתגלגלת לאנרגיית תנועה המניעה אוויר. אם מאוורר מקבל אנרגיה חשמלית בהספק של 80 ואט, ורק 20 ואט מהם מתגלגלים לאנרגיית תנועה, הנצילות שלו באחוזים תהיה:

$$\text{נצילות (באחוזים)} = \frac{\text{20 ואט}}{\text{80 ואט}} \cdot 100 = 25\%$$

כיצד ייתכן שרק 20 ואט מתוך כלל ההספק המושקע במאוורר, 80 ואט, מתגלגלים לאנרגיית תנועה?
חלק מהאנרגיה החשמלית המושקעת במאוורר מתגלגל לאנרגיית חום שאיננה נחוצה לנו, אך היא מתרחשת בכל זאת, למרות רצוננו.
כיצד?

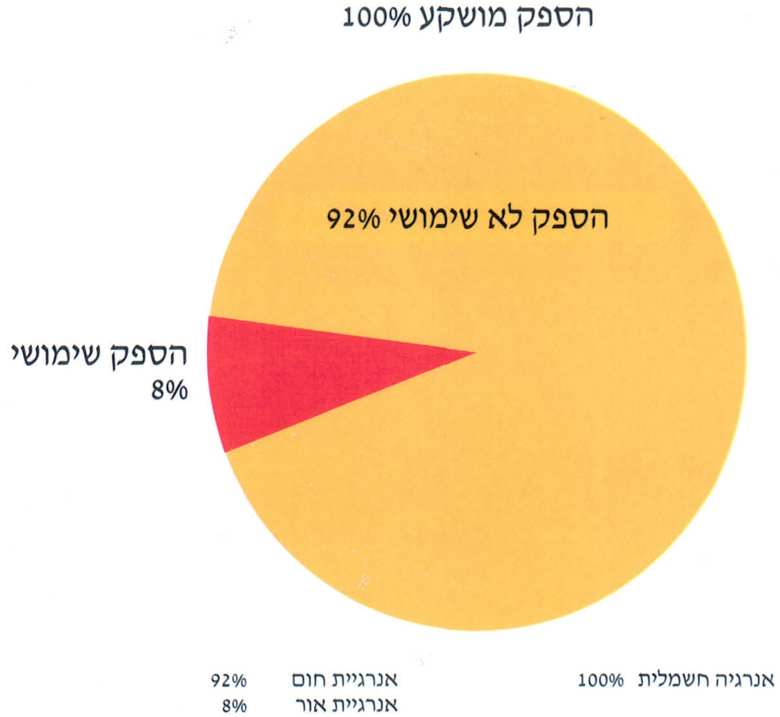
- חלקים שונים של המאוורר נעים ומתחככים בינם לבין עצמם. כתוצאה מכך, חלק מאנרגיית התנועה שלו מתגלגל לאנרגיית חום.
- המוליכים שבתוכם עובר הזרם החשמלי המפעיל את המאוורר, מתחממים כתוצאה ממעבר זרם חשמלי דרכם.

האם הנצילות של מכשיר עשויה להיות גדולה מ-100%?
לא. על פי חוק שימור האנרגיה, כמות האנרגיה איננה משתנה במהלך גלגוליה. נצילות של למעלה מ-100 אחוזים משמעה שהאנרגיה השימושית שמתקבלת בשנייה גדולה מהאנרגיה המושקעת באותה שנייה. דבר זה סותר את חוק שימור האנרגיה. אי אפשר לקבל כמות אנרגיה גדולה יותר מהכמות שמשקיעים.



ההספק המושקע לעומת ההספק השימושי

האנרגיה נותרת קבועה במהלך גלגוליה, ולכן אם נחבר יחד את ההספק השימושי עם ההספק הלא-שימושי נקבל בדיוק את ההספק המושקע.



על מכשירים שונים רשום ההספק שיושקע בהם כאשר נחבר אותם למקור החשמל הביתי. לדוגמה: על נורות ליבון רשום ההספק המושקע בוואטים. (הוא רשום על פני המעטה השקוף של הנורה.) הסימון המקוצר של ואט הוא האות האנגלית W (האות הראשונה של המילה WATT).

ההספק הרשום על מכשירים חשמליים איננו ההספק השימושי של המכשיר. זה רק ההספק המושקע במכשיר. ההספק השימושי קטן מן ההספק המושקע.

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיה חשמלית לאנרגיית חום - **נצילות-השוואה**
במאמר זה כלולות הנחיות לבדיקת הנצילות של חימום מים בקנקן חשמלי לעומת חימום מים על להבת גז. תוכלו לערוך את הניסויים, לרשום את הממצאים ולהסיק מסקנות לגבי נצילות השימוש באנרגיה חשמלית לעומת נצילות השימוש באנרגיה כימית.

תקליטור הספר

ממצאי ניסוי: **בדיקת נצילות אמצעי חימום**

נתונים ממצאי ניסוי של חימום מים בגז בישול, בכף חשמלית ובקומקום חשמלי. עליכם לחשב את הנצילויות השונות ולהסיק מסקנות.

שאלה 11: ההספק הרשום על קנקן חשמלי הוא 2,000 ואט. רק 1,400 ואט מהספק זה מנוצלים לחימום המים.

א. מהו ההספק המושקע בקנקן ומהו ההספק השימושי?

ב. חשבו את נצילות הקנקן.

ג. מה קרה לאנרגיה שלא נוצלה לחימום המים?

שאלה 12: על נורת ליבון רשום 100W. נצילות הנורה היא 6%. חשבו את הספק האור הנפלט מן הנורה כאשר מחברים אותה למקור החשמל הביתי.

שאלה 13: הספק המנוע של מכונית הוא 50,000 ואט. רק 10,000 ואט מתוך זה מתגלגלים לאנרגיית תנועה. חשבו את נצילות המנוע.

שאלה 14: הספק המנוע הרשום על שני מיקסרים הוא 1,000 ואט. נצילות האחד היא 20% ונצילות השני היא 17%. באיזה משני המיקסרים יתקבל הספק גדול יותר של אנרגיית תנועה?

שאלה 15: על נורה אחת רשום שהספקה הוא 200 ואט. על נורה שנייה רשום שהספקה הוא 80 ואט. נצילותה של הנורה הראשונה היא 5%, נצילות השנייה היא 20%.

א. איזו נורה תאיר טוב יותר?

ב. האם נצילות גבוהה של אחת הנורות מעידה בהכרח על תאורה טובה? הסבירו.

ג. שתי הנורות דלקו במשך 10 דקות. עבור איזו מהן היה צורך לשלם יותר? הסבירו.

שאלה 16: נורת פלואורסצנט בעלת הספק של 16W מפיצה אור רב יותר מאשר נורת ליבון בעלת הספק של 60W. האם פירוש הדבר שהפעלת נורת הפלואורסצנט במשך שעה עולה יותר מאשר הפעלת נורת הליבון במשך שעה? הסבירו.

המלצה על סרט

"יעילות אנרגטית" מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

מסכמים את פרק ח

- **הספק** הוא כמות האנרגיה המתגלגלת ביחידת זמן.
- הגדרת ההספק נכונה לכל סוגי האנרגיה ולכל גלגולי האנרגיה.
- ואט היא יחידת הספק.
ואט: הספק של ג'ול אחד בשנייה.
- **הספק מושקע** הוא הספק האנרגיה שמשקיעים במכשיר בזמן פעולתו.
- **הספק שימושי** הוא הספק האנרגיה השימושית לנו מפעולת מכשיר או מערכת.
- **נצילות** היא החלק של ההספק השימושי מתוך ההספק המושקע.
- הנצילות של מכשיר או מערכת איננה יכולה להיות גדולה מ-100%.

שואלים את עצמנו - פרק ח

א. הספק ויחידות הספק

1. רק אחד מבין המשפטים הבאים הוא נכון. איזהו?
   א. הספק היא מילה אחרת לאנרגיה.
   ב. הספק הוא האנרגיה הנפלטת ביחידת זמן.
   ג. הספק הוא כמות האנרגיה המתגלגלת ביחידת זמן.
   ד. הספק הוא אנרגיית החום הנוצרת ביחידת זמן.

2. ואט הוא:
   א. הספק של ג'ול אחד בדקה.
   ב. הספק של ג'ול אחד בשעה.
   ג. הספק של ג'ול אחד בשנייה.
   ד. הספק של ג'ול אחד ביממה.

3. על תנור חשמלי רשום 2,000 ואט. בחרו במשפט המתאר את משמעות נתון זה:
   א. התנור צורך אנרגיה של 2,000 ג'ול.
   ב. התנור צורך אנרגיה של 2,000 ג'ול בכל שנייה.
   ג. התנור צורך אנרגיה של 2,000 ואט בכל שנייה.
   ד. התנור צורך אנרגיה של 2,000 ג'ול בכל שעה.

4. תנור חשמלי פועל במשך 3 שעות. מידי פעם משנים את עוצמתו - מפחיתים אותה או מגבירים אותה. אנו משלמים לחברת החשמל עבור:
   א. הספק התנור.
   ב. כמותה הכוללת של האנרגיה החשמלית שבה השתמשנו במשך 3 שעות.
   ג. ההספק הממוצע של התנור.
   ד. אנרגיית החום שבה השתמשנו במשך 3 שעות.

5 עגורן מרים משא של 1,000 קילוגרם לגובה 100 מטרים מעל הקרקע בזמן של 100 שניות. חשבו את הספק העגורן.

6. על מקלט רדיו רשום 20 ואט (20W). זהו הספק האנרגיה שהוא צורך.
   א. חשבו כמה אנרגיה יצרוך מקלט הרדיו במשך 2 שעות הפעלה.
   ב. חשבו כמה זמן אפשר להפעיל תנור חשמלי שהספקו 1,000 ואט באותה כמות האנרגיה שנצרכה על ידי הרדיו במשך 2 שעות הפעלה.

7. חשבו את ההספקים של המכשירים הבאים וסדרו אותם לפי הספקיהם - מן הגבוה ביותר עד לנמוך ביותר:
   א. מדיח כלים הצורך 10,000 ג'ול במשך 20 שניות.
   ב. טלוויזיה הצורכת 2,000 ג'ול במשך 10 שניות.
   ג. תנור חימום הצורך 100,000 ג'ול במשך 40 שניות.
   ד. מחשב הצורך 6,000 ג'ול במשך דקה.

8. מכונית מגלגלת באמצעות המנוע אנרגיה כימית של 80,000 ג'ול לאנרגיית חום ולאנרגיית תנועה יחד, בכל 2 שניות.
   א. חשבו את הספק המנוע.
   ב. הספק המנוע והספק אנרגיית התנועה המתווספת למכונית אינם זהים. הסבירו מדוע.

9. נורת ליבון צורכת 100 ואט, מקלט רדיו צורך 10 ואט, מחשבון צורך 0.2 מילי-ואט.
   א. חשבו את האנרגיה שצורכת נורת הליבון במשך שעה.
   ב. חשבו את הזמן שניתן להשתמש באנרגיה זו להפעלת מקלט הרדיו.
   ג. חשבו את הזמן שניתן להשתמש באנרגיה זו להפעלת המחשבון.

+10. מכונית שמסתה 800 קילוגרם נוסעת על כביש ומגבירה את מהירותה מ-10 מטרים בשנייה ל-30 מטרים בשנייה ב-10 שניות.
   א. חשבו את הספק תוספת אנרגיית התנועה של המכונית.
   ב. האם הספק זה היה זהה אילו נסעה המכונית על הירח הסבירו.

11. הספק של תחנת חשמל הוא 2,000 מגה-ואט.
   חשבו את האנרגיה שהיא מעבירה לצרכניה במשך: 2 שניות, דקה, שעה.

12. לפניכם הנתונים של הֶספק צריכת האנרגיה של בית פרטי מסוים לאורך כל שעות היממה (מחצות הלילה ועד חצות הלילה הבא אחריו):
   - חצות הלילה עד שבע בבוקר: הספק של 100 ואט.
   - שבע בבוקר עד שמונה בבוקר: הספק של 1,000 ואט.
   - שמונה בבוקר עד שתיים בצהריים: הספק של 200 ואט.
   - שתיים בצהריים עד שש בערב: 1,000 ואט.
   - שש בערב עד עשר בלילה: 2,000 ואט.
   - עשר בלילה עד חצות הלילה: 400 ואט.

   א. נסו להסביר את השוני בהספק בכל אחת מן השעות הרשומות למעלה.
   ב. מְצאו את האנרגיה שנצרכה בין:
      - שבע לשמונה בבוקר.
      - שתיים בצהריים לעשר בלילה.

- שש בערב לעשר בלילה.
- עשר בלילה לחצות הלילה.

ג. בין שש בערב לעשר בלילה, הספק צריכת האנרגיה הוא 2,000 ואט. בכל זאת, ההספק איננו בהכרח 2,000 ואט בכל רגע ורגע בטווח זמן זה. הסבירו.

13. תחנות חשמל משנות את הספק האנרגיה שלהן בהתאם לשעות היממה. הסבירו מדוע.

ב. הספק שימושי לעומת הספק מושקע

14. מהי נצילות של מכשיר?
א. הספק האנרגיה שמשקיעים במכשיר.
ב. האנרגיה שמשקיעים במכשיר.
ג. החלק של ההספק השימושי מתוך ההספק המושקע.
ד. החלק של ההספק המושקע מתוך ההספק השימושי.

15. על נורת ליבון רשום 100 ואט (100W). האם משמעות הדבר היא שבכל שנייה ושנייה נפלטת ממנה אנרגיית אור של 100 ג'ול? הסבירו. (שימו לב לעובדה שנורת ליבון לוהטת בזמן פעולתה.)

+16. תנור א' צורך אנרגיה חשמלית של 20,000 ג'ול במשך 20 שניות. תנור ב' צורך אנרגיה חשמלית של 10,000 ג'ול במשך 5 שניות. תנור ג' צורך 10,000 ג'ול של אנרגיה חשמלית במשך 2 שניות. תנור ג' פולט אנרגיית חום לאוויר החדר בקצב זהה לזה שפולטים שני התנורים א' ו-ב' יחד. במה כדאי יותר להשתמש מבחינה כלכלית - בתנור ג' או בשני התנורים א' ו-ב' יחד? הסבירו.

+17. להבת גז מגלגלת אנרגיה כימית (של הגז) לאנרגיית חום. הספק הלהבה הוא 2,000 ואט, אולם רק חלק ממנה מתגלגל לאנרגיית חום של סיר מים המונח על הלהבה.
א. הסבירו מדוע.
ב. חשבו את האנרגיה שמספקת הלהבה במשך 2 דקות, 100 שניות, 1 שעה.
ג. כמה זמן יידרש לחימום סיר המים לטמפרטורה הרצויה, אם החימום דורש אנרגיית חום של 400,000 ג'ול ורק מחצית מהספק הלהבה מנוצל לחימום זה?

18. על נורה חשמלית רשום הספק של 60 ואט. רק 3.6 ואט נפלטים מן הנורה כאנרגיית אור. חשבו את נצילות הנורה.

19. ניתן להאיר את החדר באמצעות נורת ליבון שנצילותה 5% וההספק הרשום עליה הוא 200 ואט, או באמצעות נורה פלואורסצנטית שנצילותה 25% וההספק הרשום עליה

שימו לב: הסימון + לצד שאלה מציין שהיא קשה.

הוא 90 ואט.

א. איזו נורה תאיר יותר?

ב. באיזו נורה השימוש יהיה זול יותר? פי כמה?

20. ההספק הרשום על מאוורר הוא 160 ואט. האם משמעות הדבר היא שבכל שנייה מתגלגלת אנרגיה חשמלית בכמות של 160 ג'ול לאנרגיית תנועה בכמות של 160 ג'ול? הסבירו.

21. בקנקן חשמלי אחד משקיעים אנרגיה חשמלית בהספק של 2,000 ואט, והמים מתחממים בקצב של 1,400 ואט. בקנקן חשמלי שני משקיעים אנרגיה חשמלית בהספק של 1,600 ואט, והמים מתחממים בקצב של 1,440 ואט.

א. לאיזה קנקן יש נצילות גבוהה יותר?

ב. בכל אחד מן הקנקנים שמים אותה כמות מים, באותה טמפרטורה. באיזה מן הקנקנים המים ירתחו מהר יותר? הסבירו.

ג. הסבירו ממה יכול לנבוע הבדל הנצילות בין שני הקנקנים.

22. בחנות יש שני סוגי נורות חשמל. לפניכם טבלה ובה מחירי הנורות, ההספקים הרשומים עליהן, נצילותן ואורך החיים שלהן בשעות (אורך חיים - זמן ההפעלה הכולל של הנורה לפני שתחדל לפעול).

	מחיר (בשקלים)	ההספק הרשום (בוואטים)	הנצילות (באחוזים)	אורך חיים (בשעות)
נורה א'	120	60	30	12,000
נורה ב'	20	200	8	2,000

א. חשבו את הספק האור הנפלט מכל אחת מן הנורות.

ב. באיזו נורה הייתם משתמשים כדי להאיר חדר? התחשבו בנתונים הרשומים למעלה לגבי כל נורה והסבירו את בחירתכם.

23. מכשיר מסוים סיפק אנרגיה של 100 ג'ול בשנייה. כדי להגדיל את הספקו, הִגדילו את האנרגיה שהוא מקבל בשנייה ל-200 ג'ול. פי כמה גדל הספק המכשיר?

א. ההספק גדל פי 2.

ב. ההספק גדל פי 4.

ג. אי אפשר לדעת, כי לא ידוע סוג האנרגיה שהמכשיר מספק.

ד. אי אפשר לדעת, כי לא ידועה כמות האנרגיה השימושית שמופקת מהמכשיר.

24. ברצונכם לחמם את החדר. בטבלה שלפניכם 3 מכשירים המגלגלים אנרגיה לאנרגיית חום.

	הספק מושקע (וואט)	נצילות
מכשיר א׳	1,000	20%
מכשיר ב׳	500	40%
מכשיר ג׳	100	60%

מה נכון?

א. למכשיר א׳ ההספק השימושי הגדול ביותר, למכשיר ג׳ - הקטן ביותר.

ב. למכשיר א׳ ההספק השימושי הקטן ביותר, למכשיר ג׳ - הגדול ביותר.

ג. אין הבדל בין מכשיר א׳ ל-ב׳. למכשיר ג׳ ההספק השימושי הקטן ביותר.

ד. אין הבדל בין מכשיר א׳ ל-ב׳. למכשיר ג׳ ההספק השימושי הגדול ביותר.

תשובות מספריות
ל"שואלים את עצמנו", פרק ח

5. 10,000 ואט.
6. א. 144,000 ג׳ול; ב. 144 שניות.
7. תנור חימום: 2,500 ואט; מדיח כלים: 500 ואט; טלוויזיה: 200 ואט; מחשב: 100 ואט.
8. א. 40,000 ואט.
9. א. 360,000 ג׳ול; ב. 10 שעות; ג. 500,000 שעות.
10. א. 32,000 ואט.
11. 2 שניות: 4,000,000,000 ג׳ול.
    דקה: 120,000,000,000 ג׳ול.
    שעה: 7,200,000,000,000 ג׳ול.
12. ב. בין שבע לשמונה בבוקר: 720,000 ג׳ול.
    בין שתים בצהריים לעשר בלילה: 43,200,000 ג׳ול.
    בין שש בערב לעשר בלילה: 28,800,000 ג׳ול.
    בין עשר בלילה לחצות הלילה: 2,880,000 ג׳ול.
17. ב. 2 דקות: 240,000 ג׳ול.
    100 שניות: 200,000 ג׳ול.
    שעה: 7,200,000 ג׳ול.
    ג. 400 שניות.
18. 6%.
22. א. נורה א׳: 18 ואט.
    נורה ב׳: 16 ואט.

פרק ט

מגלגלים אנרגיה חשמלית

א. גלגולים לאנרגיה חשמלית וממנה / 260

ב. האלקטרונים והזרם החשמלי / 270

ג. זרם והתנגדות / 275
הקשר בין עוצמת הזרם החשמלי לבין ההתנגדות החשמלית

ד. זרם ומתח / 277
הקשר בין עוצמת הזרם החשמלי לבין המתח החשמלי

ה. חוק אום / 279

א. גלגולים לאנרגיה חשמלית וממנה

תחנות החשמל מספקות אנרגיה חשמלית לבתים, למפעלים, למשרדים ועוד. למשל: תחנת החשמל רדינג שבתל-אביב מסוגלת לספק אנרגיה כוללת של עד 526 מיליון ג'ול בכל שנייה, או במילים אחרות - ההספק של התחנה הוא 526 מיליון ואט, או 526 מגה-ואט. הספק תחנת החשמל של חיפה הוא 426 מיליון ואט, או 426 מגה-ואט, ואילו הספק תחנת החשמל "אורות רבין" בחדרה הוא 1,400 מיליון ואט, או 1400 מגה-ואט.

תחנת החשמל רֶדינג בתל אביב

שאלה 1: נניח שמשפחה ממוצעת משתמשת בהספק של 1,000 ואט. כמה משפחות יכולות להשתמש בהספק של: א. תחנת רדינג? ב. תחנת "אורות רבין"?

כולנו צרכנים של אנרגיה חשמלית - אנרגיה שאנו קונים בעיקר מחברת החשמל. כולנו מגלגלים אנרגיה חשמלית לסוגי אנרגיה אחרים שאנו מעוניינים בהם.

מהם השיקולים שעלינו לשקול כאשר אנחנו משתמשים במכשיר חשמלי, או כאשר אנו מעוניינים לרכוש מכשיר חשמלי?
כדי שנוכל לשקול שיקולים מושכלים עלינו ללמוד כמה מושגים, עקרונות וחוקים הקשורים לאנרגיה החשמלית.

מהי אנרגיה חשמלית?
האנרגיה החשמלית היא אנרגיה המתגלה בזרם חשמלי.
זרם חשמלי הוא תנועה של אלקטרונים בכיוון אחד. תנועה בכיוון אחד של האלקטרונים יכולה להתרחש בחומרים מוליכים מבחינה חשמלית.

כזכור לכם, כל החומרים בנויים מאטומים. כל אטום בנוי מגרעין זעיר במרכזו ומאלקטרונים המקיפים את הגרעין.
בעבר למדתם על קיומם של שני סוגי מטענים חשמליים באטום. שני מטענים מאותו הסוג דוחים זה את זה, ואילו שני מטענים מסוגים שונים מושכים זה את זה. נהוג לכנות מטען מסוג אחד בשם מטען שלילי ואת האחר בשם מטען חיובי.
האלקטרונים הם חלקיקים בעלי מטען חשמלי שלילי.

המטען השלילי של האלקטרון הוא רק אחת מתכונותיו. לאלקטרון תכונות נוספות, כגון מסה.

כזכור לכם, אטום נייטרלי מבחינה חשמלית מכיל אלקטרונים שכל אחד מהם בעל מטען שלילי, וגרעין ובו פרוטונים שכל אחד מהם בעל מטען חיובי. מספר האלקטרונים שווה למספר הפרוטונים שבגרעין, ולכן האטום הוא נייטרלי. לדוגמה: אטום של נחושת מכיל גרעין ובו 29 פרוטונים חיוביים. 29 אלקטרונים שליליים מקיפים את הגרעין הזה.

שאלה 2: איך ניתן להפוך את האטום לטעון שלילית?
שאלה 3: איך ניתן להפוך את האטום לטעון חיובית?

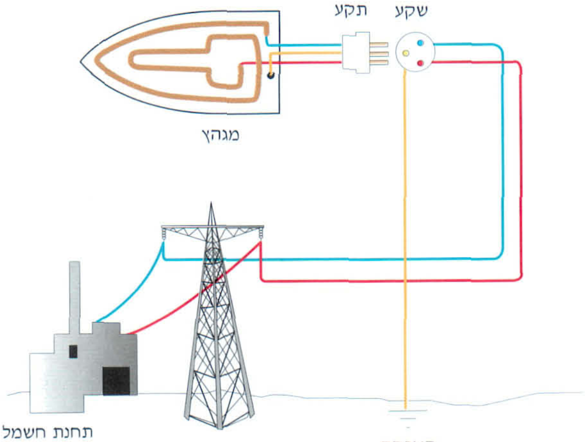
בחומרים מוליכים, כלומר בעיקר במתכות, יש גם תנועה של אלקטרונים בין האטומים. תנועה כזו קיימת כל הזמן, גם כאשר לא עובר זרם חשמלי בחומר, אך זוהי תנועה אקראית לכל הכיוונים ולא בכיוון מוגדר.

האם כל האלקטרונים שבאטומי המוליך משתתפים בזרם החשמלי?
בזרם החשמלי משתתפים רק חלק מהאלקטרונים של אטומי המוליך. אלקטרונים אלה הם אלקטרונים הקשורים רק בקשר רופף לאטומי המוליך. נהוג לקרוא להם **אלקטרונים חופשיים**. למעשה, רוב האלקטרונים שבמוליך אינם משתתפים כלל בזרם החשמלי. בדרך כלל, מכל אטום, רק 1-3 אלקטרונים ממכלול האלקטרונים משתתפים בזרם. בתיל עשוי נחושת, למשל, משתתפים רק 2 אלקטרונים בזרם החשמלי מתוך 29 האלקטרונים שיש לכל אטום של נחושת.

כאמור, האנרגיה החשמלית מתגלה בזרם חשמלי, שהוא תנועת אלקטרונים בכיוון אחד. אך כיצד מקבלים האלקטרונים את תנועתם באותו הכיוון?

בשקע החשמלי המוכר לנו יש שלושה חורים. בשני החורים העליונים מצויים קצות הכבלים המגיעים מתחנת החשמל שממנה אנחנו מקבלים את האנרגיה החשמלית. (תפקידו של השלישי הוא הארקה, כלומר סילוק מטען חשמלי עודף.) תחנת החשמל גורמת להצטברות מטען חיובי באחד הכבלים ומטען שלילי באחר. לקצה השלילי קוראים קוטב שלילי ולקצה החיובי - קוטב חיובי.

מכשירי החשמל מצוידים בכבל שבסופו התקע החשמלי המוכר לכולנו. בתוך הכבל עוברים שני חוטים פנימיים, דקים יותר, שתפקידם להעביר זרם חשמלי. חוטים אלה עשויים מחומר מוליך חשמל, כלומר ממתכת.
נוסף לחוטים אלה, יש חוט שלישי המחובר להארקה מטעמי בטיחות.



כאשר מחברים את התקע לשקע ומפעילים את המכשיר נוצר מעגל סגור.

הקוטב השלילי של שקע החשמל דוחף אלקטרונים המצויים בחוט הפנימי שאליו הקוטב מחובר. האלקטרונים נדחפים אל תוך המכשיר.
בה-בעת, הקוטב החיובי גורם למשיכת אלקטרונים מן המכשיר באמצעות החוט הפנימי השני, שאליו הקוטב מחובר.

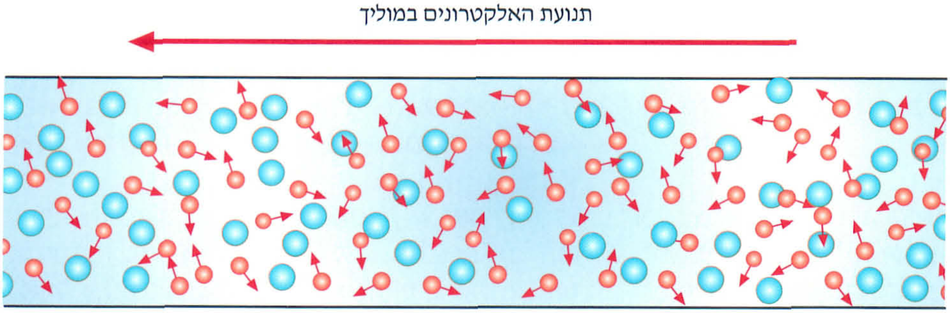
שאלה 4: מדוע הקוטב השלילי דוחף אלקטרונים?

כלומר, האלקטרונים נדחפים מצד אחד ונמשכים מן הצד הנגדי. לכן הם נעים בתוך המכשיר באותו הכיוון. במילים אחרות, בתוך המכשיר נוצר זרם חשמלי. כיוון תנועת האלקטרונים הוא תמיד מן הקוטב השלילי אל הקוטב החיובי. תנועתם של האלקטרונים הזורמים בזרם החשמלי היא שמפעילה את מכשירי החשמל.

אין זאת אומרת שמרגע הפעלתו של מכשיר החשמל כל האלקטרונים זורמים בכיוון אחד. האלקטרונים עדיין ממשיכים לנוע בכל הכיוונים, אולם הכיוון **הכללי** של תנועתם הוא מן הקוטב השלילי אל הקוטב החיובי. האלקטרונים ימשיכו בתנועתם בכיוון זה עוד ועוד.

אפשר לתאר כך את היווצרות הזרם החשמלי: מקור אנרגיה חשמלית מעניק לאלקטרונים החופשיים תוספת אנרגיית-תנועה בכיוון אחד, ותוספת זו יוצרת את הזרם החשמלי.

האיור מציג את הכיוון הכללי של תנועת האלקטרונים עם תנועת האלקטרונים האקראית.



אלקטרונים נעים בתוך מוליך. הכדורים הקטנים מייצגים את האלקטרונים.
הכדורים הגדולים מייצגים את האטומים.

באיזו דרך מפיקה תחנת חשמל אנרגיה חשמלית?
דרך אחת היא באמצעות גלגול אנרגיה כימית המשתחררת בשריפת מזוט - שהוא תוצר זיקוק של נפט גולמי - או בשריפת פחם. בשריפת מקורות אנרגיה אלה, האנרגיה הכימית מתגלגלת לאנרגיית חום, המנוצלת להרתחת מים וליצירת קיטור. זרם הקיטור מניע טורבינה. הטורבינה מניעה גנרטור, תנועת הגנרטור גורמת להיווצרות זרם חשמלי.

דרך שנייה היא באמצעות גלגול אנרגיה גרעינית בעת שימוש בדלק גרעיני, שהוא מקור אנרגיה נוסף. בכור הגרעיני מגלגלים את האנרגיה שבגרעיני האטומים לאנרגיית חום. באמצעות זרם הקיטור, אנרגיה זו מתגלגלת לאנרגיית התנועה של הטורבינה. באמצעות גנרטור, אנרגיית התנועה מתגלגלת לאנרגיה חשמלית.

דרך שלישית להפקת אנרגיה חשמלית היא באמצעות אנרגיית גובה של מפלי מים. מפל המים הנופל מגובה אל טורבינה, גורם להנעתה. הטורבינה מסובבת גנרטור, וכך מופקת אנרגיה חשמלית.

תקליטור **פארק האנרגיה**

המרה מאנרגיה כימית, או **מאנרגיה גרעינית**, או **מאנרגיית גובה** - **לאנרגיה חשמלית**
התבוננו במצגת וענו על השאלות בדף העבודה.

למדתם שהפקת אנרגיה היא למעשה גלגול של אנרגיה מסוג אחד לאנרגיה הרצויה לנו. בתחנת החשמל, האנרגיה הרצויה לנו היא אנרגיה חשמלית.
מעבירים את האנרגיה החשמלית לצרכנים השונים באמצעות כבלי מתכת הקרויים כבלי חשמל. אלה הם הכבלים המתוחים לאורך הרחובות בין עמודים גבוהים. כיום מרבים להשתמש בכבלי חשמל העוברים מתחת לאדמה.

שאלה 5: במה, לדעתכם, עדיף השימוש בכבלי חשמל תת-קרקעיים על השימוש בכבלי חשמל המתוחים בין עמודים? במה עדיף השימוש בכבלים עיליים על השימוש בכבלים תת-קרקעיים?

לא תמיד משתמשים בתחנת החשמל כמקור אנרגיה להפעלת מכשירים חשמליים. כך, למשל, בפנס כיס מתגלגלת אנרגיה חשמלית לאנרגיית אור, אך מקור האנרגיה החשמלית איננו תחנת החשמל, אלא סוללה חשמלית.

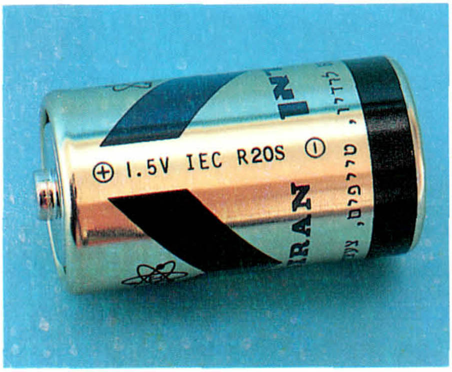
סוללה חשמלית היא מתקן המספק אנרגיה חשמלית באופן עצמאי, בלי שיהיה קשור לתחנת חשמל. התהליך הוא כזה: מחברים את הסוללה החשמלית למכשיר המותאם לפעול באמצעות סוללה; באמצעות זרם חשמלי, אנרגיה כימית מן התהליך המתרחש בחומרים שבסוללה מתגלגלת לאנרגיה חשמלית המשמשת להפעלת המכשיר.

קיימים מכשירים רבים המופעלים בסוללות חשמליות (לדוגמה: מקלטי רדיו קטנים, מכוניות צעצוע).

שאלה 6: מדוע יש צורך בסוללה חשמלית? האם תחנת החשמל איננה מספיקה לכל המקרים שבהם אנו זקוקים לאנרגיה חשמלית?

שאלה 7: אתם יוצאים לטיול מחנאות בן שלושה ימים ברחבי הארץ, שבו תנדדו ממקום למקום וגם תערכו סיורים רגליים בלילה. הציוד שלקחתם כולל גם ארבעה סוגי מכשירים – מערכת תאורה רבת-עוצמה, ווקמנים, פנסים וטלוויזיה ניידת. ארבעת סוגי המכשירים מסוגלים לפעול הן באמצעות סוללות והן באמצעות מקור האנרגיה החשמלית הרגיל, הפועל על ידי חיבור לשקע החשמל. ידוע לכם, שבמקומות שבהם תחנו קיים חיבור למערכת החשמל הארצית. עבור אילו מכשירים מבין הארבעה תקחו סוללות, ועבור אילו מכשירים לא תקחו? הסבירו את שיקוליכם.

כמו תחנת החשמל, גם הסוללה גורמת ליצירת זרם חשמלי באמצעות דחיפת האלקטרונים ומשיכתם. בסוללה, כמו בשקע החשמלי, קיים קוטב חיובי בצד האחד וקוטב שלילי בצד הנגדי.



כאשר מחברים את הסוללה במעגל חשמלי סגור, מתחולל תהליך כימי בחומרים המצויים בתוכה. חומרים אלה הם המגיבים. בתהליך זה, נוצרים מן המגיבים חומרים חדשים הקרויים תוצרים.
כאשר משתמשים בסוללה עוד ועוד, כמות המגיבים בתוכה הולכת ופוחתת בהדרגה ובמקביל גדלה כמות התוצרים. כאשר המגיבים אוזלים מהסוללה אנו אומרים שהסוללה "נגמרה" או "התרוקנה".

קלטת ניסויים **מדע במעבדה ב'** וכן **תקליטור הספר**

ניסוי מצולם בקלטת: **תאים חשמליים - מגנזיום וחומצה**
דף העבודה בתקליטור הספר: **מגנזיום ומימן כלורי - כימיה וחשמל**
צְפו בניסוי, קראו את ההסברים וענו על השאלות.

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה – המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית – סרט ומאמר: **"תאים חשמליים"**

יש סוללות שניתן לטעון מחדש באמצעות מכשיר הנקרא מַטְעֵן. סוללות כאלה נקראות סוללות נטענות. באמצעות המטען, משקיעים אנרגיה חשמלית כדי לגרום לתהליך כימי בתוצרים. תהליך כימי זה גורם ליצירה הדרגתית מחדש של המגיבים מן התוצרים. המגיבים, כזכור, הם החומרים המקוריים שהיו בסוללה. מעתה ניתן להשתמש שוב בסוללה לסגירת מעגל חשמלי ולקבלת זרם חשמלי.

קיימים סוגים רבים של סוללות נטענות וקיים מגוון רחב של מכשירים חשמליים שהשימוש בסוללות נטענות בהם הוא חיוני, כגון מחשבים ניידים, טלפונים סלולריים ומצלמות וידיאו.

שאלה 8: במחשבים נישאים ובטלפונים ניידים (סלולריים) השימוש בסוללות נטענות הוא חיוני. לעומת זאת, במקלט רדיו נייד קטן, במחשבון ובשעון יד אלקטרוני שימוש כזה איננו חיוני, וניתן להשתמש בהם גם בסוללות שאינן נטענות. מדוע?

שאלה 9: מבחינת איכות הסביבה, מהו היתרון של סוללות נטענות על פני סוללות שאינן נטענות? בררו ביחידה לאיכות הסביבה באזורכם מה עושים בסוללות שאינן נטענות.
כיצד תוכלו לתרום בתחום זה?

לאחרונה החלו בייצור ובשיווק של מכוניות הפועלות באמצעות אנרגיה חשמלית. מכוניות אלו מצוידות בסוללות רבות-עוצמה שניתן לטעון אותן בתחנות הטענה מיוחדות. יש להניח

שבעתיד הלא רחוק, תחנות הטענה למכוניות חשמליות יהיו נפוצות ויחליפו בהדרגה את תחנות הדלק הרגילות המוכרות לנו, המספקות בנזין.

אתר אינטרנט:

דלק חשמלי www.electric-fuel.com

החברה הישראלית "דלק חשמלי" מפתחת סוללות "אבץ-אוויר". סוללות אלה הן חלק מטכנולוגיה שתהווה בעתיד חלופה למנוע השריפה הפנימית של כלי רכב. מטרתה של טכנולוגיה זו היא לפתח "אנרגיה נקייה" להנעת כלי רכב.

- היכנסו לאתר וחפשו מידע על יתרונותיה של שיטה זו. מדוע מכנים אותה "אנרגיה נקייה"?

מקורות אנרגיה חשמליים נבדלים זה מזה ב**חוזק** שבו הם דוחפים את האלקטרונים החופשיים מן הקוטב השלילי אל הקוטב החיובי. ככל שהמקור חזק יותר, הוא דוחף את האלקטרונים החופשיים חזק יותר. למשל: אם נחבר סוללה חשמלית חלשה לנורה, היא תאיר חלש. אם נחבר סוללה חזקה יותר, הנורה תאיר חזק יותר.

מבטאים את ההבדל בין חוזקם של מקורות שונים באמצעות גודל פיזיקלי הנקרא "מתח חשמלי". מקור חשמלי בעל מתח גדול יותר, דוחף את האלקטרונים שבמוליך חזק יותר.

כדי למדוד מתחים ולהשוות מתחים זה לזה, נחוצה יחידה מתאימה. יחידת מתח חשמלי רווחת מאוד היא וולט. לדוגמה, סוללה המפעילה שעון קיר חשמלי היא בת 1.5 וולט. המתח שבו משתמשים להפעלת ווקמן או טרנזיסטור הוא בדרך כלל בין 3 ל-6 וולט. מתחים כאלה נחשבים למתחים חלשים. לעומת זאת, מתח של 230 וולט, שהוא המתח של רשת החשמל הארצית ושבו משתמשים בבית, נחשב למתח חזק.

המכשיר המודד מתח חשמלי נקרא **וולטמטר**.

תקליטור הספר

הנחיות לניסוי: ***כיצד מחברים וולטמטר בעל 3 תחומי מדידה במעגל חשמלי?***

האנרגיה החשמלית משמשת **מתווך**. כמעט לעולם איננו משתמשים בה כפי שהיא, זאת אומרת בצורתה כאנרגיה חשמלית. כמעט בכל המקרים מגלגלים אותה לאנרגיות מסוגים אחרים.

איך מתגלגלת אנרגיה חשמלית לסוגי אנרגיה אחרים?

איך מתגלגלת אנרגיה חשמלית לאנרגיית חום?

או במילים אחרות, מדוע עולה הטמפרטורה של כל מוליך שעובר דרכו זרם חשמלי? כידוע, האטומים של חומר מוצק אינם נעים ממקום למקום כמו חלקיקי נוזל או גז, אך הם מתנודדים במקומם. לכן יש להם אנרגיית תנועה. המוליך הוא חומר מוצק הבנוי מאטומים, והאלקטרונים של הזרם החשמלי מתקדמים בין האטומים. תוך כדי תנועתם במוליך, האלקטרונים מתנגשים ללא הרף באטומי המוליך. בהתנגשויות אלה מאבדים האלקטרונים הנעים כמעט את כל אנרגיית התנועה שלהם, והם מואצים מחדש על ידי מקור האנרגיה החשמלית. מקור האנרגיה החשמלית הוא שמאפשר את קיום התנועה בכיוון אחד למרות ההתנגשויות. בהתנגשויות של האלקטרונים עם האטומים נמסרת חלק מאנרגיית התנועה של האלקטרונים לאטומי המוליך וגורמת להגברת תנועת התנודה של האטומים. תנועה מוגברת זו משמעותה העלאת הטמפרטורה של המוליך. זאת אומרת, כאשר זרם חשמלי עובר במוליך, הטמפרטורה שלו עולה כתוצאה מהתנגשויות האלקטרונים עם אטומי המוליך.

שאלה 8: אם נעקוב אחרי סליל של תנור חשמלי סלילי מרגע הפעלתו, נראה שככל שחולף הזמן, הטמפרטורה של הסליל עולה. הסבירו מדוע.

הטמפרטורה איננה עולה בלי גבול, כי משלב מסוים מפסיקה הטמפרטורה של הסליל לעלות. בשלב זה, כמות אנרגיית החום החדשה הנוצרת בסליל שווה לכמות האנרגיה הנפלטת ממנו.

איך מתגלגלת אנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה?

השאלה היא איך מתגלגלת אנרגיית התנועה של אלקטרוני הזרם החשמלי לאנרגיית תנועה במכשיר חשמלי, כגון מעבד מזון, מאוורר או מקדחה.

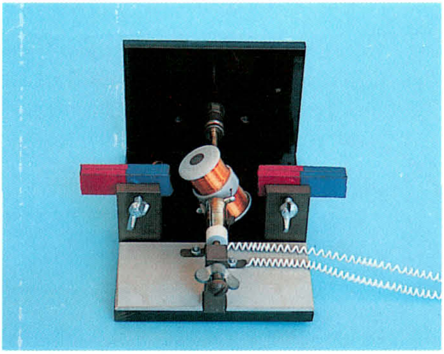
במכשירים חשמליים כאלה מצוי מנוע חשמלי. הזרם החשמלי במנוע זה גורם לתנועה סיבובית של חלק מחלקי המנוע. בצורתו הפשוטה ביותר, מנוע חשמלי מורכב מסליל של תיל מוליך, המלופף על ציר. הסליל מסתובב בין שני קטבים של מגנט.

ניסוי 1

קחו חלקים של מנוע חשמלי והרכיבו את המנוע כפי שמתואר בצילום.

- חברו את המנוע החשמלי לְספָּק של 3v ולאמפרמטר.
- סִגרו את המעגל החשמלי.

- מה מתרחש?
- מה מראה האמפרמטר?
- מהו החלק הנע ומהו החלק הנשאר במנוחה?



* רשמו את גלגול האנרגיה המתרחש במנוע חשמלי.

שאלה 9: לאילו מכשירים חשמליים יש מנוע חשמלי?

כיצד מעבר הזרם החשמלי במנוע גורם לתנועתו הסיבובית של הסליל שבתוכו?

כפי שראיתם בניסוי, המנוע מורכב משני חלקים עיקריים: סליל שבו עובר זרם חשמלי, ומגנט. ראיתם שיש השפעה בין חלקים אלה, ושכתוצאה מהשפעה זו המנוע מסתובב.

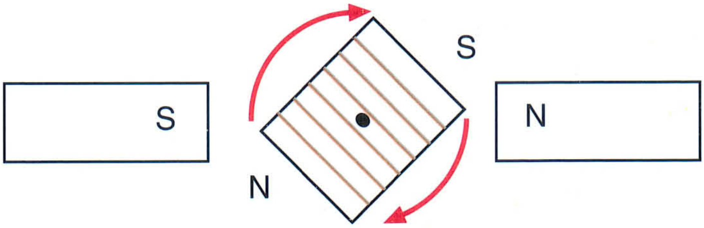
ניסויים רבים ומגוונים הראו שזרם חשמלי גורם למגנט לנוע.
לדוגמה: כאשר שמים מצפן בקרבת מוליך שעובר בו זרם חשמלי, מחט המצפן משנה את כיוונה. האלקטרונים הנמצאים בתנועה משפיעים על כיוון קוטבי המגנט של מחט המצפן.

זרם עובר במוליך

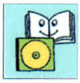
לא עובר זרם במוליך

כידוע, מגנט יכול להפעיל כוח על המחט המגנטית ולשנות את הכיוון שלה. כלומר, המגנטים מפעילים **כוח** זה על זה: כוח הדוחף אותם זה מזה או המושך אותם זה לזה.
השפעת הזרם החשמלי על מחט מגנטית מלמדת אפוא שהאלקטרונים הנמצאים בתנועה והמגנט מפעילים **כוח** זה על זה.

באופן דומה, במנוע החשמלי עובר זרם חשמלי בסליל שבין שני קוטבי המגנט, ונוצר כוח בין זרם האלקטרונים והמגנט.
מאחר שהאלקטרונים נעים בתוך הסליל, הכוח הפועל עליהם יפעל גם **על הסליל,** והסליל יסתובב סביב צירו. הסליל הוא החלק המסתובב כאשר המנוע פועל.



לאיזה כיוון יסתובב הסליל? כיוון תנועת הזרם החשמלי קובע אם הסליל יסתובב עם כיוון תנועת השעון או נגדו. אפשר להפוך את כיוון התנועה של המנוע על ידי הפיכת כיוון תנועתו של הזרם החשמלי.



תקליטור הספר

כיצד מסתובב הסליל במנוע החשמלי?

מסירת האנרגיה החשמלית קשורה בזרם החשמלי שהוא תנועת אלקטרונים בכיוון אחד. בסעיפים הבאים נדון על מושגים הקשורים לאלקטרונים ולתנועתם.

המלצה על סרט

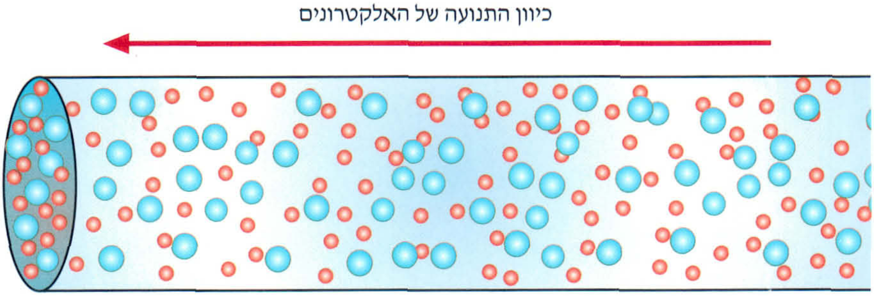
"חשמל" מתוך הסדרה **מדע ולמה** של הטלוויזיה החינוכית
"זימנס – הדינמו החשמלי" מתוך הסדרה **אבני דרך במדע וטכנולוגיה** של הטלוויזיה החינוכית

ב. האלקטרונים והזרם החשמלי

כפי שכבר הזכרנו בסעיף הקודם, זרם חשמלי הוא תנועה של אלקטרונים בכיוון אחד. ראינו שתנועת האלקטרונים בזרם החשמלי היא שמאפשרת את גלגול האנרגיה החשמלית לאנרגיות אחרות במכשירים חשמליים.

למכשירים חשמליים שונים, זרמים חשמליים השונים בעוצמתם. למשל: בנורה חשמלית חלשה עובר זרם בעוצמה קטנה בהרבה מזה שעובר בנורה חזקה; בטלוויזיה קטנה עובר זרם חשמלי בעוצמה קטנה מזה שבטלוויזיה גדולה; במקלט רדיו עובר זרם חשמלי בעוצמה קטנה בהרבה מזה שבמכונת כביסה.
עוצמת הזרם משפיעה על קצב גלגול האנרגיה במכשירים שבהם הזרם עובר.

מה כוונתנו כשאנו מדברים על עוצמת זרם חשמלי?
לפניכם חלק ממוליך, בהגדלה. העיגולים הקטנים מייצגים את האלקטרונים, והגדולים - את האטומים. האטומים, כמובן, אינם נעים לאורך המוליך. הם נותרים במקומם.



נסתכל על חתך לאורך המוליך (ראו ציור). כאמור, לכל אלקטרון יש מטען חשמלי. לכל המוני האלקטרונים הנמצאים בתנועה במעגל החשמלי יש יחד **כמות מטען** גדולה בהרבה מזו של האלקטרון. עם תנועת האלקטרונים במוליך, נעה גם כמות המטען המשותפת שלהם.

> **כמות המטען החשמלי של האלקטרונים במעגל חשמלי היא המטען הכולל של כל האלקטרונים הנעים.**

יחידת כמות המטען החשמלי הרווחת היא **קוּלוֹן**.

כמה קולונים עוברים במכשירים חשמליים שונים בזמן פעולתם?

לפניכם טבלה שבה מצוינות כמויות המטען בקולונים שעוברות במכשירים שונים במשך שנייה אחת:

המכשיר	כמות המטען העוברת בשנייה אחת
נורה חשמלית חזקה	1 קולון
נורה חשמלית חלשה	0.2 קולון
טלוויזיה בגודל בינוני	0.5 קולון
קנקן חשמלי	10 קולון
מייבש כביסה	20 קולון

האם קיים בטבע מטען חשמלי בסיסי, מטען חשמלי שאין קטן ממנו?
המטען הקטן ביותר בטבע הוא מטענו של האלקטרון. מטען האלקטרון קטן לאין שיעור ממטען של קולון אחד. הוא קטן ממנו פי מיליארדים רבים.

קולון אחד הוא כמות מטען השווה בגודלה לכמות המטען הכוללת של $6.25 \cdot 10^{18}$ אלקטרונים.
קולון = כמות המטען של 6,250,000,000,000,000,000 אלקטרונים.

שאלה 10: מדוע, לדעתכם, אין משתמשים למדידת כמות המטען החשמלי ביחידת המטען של האלקטרון?

בכל שנייה יכולה לעבור במוליך כמות מסוימת של מטען, למשל 4 קולון, 10 קולון, 0.5 קולון. לכמות המטען העוברת דרך חתך הרוחב של המוליך בכל שנייה קוראים עוצמת הזרם החשמלי.

עוצמת זרם חשמלי: כמות המטען החשמלי העוברת דרך חתך רוחב של מוליך בשנייה אחת.

שאלה 11: תרגמו את המשפטים הבאים לביטויים המשתמשים ב"כמות מטען" וב"שנייה":
- עוצמת הזרם החשמלי העובר במחשב קטנה מעוצמת הזרם העובר בקנקן חשמלי.
- עוצמת הזרם החשמלי העובר במייבש כביסה גדולה מזו של הזרם שעובר במצנם (טוסטר).

למדידת עוצמתו של זרם חשמלי משתמשים ביחידה הנקראת אמפר.

אמפר: עוצמת זרם חשמלי של קולון אחד העובר דרך חתך רוחב של מוליך בשנייה אחת.

איך נחשב את עוצמת הזרם החשמלי, כאשר נתונים לנו כמות המטען הכוללת שעוברת והזמן שבו היא עוברת?

נבדוק זאת באמצעות הדוגמה הבאה:
דרך מכשיר חשמלי עבר מטען חשמלי של 200 קולון במשך 40 שניות. מהי עוצמת הזרם שעבר במכשיר?

עוצמת הזרם החשמלי באמפרים הוא כמות המטען בקולונים העוברת בשנייה אחת.

כדי למצוא מהי כמות המטען החשמלי העוברת בשנייה אחת, נחלק את כמות המטען – 200 קולון, בזמן – 40 שניות, ונקבל:

$$\frac{200}{40} = 5 \text{ אמפר}$$

אם נסמן את כמות המטען באות **q**, את הזמן באות **t** ואת עוצמת הזרם באות **I** - נקבל את הנוסחה לחישוב עוצמת הזרם:

$$\mathbf{I = \frac{q}{t}}$$

כדי לקבל את עוצמת הזרם באמפרים, יש לבטא תמיד את המטען בקולונים ואת הזמן בשניות.

שאלה 12: עיינו בנוסחה. מה ניתן ללמוד ממנה על עוצמת הזרם העובר במוליך, כאשר מגדילים את כמות המטען שעובר בלי לשנות את משך הזמן?

שאלה 13: מה יקרה לעוצמת הזרם כאשר אותו המטען החשמלי יעבור:
א. בזמן ארוך יותר?
ב. בזמן קצר יותר?

שאלה 14: מהי עוצמת הזרם העובר דרך מוליך כאשר:
- כמות מטען של 5 קולון עוברת דרכו בשנייה אחת?
- כמות מטען של 2 קולון עוברת דרכו ב-2 שניות?
- כמות מטען של 10 קולון עוברת דרכו בחצי שנייה?
- כמות מטען של 240 קולון עוברת דרכו בדקה אחת?

שאלה 15: חשבו את עוצמת הזרם העובר במקלט רדיו, אם ידוע שבמשך דקה אחת עובר בתוכו מטען חשמלי של 3 קולון.

שאלה 16: כאשר מפעילים קומקום חשמלי, עובר בתוכו זרם של 5 אמפר. חשבו את כמות המטען העוברת בתוכו במשך 3 דקות.

שאלה 17: כמה זמן צריך להפעיל את הרדיו שבשאלה 15 כדי שתעבור בתוכו כמות מטען השווה לזו שעברה בתוך הקומקום החשמלי שבשאלה 16 במשך דקה אחת?

קיימות גם יחידות זרם קטנות מאמפר.

מיליאמפר: אלפית האמפר.

זאת אומרת: $\frac{1}{1,000}$ אמפר = 1 מיליאמפר

או: 1000 מיליאמפר = 1 אמפר

ובאותיות: 1000 mA = 1A

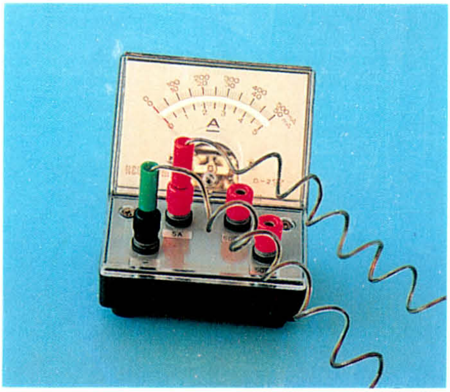
שאלה 18: לשם מה זקוקים ליחידות זרם קטנות מאמפר?

שאלה 19: בטאו את הזרמים הבאים במיליאמפרים: 2 אמפר, 0.5 אמפר, 0.02 אמפר.

באיזה מכשיר מדידה מודדים את עוצמת הזרם החשמלי?

המכשיר למדידת עוצמת זרם חשמלי הוא **אמפרמטר**.

באמפרמטר שני הֲדָקים שמתחברים בעזרת תילים אל המעגל החשמלי.



מחברים את האמפרמטר כך שהוא מהווה חלק מן המעגל החשמלי שבו עובר הזרם.

שאלה 20: מהן התכונות הנדרשות ממכשיר המודד עוצמת זרם?

שאלה 21: מדוע נורה איננה יכולה לשמש מכשיר למדידת עוצמת זרם?

תקליטור הספר

הנחיות לניסוי: **כיצד מחברים אמפרמטר בעל 3 תחומי מדידה במעגל חשמלי?**

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - מגלים וממציאים: **אמפר**

לפניכם שתי אפשרויות ללימוד שני הגורמים הקובעים את עוצמת הזרם החשמלי ולהכרת החוק המשלב אותם:

ספר הלימוד - סעיפים ג, ד, ה המופיעים להלן.

חשמלון - סביבת למידה ממוחשבת ללימוד מעגלים חשמליים

- לִמדו את עקרונות ההפעלה של המעגלים.
- היכנסו לפרק הדן בחוק אום. הפרק כולל את הסעיפים הבאים:
  1. הקשר בין זרם למתח;
  2. הקשר בין זרם להתנגדות (במתח קבוע);
  3. תכנון לפי דרישות;
  4. חידה - התנגדות נורה;
  5. מתח - עבודה וצריכת זרם של מכשיר חשמלי.

ג. זרם והתנגדות
הקשר בין עוצמת הזרם החשמלי לבין ההתנגדות החשמלית

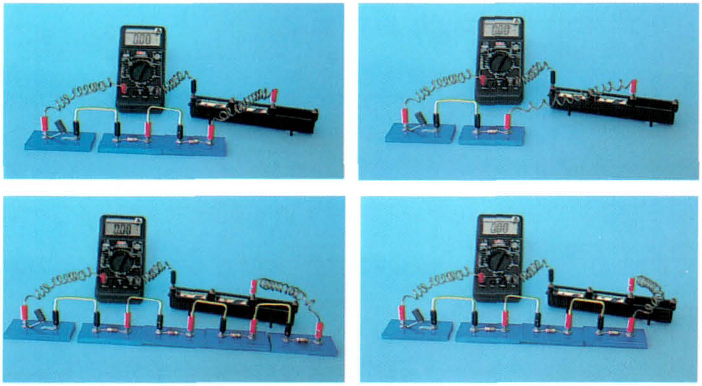
התנגדות המוליך למעבר זרם חשמלי דרכו נקראת **התנגדות חשמלית**.
איך משנים את ההתנגדות החשמלית? אחת הדרכים היא שינוי אורך המוליך.

ניקח 4 מוליכים בעלי התנגדויות זהות. נחבר אותם כך שסופו של הראשון מחובר לראשיתו של השני, סופו של השני מחובר לתחילתו של השלישי וכן הלאה. ההתנגדות הכוללת של החיבור היא במקרה זה סכום ההתנגדויות. חיבור של מוליכים באופן כזה נקרא **חיבור בטור**. חיבור בטור של שני מוליכים שווים הוא בעל התנגדות כפולה מזו של מוליך אחד. חיבור בטור של שלושה מוליכים שווים הוא בעל התנגדות גדולה פי 3 מזו של מוליך בודד וכן הלאה.
בעיקרון זה תשתמשו לשינוי ההתנגדויות בכל בדיקה בניסוי הבא.

ניסוי 2 – בדיקת הקשר בין הזרם החשמלי לבין ההתנגדות החשמלית

השתמשו בציוד הזה:
ספָק 3V (או שתי סוללות חשמליות עם בית סוללות)
4 מוליכים זהים (בעלי אותה התנגדות)
מפסק
אמפרמטר
חוטי חיבור

המתח במעגל יהיה קבוע בכל מהלך הניסוי: 3 וולט.



- בנו את המעגל החשמלי כך שתהיה לו התנגדות של מוליך אחד. לאחר מכן הכפילו את ההתנגדות על ידי חיבור של 2 נגדים זהים בטור וכך הלאה, עד שתשתמשו בכל 4 המוליכים.
- בכל חיבור מִדדו באמפרמטר את עוצמת הזרם החשמלי העובר במעגל החשמלי.

- ערכו את הטבלה הבאה ורשמו בה את התוצאות שלכם.

ההתנגדות (מספר המוליכים הזהים המחוברים בטור)	**עוצמת הזרם החשמלי (באמפרים)**
1	
2	
3	
4	

מה המסקנה מן הטבלה לגבי הקשר שבין עוצמת הזרם החשמלי לבין ההתנגדות?

מהניסוי אפשר להסיק מסקנות אלה (העתיקו את המסקנות למחברותיכם והשלימו אותן):
כאשר ההתנגדות החשמלית גדלה פי ______, עוצמת הזרם החשמלי קטנה פי ______.
כאשר ההתנגדות החשמלית גדלה פי ______, עוצמת הזרם החשמלי קטנה פי ______.
כאשר ההתנגדות החשמלית גדלה פי ______, עוצמת הזרם החשמלי קטנה פי ______.

המסקנה היא, אם כן:
כאשר ההתנגדות החשמלית גֵדלה פי מספר מסוים, עוצמת הזרם החשמלי קְטֵנה פי אותו המספר. (כשהמתח נותר קבוע.)

ניתן לבטא קשר זה גם באופן הבא:

קיים יחס הפוך בין ההתנגדות החשמלית של מוליך לבין עוצמת הזרם העובר דרכו. (כשהמתח נותר קבוע.)

שאלה 22: בניסוי שיניתם את ההתנגדות עַל ידי שינוי אורך המוליך. מהו הקשר בין אורך המוליך לבין ההתנגדות?

שאלה 23: מהו הקשר בין אורך המוליך לבין עוצמת הזרם במעגל?

שאלה 24: מהם הגורמים המשפיעים על ההתנגדות של מוליכים מלבד שינוי האורך? תוכלו ללמוד על כך בהפניה הבאה.

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה חשמלית - חדר התנגדות וחום
ערכו את הניסוי, מלאו את תוצאותיו במחשב התוצאות, ענו על השאלות במחשב המסקנות.

ד. זרם ומתח

הקשר בין עוצמת הזרם החשמלי לבין המתח החשמלי

לפניכם שתי אפשרויות ללימוד הנושא:

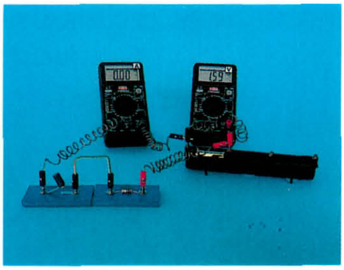
ספר הלימוד

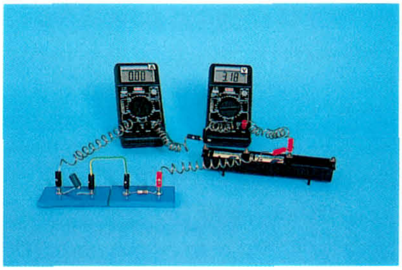
תקליטור הספר

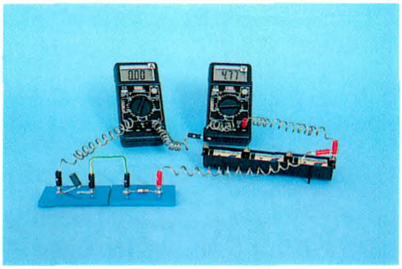
הקשר בין עוצמת הזרם לבין המתח בין קצות הנגד – הנחיות לניסוי
ערכו את הניסוי ורִשמו את תוצאות הניסוי בגיליון האלקטרוני אקסל. ענו על השאלות.

ניסוי 3 – בדיקת הקשר בין עוצמת הזרם החשמלי לבין המתח החשמלי

השתמשו בציוד הבא:
סַפָּק (או בית סוללה עם 3 סוללות של 1.5 וולט כל אחת)
נגד (מוליך המיועד למנוע מעבר של זרם גדול מדי)
מפסק (משמש לסגירת המעגל החשמלי)
אמפרמטר
וולטמטר
חוטי חיבור







חברו את הציוד באופן הבא:

- חברו בשרשרת בזה אחר זה את הרכיבים האלה: ספק, נגד, אמפרמטר. (חיבור מעגל חשמלי כזה נקרא חיבור בטור.)
- חברו את הוולטמטר לקצות הנגד כדי למדוד את המתח בין קצותיו של הנגד. (חיבור זה נקרא חיבור במקביל.)
- שימו לב למתח שמראה הוולטמטר והשוו אותו למתח של הסַפָּק.

- דאגו שפעם אחת יהיה המתח המופעל במעגל 1.5 וולט, פעם שנייה 3 וולט ופעם שלישית 4.5 וולט.
- ערכו טבלה במחברתכם שבה תרשמו את המתח החשמלי שהוולטמטר מורה כנגד עוצמת הזרם החשמלי בכל מדידה:

מתח חשמלי (וולט)	**עוצמת זרם חשמלי (אמפר)**

- מהם הגורם הקבוע בניסוי?
- מהו הגורם המשפיע?
- מהו הגורם המושפע?

שאלה 25: מהי המסקנה לגבי הקשר שבין המתח לבין הזרם החשמלי?
מן הטבלה ניתן לראות ש -
כאשר המתח החשמלי גדל פי ______, הזרם החשמלי גדל פי ______.
כאשר המתח החשמלי גדל פי ______, הזרם החשמלי גדל פי ______.

המסקנה, אם כן, היא:

כאשר המתח החשמלי גדל פי מספר מסוים, גם עוצמת הזרם החשמלי גדלה פי אותו המספר (כשההתנגדות נותרת קבועה).

ניתן לבטא קשר זה גם באופן הבא:

קיים יחס ישר בין המתח החשמלי הפועל על מוליך לבין עוצמת הזרם החשמלי העובר דרכו. (כשההתנגדות נותרת קבועה.)

שאלה 26: חיברו למוליך מקור אנרגיה חשמלי א', ועבר בו זרם בעוצמה של 2 אמפר. כאשר חיברו למוליך מקור אנרגיה ב', עבר בו זרם בעוצמה של 8 אמפר. כשחיברו את המוליך למקור אנרגיה ג', עבר בו זרם של 6 אמפר. סדרו את המקורות לפי גודל המתח, מן הקטן לגדול.

שאלה 27: במוליך עבר זרם חשמלי של 3 אמפר. המתח שהופעל על המוליך היה 9 וולט. חַשבו את עוצמת הזרם שיעבור בו כאשר המתח הוא 27 וולט, 45 וולט, 4.5 וולט, 3 וולט.

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - מגלים וממציאים: **וולטה**

ה. חוק אום

בסעיפים הקודמים גילינו שעוצמת הזרם החשמלי תלויה בשני גורמים: התנגדות המוליך שבו הזרם עובר, המתח החשמלי הפועל על הנגד.

קיבלנו את הקשרים הבאים:

- כשהמתח גדֵל פי מספר מסוים, גדֵלה עוצמת הזרם פי אותו המספר (עבור אותה התנגדות).
- כשההתנגדות החשמלית גדֵלה פי מספר מסוים, עוצמת הזרם החשמלי קטֵנה פי אותו המספר (כשהמתח נותר קבוע).

ניתן לומר גם כך:
יש יחס ישר בין עוצמת הזרם לבין המתח החשמלי הפועל על המוליך.
יש יחס הפוך בין עוצמת הזרם לבין התנגדות המוליך.

ניתן לבטא את שני הקשרים האלה באמצעות הנוסחה הבאה:

$$\textbf{עוצמת הזרם החשמלי} = \frac{\textbf{מתח חשמלי}}{\textbf{התנגדות חשמלית}}$$

לשם קיצור, נהוג לסמן את הגדלים באותיות מוסכמות:
עוצמת הזרם החשמלי - **I**.
מתח חשמלי - **V**.
התנגדות - **R**.

הקשר, כפי שהוא מבוטא באותיות אלה, ייראה כך:

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

קשר זה נקרא **חוק אום** על שם המדען הגרמני גיאורג סימון אום (Georg Simon Ohm) (1789-1854).

גיאורג סימון אום (1789-1854)

היות ובנוסחה המבטאת את חוק אום מופיעה התנגדות, יש צורך ביחידת התנגדות. יחידת התנגדות רווחת היא **אום**. היא מוגדרת באופן הבא:

אום: התנגדות של מוליך שעובר בו זרם של אמפר אחד, כאשר פועל עליו מתח של וולט אחד.

כשמשתמשים בנוסחה המבטאת את חוק אום, צריך לעשות את החישובים ביחידות הבאות:

I באמפרים (את יחידת האמפר מסמנים A);
V בוולטים (את יחידת הוולט מסמנים V);
R באומים (את יחידת האום מסמנים Ω – האות אוֹמֶגָה ביוונית).

חוק אום מאפשר לנו לדעת את עוצמת הזרם שיעבור במוליך כאשר ידועים לנו המתח וההתנגדות.

שאלה 28: כיצד אפשר להגדיל את עוצמת הזרם החשמלי כשהמתח קבוע? פי כמה גָדֵלה אז עוצמת הזרם?

שאלה 29: איך אפשר לקבל עוצמת זרם גבוהה יותר, כאשר התנגדות המוליך שהזרם עובר בו היא קבועה? פי כמה גדלה אז עוצמת הזרם?

שאלה 30: מה קורה לעוצמת הזרם כשמגדילים את המתח וגם משתמשים במוליך בעל התנגדות נמוכה יותר?

שאלה 31: מה קורה לעוצמת הזרם כשמגדילים את המתח ומשתמשים במוליך בעל התנגדות גבוהה יותר? יש שלוש אפשרויות. הסבירו.

שאלה 32: מחברים מוליך למקור אנרגיה חשמלית מסוים. במוליך עובר אז זרם של 2 אמפר. מהי עוצמת הזרם שתעבור במוליך אחר בעל התנגדות קטנה פי 4 אם נחבר את המוליך לאותו מקור אנרגיה?

שאלה 33: כשמחברים מוליך אל מקור אנרגיה של 6 וולט, עובר בו זרם של 0.5 אמפר. מהי עוצמת הזרם שיעבור במוליך כשיפעילו עליו מתח של 12 וולט?

דוגמה לחישוב זרם חשמלי באמצעות חוק אום:
על מוליך שהתנגדותו 2 אום פועל מתח חשמלי של 100 וולט. מה הזרם העובר במוליך?

פתרון:
נתונים: $\mathbf{V}$ = 100 וולט או $\mathbf{V} = 100v$
$\mathbf{R}$ = 2 אום או $\mathbf{R} = 2\Omega$

צריך לחשב: $\mathbf{I} = ?$
על פי חוק אום:

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

הצבה:

$\mathbf{I} = \frac{100\ \text{וולט}}{2\ \text{אום}}$ = 50 אמפר או $\mathbf{I} = 50A$

כלומר, עוצמת הזרם במוליך היא 50 אמפר.

שאלה 34: חיברו מקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו 40 וולט, למוליך שהתנגדותו 2 אום. חַשבו את עוצמת הזרם במוליך.

שאלה 35: חיברו למוליך מקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו 6 וולט. מה צריכה להיות התנגדות המוליך כדי שיעבור בו זרם שעוצמתו 20 אמפר?

שאלה 36: מה המתח שצריך להפעיל על מוליך שהתנגדותו 8 אום כדי שיעבור דרכו זרם בעוצמה של 160 אמפר?

שאלה 37: מוליך א' הוא בעל התנגדות של 5 אום; מוליך ב' הוא בעל התנגדות של 3 אום; מוליך ג' הוא בעל התנגדות של 2 אום. בכל פעם מחברים שני מוליכים אחרים בטור. בפעם הראשונה מחברים את א' ו-ג', בפעם השנייה מחברים את ב' ו-ג', בפעם השלישית מחברים את א' ו-ב'.
חַשבו את עוצמת הזרם בכל אחת מן הפעמים כאשר המתח המופעל הוא 70 וולט.

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - מגלים וממציאים: **אום**

מסכמים את פרק ט

- אנרגיה חשמלית נמסרת למכשירים חשמליים על ידי תנועתם של אלקטרונים במוליכים.
- תנועתם של אלקטרונים בכיוון אחד נקראת **זרם חשמלי**. (מקור אנרגיה חשמלית מעניק לאלקטרונים החופשיים תוספת אנרגיית תנועה בכיוון אחד. תוספת זו יוצרת את הזרם החשמלי.)
- **קולון** היא יחידה של מטען חשמלי.
- כמות המטען החשמלי העוברת דרך חתך רוחב של מוליך בשנייה אחת נקראת **עוצמת זרם חשמלי**.
- אמפר היא יחידה של עוצמת זרם חשמלי.
אמפר: עוצמת זרם של קולון אחד העובר בשנייה אחת.
- כאשר מחברים מוליכים זה אל זה - סופו של הראשון מחובר לתחילתו של השני, סופו של השני מחובר לתחילתו של השלישי וכך הלאה - ההתנגדות הכוללת של החיבור היא סכום ההתנגדויות של המוליכים. חיבור של מוליכים באופן כזה נקרא **חיבור בטור**.
- מבטאים את ההבדל בין חוזקם של מקורות אנרגיה חשמליים שונים באמצעות גודל פיזיקלי הנקרא **מתח חשמלי**. כאשר למקור חשמלי יש מתח גדול יותר, הוא דוחף את האלקטרונים שבמוליך חזק יותר.
- **וולט** היא יחידה של מתח חשמלי.
- **חוק אום**: $\text{עוצמת הזרם החשמלי} = \frac{\text{המתח החשמלי}}{\text{ההתנגדות החשמלית}}$
- **אום** היא יחידה של התנגדות.
אום: התנגדות מוליך שעובר דרכו זרם בעוצמה של אמפר אחד, כשפועל עליו מתח של וולט אחד.

שואלים את עצמנו - פרק ט

א. גלגולים לאנרגיה חשמלית וממנה

1. ציינו את גלגולי האנרגיה בתהליכים הבאים:
   א. מחוגי שעון הפועל על סוללה חשמלית, נעים.
   ב. בתחנת חשמל המופעלת בפחם, החום המתקבל משריפת הפחם מנוצל להנעת טורבינה המייצרת חשמל. החשמל עובר לבית ומנוצל לחימומו של סדין חשמלי.
   ג. משאבה חשמלית מעלה מים מבאר אל בניין גבוה.
   ד. מעלית המופעלת בחשמל מעלה אנשים במעלה בניין.

2. רשמו שלוש דוגמאות למכשירים המופעלים באמצעות אנרגיה חשמלית וציינו את גלגולי האנרגיה המתחוללים בהם.

3. לפניכם מספר משפטים על האנרגיה החשמלית. מהו המשפט הנכון?
   א. היא נמסרת למכשירים חשמליים באמצעות חום העובר מתחנת החשמל אל המכשיר המתאים דרך השקע החשמלי.
   ב. היא נמסרת למכשירים החשמליים באמצעות תנועתם של אלקטרונים.
   ג. היא נמסרת למכשירים חשמליים באמצעות תנועתם של אטומים נייטרליים.
   ד. היא נמסרת באמצעות אנרגיה כימית.

4. לעתים משתמשים בסוללות חשמליות כמקור אנרגיה חשמלית ולא בתחנת החשמל. הסבירו מדוע ולַוו את הסברכם בדוגמאות.

ב. האלקטרונים והזרם החשמלי

5. מה קורה לאלקטרונים כתוצאה מהפעלתו של מקור אנרגיה חשמלי על מוליך?
   א. הם מקבלים תנועה אקראית, זאת אומרת תנועה בכל הכיוונים.
   ב. נוספת להם אנרגיית תנועה שכיוונה מן הקוטב השלילי של המקור אל הקוטב החיובי שלו.
   ג. הם מתחממים.
   ד. כל האלקטרונים נעים רק בכיוון אחד - מן הקוטב השלילי של המקור אל הקוטב החיובי שלו.

6. כיצד זרם חשמלי שעובר במוליך גורם להתחממותו של המוליך?
   א. האלקטרונים שבזרם החשמלי מתנגשים עם אטומי המוליך ומגבירים את מהירות תנודתם.
   ב. האלקטרונים שבזרם החשמלי מתנגשים עם אטומי המוליך ונעלמים, ובמקומם מופיע חום העובר לאטומי המוליך.
   ג. האלקטרונים שבזרם חמים יותר מן האטומים, והם מעבירים את חומם לאטומים.
   ד. האלקטרונים שבזרם מתפרקים כתוצאה מהתנגשותם עם אטומי המוליך ומשחררים עקב כך חום רב, העובר לאטומים.

7. זרם חשמלי הוא (סמנו את המשפט הנכון):
   א. תנועה של אלקטרונים באותו הכיוון.
   ב. אנרגיה חשמלית.
   ג. כמות האלקטרונים הכוללת העוברת במוליך.
   ד. תנועה של אטומים באותו הכיוון.

8. קולון הוא (סמנו את המשפט הנכון):
   א. יחידת זרם חשמלי שהגדרתה: יחידת מטען של מיליון אלקטרונים העוברת בשנייה אחת.
   ב. יחידת מטען שגודלה הוא כגודל מטענם של מיליון אלקטרונים.
   ג. כמות מטען שגודלה כגודל מיליארדים רבים של מטעני אלקטרון.
   ד. יחידה גדולה של אנרגיה חשמלית.

9. אמפר הוא:
   א. יחידת מטען שגודלה הוא כגודל מטען האלקטרון.
   ב. יחידת זרם כלשהו, לאו דווקא חשמלי.
   ג. יחידת זרם חשמלי שמשמעותה מטען של אלקטרון אחד העובר בשנייה אחת.
   ד. יחידת זרם חשמלי שמשמעותה מטען של קולון אחד העובר בשנייה אחת.

10. כדי לחשב את הזרם החשמלי באמפרים -
   א. כופלים את כמות המטען בקולונים בכמות הזמן שבו הם עוברים.
   ב. מחלקים את כמות המטען בקולונים בכמות הזמן בדקות.
   ג. מחלקים את כמות המטען בכמות הזמן, ואין זה חשוב כלל באילו יחידות משתמשים.
   ד. מחלקים את כמות המטען בקולונים בכמות הזמן בשניות.

11. במוליך עובר מטען חשמלי של 200 קולון במשך דקה ו-40 שניות. חשבו את עוצמת הזרם העובר במוליך באמפרים.

12. בתנור חשמלי עובר זרם של 20 אמפר. חשבו מה כמות המטען בקולונים שתעבור בתנור החשמלי במשך 4 שעות.

13. במקלט טלוויזיה גדול עוברת כמות מטען של 200 קולון במשך 6 דקות ו-40 שניות. במקלט טלוויזיה קטן עובר מטען של 360 קולון במשך שעה.
א. חשבו את עוצמת הזרם העובר בכל אחד ממקלטי הטלוויזיה.
ב. כמה זמן צריך להפעיל את מקלט הטלוויזיה הקטן עד שתעבור בו כמות מטען השווה לזאת שעוברת בטלוויזיה הגדולה במשך שעה?

14. במקלט רדיו עובר זרם של 0.05 אמפר. במחשב עובר זרם של 0.7 אמפר. כמה זמן צריך הרדיו לפעול כדי שתעבור בו אותה כמות מטען שעוברת במחשב במשך שעתיים?

15. הברק הוא זרם חשמלי העובר באוויר בין העננים לבין עצמם או בין העננים לאדמה. ברק עשוי להימשך כאלפית שנייה. מהי עוצמת הזרם של ברק כזה, אם עוברת בו כמות מטען של 200 קולון?

+16. אלקטרוליזה היא שיטה להפקת מימן וחמצן ממים באמצעות העברת זרם חשמלי דרך המים. יש להעביר במים מטען של 9,600 קולון בשביל כל 0.1 גרם מימן שמתקבל. כמה זמן תימשך אלקטרוליזה לקבלת 0.5 גרם מימן אם נשתמש בזרם של 4 אמפר?

ג. זרם והתנגדות

הקשר בין עוצמת הזרם החשמלי לבין ההתנגדות החשמלית

17. מחברים מוליך למקור אנרגיה חשמלית בעל מתח קבוע. מה קורה לזרם החשמלי כאשר מחברים אליו מוליך בעל התנגדות גבוהה יותר? בחרו במשפט הנכון.
א. הזרם החשמלי נעשה קטן פי אותו המספר שההתנגדות גדלה.
ב. הזרם החשמלי נעשה גדול פי אותו המספר שההתנגדות גדלה.
ג. הזרם החשמלי גדל, אולם לא פי אותו המספר שההתנגדות גדלה.
ד. אין שינוי בעוצמת הזרם החשמלי העובר במוליך.

שימו לב: הסימן + לצד השאלה מציין שהיא קשה.

18. נתונים מוליכים שהתנגדויותיהם זהות. כאשר מחברים מוליך יחיד למקור, עובר בו זרם של 10 אמפר. חשבו את הזרם העובר בכל אחד מן המקרים הבאים:
א. מוליך המורכב מ-2 מוליכים המחוברים בטור.
ב. מוליך המורכב מ-10 מוליכים המחוברים בטור.
ג. מוליך המורכב מ-5 מוליכים המחוברים בטור.
ד. מוליך המורכב מ-4 מוליכים המחוברים בטור.

19. כשמחברים מוליך שהתנגדותו 5 אום למקור אנרגיה חשמלית בעל מתח מסוים, עובר בו זרם של 20 אמפר. מה תהיה התנגדותו של מוליך שמחברים לאותו מקור אנרגיה חשמלית בלי לשנות את המתח, כדי שיעבור בו זרם של:
א. 10 אמפר.
ב. 2 אמפר.
ג. 40 אמפר.
ד. 100 אמפר.

ד. זרם ומתח

הקשר בין עוצמת הזרם החשמלי לבין המתח החשמלי

20. מחברים מוליך נתון למקור אנרגיה חשמלית. מגדילים את מתח מקור האנרגיה החשמלית. איזה מבין המשפטים נכון, בתנאי שאין משנים את התנגדות המוליך?
א. הזרם החשמלי העובר דרך המוליך איננו משתנה.
ב. הזרם החשמלי קטן פי המספר שבו המתח גדל.
ג. הזרם החשמלי גדל פי המספר שבו המתח גדל.
ד. הזרם החשמלי גדל, אך לא פי המספר שבו המתח גדל.

21. מחברים מוליך אל מקור אנרגיה חשמלית של 12 וולט. הזרם העובר דרכו הוא 2 אמפר. נתונים מקורות אנרגיה חשמלית בעלי המתחים הבאים: 48 וולט, 60 וולט, 120 וולט, 6 וולט, 1.5 וולט. חשבו את עוצמת הזרם החשמלי שיעבור במוליך כשנחבר אותו לכל אחד מן המקורות החשמליים הנ"ל, בכל פעם למקור אחר.

22. מחברים מוליך למקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו 6 וולט ועובר דרכו זרם של 3 אמפר. מהו הזרם החשמלי שיעבור במוליך כאשר נחברו לכל אחד מן המקורות החשמליים הבאים, בכל פעם למקור אחר:
א. מקור חשמלי שהמתח שלו 12 וולט.
ב. מקור חשמלי שהמתח שלו 3 וולט .
ג. מקור חשמלי שהמתח שלו 24 וולט.

ה. חוק אום

23. רק אחד מן המשפטים הבאים נכון. מהו?
   א. יש יחס ישר בין עוצמת הזרם לבין ההתנגדות ויחס הפוך בין עוצמת הזרם לבין המתח.
   ב. יש יחס ישר בין עוצמת הזרם לבין ההתנגדות ויחס ישר בין עוצמת הזרם לבין המתח.
   ג. יש יחס הפוך בין עוצמת הזרם לבין ההתנגדות ויחס הפוך בין עוצמת הזרם לבין המתח.
   ד. יש יחס הפוך בין עוצמת הזרם לבין ההתנגדות ויחס ישר בין עוצמת הזרם לבין המתח.

24. מחברים מוליך שהתנגדותו 4 אום למקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו 24 וולט. חשבו את עוצמת הזרם העוברת במוליך.

25. התנגדותה של נורה חשמלית היא 10 אום. מחברים אותה למקור מתח של 6 וולט. מהי עוצמת הזרם שעוברת בנורה?

26. התנגדותו של מוליך היא 6 אום. איזה מתח יש להפעיל עליו כדי שיעבור בו זרם של 8 אמפר?

27. המתח של מקור אנרגיה חשמלית הוא 48 וולט. מה צריכה להיות התנגדותו של מוליך שיחובר אל המקור כדי שעוצמת הזרם שיעבור דרכו תהיה 2 אמפר?

28. בטבלה הבאה רשומים הנתונים של מוליכים שונים. כל שורה מציינת מוליך אחר. מלאו את החסר בטבלה.

המתח על המוליך	התנגדות המוליך	עוצמת הזרם העובר במוליך
6 וולט	6 אום	
60 וולט	10 אום	
12 וולט	24 אום	
50 וולט	5 אום	
	0.5 אום	3 אמפר
	2 אום	0.5 אמפר
12 וולט		4 אמפר
60 וולט		12 אמפר
10 וולט		0.5 אמפר

29. התנגדותו של פנס כיס היא 3 אום. הוא מופעל באמצעות סוללה חשמלית שהמתח שלה הוא 9 וולט. חשבו את עוצמת הזרם העוברת בפנס כשהוא פועל.

30. נורה חשמלית מחוברת למקור האנרגיה החשמלית הביתי שהמתח שלו 230 וולט. הזרם העובר בנורה כשהיא פועלת הוא 0.5 אמפר. חשבו את התנגדות הנורה.

31. התנגדותו של פנס היא 10 אום. איזה מתח חשמלי יש להפעיל עליו כדי שיעבור דרכו זרם של 4 אמפר?

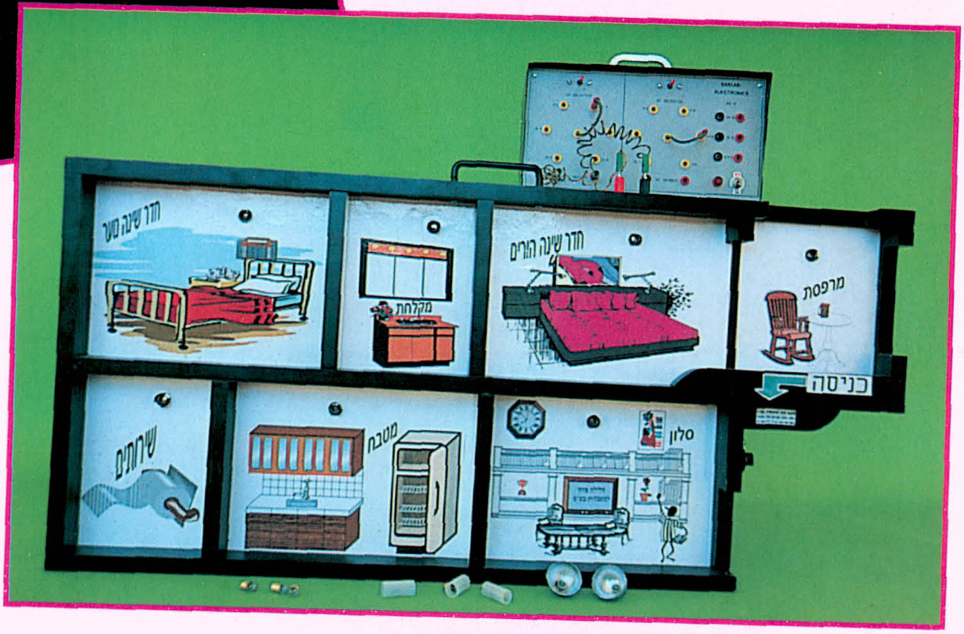
32. הזרם החשמלי הכולל המרבי שמותר לצרוך בבית באותו זמן הוא 40 אמפר. מתח החשמל הביתי הוא 230 וולט. בבית פועל מייבש כביסה שהתנגדותו 10 אום. אילו מבין המכשירים הבאים מותר להפעיל עם מייבש הכביסה: דוד חימום חשמלי שהתנגדותו 20 אום; מכונת כביסה שהתנגדותה 10 אום; תנור חשמלי שהתנגדותו 23 אום.

תשובות מספריות
ל"שואלים את עצמנו", פרק ט

11. 2 אמפר.
12. 288,000 קולון.
13. א. מקלט טלוויזיה גדול: 0.5 אמפר.
    מקלט טלוויזיה קטן: 0.1 אמפר.
    ב. 5 שעות.
14. 28 שעות (100,800 שניות).
15. 200,000 אמפר.
16. 3 שעות ו-20 דקות (12,000 שניות).
18. א. 5 אמפר; ב. 1 אמפר; ג. 2 אמפר; ד. 2.5 אמפר.
19. א. 10 אום; ב. 50 אום; ג. 2.5 אום; ד. 1 אום.
21. במתח של 48 וולט - 8 אמפר. במתח של 60 וולט - 10 אמפר.
    במתח של 120 וולט - 20 אמפר. במתח של 6 וולט - 1 אמפר.
22. א. 6 אמפר; ב. 1.5 אמפר; ג. 12 אמפר.
24. 6 אמפר.
25. 0.6 אמפר.
26. 48 וולט.
27. 24 אום.
28. הטבלה המלאה:

המתח על המוליך	התנגדות המוליך	עוצמת הזרם העובר במוליך
6 וולט	6 אום	1 אמפר
60 וולט	10 אום	6 אמפר
12 וולט	24 אום	0.5 אמפר
50 וולט	5 אום	10 אמפר
1.5 וולט	0.5 אום	3 אמפר
1 וולט	2 אום	0.5 אמפר
12 וולט	3 אום	4 אמפר
60 וולט	5 אום	12 אמפר
10 וולט	20 אום	0.5 אמפר

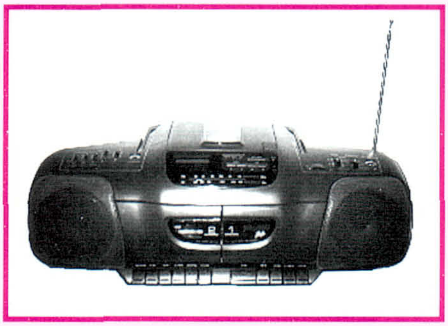
29. 3 אמפר.
30. 460 אום.
31. 40 וולט.
32. דוד חימום או תנור חשמלי.



חדר שינה נער
מקלחת
חדר שינה הורים
מרפסת
כניסה
שירותים
מטבח
סלון

פרק י

מה קובע את כמות האנרגיה החשמלית?



א. שימור המטען החשמלי / 292

ב. מטען ואנרגיה חשמלית / 294

הקשר בין כמות המטען החשמלי לבין האנרגיה החשמלית

ג. מתח ואנרגיה חשמלית / 297

הקשר בין המתח החשמלי לבין האנרגיה החשמלית

ד. חישוב כמות האנרגיה החשמלית / 298

ה. הספק האנרגיה החשמלית / 301

ו. חיבור מקורות אנרגיה חשמליים / 305

ז. חיבור מכשירים במעגל חשמלי / 306

א. שימור המטען החשמלי

האנרגיה החשמלית מתגלגלת במכשירים חשמליים באמצעות זרם של אלקטרונים הטעונים במטען חשמלי שלילי. הזרם החשמלי עובר בתוך מוליכים המצויים במכשירים החשמליים ומפעיל אותם.
זרם חשמלי משמעו מעבר מטענים חשמליים ממקום למקום.

שאלה 1: האם, לדעתכם, כמות המטען הכוללת במעגל חשמלי משתנה עקב תנועת המטענים? מהי השערתכם? על מה היא מתבססת?

ניסוי 1

תכננו ניסוי לבדיקת השערתכם. ערכו את רשימת הציוד שאתם זקוקים לו.
קבלו אישור מהמורה לביצוע הניסוי שתכננתם.

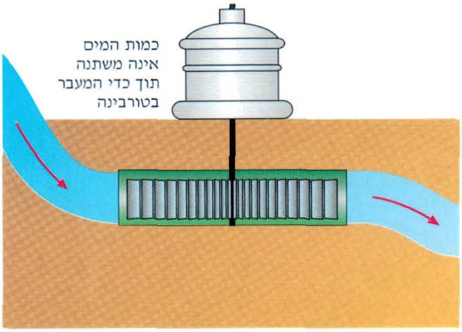
שאלה 2: מהן תוצאות הניסוי?

שאלה 3: מהן מסקנות הניסוי?

כמות המטען החשמלי איננה משתנה תוך כדי המעבר במעגל.
מטען איננו נוצר מעצמו וגם איננו מתכלה.
כלל זה נקרא **כלל שימור המטען החשמלי**.

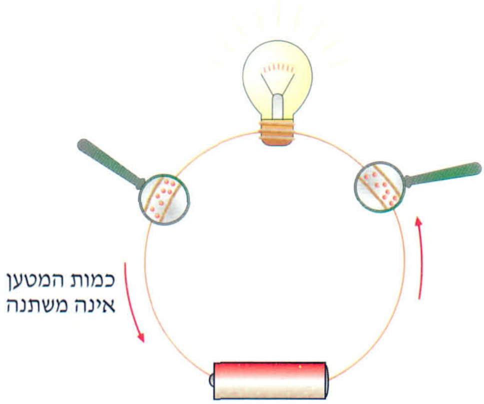
אם כמות המטען החשמלי אינה משתנה תוך כדי המעבר שלה בנורה החשמלית, איך קורה שהנורה מאירה? מה נמסר לנורה תוך כדי מעבר המטען החשמלי בה? לנורה נמסרת אנרגיה חשמלית. אנרגיה זו מתגלגלת לאנרגיית אור ולאנרגיית חום.

לְמה הדבר דומה? תארו לכם מפל מים. מים נופלים מראש המפל, ובהגיעם לרגליו הם מניעים טורבינה וגורמים לסיבובה. במקרה זה נמסרת אנרגיה מן המים הנעים אל הטורבינה. המים אמנם מוסרים אנרגיה לטורבינה, אולם אם נמדוד את **כמות המים** לפני שפגעו בטורבינה ואת כמות המים אחרי שגרמו להנעת הטורבינה, נמצא שהכמות לא השתנתה.



מהו גלגול האנרגיה באיור?
מה נותר קבוע למרות שנמסרה אנרגיה?

האלקטרונים נושאי המטען החשמלי מוסרים כל העת אנרגיה חשמלית למכשירים במעגל. למרות זאת, האנרגיה החשמלית שמוסרים האלקטרונים בכל שנייה אינה פוחתת. מדוע? מקור האנרגיה החשמלית – תחנת החשמל או הסוללה – הוא המספק אנרגיה למכשירים כל עוד המעגל החשמלי פועל. הדבר נעשה על ידי משיכת האלקטרונים לקוטב אחד ודחיפתם מהקוטב השני של החיבור לרשת או לסוללה. כל עוד מקור האנרגיה מחובר ופועל, האנרגיה החשמלית שהאלקטרונים מוסרים במעגל בכל שנייה איננה פוחתת.



מהו גלגול האנרגיה באיור?
מה נותר קבוע למרות שנמסרה אנרגיה?

עבור האנרגיה החשמלית המתגלגלת אנו משלמים לחברת החשמל לפי הכמות שאנו מגלגלים. ככל שהכמות גְדֵלה, אנו משלמים יותר. לכן, חיסכון בצריכת אנרגיה חשמלית בבית פירושו גם חיסכון בכסף.

לגלגול אנרגיה חשמלית אנחנו קוראים גם "צריכת אנרגיה חשמלית". (חברת החשמל מכנה זאת בשם צריכת חשמל, או סתם צריכה).
אנחנו צורכים אנרגיה חשמלית, אך לעומת זאת איננו צורכים מטען חשמלי ואיננו משלמים בעדו, משום שהמטען החשמלי נותר כפי שהוא ואינו מתגלגל לדבר מה אחר. איננו משתמשים כלל במטען החשמלי, רק באנרגיה הנמסרת באמצעותו.

שאלה 4: צריכת אנרגיה חשמלית משמעותה -

א. שינוי כמות המטען החשמלי.
ב. צריכת מטענים חשמליים.
ג. צריכת אלקטרונים.
ד. גלגול אנרגיה חשמלית.

שאלה 5: חוק שימור המטען החשמלי משמעותו -

א. כמות המטען המתבזבזת במעגל שווה לכמות המטען הנוצרת בו.
ב. כמות המטען החשמלי נשמרת בסוללות או בספָּק.
ג. המטען החשמלי אינו משתנה בזמן מעברו במעגל החשמלי, וכמותו נשמרת.
ד. המטען החשמלי מתגלגל לאנרגיה חשמלית.

העשרה בסוף הפרק (עמ' 317)

באילו יחידות מודדים לנו את צריכת האנרגיה החשמלית?

ב. מטען ואנרגיה חשמלית

הקשר בין כמות המטען החשמלי לבין האנרגיה החשמלית

בניסוי הבא ננסה למצוא באמצעות חימום מים את הקשר בין כמות המטען החשמלי לבין האנרגיה החשמלית המתגלגלת.

ניסוי 2 – הקשר בין כמות המטען החשמלי לבין האנרגיה החשמלית המתגלגלת

נחמם מסה של 100 גרם מים ונבדוק בכמה עלתה הטמפרטורה שלהם. בניסוי נניח שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום של המים. למדתם שניתן לחשב את אנרגיית החום E_Q, הנמסרת לגוף שמסתו **m**, על פי חומו הסגולי **c** והפרש הטמפרטורות ΔT, באופן הבא:

$E_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$. הנוסחה נכונה רק במקרים שבהם אנרגיית חום איננה גורמת לשינוי מצב צבירתו של הגוף. החום הסגולי של המים, **c**, הוא 4,200 ג׳ול לקילוגרם למעלה.

השתמשו בציוד הזה:
חמם חשמלי - מכשיר המתחמם כשמחברים אותו למקור אנרגיה חשמלית
קלורימטר - כלי מבודד שניתן להכניס לתוכו נוזלים
סַפָּק 3V
חוטי חיבור
מד-טמפרטורה
בוחש לבחישת המים בקלורימטר

מהלך הניסוי

- הַכניסו אל תוך הקלורימטר 100 גרם מים. כמות המים תישאר קבועה בכל מהלך הניסוי.
- הכניסו את מד-הטמפרטורה אל הפתח המתאים לו בקלורימטר ומדדו את טמפרטורת המים לפני תחילת החימום. רִשמו טמפרטורה זו.
- חברו את האמפרמטר, כך שימדוד את עוצמת הזרם העובר אל החמם החשמלי. זרם זה יישאר קבוע כל מהלך הניסוי.

- חברו את החמם אל ספק המתח, בחלק שבו רשום DC, לשקע שבו מסומן 3V. כל עת הניסוי יישאר המתח קבוע.
- מדדו את הטמפרטורה כל דקה במשך 6 דקות.
- באמצעות הבוחש, ערבבו את המים כל עת הניסוי (או טלטלו את המערכת בעדינות במשך כל הניסוי).

רישום הממצאים במחברת ועיבוד התוצאות

- השלימו את הנתונים הקבועים בניסוי:

מסת המים: **m =**

הטמפרטורה ההתחלתית: **Ti =**

עוצמת הזרם: **I =**

- השלימו את הטבלה במחברת:

חשבו את כמות המטען **q**.

חשבו את עליית הטמפרטורה **ΔT**.

הציבו בנוסחה $E_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ לחישוב כמות אנרגיית החום שהמים קיבלו.

t זמן חימום (שנייה)	**q = I•t** כמות המטען (קולון)	**T** הטמפרטורה (מעלת צלזיוס)	**ΔT** עליית הטמפרטורה (מעלת צלזיוס)	E_Q אנרגיית החום (ג'ול) השווה לאנרגיה החשמלית **Ee**
60				
120				
180				
240				
300				
360				

- מדוע מותר להניח שכמות אנרגיית החום שקיבלו המים שווה לכמות האנרגיה החשמלית שהושקעה בחמם?
- מדוע היה צריך לבחוש במשך כל מהלך הניסוי?

עִרכו טבלה חדשה באופן הבא:

t זמן (דקה)	q כמות המטען (קולון)	פי כמה גדלה כמות המטען ביחס לכמותו אחרי דקה	Ee כמות האנרגיה החשמלית (ג'ול)	פי כמה גדלה כמות האנרגיה החשמלית ביחס לכמותה אחרי דקה	היחס בין האנרגיה לכמות המטען $\frac{Ee}{q}$
1		1		1	
2					
3					
4					
5					
6					

שאלה 6: מהם הגורמים הקבועים במהלך הניסוי?

שאלה 7: מהי המסקנה מהניסוי לגבי הקשר בין האנרגיה החשמלית לבין כמות המטען החשמלי? מי משני הגדלים האלה הוא הגורם המשפיע ומיהו הגורם המושפע?

בהנחה שכל האנרגיה החשמלית התגלגלה לאנרגיית חום, ניתן לומר שקיים הקשר הבא בין האנרגיה החשמלית המתגלגלת לבין כמות המטען החשמלי:

כאשר כמות המטען החשמלי גדלה פי מספר מסוים, גם האנרגיה החשמלית המתגלגלת גדלה פי אותו המספר (כל עוד המתח נשאר קבוע).

ג. מתח ואנרגיה חשמלית
הקשר בין המתח החשמלי לבין האנרגיה החשמלית

במדידות רבות נמצא שאם עוברת במעגל אותה כמות מטען חשמלי, האנרגיה החשמלית המתגלגלת גְדֵלה כאשר מגדילים את המתח. כלומר, האנרגיה החשמלית גְדֵלה פי אותו המספר שבו מגדילים את המתח.
לדוגמה: להפעלת מכשיר חשמלי משתמשים במתח של 2 וולט. אם ישתמשו במתח של 6 וולט בלי לשנות את כמות המטען החשמלי העוברת במעגל, תתגלגל במכשיר אנרגיה חשמלית הגדולה פי 3.

נוכל, אם כן, לנסח את הקשר שבין האנרגיה החשמלית לבין המתח החשמלי באופן הבא:

כאשר מגדילים את המתח החשמלי פי מספר מסוים, (בלי לשנות את כמות המטען החשמלי העוברת במעגל) האנרגיה החשמלית המתגלגלת גְדֵלה גם היא פי אותו המספר.

ד. חישוב כמות האנרגיה החשמלית

בסעיף זה נאחד את שני הקשרים שאותם ניסחנו למעלה - האחד בין האנרגיה החשמלית המתגלגלת לבין כמות המטען החשמלי והשני בין האנרגיה החשמלית המתגלגלת לבין המתח החשמלי. לצורך הקיצור והנוחות נשתמש באותיות.

נסמן:
מתח - **V**.
כמות המטען החשמלי - **q**.
גודל הזרם החשמלי - **I**.
האנרגיה החשמלית המתגלגלת - **Ee**.

ניסוח שני הקשרים שלמעלה ייראה עתה כך:
- כאשר **q** גֵדל פי מספר מסוים, גם **Ee** גדֵלה פי אותו המספר (כל עוד **V** נשאר קבוע).
- כאשר מגדילים את **V** פי מספר מסוים (בלי לשנות את **q**), גדֵלה גם **Ee** פי אותו המספר.

את הקשר המדויק שבין האנרגיה החשמלית המתגלגלת לבין כמות המטען החשמלי והמתח החשמלי אפשר לבטא בנוסחה הבאה:

כמות המטען • המתח = האנרגיה החשמלית

ובאותיות:

$$Ee = V \cdot q$$

כדי לקבל את האנרגיה בג'ולים בנוסחה זו, יש לבטא:
q - בקולונים;
V - בוולטים.

מנוסחת הביטוי לאנרגיה החשמלית עולה כי כאשר מגדילים גם את המתח החשמלי וגם את כמות המטען העוברת דרך מוליך, מתגלגלת בו אנרגיה חשמלית גדולה יותר.
היא גדלה על פי המכפלה $V \cdot q$.
למשל: אם המתח גדל פי 6 ואילו כמות המטען גדלה פי 4, האנרגיה החשמלית המתגלגלת גדלה פי 24 (4 • 6).

מנוסחה זו מתקבל גם ביטוי למתח: $V = \frac{Ee}{q}$

שאלה 8: התבוננו שוב בטבלאות של ניסוי 2. מהו היחס בין האנרגיה החשמלית לבין כמות המטען? האם יחס זה שווה למתח בכל ניסוי?

מכאן שהמתח הוא כמות אנרגיית החום הנפלטת כאשר כמות מטען חשמלי של קולון אחד עוברת במעגל.

למעשה, זוהי הגדרה נוספת למתח החשמלי.
מתח: כמות אנרגיית החום הנפלטת בעת מעבר של כמות מטען בת קולון אחד.

נוכל אפוא להתבונן במתח מכמה נקודות מבט. מצד אחד, המתח הוא ביטוי לחוזקו של מקור חשמלי: כאשר למקור חשמלי יש מתח גדול יותר, הוא דוחף את האלקטרונים שבמוליך חזק יותר. מצד שני, אפשר לראות את המתח ככמות אנרגיית החום המשתחררת כאשר קולון אחד של מטען עובר במעגל. אין סתירה בין שתי הגישות, ואפשר לאמץ אחת בלבד.

מקור האנרגיה החשמלית הביתי הוא בעל מתח קבוע. בישראל, ערכו הוא 230 וולט. בארצות הברית ערכו 110 וולט. איך בכל זאת מקבלים כמויות שונות של אנרגיה חשמלית מאותו המתח? עושים זאת על ידי שינוי כמות המטען העוברת. ככל שכמות המטען תגדל, תגדל עמה גם האנרגיה החשמלית.

ניתן להגדיל את כמות המטען העוברת בשתי דרכים: דרך אחת היא הקטנת התנגדות המוליך (אז גדלה עוצמת הזרם החשמלי, שהיא כמות המטען ליחידת זמן). לדוגמה, מכשירים המיוצרים עבור מתח של 110 וולט - התנגדותם לרוב קטנה מהתנגדות מכשירים המיוצרים עבור מתח של 230 וולט.

דרך שנייה היא הגדלת משך הזמן של מעבר המטען. לדוגמה: בקנקן חשמלי עובר זרם חשמלי בעוצמה קבועה בכל זמן פעולתו. נניח שאתם רוצים להרתיח מים לכוס אחת של תה בקנקן החשמלי. לעומת זאת, נניח שבאים אליכם שני חברים, ואתם רוצים להרתיח מים לשלוש כוסות. במקרה השני תזדקקו כמובן לאנרגיה חשמלית רבה יותר. מאחר שהמתח קבוע, תוכלו להשיג אנרגיה זאת על ידי העברת מטען בכמות גדולה יותר. מניסיונכם, אתם יודעים שעושים זאת על ידי הפעלת הקנקן במשך זמן רב יותר.

שאלה 9: הסבירו כיצד הזמן הארוך יותר גורם למעבר מטען חשמלי בכמות גדולה יותר.

שאלה 10: על מוליך א' מופעל מתח חשמלי של 9 וולט. עוברת דרכו כמות מטען של 5 קולון. על מוליך ב' מופעל אותו המתח, אולם כמות המטען שעוברת דרכו היא 30 קולון. באיזה מהמוליכים מתגלגלת אנרגיה חשמלית גדולה יותר ופי כמה?
ענו על שאלה זו בשתי דרכים.

שאלה 11: על מוליך א' מופעל מתח חשמלי של 6 וולט. כמות המטען שעוברת דרכו היא 10 קולון. על מוליך ב' פועל מתח של 3 וולט, וכמות המטען שעוברת דרכו היא זהה, 10 קולון. באיזה מוליך מתגלגלת אנרגיה חשמלית רבה יותר ופי כמה?

שאלה 12: על מוליך א' מופעל מתח חשמלי של 6 וולט. עובר דרכו מטען בכמות של 20 קולון. על מוליך ב' מופעל מתח של 24 וולט, ועוברת דרכו כמות מטען של 60 קולון. באיזה מוליך מתגלגלת יותר אנרגיה חשמלית ופי כמה?

אפשר לבטא את נוסחת האנרגיה החשמלית גם באמצעות המתח, הזרם החשמלי והזמן: כזכור, עוצמת הזרם החשמלי היא כמות המטען החשמלי העוברת בשנייה אחת.

$$I = \frac{q}{t} \quad \text{לכן} \quad q = I \bullet t$$

אם נציב במקום **q** בנוסחת האנרגיה החשמלית את **I • t**, נקבל:

$$Ee = V \bullet I \bullet t$$

כאשר: **V** - בוולטים, **I** - באמפרים, **Ee** - בג'ולים, **t** - בשניות.

שאלה 13:

המתח החשמלי - 24 וולט,
הזרם החשמלי - 1 אמפר.

המתח החשמלי - 3 וולט,
הזרם החשמלי - 0.5 אמפר.

מה יעלה יותר - להפעיל את הרדיו הגדול במשך 10 דקות
או להפעיל את הרדיו הקטן במשך 100 דקות?

האם די בידיעת כמות האנרגיה החשמלית לבדה? לעתים חשוב לא פחות, ואולי אף יותר, לדעת גם מה **הקצב** שבו מספקים אנרגיה זו. בכך נעסוק בסעיף הבא.

ה. הֶספק האנרגיה החשמלית

הספק הוא קצב האנרגיה המתגלגלת. במילים אחרות: הספק הוא כמות האנרגיה המתגלגלת בשנייה אחת. האנרגיה יכולה להיות אנרגיית תנועה, אנרגיית גובה או כל סוג אנרגיה אחר. מובן שאנרגיה זו יכולה להיות גם אנרגיה חשמלית.
להספק האנרגיה החשמלית נקרא **הספק חשמלי**.

בתוך מכשיר חשמלי מתגלגלת אנרגיה חשמלית המגיעה אליו ממקור האנרגיה שאליו הוא מחובר. ההספק החשמלי של המכשיר רשום בדרך כלל על גבו.

לדוגמה: על נורת ליבון רשום הספק של 150 ואט. משמעות המספר היא שכאשר מחברים את הנורה לשקע החשמלי, היא מקבלת (מתחנת החשמל) אנרגיה חשמלית בהספק של 150 ואט. אין זה הספק אנרגיית האור הנפלט מן הנורה. הספק אנרגיית האור קטן בהרבה (רק 5-10 אחוזים) מהספק האנרגיה החשמלית.

לשם מה חשוב לדעת את ההספק החשמלי? יש לכך סיבות שונות. נמנה שתיים מהן:

1. חברת החשמל מתירה לנו להשתמש בבתים בהספק מוגבל של אנרגיה חשמלית. במילים אחרות, מותר לנו לצרוך אנרגיה חשמלית עד קצב מסוים, כלומר עד הספק מסוים ולא מעבר לו. אם אנו משתמשים בהספק גדול מן המותר, ניתקת אספקת האנרגיה החשמלית באופן אוטומטי באמצעות נתיך קופץ. כדי לא לעבור ערך זה, חשוב לדעת את הספקי המכשירים שבהם אנו משתמשים.

2. במכשירים רבים אנו עושים שימוש בסוללות (מקלטי רדיו קטנים, מחשבונים, פנסים ועוד). האנרגיה החשמלית הכוללת שסוללה מסוגלת לספק היא מוגבלת. כדאי לדעת את הספקי המכשירים שבהם אנו משתמשים, כדי לתכנן את השימוש בסוללות ובמכשירים. נניח, למשל, שאנו יוצאים לטיול. אנו לוקחים עמנו מכשירים חשמליים מיטלטלים: פנסים, ווקמנים, מקלט רדיו, מקלט טלוויזיה מיטלטל ועוד. אם נדע את הספקי המכשירים, נוכל לתכנן כמה סוללות לרכוש ומאיזה סוג. (סוללות שונות מסוגלות לספק אנרגיה בכמויות שונות.) ידיעת הספקי המכשירים תאפשר לנו לדעת מהו משך הפעלתו של מכשיר מסוים עד שהסוללות "ייגמרו", זאת אומרת, עד שלא ניתן עוד לקבל מהן אנרגיה חשמלית.

שאלה 14: מדוע, לדעתכם, מגבילה אותנו חברת החשמל בהספק האנרגיה החשמלית?

כיצד נחשב את ההספק החשמלי?
ראינו שמחשבים הספק על ידי חילוק כמות האנרגיה המתגלגלת בזמן שבו היא התגלגלה (בשניות).
ביטאנו זאת בנוסחה הבאה:

$$P = \frac{E}{t}$$

P - ההספק בוואטים.
t - הזמן בשניות.
E - האנרגיה המתגלגלת.

מן הסעיף הקודם ידוע לנו שהאנרגיה החשמלית מבוטאת על ידי הביטוי הבא:

$$E_e = V \cdot I \cdot t$$

על פי נוסחת ההספק נוכל, אם כך, לקבל ביטוי להספק האנרגיה החשמלית:

$$P = V \cdot I$$

ובמילים: **עוצמת הזרם • מתח = ההספק החשמלי**

שאלה 15: הסבירו כיצד התקבל הביטוי.

שאלה 16: האם ההספק החשמלי גדול יותר או קטן יותר כשעוצמת הזרם החשמלי (עבור אותו המתח) גדלה? פי כמה? הסבירו.

שאלה 17: מצנם (טוסטר) ונורה חשמלית מחוברים למתח הביתי. בנורה עובר זרם של 0.5 אמפר ובטוסטר – 5 אמפר. לאיזה מן המכשירים הספק חשמלי גדול יותר ופי כמה?

שאלה 18: האם ההספק החשמלי גדול יותר או קטן יותר כשעוצמת הזרם נותרת קבועה ורק המתח גדל? פי כמה? הסבירו.

שאלה 19: האם ההספק החשמלי גדול יותר או קטן יותר כאשר גם עוצמת הזרם וגם המתח גדלים? הסבירו.

שאלה 20: האם ההספק החשמלי גדול יותר או קטן יותר כשעוצמת הזרם גדלה והמתח קטן? הסבירו.

שאלה 21: שני מכשירים חשמליים, א' ו-ב', מקבלים אנרגיה חשמלית משני מקורות אנרגיה חשמלית. המתח של כל אחד מהמקורות הוא 6 וולט. במכשיר א' עובר זרם של 2 אמפר ובמכשיר ב' עובר זרם של 6 אמפר. באיזה מכשיר ההספק החשמלי גדול יותר? פי כמה?

שאלה 22: מכשיר א' פועל באמצעות מקור אנרגיה חשמלית בעל מתח של 12 וולט, ומכשיר ב' פועל באמצעות מקור אנרגיה חשמלית בעל מתח של 3 וולט. אותו זרם עובר בשני המכשירים. באיזה מכשיר ההספק החשמלי גדול יותר ופי כמה? הסבירו.

שאלה 23: פנס א' פועל באמצעות מקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו הוא 12 וולט. הזרם העובר בו הוא 5 אמפר. פנס ב' פועל באמצעות מקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו 24 וולט והזרם העובר בו הוא 15אמפר. באיזה מכשיר ההספק החשמלי גדול יותר? פי כמה?

זרם של 6 אמפר נחשב לזרם בעוצמה גדולה למדי במתח הביתי המקובל בישראל (230 וולט). **עוצמת הזרם הגדולה ביותר** שניתן להשתמש בה בבית, **לפני שהנתיך מנתק** את אספקת האנרגיה החשמלית, **היא 40 אמפר**. (בבתים ישָנים עוצמת הזרם המְרבית היא 25 אמפר.)

מייבש כביסה, מכונת כביסה, דוד חימום חשמלי, מזגן, תנורים חשמליים ועוד משתמשים בזרמים גדולים, לעתים אפילו בעוצמה של 15 אמפר ומעלה. לעתים, שימוש ביותר משני מכשירים כאלה באותו זמן עלול לגרום לניתוק של אספקת האנרגיה החשמלית באמצעות הנתיך הקופץ.

לעומת זאת, עוצמת הזרם במקלט טלוויזיה איננה עולה, בדרך כלל, על 0.5 אמפר. 0.5 אמפר נחשב לזרם קטן למדי.

מקלטי רדיו משתמשים בזרם קטן עוד יותר. עוצמת הזרם במקלט רדיו מצוי אינו עולה, בדרך כלל, על 0.1 אמפר. זרם כזה נחשב לקטן מאוד.

שאלה 24: ההספק החשמלי של מייבש כביסה הוא 2,300 ואט. חשבו את הזרם החשמלי העובר דרכו אם הוא מופעל על ידי מקור אנרגיה חשמלית בעל מתח של 230 וולט.

שאלה 25: חשבו את ההספק החשמלי של מחשב המופעל על ידי מקור אנרגיה חשמלית בעל מתח של 230 וולט, והזרם העובר דרכו הוא 0.5 אמפר.

שאלה 26: דוד חשמלי, שהספקו 2,300 ואט והוא מופעל על ידי מתח חשמלי של 230 וולט, פועל במשך 3 שעות. חשבו כמה זמן ניתן להפעיל את המחשב שבשאלה 25 באותה האנרגיה החשמלית שהפעילה את הדוד החשמלי.

שאלה 27: טלוויזיה ורדיו מחוברים למקור מתח חשמלי של 230 וולט. בטלוויזיה עובר זרם של 0.5 אמפר וברדיו עובר זרם של 0.1 אמפר. מה זול יותר להפעיל – את הטלוויזיה במשך שעה או את הרדיו במשך 4 שעות? הסבירו.

שאלה 28: לעתים מזהירים אותנו מן השימוש במכשירים חשמליים שנקנו בארצות חוץ מסוימות, משום שהם עלולים להיות מותאמים לשימוש במתח של 110 וולט במקום במתח הביתי המקובל בישראל, שהוא 230 וולט. הסבירו מדוע.

שאלה 29: האם בארצות שבהן משתמשים במתח של 110 וולט אפשר להשתמש במכשירים המותאמים למתח של 230 וולט? הסבירו.

שאלה 30: לנורה נמסרת אנרגיה חשמלית בהספק של 150 ואט, אך הספק אנרגיית האור הנפלט מן הנורה קטן בהרבה. האם אין זה סותר את חוק שימור האנרגיה? הסבירו.

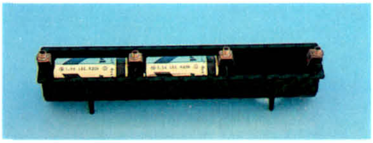
שאלה 31: על נורה חשמלית רשום שהספקה 100 ואט כאשר מחברים אותה למתח החשמלי הביתי של 230 וולט. מהי התנגדותה החשמלית? (היעזרו בנוסחת ההספק ובחוק אום.)

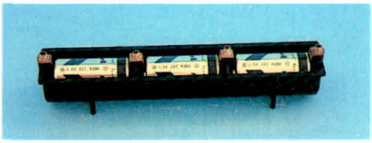
שאלה 32: נניח שבביתכם מעוניינים להפעיל בו-זמנית כמה מכשירים. לפניכם טבלת ההספק החשמלי של כמה מכשירים ביתיים. עליכם להמליץ לבני הבית אילו מכשירים באפשרותם לחבר בעת ובעונה אחת בלי שהנתיך ינתק את הזרם. (הזרם המרבי המותר הוא 40 אמפר.)

המכשיר	**הספק (ואט)**
טלוויזיה	70
רדיו	10
קנקן חשמלי	1,600
מחשב	200
תנור חימום	2,000
מכונת כביסה	4,000
נורה	300
מייבש כביסה	4,500

ו. חיבור מקורות אנרגיה חשמליים

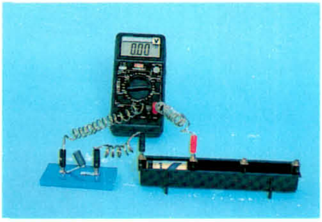
בתצלומים שלפניכם מוצגות סוללות המחוברות זו לזו באופן הבא: ההדק החיובי של סוללה אחת צמוד להדק השלילי של הסוללה הבאה אחריה. (ההדק החיובי הוא בבליטה הקטנה של הסוללה, וזה השלילי - בצד השטוח.)
חיבור כזה של סוללות (כמו ב-א' או ב-ב') קרוי "חיבור בטור" משום שהסוללות ערוכות בטור, אחת אחרי השנייה.
המתח של כל סוללה בתצלום הוא 1.5 וולט.
מהו המתח של 3 הסוללות כשהן מחוברות זו לזו?

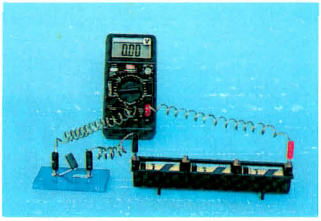




ניסוי 3 – המתח של סוללות המחוברות בטור

השתמשו בציוד הזה:
וולטמטר
3 סוללות של 1.5 וולט כל אחת
(חשוב שהסוללות יהיו חדשות)
בית סוללות, 2 מוליכים





- מִדדו את המתח של:
  סוללה אחת.
  2 סוללות המחוברות זו לזו בטור.
  3 סוללות המחוברות זו לזו בטור.
- מהי המסקנה?

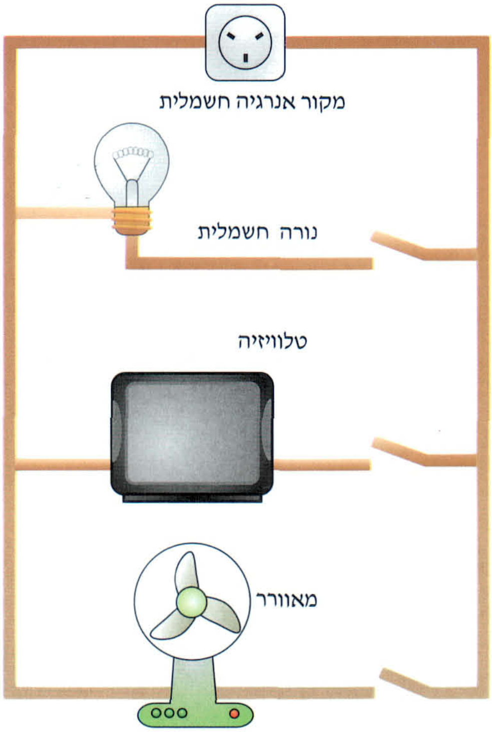
שאלה 33: מהו המתח החשמלי הכולל של 4 סוללות המחוברות זו לזו בטור, אם המתח של כל סוללה הוא 6 וולט?

שאלה 34: מכשיר מחובר למקור אנרגיה חשמלית המורכב מ-6 סוללות של 1.5 וולט כל אחת המחוברות בטור. חַשבו את ההספק החשמלי הנמסר למכשיר, אם הזרם החשמלי העובר דרכו הוא 0.1 אמפר. (הדרכה: חשבו קודם את המתח החשמלי הכולל. זהו המתח המתקבל מסכום המתחים החשמליים של כל הסוללות.)

שאלה 35: כמה סוללות של 3 וולט יש לחבר זו לזו בטור כדי לקבל אותו ההספק שבשאלה 34 עבור אותה עוצמת זרם (0.1 אמפר)?

ז. חיבור מכשירים במעגל חשמלי

לפניכם סרטוט המייצג את אופן חיבורם של 3 מכשירים חשמליים למקור האנרגיה החשמלית בבית. גם שאר המכשירים מחוברים בבית בדרך זו.



מן האיור ניתן לראות שכל מכשיר מחובר במעגל חשמלי **עצמאי**. עם סגירת המתג של המכשיר, נוצר מעגל חשמלי סגור המורכב מן המכשיר, ממקור האנרגיה החשמלית ומחוטי החשמל המחברים אותם זה לזה. זאת אומרת, נוצר מעגל שבו זורם זרם חשמלי גם אם המתגים של שאר המכשירים נשארים פתוחים.

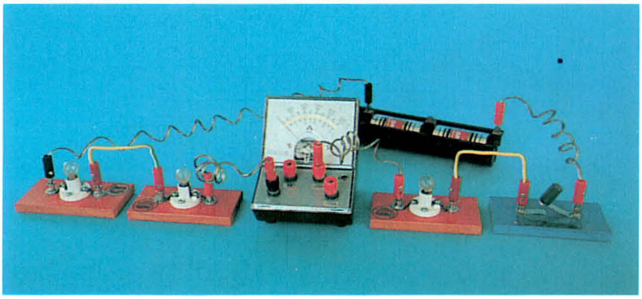
חיבור כזה נקרא **חיבור במקביל**.

דרך אחרת היא לחבר את שלושת המכשירים האלה במעגל בזה אחר זה. כאמור, חיבור כזה נקרא **חיבור בטור**. בחיבור בטור, הרכיבים של המעגל מחוברים בשרשרת בזה אחר זה.

בְמעגלים שהכרתם עד כה היו הרכיבים או מקורות האנרגיה מחוברים בטור.
נבדוק את שתי הדרכים לחיבור הרכיבים השונים במעגלים חשמליים. ניקח, לדוגמה, 3 נורות.

ניסוי 4 - עוצמת הזרם במעגל שבו החיבור הוא בטור

- חברו מעגל חשמלי המכיל: מקור מתח חשמלי (3V), נורה, אמפרמטר.
- הוסיפו שתי נורות שוות בטור בזו אחר זו.



כיצד השתנתה עוצמת האור בנורה הראשונה אחרי כל תוספת של נורה בטור?

- מהי המסקנה?

- בעזרת האמפרמטר בִּדקו את עוצמת הזרם בנקודות שונות במעגל כשהוא מכיל 3 נורות.
- מהי התוצאה?
- מהי המסקנה?

- חַברו אמפרמטר בטור לשאר הרכיבים במעגל. התנגדות האמפרמטר חייבת להיות קטנה ככל האפשר.
- הסבירו מדוע.

- חברו חוט חיבור במקביל לאחת הנורות.
- מה קרה לעוצמת הזרם בנורה הראשונה ובאחרות?

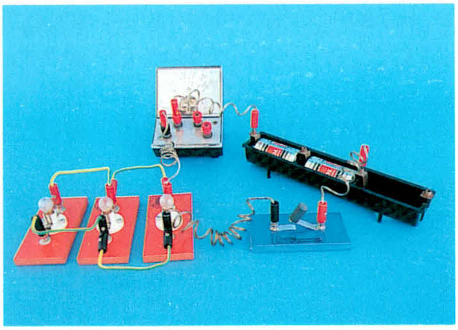
- לו היינו מחברים את האמפרמטר במקביל לאחת הנורות, האמפרמטר לא היה מראה את עוצמת הזרם העוברת בנורה. הסבירו מדוע.

ניסוי 5 - עוצמת הזרם במעגל שבו החיבור הוא במקביל

- חברו מעגל חשמלי המכיל: מקור מתח חשמלי (3V), נורה, אמפרמטר.

- חַברו נורה שנייה במקביל לנורה הראשונה. האמפרמטר יישאר במסלול הראשי.
- כֵּיצד השתנתה עוצמת האור בנורה הראשונה?

- הוסיפו נורה שלישית במקביל.



כל הסעיפים מתחברים יחד לחלק משותף הנקרא **מסלול ראשי**.

- מה יקרה, לדעתכם, לעוצמת האור של הנורות ולעוצמת הזרם באמפרמטר (במסלול הראשי), אם תוסיפו נַגָּד במקביל לנורה הראשונה. כדי לבדוק את תשובתכם, בצעו את הניסוי.

- מה יקרה לעוצמת הזרם במסלול הראשי אם נחבר מספר גדול של רכיבים במקביל? איך מכנים מצב כזה כאשר הוא מתרחש בבית?

- מה יקרה, לדעתכם, אם יחובר חוט חיבור במקביל לנורות? הסבירו. הציעו דרך לבדוק את השערתכם ובדקו אותה.

- מִדדו את עוצמת הזרם בכל סעיף ובמסלול הראשי.
מהו הקשר בין עוצמות הזרם במסלול הראשי לבין עוצמות הזרם בסעיפים?

שאלה 36: מהי מסקנתכם מניסויים 4 ו-5: **באיזו דרך עדיף לחבר את הנורות למקור האנרגיה החשמלית?**

מדוע מחברים את מכשירי החשמל למקור האנרגיה החשמלית בבית במקביל ולא בטור? סיבה אחת היא שבחיבור בטור, ברגע שמכשיר אחד לא יפעל, לא יפעלו גם שאר המכשירים. מצב כזה הוא בלתי נסבל.
סיבה אחרת היא שכדי להפעיל מכשיר אחד, נצטרך להפעיל עוד מכשירים רבים שאין לנו צורך בפעולתם באותו רגע.

אולם אין זו הסיבה היחידה המצדיקה את החיבור במקביל. סיבה נוספת קשורה להספק האנרגיה החשמלית.

הספק האנרגיה החשמלית נקבע על ידי מתח מקור האנרגיה החשמלית ועוצמת הזרם. הנוסחה המבטאת את ההספק היא כזכור $P = V \cdot I$, כאשר P הוא ההספק בוואטים, I היא עוצמת הזרם החשמלי באמפרים ו-V הוא המתח בוולטים.

חשוב שהֶספק האנרגיה החשמלית שמכשיר חשמלי מקבל לא ישתנה כתוצאה מחיבורו של עוד מכשיר אל מקור האנרגיה החשמלית. לדוגמה: איננו מעוניינים שהספק האנרגיה של נורה חשמלית ישתנה כאשר נפעיל מכשיר נוסף, כי אז תשתנה עוצמת ההארה שלה. כדי לשמור על הספק קבוע יש להקפיד שהמתח ועוצמת הזרם יישארו קבועים.

רק חיבורו במקביל של מכשיר חשמלי למקור המתח מאפשר גם למתח הפועל על המכשיר וגם לזרם העובר דרכו להישאר קבועים.

ראינו שחיבור המכשירים החשמליים למקור האנרגיה בבית הוא חיבור במקביל. חיבור זה שונה מהחיבור שהיכרתם עד כה, שהיה חיבור בטור. יש הבדל מהותי נוסף בין מערכת החשמל בבית לבין המעגלים החשמליים שהרכבתם במעבדה (גם בטור וגם במקביל). מקור המתח במעבדה (סוללה, סַפָּק) מספֵּק, בדרך כלל, **זרם ישר**. זרם ישר הוא זרם הנע באותו כיוון כל העת. לעומת זאת, בבית – רשת החשמל הארצית מסַפקת לנו **זרם חילופין**. זרם חילופין הוא זרם שכיוונו ועוצמתו משתנים ללא הרף.

תקליטור הספר

זרם החילופין – זרם המשתנה ללא הפסקה

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיה חשמלית

במבנה זה מתמודדים עם שאלה טכנולוגית: כיצד יש להעביר את האנרגיה מתחנת החשמל לבתי הצרכנים? כמו כן לומדים על מעגלים מסוגים נוספים ועל תכונותיהם המיוחדות. יש במבנה ניסויים להפעלה, קטעי וידיאו של ניסויים מצולמים, אנימציות, דפי עבודה ואפילו כתב חידה.

משימה

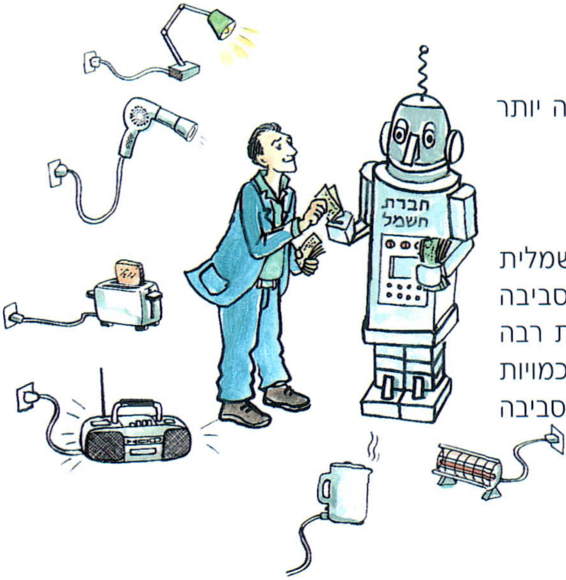
לשלם פחות בשביל אותו הדבר

איננו יכולים לתאר את עולמנו בלי אנרגיה חשמלית. לא קשה לציין יתרונות של שימוש באנרגיה החשמלית. לדוגמה: קלות השימוש בה, הנוחות שהיא מאפשרת, הפעלת מכשירי תקשורת ובידור שונים.

אולם לשימוש באנרגיה יש גם מחיר.

סוג אחד הוא המחיר הכספי:

שימוש באנרגיה חשמלית בכמות גדולה יותר עולה כסף רב יותר.



מחיר נוסף הוא המחיר הסביבתי.

תחנות חשמל המפיקות אנרגיה חשמלית מפחם או מנפט גורמות לזיהום הסביבה בדרכים שונות. הפקת אנרגיה חשמלית רבה יותר משמעותה שריפת פחם או נפט בכמויות גדולות יותר, שריפה הגורמת לזיהום סביבה רב יותר.

בימינו, אנשים רבים דוגלים בתפיסת עולם "ירוקה" שעל-פיה יש לחסוך במשאבים המוגבלים של כדור הארץ. לפי תפיסה זו, תושבי המדינות המפותחות, המדינות המנצלות יותר את המשאבים האלה, חייבים להשתדל לחסוך בחיי היום-יום ולא לנצל את המשאבים במידה בלתי סבירה.

לכן, למרות השימוש המובן מאליו באנרגיה חשמלית, כדאי גם להשתדל להשתמש בה בכמות קטנה ככל האפשר בלי לוותר על אף אחד מן היתרונות שהיא מזמנת לנו.

במשימה זאת תנסו לתכנן שימוש במכשירים חשמליים שונים בבית כך שיבצעו עבורכם אותה הפעילות, באותה האיכות, אך בפחות אנרגיה חשמלית (ולכן גם בפחות כסף ובפחות זיהום סביבתי).

מטרת המשימה היא אפוא לבצע אותה הפעילות עצמה באנרגיה חשמלית מועטה ככל האפשר.

חלק א: מה צריך לדעת?

ראשית עליכם לברר מידע מסוים שתזדקקו לו בהמשך. עליכם לדעת על יחידות מקובלות בשימוש של אנרגיה חשמלית. לשם כך קראו את קטע ההעשרה "באילו יחידות מודדים לנו את צריכת האנרגיה החשמלית?" (עמ' 317).

כמו כן עליכם לדעת את מחיר האנרגיה החשמלית. מחיר זה נתון לשינויים מזמן לזמן. מחירה של יחידת אנרגיה מופיע בטופס החשבון של חברת החשמל.

חלק ב: במה נטפל?

בבית פועלים מכשירים חשמליים רבים. לא נעסוק בכולם, אלא נתמקד במספר מכשירים חשובים.

לפניכם רשימה של מכשירים חשמליים. בחרו מתוכם 4 כרצונכם והתמקדו רק בהם בעבודתכם. לפחות בנוגע לאחד מהם, צריך שיהיו מכשירים אחדים מסוגו הפועלים בבית. למשל: אתם יכולים לבחור במקלט טלוויזיה בבית שיש בו מספר מקלטי טלוויזיה, או בתאורה, משום שבבית יש נורות רבות. שימו לב, בכל מכשיר שבחרתם עליכם לטפל בכל המכשירים מסוגו הפועלים בבית. אם למשל מדובר במקלט טלוויזיה, יש להביא בחשבון את כל מקלטי הטלוויזיה בבית. או, אם מדובר בתאורה, עליכם להביא בחשבון את כל נורות הבית.

רשימת המכשירים:

טלוויזיה
רדיו
קנקן חשמלי
תאורה חשמלית
תנור חימום
דוד חימום חשמלי
מזגן
מחשב

חלק ג: בודקים לִפְנֵי

עשו עתה הערכה לגבי צריכת האנרגיה החודשית הכוללת של המכשירים שבחרתם. לאחר ההערכה, חשבו את מחיר הצריכה.

כיצד תעשו זאת?

על מכשירים חשמליים מצוין ההספק שלהם. הוא מצוין גם בחוברת הוראות ההפעלה שלהם. נתון זה מאפשר לחשב את האנרגיה הנצרכת במשך זמן הפעולה של המכשיר. העריכו את זמן השימוש היומי בכל מכשיר. לפי ידיעת הספק המכשיר וזמן השימוש בו, תוכלו לחשב את האנרגיה שהוא צורך ביום.

חשבו את האנרגיה שצורכים כל המכשירים יחד (אלה שבחרתם) בחודש.

ידיעת מחירה של יחידת אנרגיה חשמלית יאפשר לכם לחשב את מחיר האנרגיה החשמלית הנצרכת בחודש.

חלק ד: איך אפשר לחסוך?

בשלב זה נסו לבדוק כיצד ניתן לבצע אותן הפעולות במכשירים שבחרתם עם אנרגיה חשמלית קטנה יותר.
התייחסו לכל מכשיר בנפרד וחשבו כיצד ניתן לעשות זאת.

עבור כל מכשיר, חשבו כמה זמן ניתן לחסוך בשימוש בו במשך חודש.
לאחר מכן חשבו את האנרגיה החשמלית הנחסכת במכשיר במשך חודש.

חשבו את סך כל האנרגיה החשמלית הנחסכת על ידי כל המכשירים יחד במשך חודש.
חשבו את מחיר האנרגיה החשמלית הנחסכת בזמן זה.
רשמו דברים שהייתם יכולים לרכוש בסכום הכסף שנחסך.

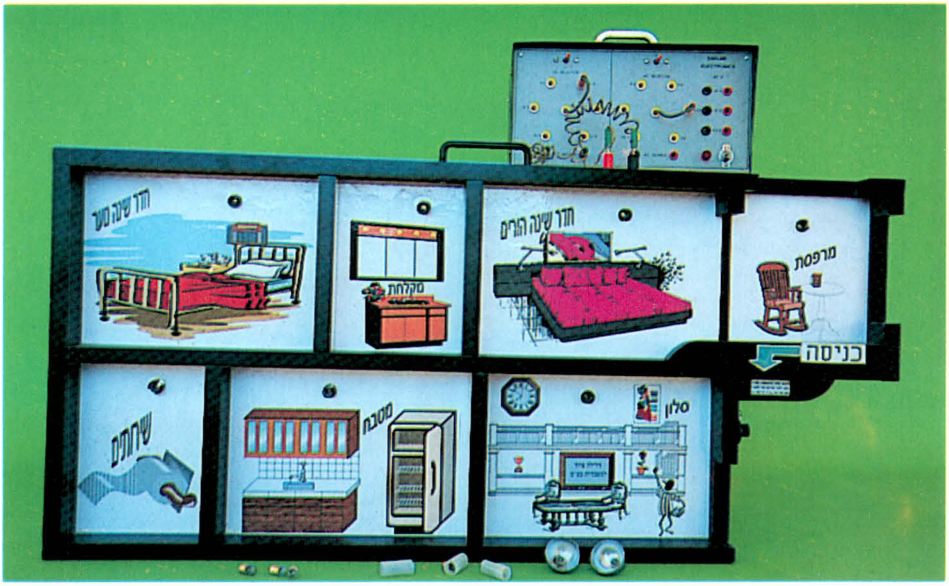
משימה

איך להאיר את הבית?

הצורך להאיר את הבית משותף לכולנו. אנו זקוקים לתאורה בחדר המגורים, בחדרי השינה, במטבח ועוד. אולם באילו נורות נשתמש ובאיזה אופן נשתמש בהן כדי לספק את התאורה המתאימה לנו במחירים נוחים?

בתכנון תאורה של בית ניתן לזהות שני צרכים עיקריים:
תאורה נוחה ונעימה ככל האפשר;
מחיר זול ככל האפשר של הנורות ושל אחזקתן.

במשימה זו תנסו לתכנן תאורה של בית שתספק שני צרכים אלו בצורה הטובה ביותר. במשימה תשתמשו בדגם של דירה שאליו תתייחסו בתכנון התאורה. התכנון צריך להתחשב בדרישות התאורה בחדרים השונים ובחלקי הבית השונים שאינם חדרים. למשל: נסו לחשוב מהן דרישות התאורה בחדר שינה בהתאם לעוצמת התאורה הנדרשת, בהתאם לזמן השהייה בו, בהתאם לתדירות שאתם מצויים בו וכו'; או מהן הדרישות מתאורת חדר האמבטיה, חדר השירותים, המסדרון ועוד.



חלק א: מה צריך לדעת?

כדי לתכנן את תאורת הבית, עליכם לדעת מספר עובדות על נורות מסוגים שונים שמשתמשים בהן בבית. למשל:

מחירי הנורות השונות;
משך החיים שלהן;
יעילות הנורות;
נוחיות השימוש בהן;
עד כמה אורן נעים לעין.

לפניכם מספר עובדות על נורות ביתיות:
נורת ליבון (או בשם אחר - **נורת להט**): נורת הליבון מבוססת על התלהטות חוט להט. זהו חוט שמתלהט כאשר עובר דרכו זרם חשמלי, וכתוצאה מכך הוא מפיץ אור. חוט הלהט של נורות ליבון עשוי מטונגסטן.
נצילותה של נורת הליבון נמוכה מאוד - פחות מ-5%. כמעט כל האנרגיה החשמלית המושקעת בה מתגלגלת לאנרגיית חום. נורת הליבון פשוטה ונוחה לשימוש. משך החיים שלה קצר, כ-1,000 שעות. אורה נעים לעין.
ככל שהספק הנורה גדול יותר, נצילותה גבוהה יותר. לכן עדיף, למשל, להשתמש בנורה אחת של 200 ואט מאשר בשתי נורות של 100 ואט כל אחת.

נורת הלוגן: זוהי נורת ליבון המכילה כמות זעירה של אדי יוד או הלוגן אחר. הכמות הזאת משפרת את תכונות הנורה.
נצילותה של נורת הלוגן גבוהה בכ-20% מזו של נורת ליבון. משך חייה ארוך יותר: כ-2,000 שעות. אורה נעים.

נורה פלואורסצנטית: נורת הפלואורסצנט מורכבת מצינור זכוכית מוארך המכיל כספית בלחץ נמוך מאוד. נוצרת בה קרינת על-סגול שהופכת לאור נראה כאשר היא פוגעת בציפוי מיוחד המצוי על הדופן הפנימי של הצינור.
הנורה יעילה מאוד - הרבה יותר מנורת ליבון רגילה (עד פי 6 יותר). היא מפזרת מעט מאוד אנרגיית חום, וכתוצאה מכך היא מחממת רק מעט מאוד את המקום שהיא מאירה. אורך חייה גדול בהרבה מזה של נורת ליבון. היא פועלת כ-15,000 שעות בממוצע. אורה פחות נעים מאור נורת הליבון ומאור נורת ההלוגן.
אורך החיים של נורה זו פוחת אם מרבים להדליק ולכבות אותה. לכן היא איננה מתאימה למקומות שבהם מדליקים ומכבים את האור בתדירות גבוהה.

חלק ב: מה צריך לבדוק?

לרשותכם מתקן מיוחד עם נורות משלושת הסוגים: ליבון, הלוגן ופלואורסצנט. השתמשו בו כדי לבצע את הפעולות הבאות:

א. בדקו את אורן של סוגי הנורות הבאים: נורת ליבון, נורת הלוגן, נורת פלואורסצנט. בדקו גם הספקים שונים של כל אחד מסוגי הנורות.

ב. השוו בעין את עוצמת האור של נורת ליבון בת 10 ואט עם עוצמת האור של נורת פלואורסצנט בת 8 ואט.

ג. פוטומטר הוא מכשיר לבדיקת עוצמת אור. מדדו באמצעותו את עוצמות האור של הנורות השונות. את עוצמות האור של כל הנורות מדדו תמיד מאותו המרחק. השוו את עוצמות האור של נורת ליבון בת 10 ואט, של נורת הלוגן בת 10 ואט ושל נורת פלואורסצנט בת 8 ואט. מה גיליתם?

בבדיקותיכם, שימו לב לפרטים הבאים:

- עוצמת האור של הנורות ביחס להספק הרשום עליהן (הספק האנרגיה החשמלית שהן צורכות);
- עד כמה האור נעים לעיניים;
- נוחות ההתקנה וההפעלה של הנורות.

חלק ג: מתכננים את התאורה

א. השתמשו בדגם של הדירה. תכננו את תאורת הבית בכל מקום ומקום בדירה על פי שני הצרכים שלמעלה (תאורה נוחה ונעימה ככל האפשר, מחיר זול ככל האפשר של הנורות ושל אחזקתן). פרטו גם את הספקי הצריכה של הנורות שבהן תשתמשו.

להלן שיקולים, שאלות וכיוונים אפשריים שתוכלו להשתמש בהם בעבודתכם:

- איזה סוג נורה מתאים לכל מקום. לדוגמה: באיזו תאורה נשתמש לחדר השירותים, למטבח, למסדרון. בחירת התאורה הנכונה צריכה להתחשב מצד אחד במחיר השימוש ומצד שני בנוחות.
- בכמה נורות להשתמש בכל מקום?
- מה מיקומן של הנורות?
- האם כדאי לשלב נורות ממספר סוגים באותו המקום?
- מהי עוצמת הנורות? (בדקו את האור שמפיקות נורות שונות בהספקים שונים כדי שיהיה לכם מושג על התאורה שהן מעניקות.)
- הקשר בין משך החיים של נורה לבין הכדאיות הכלכלית של השימוש בה לאורך זמן. (לדוגמה: נורת ליבון זולה, אך אורך חייה קצר מאוד. נורת פלואורסצנט יקרה יותר, אך חייה ארוכים יותר ולכן היא כדאית יותר לשימוש מבחינה כלכלית. כדאי שתבדקו את מחירי הנורות בחנויות, בקטלוגים או באופן אחר.)
- הקשר בין נצילות הנורה לבין מחיר השימוש בה.

נמקו את תכנונכם. פרטו את נימוקיכם לגבי התאורה שבחרתם לכל מקום ומקום בדירה.

ב. בחרו מועדים שונים במהלך היום (למשל 8:00 בבוקר, 7:00 בערב) וחשבו עבור כל אחד מן המועדים את הֶספק האנרגיה החשמלית הכולל שיידרש לתאורה. לעתים תצטרכו להתחשב לשם כך בעונת השנה או במזג האוויר.

חלק ד: הצגת התכנון

הציגו את תכנון התאורה שלכם לפני הכיתה. באמצעות דגם הדירה, הסבירו בפירוט את התכנון ואת השיקולים שהנחו אתכם.

העשרה

באילו יחידות מודדים לנו את צריכת האנרגיה החשמלית?

אם תסתכלו בטופס חשבון החשמל שמתקבל בביתכם מידי חודשיים, תראו שרשומה בו כמות האנרגיה החשמלית שמשפחתכם צרכה במשך הזמן הזה. חברת החשמל מספקת אנרגיה חשמלית לבתים, למשרדים, למפעלים ועוד, ואנחנו מגלגלים אנרגיה חשמלית זו לאנרגיות שונות השימושיות לנו, כגון אנרגיית חום (להפעלת תנורים וקנקנים חשמליים, למשל) ואנרגיית אור (נורות, למשל). עבור צריכת האנרגיה החשמלית אנחנו משלמים. את צריכת האנרגיה החשמלית שלנו נוהגת חברת החשמל למדוד ביחידה הנקראת קילו-ואט-שעה (ובראשי תיבות קוט"ש). בטופס חשבון החשמל שאנו מקבלים רשומה כמות האנרגיה החשמלית שצרכנו בקילו-ואטים-שעה. כמו כן רשום בטופס מחירו של קילו-ואט-שעה אחד.

מדוע יחידת אנרגיה זו נקראת קילו-ואט-שעה?
קילו-ואט-שעה היא האנרגיה המתגלגלת במשך שעה בהספק של קילו-ואט אחד.
מהו הקשר בין קילו-ואט שעה לבין ג'ול?
ניזכר בהגדרת הוואט והקילו-ואט. ואט הוא הספק של אנרגיה בת ג'ול אחד במשך שנייה.
קילו-ואט הוא הספק של אנרגיה בת 1,000 ג'ול במשך שנייה.

בהספק של קילו-ואט אחד מתגלגלת אנרגיה של 1,000 ג'ול בכל שנייה. בשעה יש 3,600 שניות, ולכן בשעה מתגלגלת אנרגיה של 3,600,000 ג'ול:
3,600,000 ג'ול = 1 קילו-ואט-שעה

יחידה שימושית נוספת למדידת צריכת אנרגיה חשמלית היא מגה-ואט-שעה.
מגה-ואט שעה היא האנרגיה המתגלגלת במשך שעה בהספק של מגה-ואט אחד:
3,600,000,000 ג'ול = 1 מגה-ואט-שעה

שאלות

1. הסבירו כיצד התקבל הקשר 3,600,000,000 ג'ול = מגה-ואט שעה.

2. בדירה מסוימת צורכים בממוצע לאורך כל שעות היממה הספק של 0.5 קילו-ואט. חשבו את כמות האנרגיה הנצרכת בדירה ביממה שלמה. קבלו את התוצאה פעם בקילו-ואט-שעה (קוט"ש) ופעם בג'ולים.

3. בדירה פועלות 4 נורות שהספק כל אחת מהן הוא 150 ואט. מִצאו בטופס חשבון החשמל של חברת החשמל את מחירו של קילו-ואט-שעה אחד וחשבו כמה עולה הפעלתן יחד במשך 5 שעות.

4. משרד משתמש בין השעות 8:00 ו-15:00 בהספק של 1.6 קילו-ואט, וביתר השעות - בהספק של 100 ואט. חשבו את סך כל האנרגיה הנצרכת במשרד במשך יממה שלמה. קבלו את התוצאה פעם בקילו-ואט-שעה ופעם בג'ולים.

5. מקלט טלוויזיה צורך 130 ואט. מהי כמות האנרגיה שנצרכה על ידי המקלט במשך 8 שעות הפעלה רצופות? חשבו בקילו-ואט-שעה ובג'ולים.

6. בטבלה שלפניכם מכשירים שונים וכמות האנרגיה החשמלית שהם צורכים בקילו-ואט-שעה.

המכשיר	**צריכת האנרגיה (קילו-ואט-שעה (קוט"ש)**	**זמן הצריכה**
מחשב	0.01	360 שניות
מכונת כביסה	1.5	1 שעה
קנקן חשמלי	0.2	6 דקות
תנור חימום	8	4 שעות

א. בטאו כל אחת מכמויות האנרגיה בג'ולים.
ב. חשבו את הספקו של כל מכשיר בוואטים ובקילו-ואטים.
ג. מצאו בטופס חשבון חברת החשמל את מחירו של קילו-ואט-שעה אחד וחשבו על פיו כמה תעלה לכם הפעלתו של:
- מחשב במשך 4 שעות.
- תנור חימום במשך שעתיים.
- קנקן חשמלי במשך 6 דקות.

אנרגיה ברשת (אתרי אינטרנט רלוונטיים לפרק)

Doing Science

כתובת: http://acept.la.asu.edu/courses/phs110/ds/toc.html

תיאור האתר: הסברים וניסויים בנושאי מדע שונים. בין הנושאים: תנועה, כוחות, אנרגיה חשמלית, ברק. החומר מלווה בתצלומי צבע הממחישים את ההסברים והניסויים וכן באנימציות.

Energy Hotlist

כתובת: http://www.fi.edu/tfi/hotlists/energy.html

תיאור האתר: הסברים ותצלומים על מקורות אנרגיה. באתר מוצגים גם נושאים בעלי השלכות חברתיות. בין הנושאים: תולדות האנרגיה החשמלית, אנרגיה גרעינית, אנרגיה גאותרמית.

לאור החשמל

כתובת: http://www.mada.org.il/3/3_7.htm

תיאור האתר: אתר של מוזיאון המדע על שם בלומפילד בירושלים. באתר הסברים על שימושים של אנרגיה חשמלית, ניסויים שונים בחשמל ופעילויות שונות הסובבות סביב מוצגים במוזיאון המדע.

Energy Quest

כתובת: http://www.energy.ca.gov/education

תיאור האתר: אתר מגוון ורחב המכיל היבטים שונים של אנרגיה. באתר הסברים על נושאי אנרגיה רבים, כגון הסבר כללי על אנרגיה, מקורות אנרגיה שונים, גם חלופיים, אנרגיה חשמלית.
באתר הצעות לפעילויות עם הסברים מפורטים. לדוגמה: פעילות למדידת עוצמת הרוח, בניית מד-טמפרטורה, יצירת ברקים, הפקת חשמל מלימון.

לקריאה נוספת

- וולף אודי (1997), רוטנברג ותחנת הכוח בנהריים, **כמעט 2000**, 14, עמ' 10-13.
- יאיר יואב (1997), ברקים בכוכבי לכת אחרים, **כמעט 2000**, 14, עמ' 22-24.
- פול דוהרטי (1997), להתבונן בברקים, **כמעט 2000**, 14, עמ' 18-20.
- עזגד יבשם (1997), המצאתי המצאה - ממש מציאה, **כמעט 2000**, 14, עמ' 40-44. (המאמר עוסק בהמצאתו של ניקולא טֶסלָה - מנוע ההשראה החשמלי.)

מסכמים את פרק י

- **כלל שימור המטען החשמלי**: כמות המטען החשמלי איננה משתנה תוך כדי מעבר המטען במוליך. מטען איננו נוצר ואיננו מתכלה.

- הנוסחה לחישוב האנרגיה החשמלית המתגלגלת במוליך היא $\mathbf{E_e = V \cdot q}$ כאשר $\mathbf{E_e}$ היא האנרגיה החשמלית בג'ולים, $\mathbf{V}$ הוא המתח בוולטים, $\mathbf{q}$ היא כמות המטען העוברת דרך המוליך.

- נוסחת האנרגיה החשמלית יכולה לקבל גם את הצורה הבאה:

  $\mathbf{E_e = V \cdot I \cdot t}$, כאשר $\mathbf{V}$ הוא המתח על המוליך בוולטים, $\mathbf{I}$ היא עוצמת הזרם העובר במוליך באמפרים, $\mathbf{E_e}$ היא האנרגיה החשמלית בג'ולים, $\mathbf{t}$ הוא זמן מעבר המטען בשניות.

- הנוסחה לחישוב ההספק החשמלי היא $\mathbf{P = V \cdot I}$, כאשר $\mathbf{P}$ הוא ההספק החשמלי בוואטים, $\mathbf{V}$ הוא המתח בוולטים, $\mathbf{I}$ היא עוצמת הזרם החשמלי באמפרים.

- חיבור מספר סוללות חשמליות זו אל זו, כך שההדק החיובי של סוללה אחת צמוד להדק השלילי של הבאה אחריה וכך הלאה, קרוי **חיבור בטור**.

- המתח החשמלי הכולל של סוללות המחוברות בטור שווה לסכום המתחים החשמליים של הסוללות.

- חיבור של מכשירי חשמל **בטור**: המכשירים מחוברים במעגל חשמלי בזה אחר זה, בשרשרת.

- חיבור של מכשירי חשמל **במקביל**: המכשירים מחוברים במעגל חשמלי, כך שכל מכשיר נמצא במעגל עצמאי משלו. המכשירים ברשת החשמל הביתית מחוברים במקביל.

שואלים את עצמנו - פרק י

א. שימור המטען החשמלי

1. בזמן מעבר זרם חשמלי במוליך, כמות המטען החשמלי שבזרם:
   א. משתנה.
   ב. נשמרת רק במקרים מסוימים.
   ג. נשמרת כמעט בכל המקרים, למעט מקרים בודדים.
   ד. איננה משתנה.

2. אנו משלמים לחברת החשמל עבור (סמנו את המשפט הנכון):
   א. מספר האלקטרונים שעוברים במכשירים שלנו.
   ב. מטען חשמלי.
   ג. אנרגיה חשמלית שאנחנו מנצלים.
   ד. הספק אנרגיה חשמלית.

ב. מטען ואנרגיה חשמלית

הקשר בין כמות המטען החשמלי לבין האנרגיה החשמלית

3. המשפטים הבאים מתייחסים לכמות מטען חשמלי העובר דרך מוליך, כאשר מתח המקור החשמלי נותר קבוע. איזה מהם נכון?
   א. כשהכמות גדלה, האנרגיה החשמלית המתגלגלת קטנה.
   ב. כשהכמות גדלה פי מספר מסוים, האנרגיה החשמלית המתגלגלת גדלה פי אותו המספר.
   ג. כשהכמות גדלה פי מספר מסוים, האנרגיה החשמלית המתגלגלת גדלה, אולם לא בהכרח פי אותו המספר.
   ד. אין אחידות. לפעמים, כשהכמות גדלה גם האנרגיה החשמלית גדלה, ולפעמים, כשהכמות גדלה האנרגיה החשמלית קטנה.

4. למקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו קבוע, חיברו מוליך. בזמן שעברו במוליך מטענים בכמות של 5 קולון, האנרגיה החשמלית שעברה דרכו הייתה 50 ג'ול. אם המתח נשאר קבוע, חַשבו מהי כמות האנרגיה החשמלית שתעבור דרך המוליך כאשר יעברו דרכו

כמויות המטען הבאות: 10 קולון, 20 קולון, 50 קולון, 100 קולון, 500 קולון.

5. בטבלה הבאה מוצגת בשורה הראשונה כמות של מטען העובר דרך מוליך, כנגד האנרגיה החשמלית העוברת דרכו בזמן מעבר המטען. הָניחו שהמתח נותר קבוע כל העת ומלאו את יתר שורות הטבלה.

כמות מטען חשמלי	אנרגיה חשמלית
20 קולון	100 ג'ול
60 קולון	
100 קולון	
10 קולון	
	1,000 ג'ול
	650 ג'ול
	20 ג'ול

ג. מתח ואנרגיה חשמלית

הקשר בין המתח החשמלי לבין האנרגיה החשמלית

6. איזה מן המשפטים הבאים נכון כשמגדילים את המתח על מוליך בלי לשנות את כמות המטען שעוברת במוליך?
   א. האנרגיה החשמלית המתגלגלת גדלה, אך לא בהכרח פי אותו המספר שבו גדל המתח.
   ב. האנרגיה החשמלית המתגלגלת גדלה פי אותו המספר שבו גדל המתח.
   ג. האנרגיה החשמלית המתגלגלת קטנה.
   ד. אין אחידות. לפעמים האנרגיה החשמלית גדלה ולפעמים היא קטנה.

7. למקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו 12 וולט, חיברו מוליך. בזמן שעברו במוליך מטענים בכמות של 5 קולון, האנרגיה החשמלית שהתגלגלה הייתה 60 ג'ול. אם דואגים לכך שכמות המטען העוברת נשארת קבועה (5 קולון), חשבו מהי כמות האנרגיה החשמלית שתעבור דרך המוליך כאשר המתח שיופעל עליו יהיה: 24 וולט, 240 וולט, 48 וולט, 6 וולט, 1.2 וולט.

8. בטבלה הבאה מוצג בשורה הראשונה המתח של מקור אנרגיה חשמלית המחובר למוליך, כנגד האנרגיה החשמלית המתגלגלת בזמן מעבר המטען. הָניחו שכמות המטען

העוברת נותרת קבועה ומלאו את יתר שורות הטבלה.

מתח	אנרגיה חשמלית
24 וולט	100 ג'ול
48 וולט	
480 וולט	
12 וולט	
	500 ג'ול
	50 ג'ול
	20 ג'ול

ד. חישוב כמות האנרגיה החשמלית

9. מקור האנרגיה של פנס מסוים הוא סוללה של 1.5 וולט. דרך הפנס עבר מטען בכמות של 5 קולון. חשבו את האנרגיה החשמלית שהתגלגלה בפנס.

10. למקור מתח חשמלי בן 12 וולט מחברים מוליך.
א. מהי האנרגיה החשמלית המתגלגלת במוליך כשעובר בו מטען בכמות של 20 קולון?
ב. פי כמה תגדל האנרגיה החשמלית המתגלגלת אם ישתמשו במתח של 24 וולט ויניחו לכמות מטען של 80 קולון לעבור דרך המוליך?

11. נורת ליבון מחוברת למקור אנרגיה חשמלית בעל מתח של 230 וולט. בנורה עובר זרם של 0.5 אמפר.
א. חשבו את האנרגיה החשמלית המתגלגלת בנורה במשך 2 שניות.
ב. חשבו את האנרגיה החשמלית המתגלגלת בנורה במשך שעה.

12. נורת ליבון, טלוויזיה ומחשב פועלים בעת ובעונה אחת. מקור האנרגיה החשמלית של כולם הוא מתח של 230 וולט (המתח הביתי בישראל). בנורת הליבון עובר זרם של אמפר אחד, בטלוויזיה - זרם של 0.5 אמפר ובמחשב - זרם של 0.2 אמפר. חשבו את האנרגיה החשמלית הכוללת המתגלגלת בכל המכשירים יחד במשך 20 דקות הפעלה.

13. רדיו מסוים עושה שימוש בזרם חשמלי של 0.1 אמפר. טלוויזיה מסוימת עושה שימוש בזרם חשמלי של 0.5 אמפר. שניהם מחוברים למקור אנרגיה חשמלית בעל מתח של 230 וולט.

א. כמה אנרגיה חשמלית יצרוך הרדיו וכמה תצרוך הטלוויזיה במשך חצי שעת פעולה?
ב. אחרי כמה זמן פעולה יצרוך כל אחד מהם אנרגיה של 6,900 ג'ול?

14. במשרד משתמשים בין השעה שמונה בבוקר לחמש אחר הצהרים בזרם חשמלי של 15 אמפר, ובשאר השעות - בזרם חשמלי של 2 אמפר. זאת, במתח של 230 וולט.
א. מהי האנרגיה החשמלית שמשתמשים בה במשרד בין השעות עשר בבוקר לאחת עשרה בבוקר?
ב. מהי האנרגיה החשמלית שמשתמשים בה במשרד בין שלוש אחר הצהריים לשמונה בערב?

+15. קומקום חשמלי מחובר למקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו 230 וולט. כשמפעילים את הקומקום עובר דרכו זרם של 7 אמפר. בתוך הקומקום שמים מים בטמפרטורה של 20 מעלות צלזיוס, שהמסה שלהם קילוגרם אחד.
א. חשבו את האנרגיה הדרושה כדי לחמם את המים עד לטמפרטורת הרתיחה (100 מעלות צלזיוס). זכרו: החום הסגולי של המים הוא 4,200 ג'ול לקילוגרם למעלה.
ב. בהנחה שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום של המים, חשבו כמה זמן יחלוף מרגע הפעלת הקומקום החשמלי ועד לרתיחת המים.
ג. האם ההנחה של סעיף ב' (שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית החום של המים) היא מדויקת? הסבירו.

ה. הספק האנרגיה החשמלית

חשמלון – סביבת למידה ממוחשבת ללימוד מעגלים חשמליים

נוסף לשאלות של סעיף ה', מומלץ להשתמש בפרק **הספק** מתוך הלומדה **חשמלון**.
הפרק כולל מטלות הנוגעות ל:
- **הספק חשמלי**
- **הקשר בין מתח, זרם והספק**
- **מתח עבודה והספק של מכשיר חשמלי**
- **עומס יתר**

16. מה נכון לגבי ההספק החשמלי?
א. הוא תלוי אך ורק בעוצמת הזרם החשמלי.
ב. הוא תלוי בעוצמת הזרם החשמלי ובכמות המטען הכוללת העוברת.
ג. הוא תלוי בעוצמת הזרם החשמלי ובמתח החשמלי.
ד. הוא תלוי במתח החשמלי בלבד.

שימו לב: הסימן + לצד השאלה מציין שהיא קשה.

17. רק שניים מן המשפטים הבאים נכונים. אילו הם?
א. אם הזרם החשמלי גדל פי מספר מסוים, ההספק החשמלי גדל פי אותו המספר בתנאי שהמתח נותר קבוע.
ב. אם הזרם החשמלי קטן פי מספר מסוים, ההספק החשמלי גדל פי אותו המספר בתנאי שהמתח נותר קבוע.
ג. אם המתח החשמלי קטן פי מספר מסוים, ההספק החשמלי גדל פי אותו המספר גם אם הזרם החשמלי משתנה.
ד. אם הזרם החשמלי גדל פי מספר מסוים, ההספק החשמלי גדל פי אותו המספר גם אם המתח משתנה.
ה. אם המתח החשמלי גדל פי מספר מסוים, ההספק החשמלי גדל פי אותו המספר בתנאי שהזרם נותר קבוע.
ו. אם המתח החשמלי קטן פי מספר מסוים, ההספק החשמלי גדל פי אותו המספר בתנאי שהזרם נותר קבוע.

18. לְמה שווה ההספק החשמלי במוליך?
א. לעוצמת הזרם חלקֵי המתח.
ב. למתח חלקֵי הזרם.
ג. למכפלת הזרם במתח.
ד. לאף אחד מאלה.

19. מוליך מחובר למקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו 6 וולט. מהו ההספק החשמלי במוליך אם הזרם שעובר דרכו הוא 2 אמפר?

20. פנס מופעל על ידי מקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו הוא 12 וולט. הזרם העובר דרך הפנס הוא 5 אמפר.
א. חשבו את הספק האנרגיה החשמלי שלו.
ב. כמה אנרגיה חשמלית תתגלגל בו במשך 20 שניות, 3 דקות, שעה?

21. ההספק החשמלי של תנור מיקרוגל הוא 920 ואט, הספקו של מקלט רדיו הוא 23 ואט, של טלוויזיה - 92 ואט ושל נורת ליבון – 200 ואט. המכשירים מופעלים על ידי מקור האנרגיה החשמלית הביתי שהמתח שלו 230 וולט (בישראל). חשבו את עוצמת הזרם העובר בכל אחד מן המכשירים.

22. נניח שאתם יוצאים לטיול בן יומיים. מקורות האנרגיה החשמלית היחידים שעומדים לרשותכם הם סוללות חשמליות במספר מוגבל. ברשימת הציוד שלכם יש פנס חשמלי הצורך אנרגיה חשמלית בהספק של 40 ואט, רדיו הצורך אנרגיה חשמלית בהספק של 10 ואט, מקלט טלוויזיה הצורך 70 ואט ומייבש שער שהספקו 500 ואט. הָניחו שניתן להשתמש בכל הסוללות עבור כל המכשירים. באיזה מכשיר כדאי לכם להמעיט בשימוש

ובאיזה מכשיר מותר לכם להשתמש באופן הנדיב ביותר? הסבירו.

23. סך כל האנרגיה העומד לרשותכם בסוללות החשמליות של שאלה 22 הוא 350,000 ג'ול. לכמה זמן תספיק אנרגיה זו אם תשתמשו רק באחד מן המכשירים (בכל פעם חשבו עבור מכשיר אחר)?

24. אם ההספק החשמלי המרבי שמותר לצרוך הוא 9,200 ואט והמתח הוא 230 וולט, האם מותר להפעיל יחד את המכשירים הבאים: מחשב שהזרם העובר דרכו הוא 0.5 אמפר, תנור חשמלי שהזרם העובר דרכו הוא 15 אמפר, מייבש כביסה שהזרם העובר דרכו הוא 16 אמפר, מכונת כביסה שהזרם העובר דרכה הוא 10 אמפר? הסבירו.

25. בקנקן חשמלי המחובר למקור אנרגיה חשמלית ביתית שהמתח שלו 230 וולט, עובר זרם חשמלי של 10 אמפר בזמן הפעלתו. ברדיו המחובר לאותו מקור אנרגיה חשמלית, עובר זרם חשמלי של 0.1 אמפר, ובמחשב המחובר לאותו המקור, עובר זרם של 0.4 אמפר.
   א. חשבו את הספקי כל אחד מן המכשירים.
   +ב. חשבו כמה זמן ניתן להפעיל את הרדיו באותה כמות האנרגיה החשמלית המתגלגלת בקנקן החשמלי במשך 5 דקות.
   +ג. חשבו כמה זמן ניתן להפעיל את המחשב באותה כמות אנרגיה חשמלית.

+26. לפניכם רשימת מכשירים המופעלים במתח החשמלי המקובל בישראל - 230 וולט. ליד כל מכשיר מצוין הזרם העובר בו. הניחו שההספק המרבי המותר הוא 9,200 ואט ורשמו 4 מכשירים שמותר להפעילם יחד ו-4 מכשירים שאסור להפעילם יחד. הסבירו.

המכשיר	**הזרם העובר דרך המכשיר בזמן הפעלתו**
טלוויזיה	0.5 אמפר
מכונת כביסה	15 אמפר
מייבש כביסה	18 אמפר
תנור מיקרוגל	5 אמפר
תנור	15 אמפר
שואב אבק	8 אמפר

ו. חיבור מקורות אנרגיה חשמליים

27. נתונות סוללות חשמליות שמתח כל אחת מהן הוא 1.5 וולט. מה יהיה מתח מקור האנרגיה החשמלית המתקבל על ידי חיבור בטור של 2 סוללות כאלו, 3 סוללות כאלו, 4 סוללות כאלו?

28. לסוללה מסוג אחד יש מתח של 1.5 וולט, ואילו לסוללה מסוג שני - מתח של 6 וולט. מה יהיה מקור האנרגיה החשמלית המתקבל על ידי חיבור בטור של:
א. 2 סוללות מסוג ראשון וסוללה אחת מסוג שני?
ב. 4 סוללות מסוג ראשון ו-5 סוללות מסוג שני?
ג. 3 סוללות מסוג ראשון ו-3 סוללות מסוג שני?

29. מקלט רדיו פועל על ידי 2 סוללות, שמתח כל אחת מהן הוא 1.5 וולט. הזרם העובר במקלט הרדיו הוא 2 אמפר. חשבו את ההספק החשמלי של מקלט הרדיו.

30. פנס א' מופעל על ידי 2 סוללות המחוברות בטור, שמתח כל אחת מהן הוא 3 וולט. פנס ב' מופעל על ידי 4 סוללות המחוברות בטור, שמתח כל אחת מהן הוא 1.5 וולט. בזמן הפעלתו עובר בפנס א' זרם של 5 אמפר, ואילו בפנס ב' עובר זרם של 20 אמפר. איזה פנס צורך הספק חשמלי גדול יותר ופי כמה יותר?

ז. חיבור מכשירים במעגל חשמלי

31. מנינו שלוש סיבות לחיבור מכשירי חשמל במקביל. בחרו מכשיר חשמלי כרצונכם והסבירו, לאור שלוש סיבות אלה, מדוע חשוב לחברו למקור האנרגיה החשמלית במקביל.

32. לפנס חשמלי התנגדות של 1 אום. מחברים אותו למקור מתח של 6 וולט.
א. תארו בסרטוט באופן סכמטי את חיבורו במקביל עם עוד 3 פנסים זהים וחשבו את הספק האנרגיה החשמלית שיקבל.
+ב. תארו בסרטוט באופן סכמטי את חיבורו בטור עם 3 הפנסים הנוספים וחשבו את הספק האנרגיה החשמלית שיקבל אז.

33. מחברים לסוללה 5 נורות זהות, פעם בחיבור במקביל ופעם בחיבור בטור. באיזו שיטת חיבור "תיגמר" הסוללה מהר יותר? הסבירו.

תשובות מספריות
ל"שואלים את עצמנו", פרק י

4. 10 קולון - 100 ג'ול. 20 קולון - 200 ג'ול. 50 קולון - 500 ג'ול. 100 קולון - 1,000 ג'ול. 500 קולון - 5,000 ג'ול.
5. הטבלה המלאה:

כמות מטען חשמלי	אנרגיה חשמלית
20 קולון	100 ג'ול
60 קולון	300 ג'ול
100 קולון	500 ג'ול
10 קולון	50 ג'ול
200 קולון	1000 ג'ול
100 קולון	500 ג'ול
4 קולון	20 ג'ול

7. עבור 24 וולט - 120 ג'ול; עבור 240 וולט - 1,200 ג'ול; עבור 48 וולט - 240 ג'ול; עבור 6 וולט - 30 ג'ול; עבור 1.2 וולט - 6 ג'ול.
8. הטבלה המלאה:

מתח	אנרגיה חשמלית
24 וולט	100 ג'ול
48 וולט	200 ג'ול
480 וולט	2,000 ג'ול
120 וולט	50 ג'ול
120 וולט	500 ג'ול
12 וולט	50 ג'ול
4.8 וולט	20 ג'ול

9. ‏7.5 ג'ול.
10. א. 240 ג'ול; ב. פי 8.
11. א. 230 ג'ול; ב. 414,000 ג'ול.
12. ‏469,200 ג'ול.
13. א. רדיו - 41,400 ג'ול; טלוויזיה - 207,000 ג'ול.
ב. רדיו - 5 דקות; טלוויזיה - דקה.
14. א. 12,420,000 ג'ול; ב. 29,808,000 ג'ול.
15. א. 336,000 ג'ול; ב. כ-209 שניות.
19. ‏12 וואט.
20. א. 60 וואט; ב. ב-20 שניות - 1200 ג'ול, ב-3 דקות - 10,800 ג'ול, בשעה - 216,000 ג'ול.
21. תנור מיקרוגל - 4 אמפר; מקלט רדיו - 0.1 אמפר; טלוויזיה - 0.4 אמפר; נורת ליבון - 0.87 אמפר.
22. להמעיט ביותר בשימוש במייבש השיער, משום שהספקו הוא הגדול ביותר.
אפשר להרבות בשימוש ברדיו, משום שהספקו הוא הנמוך ביותר.
23. פנס חשמלי - 8,750 שניות; רדיו - 35,000 שניות; מקלט טלוויזיה - 5,000 שניות; מייבש שיער - 700 שניות.
24. לא. ההספק הכולל יהיה 9,545 ואט. זהו הספק שמעבר למותר.
25. א. קנקן חשמלי - 2,300 ואט; רדיו - 23 ואט; מחשב - 92 ואט.
ב. רדיו - 500 דקות.
ג. מחשב - 125 דקות.
26. דוגמה ל-4 מכשירים שמותר להפעילם יחד: טלוויזיה, מכונת כביסה, שואב אבק, תנור מיקרוגל. הסבר: ההספק הכולל שלהם קטן מן ההספק המותר.
דוגמה ל-4 מכשירים שאסור להפעילם יחד: מכונת כביסה, מייבש כביסה, תנור, שואב אבק. הסבר: ההספק הכולל שלהם עולה על ההספק המותר.
27. ‏2 סוללות - 3 וולט; 3 סוללות - 4.5 וולט; 4 סוללות - 6 וולט.
28. א. 9 וולט; ב. 36 וולט; ג. 22.5 וולט.
29. ‏6 ואט.
30. פנס ב'. פי 4 יותר מפנס א'.
32. א. 36 ואט; ב. 2.25 ואט.

פרק יא (הרחבה)

מאנרגיה חשמלית לאנרגיות אחרות

א. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית גובה / 332

ב. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה / 335

ג. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית חום / 337

בפרקים הקודמים היכרתם סוגים שונים של אנרגיה ודנתם בגלגולי אנרגיה. חלק מסוגי האנרגיה גם למדתם לחשב באופן כמותי.
גם בפרק זה נדון בגלגולי אנרגיה, אך הפעם תוך עירוב סוגים מגוונים של אנרגיה ותוך שימוש בחוקים ובנוסחאות שלמדתם לחישוב אנרגיות מסוגים שונים.

נעשה זאת על ידי דיון בדוגמאות אחדות. בכל אחת מהן ייעשה שימוש בנוסחאות אנרגיה. נבדוק כיצד ישפיע המעבר מאנרגיה חשמלית לאנרגיה אחרת על גדלים פיזיקליים שונים, כגון גובה הגוף, מהירות הגוף והטמפרטורה של הגוף.

א. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית גובה

נפתח בדוגמה פשוטה.
דוגמה: מנוף-צעצוע ניזון מסוללה חשמלית בת 1.5 וולט. הסוללה מספקת למנוע המנוף החשמלי זרם של 0.01 אמפר במשך 10 שניות. לאיזה גובה ירים המנוף משא שמשקלו 0.5 ניוטון, בהנחה שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית גובה?

פתרון:
הסוללה החשמלית גורמת בהדרגה להרמת המשא, כלומר האנרגיה החשמלית של הסוללה מתגלגלת בהדרגה לאנרגיית גובה של המשא. בשאלה זו נניח שהאנרגיה החשמלית מתגלגלת כולה לאנרגיית גובה של המשא. אמנם הנחה זו אינה מדויקת, משום שחלק מן האנרגיה מתגלגל גם לאנרגיות אחרות, למשל לאנרגיית חום, אולם לשם הפשטות נזניח את האנרגיות האחרות.

נחשב את האנרגיה החשמלית המתגלגלת ב-10 שניות. בהנחה שכולה מתגלגלת לאנרגיית גובה, אנרגיה חשמלית זו תהיה שווה לאנרגיית הגובה של המשא.

נתוני השאלה הם אלה:
0.01 אמפר = $\mathbf{I}$ (זרם חשמלי)
1.5 וולט = $\mathbf{V}$ (מתח חשמלי)
10 שניות = $\mathbf{t}$ (זמן)
0.5 ניוטון = $\mathbf{W}$ (משקל)

על פי נוסחת האנרגיה החשמלית, האנרגיה העוברת למנוף במשך 10 שניות היא זו:

$$E_e = V \cdot I \cdot t = 1.5 \cdot 0.01 \cdot 10 = 0.15 \text{ ג'ול}$$

אנחנו מניחים שכל האנרגיה הזו הופכת לאנרגיית גובה.

על פי נוסחת אנרגיית הגובה:

$$E_h = W \cdot h$$

$$h = \frac{E_h}{W}$$

ובמקרה שלנו:

$$h = \frac{0.15}{0.5} = 0.3 \text{ מטר}$$

במילים אחרות: הגובה שאליו יגיע המשא, תוך כדי גלגול האנרגיה החשמלית של הסוללה (0.15 ג'ול) לאנרגיית גובה של המשא, הוא 0.3 מטרים, או 30 סנטימטרים.

ההנחה בדוגמה א' היא שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית גובה. אך למעשה, כפי שכבר נאמר, חלק מן האנרגיה מתגלגל גם לאנרגיית חום או לאנרגיות מסוגים אחרים. כלומר, רק חלק מן האנרגיה החשמלית מתגלגל לאנרגיית גובה.

עובדה זו מובאת בחשבון בדוגמה הבאה:

דוגמה: רכבת הרים שמסתה 200 קילוגרמים מוּנעת באמצעות מקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו 230 וולט. המקור מספק לרכבת זרם של 15 אמפר. רק מחצית מן האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית גובה.
חַשבו לאיזה גובה תגיע רכבת ההרים כעבור 20 שניות של הפעלה.

פתרון:
בשאלה זו נתון שמחצית האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית גובה. נחשב, אם כן, את האנרגיה החשמלית שמספק מקור האנרגיה החשמלית במשך 20 שניות הפעלה. מחצית מאנרגיה זו מתגלגלת לאנרגיית גובה של רכבת ההרים. כשתהיה בידינו אנרגיית גובה זו, נוכל לחשב את הגובה שאליו תגיע רכבת ההרים באמצעות הנוסחה לחישוב אנרגיית הגובה.
נעשה זאת בשלבים.

נתוני השאלה הם אלה:

15 אמפר = **I** (זרם חשמלי)

230 וולט = **V** (מתח חשמלי)

20 שניות = t (זמן)
200 קילוגרם= m (מסת רכבת ההרים)

נחשב קודם את האנרגיה החשמלית שמספק המקור במשך 20 שניות:

$$E_e = V \cdot I \cdot t = 230 \cdot 15 \cdot 20 = 69{,}000 \text{ ג'ול}$$

מחצית מאנרגיה מזו מתגלגלת לאנרגיית גובה, זאת אומרת: 34,500 ג'ול.
על פי נוסחת אנרגיית הגובה:

$$E_h = W \cdot h$$

$$h = \frac{E_h}{W}$$

משקל רכבת ההרים הוא: $W = 10m = 10 \cdot 200 = 2{,}000$ **ניוטון**
ולכן:

$$h = \frac{E_h}{W} = 17.25$$

זאת אומרת, רכבת ההרים תגיע לגובה של 17.25 מטרים.

שאלה 1: מנוף-צעצוע מופעל באמצעות מנוע חשמלי. המנוע מקבל את האנרגיה שלו ממקור אנרגיה חשמלית המורכב מ-4 סוללות, שמתח כל אחת מהן הוא 1.5 וולט. הסוללות מחוברות בטור. באמצעות המנוף, מרימים משא שמסתו 10 גרם. 40% מהאנרגיה החשמלית מתגלגל לאנרגיית גובה.
חַשבו לאיזה גובה יגיע המשא לאחר 4 שניות של הפעלת המנוע החשמלי, אם הזרם העובר דרכו הוא 0.025 אמפר.

שאלה 2: כמה זמן יש להפעיל את המנוע החשמלי שבשאלה 1 כדי שירים מסה בת 25 גרם לגובה של 20 סנטימטרים?

שאלה 3: תארו דרך להגביר את מהירות ההרמה של המשא בשאלה 1.

ב. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה

מכשירים רבים מגלגלים אנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה, למשל:
מערבל
מכונית חשמלית
מכוניות-צעצוע חשמליות
מסור חשמלי
פטיש חשמלי
מאוורר
דלתות הזזה אוטומטיות
מקדחה

דוגמה: מכונית חשמלית שמסתה 800 קילוגרם מצוידת ב-5 מצברים המחוברים בטור. (מצבר הוא סוללה חשמלית המסוגלת לספק אנרגיה חשמלית בכמות גדולה.) המתח של כל מצבר הוא 24 וולט. המצברים מספקים למכונית זרם של 10 אמפר. מחצית מן האנרגיה החשמלית של המצברים מתגלגלת לאנרגיית תנועה. חַשבו מה תהיה מהירותה של המכונית 100 שניות מרגע התחלת הנסיעה.

פתרון:
מחצית מן האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית תנועה. נחשב קודם את האנרגיה החשמלית שמספק מקור האנרגיה החשמלית במשך 100 שניות. מחצית מאנרגיה זו מתגלגלת לאנרגיית תנועה של המכונית החשמלית. כשנדע את אנרגיית התנועה, נוכל לחשב את מהירות המכונית באמצעות הנוסחה לחישוב אנרגיית התנועה.

נחשב קודם את האנרגיה החשמלית הכוללת במשך 100 שניות.
נתוני השאלה הם אלה:

10 אמפר = **I** (זרם חשמלי)
24 וולט = **V** (מתח חשמלי) של מצבר אחד
100 שניות = **t** (זמן)
800 קילוגרם = **m** (מסת המכונית)

מקור האנרגיה החשמלית הוא 5 מצברים המחוברים בטור.

המתח הכולל של 5 המצברים המחוברים בטור הוא סכום המתחים של המצברים, זאת אומרת:

$$V = 24 \cdot 5 = \text{120 וולט}$$

עתה נחשב את האנרגיה החשמלית הכוללת העוברת ממקור האנרגיה החשמלית אל המכונית במשך 100 שניות:

$$E_e = V \cdot I \cdot t = 120 \cdot 10 \cdot 100 = \text{120,000 ג'ול}$$

רק מחצית מאנרגיה זו מתגלגלת לאנרגיית תנועה, זאת אומרת: 60,000 ג'ול.
במילים אחרות, אנרגיית התנועה של המכונית אחרי 100 שניות של הפעלת מקור האנרגיה החשמלית היא 60,000 ג'ול.
נוסחת אנרגיית התנועה היא זו:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

ובמקרה שלנו:

$$\frac{800 \cdot v^2}{2} = \text{60,000 ג'ול}$$

$$v^2 = 150$$

$$v = \text{12.25 מטרים בשנייה}$$

אם נתרגם מהירות זו לקמ"ש (קילומטרים בשעה) נקבל 44.1 קמ"ש.

שאלה 4: מדוע לא כל האנרגיה החשמלית שבמצברים מתגלגלת לאנרגיית תנועה של המכונית? מנו לפחות שתי סיבות לכך.

שאלה 5: מכונית-צעצוע שמסתה 800 גרם מופעלת באמצעות 2 סוללות חשמליות של 1.5 וולט כל אחת. הסוללות מחוברות בטור והן מספקות למנוע המכונית זרם של 0.25 אמפר. בהנחה שרק מחצית מהאנרגיה החשמלית שבסוללות הופכת לאנרגיית תנועה, חשבו לאיזו מהירות תגיע המכונית 2 שניות מרגע הפעלתה.

ג. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית חום

במקרים רבים מגלגלים אנרגיה חשמלית לאנרגיית חום לצרכים שונים. למשל: בתנור חימום חשמלי מגלגלים אנרגיה חשמלית לאנרגיית חום כדי להעלות את טמפרטורת החדר. בקנקן חשמלי ובדוד חשמלי מגלגלים אנרגיה חשמלית לאנרגיית חום כדי לחמם מים. למעשה, כמעט בכל גלגול אנרגיה שהוא קיים גם גלגול של חלק מן האנרגיה לאנרגיית חום; אולם בדרך כלל זהו גלגול בלתי מכוון, גלגול שאיננו מעוניינים בו. לדוגמה: כאשר מפעילים נורת תאורה, מעוניינים באנרגיית אור, אולם רוב האנרגיה החשמלית מתגלגלת במקרה זה לאנרגיית חום דווקא. גם כשמפעילים מיקסר מעוניינים בגלגול אנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה, אולם חלק גדול מן האנרגיה החשמלית מתגלגל לאנרגיית חום שאיננו חפצים בה. לעומת זאת, בתנור חימום חשמלי, קנקן חשמלי, דוד חשמלי וכו' הגלגול לאנרגיית חום רצוי לנו. הגלגול במקרים אלה וברבים אחרים נעשה באופן מכוון.

שאלה 6: רִשמו עוד 2 דוגמאות שבהן מתגלגלת אנרגיה מסוג כלשהו לאנרגיית חום באופן בלתי מכוון, בלי שאנו חפצים בכך.

בדוגמאות הבאות נעשה שימוש בידיעות שצברנו בפרקים הקודמים בנושא האנרגיה. נשתמש בידיעות אלה לגלגולים מאנרגיה חשמלית לאנרגיית חום.

דוגמה: בקנקן חשמלי עובר זרם של 10 אמפר. הקנקן מופעל על ידי מקור אנרגיה חשמלית בעל מתח של 230 וולט (המתח הביתי). אל תוך הקנקן שופכים 2 קילוגרם מים בטמפרטורה של 20 מעלות צלזיוס. בהנחה שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום ונמסרת רק למים, חַשבו מה תהיה טמפרטורת המים 100 שניות אחרי הפעלת הקנקן.

פתרון:
כל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום, הגורמת לעליית טמפרטורת המים. נחשב, אם כן, את האנרגיה החשמלית שמספק מקור האנרגיה החשמלית במשך 100 שניות. אנרגיה זו מתגלגלת לאנרגיית חום הנוספת למים. כשנדע אנרגיה זו, נוכל לחשב את תוספת הטמפרטורה.

נתוני השאלה הם אלה:

10 אמפר = **I** (זרם חשמלי)
230 וולט = **V** (מתח חשמלי)
100 שניות = **t** (זמן)
4,200 ג'ול לק"ג למעלה = **c** (החום הסגולי של המים)
2 קילוגרם = **m** (מסת המים)
20 מעלות צלזיוס = **T** (הטמפרטורה ההתחלתית של המים)

נחשב קודם את האנרגיה החשמלית המתגלגלת בקנקן החשמלי.

$$E_e = V \cdot I \cdot t = 230 \cdot 10 \cdot 100 = 230{,}000 \text{ ג'ול}$$

אנרגיה זו מתגלגלת כולה לאנרגיית חום.
הנוסחה לחישוב אנרגיית החום היא:

$$E_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

כאשר:
m - המסה בקילוגרמים.
c - החום הסגולי בג'ול לקילוגרם למעלה.
ΔT - הפרש הטמפרטורה במעלות צלזיוס.
E_Q - אנרגיית החום בג'ולים.

אנרגיית החום הנוספת למים היא 230,000 ג'ול, ועל כן ניתן לרשום:

$$230{,}000 \text{ ג'ול} = c \cdot m \cdot \Delta T$$

מסת המים היא 2 קילוגרם והחום הסגולי שלהם הוא 4,200 ג'ול לקילוגרם למעלה.
על כן: $230{,}000 \text{ ג'ול} = 4{,}200 \cdot 2 \cdot \Delta T$
ומכאן:

$$\Delta T = 230{,}000/8400 = 27.4 \text{ מעלות}$$

הטמפרטורה ההתחלתית הייתה 20 מעלות, ולכן הטמפרטורה לאחר ההתחממות תהיה:

$$20 + 27.4 = 47.4 \text{ מעלות}$$

שאלה 7: האם, לפי דעתכם, נכונה במציאות ההנחה שכל האנרגיה החשמלית המתגלגלת לאנרגיית חום עוברת רק למים? הסבירו.

כאשר כל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום, ניתן אם כן לרשום את הנוסחה הבאה עבור גלגול אנרגיה חשמלית לאנרגיית חום:

$$E_Q = V \cdot I \cdot t$$

אם ידועה התנגדות המוליך שבו עובר הזרם, ניתן להשתמש גם בנוסחה אחרת לאנרגיית החום המתקבלת. זאת, באמצעות שימוש בחוק אום.

על פי חוק אום $\mathbf{I = \frac{V}{R}}$

ולכן: $\mathbf{E_Q = V \cdot I \cdot t = V \cdot \frac{V}{R} \cdot t}$

ובסך הכול: $\mathbf{E_Q = \frac{V^2}{R} \cdot t}$

אם נציב $\mathbf{V = IR}$ (על פי חוק אום)

נקבל: $\mathbf{E_Q = \frac{(IR)^2}{R} \cdot t = \frac{I^2R^2t}{R} = I^2Rt}$

קיבלנו נוסחה נוספת לחישוב אנרגיית החום המתקבל.

דוגמה: במוליך שהתנגדותו 4 אום, עובר זרם של 5 אמפר במשך דקה אחת. בהנחה שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום, חשבו את אנרגיית החום.

פתרון:
נחשב את האנרגיה החשמלית שמספק מקור האנרגיה החשמלית במשך דקה. על פי ההנחה, אנרגיה זו מתגלגלת כולה לאנרגיית חום.

נתוני השאלה הם אלה:

5 אמפר = $\mathbf{I}$ (זרם חשמלי)

4 אום = $\mathbf{R}$ (התנגדות)

1 דקה = $\mathbf{t}$ (זמן)

נחשב את האנרגיה החשמלית המתגלגלת במוליך במשך דקה אחת.
הזמן שווה ל-60 שניות.

לכן, על פי הנוסחה:

$$\mathbf{E_e = I^2 \cdot R \cdot t = 25 \cdot 4 \cdot 60 =}$$ **6,000 ג'ול**

אנרגיה חשמלית זו מתגלגלת כולה לאנרגיית חום.

שאלה 8: חשבו את אנרגיית החום הנוצרת במשך 4.5 דקות במוליך שהתנגדותו 20 אום ושעובר בו זרם של 6 אמפר.

שואלים את עצמנו - פרק יא

א. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית גובה

1. משקלה של מעלית הוא 2,000 ניוטון. היא מופעלת על ידי מנוע חשמלי המשתמש במקור אנרגיה חשמלי שהמתח שלו 230 וולט. בזמן הפעלת המעלית, עובר במנוע זרם של 40 אמפר. מחצית מן האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית גובה של המעלית. חשבו לאיזה גובה מעל פני הקרקע תגיע המעלית כעבור 10 שניות הפעלה כשהיא ריקה?

2. לאיזה גובה תגיע המעלית בשאלה 1 לאחר 10 שניות הפעלה, אם היא תישא בתוכה 4 נערים שמשקל כל אחד מהם הוא 500 ניוטון?

3. רכבת הרים מופעלת באמצעות מקור אנרגיה חשמלית שהמתח שלו הוא 230 וולט. היא מופעלת באמצעות מנוע חשמלי שעובר בו זרם של 60 אמפר. משקל רכבת ההרים הוא 4,000 ניוטון. רק רבע מן האנרגיה החשמלית מתגלגל לאנרגיית גובה של רכבת ההרים. עם הפעלתה, היא עושה דרכה לעבר פסגה שגובהה 20 מטרים.
   א. האם תגיע לראש הפסגה כעבור 10 שניות הפעלה?
   ב. לאיזה גובה היא תגיע אם יטעינו עליה נוסעים במשקל כולל של 4,000 ניוטון?
   ג. האם ישתנו התשובות ל-א' ול-ב' אם תופעל רכבת ההרים על פני הירח? (משקל הגופים על פני הירח הוא שישית ממשקלם על פני כדור הארץ.)

+4. מעלית-צעצוע מופעלת באמצעות ארבע סוללות חשמליות המחוברות בטור, שמתח כל אחת מהן הוא 1.5 וולט. במעלית עובר זרם חשמלי של 0.1 אמפר. משקל המעלית הוא 4 ניוטון, ורק 2/3 מן האנרגיה החשמלית שלה מתגלגלת לאנרגיית גובה. חשבו כמה זמן יחלוף עד שתגיע המעלית לכל אחד מן הגבהים הבאים: א) 20 סנטימטרים. ב) מטר. ג) 10 סנטימטרים.

ב. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה

5. רכבת-צעצוע חשמלית מורכבת מקטר שמסתו 0.5 קילוגרם ו-2 קרונות שמסת כל אחד מהם היא 0.25 קילוגרם. הרכבת מופעלת באמצעות סוללה חשמלית, שהמתח שלה 1.5 וולט ושהזרם העובר בה הוא 0.5 אמפר.

שימו לב: הסימן + לצד השאלה מציין שהיא קשה.

א. בהנחה שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית תנועה של הרכבת, חשבו לאיזו מהירות תגיע הרכבת לאחר 6 שניות הפעלה.
ב. האם ההנחה שבסעיף א' (שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית תנועה) היא מציאותית? הסבירו.
ג. בהנחה שרק שני-שלישים מן האנרגיה החשמלית מתגלגלים לאנרגיית תנועה, חשבו מה תהיה מהירות הרכבת לאחר שנייה של הפעלה.
ד. בהנחה שרק שני-שלישים מן האנרגיה החשמלית מתגלגלים לאנרגיית תנועה, חשבו מה תהיה מהירות הרכבת לאחר שניית הפעלה, אם נוסיף לה עוד 4 קרונות שמסת כל אחד מהם היא 0.25 קילוגרם.

6. מכונית חשמלית שמסתה עם המטען היא 1 טון (1,000 קילוגרמים), מופעלת על ידי 10 מצברים המחוברים בטור. מתח כל מצבר הוא 24 וולט. המצברים מספקים למכונית זרם חשמלי של 5 אמפר. הָניחו שמחצית מן האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית תנועה וחשבו:
א. את מהירות המכונית 10 שניות לאחר התחלת הפעלתה.
ב. את מהירותה חצי דקה לאחר התחלת הפעלתה.
ג. את מהירותה בסעיף א' ובסעיף ב', אם יוסיפו לה מטען של 200 קילוגרמים.

+7. בבית חרושת מתכננים מכונית חשמלית. מתכנניה מעוניינים במכונית שמסתה הכוללת 800 קילוגרמים. עם מטען של 200 קילוגרמים תוכל המכונית להגיע למהירות של 10 מטרים בשנייה - 20 שניות לאחר התחלת הנסיעה. על פי החישובים, רק מחצית מן האנרגיה מתגלגלת לאנרגיית תנועה. המכונית מתוכננת כך, שבמנוע המכונית יעבור זרם של 25 אמפר לכל היותר. מה חייב להיות מתח מקור האנרגיה החשמלית של המכונית?

ג. מאנרגיה חשמלית לאנרגיית חום

8. מגהץ חשמלי פועל באמצעות מקור האנרגיה החשמלית הביתי. מתח מקור האנרגיה החשמלית הוא 230 וולט. בזמן הפעלתו, עובר במגהץ זרם חשמלי של 2 אמפר. הָניחו שכל האנרגיה החשמלית העוברת במגהץ מתגלגלת לאנרגיית חום.
א. מהו הספק האנרגיה החשמלית של המגהץ?
ב. כמה זמן יחלוף עד ש-9,200 ג'ול של אנרגיה חשמלית יתגלגלו לאנרגיית חום?
ג. חַשבו זמן זה אם בתוך המגהץ יעבור זרם חשמלי של 1 אמפר.

9. דוד חימום חשמלי מכיל 150 קילוגרמים מים. המים שבדוד מחוממים באמצעות גוף חימום הנמצא בדוד. גוף החימום פועל על ידי מקור האנרגיה החשמלי הביתי (מתח של 230 וולט), ובזמן הפעלתו עובר בו זרם של 15 אמפר. הניחו שכל האנרגיה החשמלית

העוברת בדוד מתגלגלת לאנרגיית חום של המים.

א. כמה אנרגיה חשמלית תתגלגל בדוד לאנרגיית חום במשך דקה?

ב. כשהמים בטמפרטורה של 10 מעלות, כמה זמן יחלוף עד שהם יחוממו לטמפרטורה של 60 מעלות? (החום הסגולי של המים הוא 4,200 ג'ול לקילוגרם למעלה.)

ג. האם ההנחה שכל האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום של המים היא מציאותית? הסבירו.

+10. קנקן חשמלי פועל באמצעות גוף חימום שהתנגדותו היא 20 אום. בקנקן יש 600 גרם מים. הקנקן מחובר למקור האנרגיה החשמלי הביתי שהמתח שלו 230 וולט. רק שלושה רבעים מכלל האנרגיה החשמלית מתגלגלים לאנרגיית חום של המים.

א. כמה זמן יחלוף עד שהמים יגיעו לטמפרטורת הרתיחה (100 מעלות) אם הטמפרטורה ההתחלתית שלהם היא 15 מעלות?

ב. כמה זמן יש להפעיל את הקנקן החשמלי כדי שהמים בטמפרטורת הקיפאון (0 מעלות) יגיעו לטמפרטורת הרתיחה?

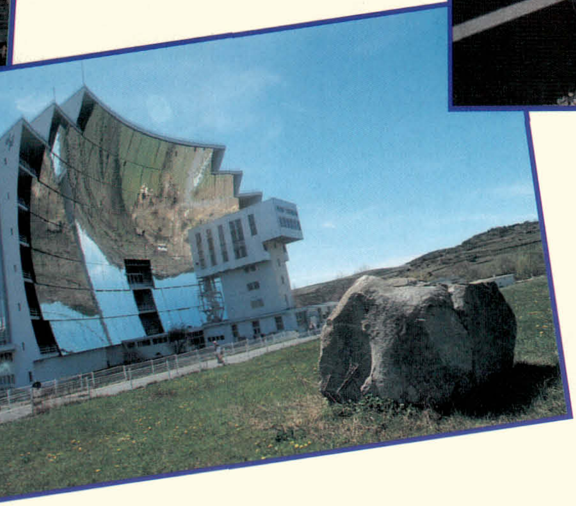
+11. מתקן חימום חשמלי נייד, המיועד לחימום מזון בטיולים ובפיקניקים, פועל באמצעות גוף חימום שהתנגדותו ניתנת לשינוי. המתקן פועל באמצעות 4 סוללות המחוברות בטור, שמתח כל אחת מהן הוא 1.5 וולט.

א. כמה זמן צריך לפעול המתקן כדי להעלות את הטמפרטורה של מים במסה של 200 גרם ב-20 מעלות, אם משתמשים בהתנגדות של 0.1 אום ורק מחצית מן האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום של המים?

ב. באיזו התנגדות צריך לפעול המתקן כדי להעלות את הטמפרטורה של אותה כמות מים (200 גרם) ב-20 מעלות תוך דקה, אם רק מחצית מן האנרגיה החשמלית מתגלגלת לאנרגיית חום של המים?

תשובות מספריות
ל"שואלים את עצמנו", פרק יא

1. 23 מטרים.
2. 11.5 מטרים.
3. א. לא; ב. 4.31 מטרים; ג. כן; בירח המשקל קטן פי 6 מזה שבכדור הארץ. לכן רכבת ההרים תטפס באותה אנרגיה לגובה גדול פי 6.
4. א. 2 שניות; ב. 10 שניות; ג. שנייה אחת.
5. א. 3 מטרים בשנייה; ג. 2.45 מטרים בשנייה; ד. 1.73 מטרים בשנייה.
6. א. 3.46 מטרים בשנייה; ב. 6 מטרים בשנייה;
   ג. סעיף א: 3.16 מטרים בשנייה; סעיף ב: 5.48 מטרים בשנייה.
7. 200 וולט.
8. א. 460 ואט; ב. 20 שניות; ג. 40 שניות.
9. א. 207,000 ג'ול; ב. 2.54 שעות (9,130 שניות).
10. א. 108 שניות; ב. 127 שניות.
11. א. 93.3 שניות; ב. 0.064 אום.



פרק יב

מקורות אנרגיה והשיקולים לניצולם

א. מקורות אנרגיה שונים / 346

ב. מקורות אנרגיה מתכלים ומקורות אנרגיה מתחדשים / 354

ג. שיקולים לניצולם של מקורות אנרגיה / 356

ד. יתרונות האנרגיה החשמלית / 359

א. מקורות אנרגיה שונים

בימינו השימוש באנרגיה חשמלית בבית, ברחוב, בעסקים ובתעשייה נראה לנו מובן מאליו. האנרגיה החשמלית מופקת ממקורות אנרגיה מגוונים. כל מדינה מנצלת מקורות אנרגיה מהסוגים המתאימים לה. לכל מדינה שיקולים שונים שלפיהם היא בוחרת את מקורות האנרגיה שלה.
למשל: מהם מקורות האנרגיה העיקריים המנוצלים במדינת ישראל ולאלו צרכים מנוצלים מקורות אלה?
מהם השיקולים המנחים את ממשלת ישראל בניצול מקורות אנרגיה?

אנחנו מגלגלים אנרגיה ממקורות שונים לאנרגיה השימושית לנו. כך, לדוגמה, מגלגלים אנרגיה כימית משריפת נפט לאנרגיית חום, היכולה להיות מנוצלת, למשל, לחימום בתים בחורף בתנור נפט או בהסקה מרכזית. באופן דומה, אנחנו מגלגלים אנרגיית קרינה המגיעה מן השמש לאנרגיה חשמלית באמצעות מתקן הקרוי "תא שמש" ומשתמשים באנרגיה החשמלית להפעלת מכשירים שונים.

תקליטור **פארק האנרגיה**

המרה מאנרגיה כימית, או **מאנרגיה גרעינית**, או **מאנרגיית גובה** - **לאנרגיה חשמלית**
התבוננו במצגת וענו על השאלות בדף העבודה.

מקורות שמהם אנו מקבלים אנרגיה השימושית לנו נקראים **מקורות אנרגיה**. לגלגול האנרגיה ממקור האנרגיה לאנרגיה השימושית לנו קוראים **הפקת אנרגיה**.
האם האנרגיה שאנו מקבלים ממקור אנרגיה כלשהו נוצרת מעצמה, כלומר נוצרת מלא כלום? בוודאי שלא. למדתם שעל פי חוק שימור האנרגיה, אנרגיה איננה נוצרת מעצמה. בתהליך הפקת האנרגיה, אנחנו רק מגלגלים אנרגיה של המקור לסוג אנרגיה אחר, שימושי לנו.

בעבר הרחוק השתמשו בני האדם לצורכיהם במקורות אנרגיה אחרים מאלה המקובלים בימינו. לדוגמה: נהוג היה להשתמש בחמורים, בסוסים ובשוורים להנעת מכשירים שונים, כגון מחרשות, כרכרות, אבני רֵחיים. במקרים אלה גולגלה האנרגיה הכימית שבשרירי הבהמות הללו לאנרגיית תנועה.

שאלה 1: בעבר היה נהוג להשתמש הרבה בבעירת עצים כדי לחמם בתים.
רשמו את גלגול האנרגיה. איזו אנרגיה שימושית לנו מקבלים במקרה זה?

האדם השתמש בעבר בזרימת מים בנהרות או בנחלים כדי להניע טחנות קמח, מנסרות (מנסרה היא מקום שבו מְנסרים חומרים, כגון עצים, מתכות) ועוד.

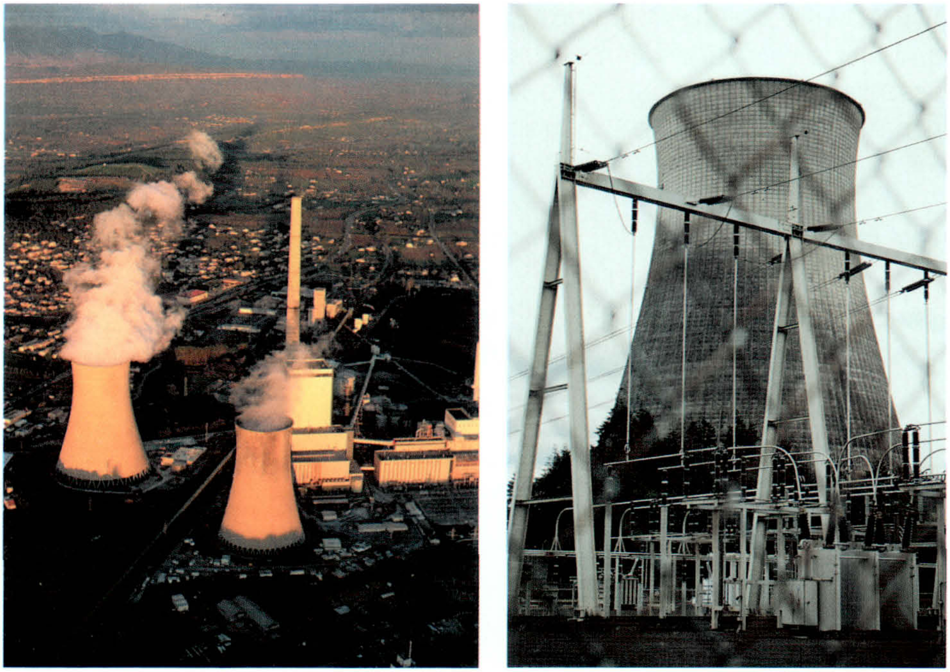
שאלה 2: מהו גלגול האנרגיה במים זורמים המניעים טחנות קמח או מנסרות? מהי האנרגיה השימושית כאן?

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

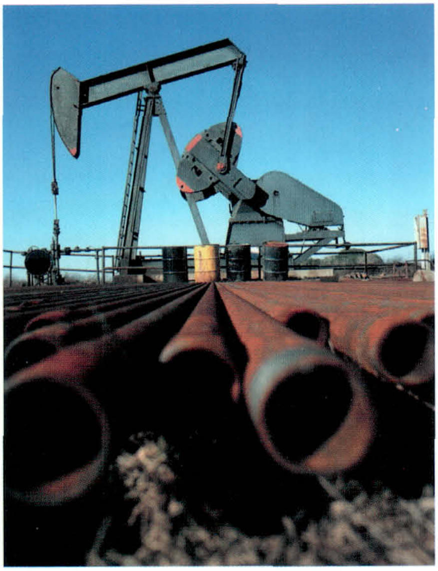
ספרייה - על אנרגיה - **על סוג אנרגיה ועל מקור אנרגיה**

בימינו נהוג להשתמש במקורות אנרגיה שונים מאלה של העבר, והם גם מגוונים בהרבה. נמנה אחדים מהם.

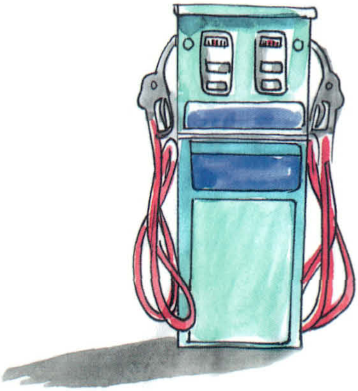
נפט גולמי: הנפט הגולמי הוא נוזל שחור המשמש לצרכים שונים ומגוונים. הוא מצוי מתחת לפני האדמה בעומק רב (קילומטר ויותר).



בית זיקוק שבו מפרידים נפט גולמי למוצריו



מתקן קידוח של נפט גולמי



עמדת תדלוק בתחנת דלק

הנפט הגולמי הוא תערובת של מספר עצום של חומרים. באמצעות תהליך מיוחד הנקרא זיקוק, מפרידים את הנפט הגולמי למוצרי נפט שונים. כל "מוצר" כזה מהווה גם הוא תערובת בעלת תכונות אופייניות. חלק עיקרי ממוצרי הנפט משמש לבעירה בתהליכים ובמתקנים מגוונים. לדוגמה: הבנזין הוא מוצר נפט המשמש להנעת מכוניות, המזוט הוא מוצר נפט המשמש להנעת טורבינות בתחנות חשמל. גם הנפט השקוף שבו משתמשים בתנור נפט הוא מוצר נפט, ושמו המדויק הוא קֶרוסין. אין לבלבל בינו לבין הנפט הגולמי השחור, שהוא תערובת של כל המוצרים.

את מקור האנרגיה "נפט גולמי" מנצלים לגלגול אנרגיה כימית מבעירת מוצריו לסוגי אנרגיה שונים. לדוגמה: מנצלים את אנרגיית החום המופקת בשריפת נפט (קרוסין) לחימום חדרים באמצעות תנור נפט. לעומת זאת, במכונית מגלגלים את אנרגיית החום מבעירת הבנזין לאנרגיית תנועה, המשמשת להנעת גלגלי המכונית.

בתחנת החשמל, המזוט הבוער מרתיח מים. המים הופכים לקיטור המניע טורבינה. הטורבינה מחוברת לגנרטור. כשהיא נעה היא מניעה את הגנרטור. כתוצאה מתנועת הגנרטור מתקבלת אנרגיה חשמלית.

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - מקורות אנרגיה: **נפט גולמי**

פחם: חומר מוצק שחור, המצוי מתחת לפני האדמה. האנרגיה הכימית משריפת הפחם מתגלגלת לאנרגיית חום. באנרגיית החום ניתן להשתמש כמו שהיא, למשל לחימום, וניתן לגלגלה הלאה, למשל לאנרגיית תנועה. אנרגיית התנועה יכולה לשמש לקבלת אנרגיה חשמלית באמצעות טורבינה המחוברת לגנרטור, כפי שנעשה הדבר בתחנת חשמל המופעלת בנפט; כך האנרגיה הכימית משריפת הפחם מתגלגלת לבסוף לאנרגיה חשמלית.

פחם

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - מקורות אנרגיה: **פחם**

גז טבעי: גז המצוי מתחת לפני הקרקע. כמו בפחם ובנפט, האנרגיה הכימית המשתחררת בשריפתו מתגלגלת לאנרגיית חום.

מן העיתונות

ביום 9.3.2000 פורסם כי בקידוח בים התיכון נתגלה מאגר גז במרחק 25 ק"מ ממערב לאשקלון.
כמות האנרגיה שניתן יהיה להפיק ממאגר זה ביום אחד שווה לכמות האנרגיה שאפשר להפיק מ-20 אלף חביות נפט.
עד כה התגלה גז בשלוש בארות. כמות הגז שתופק מהן תהיה שווה ל-30 אלף חביות ליום, שהיא כ-8% מצריכת הדלק היומית של ישראל.
הגז שנתגלה הוא מֶתָאן, והוא נקי מחול, גופרית ומים. הוא ראוי לשימוש מידי ללא טיפול נוסף.
ההערכה היא שאפשר יהיה לספק גז מקידוחים אלה כבר בשנת 2001. הצרכנית הראשית תהיה חברת החשמל. מעריכים כי המאגר יוכל לספק את צורכי מדינת ישראל במשך 15 שנה.

שאלה 3: מה הכוונה כאשר מבטאים כמות אנרגיה ביחידה של "חביות נפט"?

פצלי שמן: סלעי גיר הספוגים שמן. ניתן להפיק מהם אנרגיית חום על ידי שריפתם. את אנרגיית החום ניתן לנצל לחימום ולהסקה או להפעלת תחנות חשמל, כפי שנעשה הדבר בתחנות חשמל המופעלות בפחם או בנפט. כמות האנרגיה שניתן להפיק מפצלי שמן היא נמוכה, אולם זהו מקור אנרגיה המצוי בשפע במדינת ישראל. מרבצים גדולים של פצלי שמן קיימים בישראל בנגב הצפוני, בנחל צין ובהר-טוב. כיום נעשים ניסיונות לפיתוח מקור אנרגיה זה בישראל ולבדיקת כדאיותו. ייתכן שבעתיד ינצלו אותו באופן מסחרי ממש. הקושי העיקרי הוא שפצלי השמן מכילים גם תרכובות גופרית המזהמות את הדלק.

דלק גרעיני: כל חומר מורכב מאטומים. כל אטום בנוי מגרעין ואלקטרונים. גרעיני האטומים מכילים שני סוגי חלקיקים: פרוטונים ונייטרונים. הפרוטונים והנייטרונים קרויים נוקליאונים משום שהם מצויים יחד בגרעין (גרעין באנגלית: nucleus). הפרוטונים הם בעלי מטען חשמלי חיובי והנייטרונים חסרי מטען חשמלי, אך מסת נייטרון היא כמסת הפרוטון. מטענים חשמליים זהים דוחים זה את זה, והדחייה הולכת וגדלה ככל שהמטענים קרובים זה לזה. בגרעין האטום, שהוא זעיר ביותר, מרחקם של הפרוטונים זה מזה גם הוא זעיר ביותר, ומכאן מובן שהם דוחים זה את זה בכוח אדיר.

איך זה שהפרוטונים מצויים בקרבה כה גדולה למרות הדחייה החשמלית הזאת? הסיבה לכך היא קיומו של כוח משיכה, חזק מהכוח החשמלי, הפועל בין הנוקליאונים רק כאשר המרחק ביניהם הוא קטן ביותר, קטן כממדיו של הגרעין. האנרגיה הנובעת מן הכוח המצמיד יחד את הנוקליאונים קרויה **אנרגיה גרעינית**.

בשיטה הקרויה ביקוע גרעיני, מבקעים גרעיני אטומים של מתכות מיוחדות (כגון אורניום) באמצעות נייטרונים המשוגרים לעברם. הנייטרונים גורמים לביקוע הגרעין לשני גרעינים קטנים יותר וכן לשחרור של נייטרונים נוספים. חלק מן הנייטרונים המשתחררים פוגעים בגרעינים נוספים ומבקעים אותם שוב, והתהליך נמשך עוד ועוד. זהו **תהליך הביקוע הגרעיני**.

בתהליך גרעיני משתחררת אנרגיית חום רבה. המתכות שאת גרעיני האטומים שלהם מבקעים נקראות **דלק גרעיני**. הביקוע גורם לגלגול אנרגיה גרעינית לאנרגיית חום. אנרגיית חום זו משמשת ליצירת קיטור ולהנעת טורבינות להפקת אנרגיה חשמלית, ממש כפי שהדבר נעשה בתחנות חשמל המשתמשות בפחם ובנפט.

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיה גרעינית לאנרגיה חשמלית - **תחנות חשמל גרעיניות**

כמות אנרגיית החום שניתן לקבל מכל גרם של דלק גרעיני גדולה לאין שיעור מהכמות שניתן לקבל מגרם של פחם או של נפט. מגרם אחד של המתכת אורניום ניתן לקבל אנרגיה הגדולה פי 3,000,000 מזו שמופקת מגרם פחם. זו אחת הסיבות שכדאי להשתמש בדלק גרעיני. התועלת הנוספת היא שהחומרים שמהם מפיקים את האנרגיה תופסים מעט מקום וקל להובילם למרחקים גדולים.

כיום נעשים ניסויים לגלגל את האנרגיה הגרעינית גם בדרך אחרת. בדרך זו נערך מיזוג של מספר גרעיני אטומים לגרעין אחד. תהליך זה נקרא **מיזוג גרעיני**. כאשר גרעיני מימן מתמזגים והופכים לגרעין של אטום הליום, מתגלגלת אנרגיה גרעינית רבה לאנרגיית חום.

אנרגיית החום המתקבלת בתהליך המיזוג מגרם אחד של מימן, גדולה בהרבה מכמות האנרגיה המתקבלת מגרם של חומר המשמש בשיטת הביקוע. מגרם מימן ההופך להליום בתהליך המיזוג מתקבלת אנרגיית חום הגדולה פי 10 מזו המתקבלת בביקוע של גרם אורניום. תהליך המיזוג של מספר גרעיני אטומים לגרעין בעל מסה גדולה יותר קרוי גם היתוך גרעיני. מיזוג גרעיני מתרחש בשמש באופן מתמיד והוא מקור האנרגיה שלה.

בכדור הארץ מצוי מימן בשפע. המים עשויים ממימן ומחמצן. (כל מולקולת מים מכילה שני אטומי מימן ואטום חמצן אחד.) היות ורוב פני כדור הארץ מכוסים מים (ימים, אוקיינוסים, אגמים), אפשר להפיק מהם מימן בקלות יחסית. לכן אם ייהפך תהליך המיזוג למעשי, יהפכו המים שעל פני כדור הארץ למקור אנרגיה ויהיה אפשר להפיק אנרגיה בכמות עצומה לצרכינו, אנרגיה שתספיק לנו מיליוני שנים. בינתיים הקשיים הטכנולוגיים במימוש תהליך זה רבים, וגם התקציבים הדרושים למחקר גדולים מאוד.

תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - סוגי אנרגיה: אנרגיה גרעינית - **עוד על טכנולוגיה של תהליכים גרעיניים**; **רדיואקטיביות ומבנה האטום; מיזוג גרעיני - המקור לאנרגיית השמש; כור מיזוג גרעיני - טוֹקָמָק**

אנרגיית השמש: זוהי אנרגיית הקרינה המגיעה אלינו מן השמש, המרוחקת מאתנו כ-150 מיליון קילומטרים. בתוך השמש, אנרגיה גרעינית מתגלגלת כל העת לאנרגיית חום כתוצאה מן המיזוג הגרעיני המתרחש בה. אנרגיית החום מתגלגלת לאנרגיית קרינה, וזו נעה מן השמש לכל הכיוונים. חלק מאנרגיית קרינה זו מגיע גם אלינו, אל כדור הארץ.

אנרגיית השמש אחראית לתהליכים רבים מאוד המתרחשים על פני כדור הארץ, כגון שינויי מזג האוויר בין עונות השנה ובתוך עונות השנה עצמן, היווצרותן של רוחות והתפתחותה של צמחייה באמצעות הפוטוסינתזה המאפשרת את בניית הצמח. החיים עלי אדמות לא היו יכולים להתקיים ללא אנרגיית השמש.

ניתן לנצל את אנרגיית השמש לשימושנו. שתי דרכים לבצע זאת הן גלגולה הישיר לאנרגיית חום וגלגולה הישיר לאנרגיה חשמלית.

בגלגול ישיר לאנרגיית חום ניתן להשתמש במשטחים כהים (כמו למשל בקולטים של דודי שמש). כאשר קרינת השמש פוגעת במשטחים אלה היא מתגלגלת לאנרגיית חום.

תקליטור **פארק האנרגיה**

המרה מאנרגיית קרינה לאנרגיית חום - דוד שמש

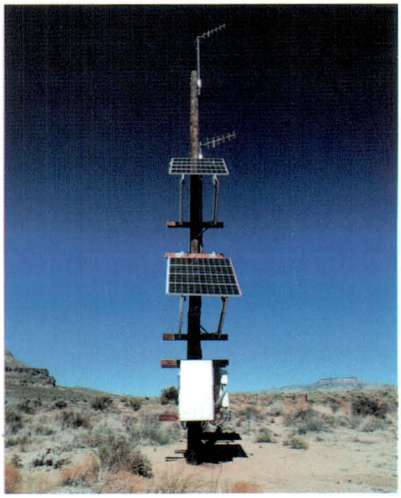
ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיית קרינה לאנרגיית חום - **חממה**

לשם גלגול ישיר לאנרגיה חשמלית משתמשים במשטחים הקרויים תאי שמש. כשקרינת השמש פוגעת בתאי השמש היא מתגלגלת ישירות לאנרגיה חשמלית. תאי שמש משמשים למשל בחלליות ובתחנות חלל. החללית מכוסה תאי שמש רבים. אלה קולטים את אנרגיית השמש ומגלגלים אותה ישירות לאנרגיה חשמלית, כל העת. האנרגיה החשמלית משמשת להפעלת מכשירים שונים בחללית, כגון מצלמות טלוויזיה, מקלטי רדיו ומשדרי רדיו.

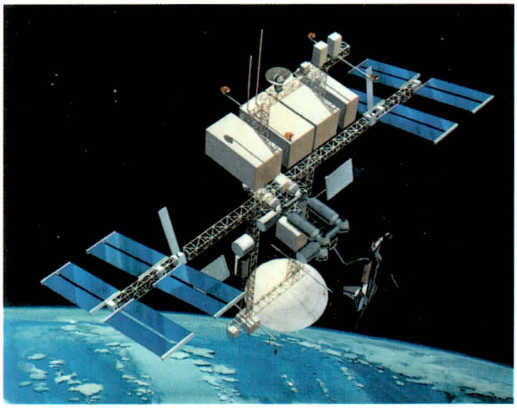
לתאי שמש יש גם שימושים יום-יומיים. למשל: יש מחשבונים המצוידים בתאי שמש; תאי השמש מספקים להם את האנרגיה החשמלית הדרושה לפעולתם.

יש גם תכניות לשימוש בתאי שמש שייפרשו על שטחים גדולים ויגלגלו את אנרגיית השמש הפוגעת בהם לאנרגיה חשמלית. לפרישת תאי השמש נחוצים שטחים גדולים מאוד וכן נחוצים אמצעי הגנה משוכללים על תאי השמש שהם עדינים ופגיעים.

שאלה 4: מדוע, לדעתכם, משתמשים בתאי שמש להספקת אנרגיה חשמלית לחלליות ולא בסוללות חשמליות?



תאי שמש



משטחים של תאי שמש בתחנת חלל

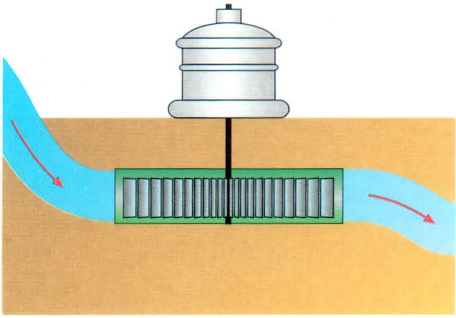
תקליטור **פארק האנרגיה**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיית קרינה לאנרגיה חשמלית - **תאי שמש**

ניתן לגלגל את אנרגיית הקרינה של השמש לאנרגיה חשמלית גם באופן עקיף, למשל על ידי חימום של נוזל שמתאדה, הופך לגז בתנועה ואז הוא מניע גנרטור. הגנרטור גורם לגלגול אנרגיית החום לאנרגיה חשמלית.

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיית קרינה לאנרגיה חשמלית - **על בְּרֵכת שמש ומקורות נוספים**



מפלי מים: למים שבמפלי מים יש אנרגיית גובה, משום שהם נמצאים בגובה מסוים מעל הקרקע שאליה הם נשפכים. באמצעות טורבינות מיוחדות המוצבות מתחת למים הנשפכים, מתגלגלת אנרגיית הגובה הזו לאנרגיה חשמלית.

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - מקורות אנרגיה: **ניצול גיאות הים כמקור אנרגיה**

ב. מקורות אנרגיה מתכלים ומקורות אנרגיה מתחדשים

בסעיף הקודם מנינו מקורות אנרגיה שונים. אנחנו מגלגלים אנרגיה מסוג אחד לאנרגיה מסוג אחר, המשמשת אותנו.

מה יקרה למקור אנרגיה אם נמשיך להפיק ממנו אנרגיה עוד ועוד, לאורך זמן?

קיימות שתי תשובות לשאלה זו, ונציג אותן באמצעות שני מקורות אנרגיה שונים.

פחם: בתחנות חשמל שורפים פחם להפקת אנרגיה חשמלית. ככל ששורפים יותר פחם וכורים יותר פחם במכרות, כמותו הכללית בעולם פוחתת. בכדור הארץ קיימת כמות מוגבלת של פחם. לכן הוא עתיד להיגמר בסופו של דבר. על פי קצב השימוש הנוכחי, ייגמר הפחם בעוד מאות ספורות של שנים.
ככל שנשתמש בפחם בקצב גדול יותר, יקרב היום שבו לא ייוותר עוד פחם, היום שבו לא נוכל עוד לגלגל ממנו אנרגיה לצרכינו.

הפחם הוא דוגמה **למקור אנרגיה מתכלה.**

אנרגיית השמש: בדודי שמש ובתאי שמש מנצלים את אנרגיית השמש. האם גם במקרה זה מידת השימוש שלנו באנרגיית השמש מקרבת את היום שבו לא נוכל עוד לגלגל אותה לצרכינו? האם תיגמר אנרגיית השמש כתוצאה מהשימוש שלנו בה?

השמש מפיצה את אנרגיית הקרינה שלה אל מרחבי החלל הענקיים ואל כדור הארץ ללא קשר לשימוש בה. בין אם נעשה שימוש באנרגיה זו ובין אם לא, השמש תמשיך להפיץ את האנרגיה שלה לכל עבר. גם אם לא נעשה בה שימוש על פני כדור הארץ, היא תתגלגל לסוגים שונים של אנרגיה שאינם בהכרח שימושיים לנו, לדוגמה: היא תחמם את פני הקרקע, היא תגרום להיווצרותן של רוחות ועוד.

כמות האנרגיה השימושית שנוכל לקבל מן השמש בעתיד איננה מושפעת, אם כן, ממידת השימוש שאנו עושים בה כיום.
אנרגיית השמש היא דוגמה **למקור אנרגיה מתחדש**.

האם השמש תמשיך להפיץ את האנרגיה שלה לנצח?
השמש מפיצה את האנרגיה שלה כבר זמן רב מאוד. למרות זאת, השמש לא תמשיך להאיר לנצח. על פי אחת התחזיות, היא תכבה בעוד כ-100 מיליארד שנים. אך כבר בעוד

כ-5.5 מיליארד שנים יחול בה שינוי. השמש תתנפח אז באופן דרמתי ביותר וטמפרטורת פני השטח שלה תרד מכ-5,000 מעלות צלזיוס כיום לכ-3,000 מעלות צלזיוס. צבעה ישתנה לאדום. היא תיהפך לכוכב הקרוי "ענק אדום". נפח השמש יהיה כה עצום עד שהיא תבלע את כוכבי הלכת הקרובים אליה ביותר, כולל כדור הארץ.
אי-שם בעתיד הרחוק מאוד תפסיק אם כן השמש לזרוח, אך עתיד זה הוא כה רחוק, עד שמותר לנו לא להתחשב בו כאשר אנו מתכננים שימוש באנרגיית השמש לצורכי האנושות.

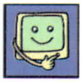
עתה, לאור הדיון בדוגמאות, נוכל להסביר באופן כללי לאלו סוגים מתחלקים מקורות האנרגיה.

מקור אנרגיה מתכלה הוא מקור אנרגיה סופי: ככל שנשתמש בו נקרב את היום שבו הוא יִכְלֶה, כלומר ייגמר, היום שבו לא נוכל עוד לגלגל ממנו אנרגיה שימושית לצרכינו.

מקור אנרגיה מתחדש הוא מקור אנרגיה שמידת השימוש בו איננה מקרבת את היום שבו הוא יכלֶה. נוכל להשתמש בו בכל שנרצה, ובין אם נשתמש בו הרבה או מעט, תמיד נוכל להמשיך לגלגל ממנו בעתיד אנרגיה לשימושנו.

נפט גולמי, דלק גרעיני וגז טבעי הם דוגמאות נוספות למקורות אנרגיה מתכלים. על פי קצב השימוש כיום, צפוי הנפט להיגמר בסביבות שנת 2050. הגז הטבעי צפוי להיגמר בסביבות שנת 2090, ואילו הפחם ייגמר בעוד מאות ספורות של שנים.

עם זאת, קיים חשש שמקורות אנרגיה אלה יתכלו עוד לפני כן. מדוע? משום שקצב צריכת האנרגיה ילך ויגבר ככל הנראה. סיבה אחת לקצב הצריכה המוגבר היא הגידול המתמיד באוכלוסיית העולם. כיום, אוכלוסיית כדור הארץ מונה 6 מיליארד נפש, אולם בשנת 2050 היא כמעט תכפיל את עצמה - כ-10 מיליארד נפש. סיבה נוספת היא העלייה המתמדת ברמת החיים של אוכלוסיית העולם - אנשים החיים ברמת חיים גבוהה צורכים יותר אנרגיה. לכן, ייתכן שהמועד שבו יתכלו מקורות אנרגיה אלה יהיה אף מוקדם יותר.



המלצה על סרט

"אנרגיה וחברה" של האוניברסיטה הפתוחה

לפניכם דוגמאות אחדות למקורות אנרגיה מתחדשים נוסף לקרינת השמש: רוח, מפלי מים, מקורות גאותרמיים (מים חמים וקיטור הנובעים ממעמקי האדמה).

שאלה 5: מדוע גז טבעי הוא מקור אנרגיה מתכלה?
שאלה 6: מדוע מפל מים הוא מקור אנרגיה מתחדש?
שאלה 7: כיצד קצב גידול האוכלוסיה עלול להקדים את המועד שבו ייגמרו הגז הטבעי, הנפט והפחם?
שאלה 8: מדוע העלייה ברמת החיים עלולה להקדים את המועד שבו ייגמרו הגז, הנפט והפחם?

ג. שיקולים לניצולם של מקורות אנרגיה

קיימים מקורות אנרגיה רבים ומגוונים להפקת אנרגיה חשמלית. למרות זאת, גופים ומדינות בוחרים להשתמש במקורות אנרגיה מסוימים ולא באחרים. יש מקרים שבהם משתמשים יותר במקור אנרגיה אחד ופחות במקור אנרגיה אחר. מדוע?

בסעיף זה נדון בשיקולים לבחירתם של מקורות אנרגיה.
מה טיבם של שיקולים אלה?
נמנה כמה סוגי שיקולים שלאורם בוחרים להשתמש במקור אנרגיה.

א. שיקולים כלכליים: אפשר להשתמש במקורות אנרגיה רבים ומגוונים, אולם מחיר האנרגיה שאנו מפיקים ממקור אחד עשוי להיות שונה ממחיר אותה האנרגיה עצמה שמפיקים ממקור אחר. כך, למשל, ניתן עקרונית להפיק אנרגיה עבור מדינה שלמה מתאי שמש הפרושים על פני שטח גדול, אולם ייצורם של תאי שמש בשטח כה גדול יעלה כסף רב. זול בהרבה להשתמש בנפט, בפחם או במפלי מים.

שיקול כלכלי נוסף הוא עלות הקמת התחנה. לרוב, הקמתה של תחנת חשמל הידרואלקטרית המגלגלת אנרגיית גובה של מפל מים לאנרגיה חשמלית, היא היקרה ביותר. זאת, בהשוואה להקמת תחנות חשמל השורפות פחם או מזוט או הפועלות על דלק גרעיני. תחנת חשמל הידרואלקטרית היא היקרה ביותר להקמה, אך הזולה ביותר לתפעול משום שאין צורך לשלם עבור מקור האנרגיה.

והנה שיקול כלכלי נוסף: *מדינות, חברות או גופים שונים עושים לעתים קרובות שימוש במקורות אנרגיה כדי להשיג הישגים.* כך, לדוגמה, עשויות מדינות שבהן מפיקים נפט להקטין באופן מכוון את שאיבת הנפט בהן.
מדוע? כדי ליצור מחסור בנפט ברחבי העולם. מחסור זה גורם לביקוש רב יותר לנפט, ובעקבות זאת עולה מחירו (זאת אומרת, המחיר שמוכנים לשלם כדי לרוכשו).
הדבר עשוי להיות נכון לא רק לגבי נפט, אלא גם לגבי מקורות אנרגיה אחרים: פחם, אורניום (המשמש דלק בכורים גרעיניים), גז טבעי ועוד.

ב. שיקולים סביבתיים: לא תמיד השיקול הכלכלי הוא השיקול העיקרי או היחיד. לעתים מביאים בחשבון גם את הנזק שעלול להיגרם לסביבה כתוצאה משימוש במקור אנרגיה זה או אחר. במקרים כאלה בוחרים לעתים להשתמש במקור אנרגיה יקר יותר, אך בלתי מזיק לסביבה או מזיק פחות.

לדוגמה: יש מדינות העושות שימוש רב באנרגיה גרעינית (כגון צרפת). מדוע מעדיפים אותה על נפט או פחם, שהם מקורות האנרגיה הנפוצים ביותר בעולם? נפט ופחם פולטים תוך כדי שריפתם חומרים המזיקים לסביבה, כגון פחמן חד-חמצני ופחמן דו-חמצני. הפחמן החד-חמצני הוא גז רעיל, ואילו שחרורו של הפחמן הדו-חמצני גורם להתחממות מסוכנת של כדור הארץ כתוצאה מהתגברות אפקט החממה.

העשרה והעמקה

על אפקט החממה והתגברותו, ראו הספר **מערכות אקולוגיות** בהוצאת האגף לתכניות לימודים והאוניברסיטה העברית.

לעומת זאת, הדלק הגרעיני המשמש בכורים גרעיניים להפקת אנרגיה, איננו מזהם את אוויר הסביבה שבו הוא פועל.

באופן דומה, מדינות הברוכות במפלי מים מעדיפות את השימוש בהם על השימוש בנפט או בפחם, משום שגלגול אנרגיית הגובה של המים לאנרגיה חשמלית איננו מזהם את הסביבה.

ג. שיקולי בטיחות: אחד השיקולים שמביאים בחשבון הוא עד כמה מקור אנרגיה מסוים בטוח לשימוש, למשל: עד כמה הוא בטוח לעובדי המתקן שבו מפיקים את האנרגיה, או עד כמה הוא בטוח לסביבה שבה מצוי המתקן.

לדוגמה: כור גרעיני איננו מזהם את האוויר. לעומת זאת, התרחשותה של תאונה בכור גרעיני עלולה לגרום נזק רב לסביבה, פגיעה בבעלי חיים, בבני אדם ובצמחים ואפילו אֲבֵדות בנפש כתוצאה מפליטת חומרים הקרויים חומרים רדיואקטיביים. כאשר חומרים אלה באים במגע עם בעלי חיים וצמחים, הם מסבים נזק לרקמותיהם. נזק זה עלול לגרום מחלות ואף להיות קטלני. מעבר לזאת, הנזק עלול לעבור בתורשה מדור לדור.

תאונות בכורים גרעיניים כבר התרחשו בעבר. הכבדה שבהן אירעה באפריל 1986 בכור גרעיני בעיר צֶ'רנוֹבִּיל שבאוקראינה. (העיר נמצאת 130 ק"מ צפונה לבירה קְיֶב. כיום אוקראינה היא מדינה עצמאית, אך באותה עת היא הייתה אחת ממדינות ברית המועצות.) קרינה מזיקה בכמות עצומה נפלטה מן הכור וגרמה למותם מסרטן של אלפי בני אדם מאז ועד היום. נציגי ברית המועצות הודיעו אז על נזק שנגרם ליותר מ-2 מיליון בני אדם מן הקרינה בדרך זו או אחרת.

הנזק מתאונה בכור גרעיני עלול להיות קטלני בהרבה מאשר נזק הנגרם מתאונה בתחנת חשמל רגילה, שבה משתמשים בפחם או בנפט כמקור אנרגיה.
זו הסיבה שמדינות רבות, בהן מדינת ישראל, מעדיפות לא להשתמש באנרגיה גרעינית.

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - המרות אנרגיה: מאנרגיה גרעינית לאנרגיה חשמלית - **השימוש באנרגיה גרעינית: יתרונות וסכנות**

ד. שיקולים פוליטיים: יש מדינות העלולות להעמיד תנאים מסוימים, לא כספיים, לאספקת מקורות האנרגיה שלהן. הן יכולות למנוע אספקת מקורות אלה ממדינות או מגופים שאינם מקיימים את התנאים. שימוש כזה הוא שימוש פוליטי.

למשל: בעבר התנו מדינות ערב את אספקת הנפט למדינות שונות בכך שמדינות וגופים הקונים מהן את הנפט לא יקיימו יחסי סחר עם מדינת ישראל.

מדינת ישראל, המייבאת מקורות אנרגיה, חייבת להביא בחשבון את האפשרות שמדינות המספקות לה מקור אנרגיה יעשו בו שימוש פוליטי. עליה להחליט אפוא אם להשתמש במקור אנרגיה זה או לא, ואם כן - באיזה אופן ובאיזו כמות.

פעילות נוספת

- תוכלו למצוא חומר בכתבי עת, בספרים ובאינטרנט על הרקע להחלטת חברת החשמל הישראלית להוסיף שימוש בפחם על השימוש במזוט ולנצל שני מקורות אנרגיה במקום אחד.

ה. שיקולים של שימור מקורות אנרגיה: מקורות אנרגיה הם לעתים גם חומרי גלם לבניית מוצרים שונים. הִתְכַּלּוּת מקורות אנרגיה מסוג זה עלולה לגרום למחסור בחומרי הגלם. ההחלטה עד כמה ינוצל מקור האנרגיה, ואם ינוצל כל עיקר, עשויה להיות תלויה גם בגורם זה.

לדוגמה: הנפט הוא מקור אנרגיה חשוב מאוד, ובמקביל הוא משמש חומר גלם לייצור חומרים פלסטיים. בימינו, השימוש בחומרים הפלסטיים רווח ביותר; מוצרים רבים מאוד עשויים כולם או חלקם מחומרים פלסטיים מסוגים שונים. אם תביטו סביבכם, תגלו מוצרים רבים כאלה.

שאלה 9: מנו 4 מוצרים העשויים כולם או חלקם מחומרים פלסטיים.

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - המרות אנרגיה: **מ**אנרגיה כימית / גרעינית / גובה **ל**אנרגיה חשמלית - **תחנות חשמל**

מאמר זה עוסק בטכנולוגיה של השיטות העיקריות להפקת חשמל.

ד. יתרונות האנרגיה החשמלית

אנחנו מגלגלים אנרגיה מסוגים שונים לסוג הרצוי לנו.

עם זאת, האנרגיה השכיחה ביותר שבה אנו משתמשים לצרכינו היא האנרגיה החשמלית. במתקנים שונים אנחנו מגלגלים אנרגיה ממקורות שונים (נפט, פחם, דלק גרעיני וכו') לאנרגיה חשמלית. אנרגיה חשמלית זו נמסרת לבתים, למפעלים, למוסדות, לפנסי תאורה ברחובות ועוד ועוד. שם היא מתגלגלת לאנרגיה הרצויה לנו.

מדוע אנו עושים שימוש לצרכינו דווקא באנרגיה החשמלית? מה היתרונות שלה על פני סוגי אנרגיה אחרים? להלן מספר יתרונות חשובים:

א. קלה מאוד להעברה. כדי למסור אנרגיה חשמלית מתחנת החשמל למקומות שונים, יש לחבר מקומות אלה אל תחנת החשמל באמצעות כבלי חשמל. האנרגיה החשמלית עוברת דרך כבלים אלה במהירות, ללא הפרעה וללא צורך באמצעי תחבורה להובלת חומרים, כגון משאיות, רכבות, מטוסים. ניתן להעביר את האנרגיה החשמלית על פני מרחקים ארוכים מאוד במהירות רבה מאוד.

ב. נוחה מאוד לשימוש. כל מה שעלינו לעשות כדי להשתמש באנרגיה החשמלית הוא לחבר את המכשיר או המתקן המתאים אל השקע החשמלי. השקע מחובר אל הכבלים המובילים את האנרגיה החשמלית מתחנת החשמל. כשהמכשיר מחובר אל השקע, גורמת הפעלתו **בו-ברגע** לגלגול האנרגיה החשמלית לאנרגיה מן הסוג הרצוי לנו, בהתאם לסוג המכשיר. אם זה תנור, תתגלגל האנרגיה החשמלית לאנרגיית חום, אם זה מאוורר, תתגלגל לאנרגיית תנועה וכו'.

ג. איננה מצריכה מקום אכסון. האנרגיה החשמלית מגיעה אלינו לבתים, למשרדים, למפעלים וכדומה מתחנת החשמל. אנו יכולים לעשות בה שימוש ללא צורך במתקנים כלשהם לאכסונה. זאת, בניגוד לשימוש ישיר באנרגיה הכימית משריפת נפט, גז או פחם, שימוש הכרוך באכסון החומרים האלה. מובן שבתחנות החשמל, אכסון חומרים אלה מצריך מקום רב, ואפילו רב מאוד. אולם האנרגיה החשמלית שבה עושים שימוש ישיר במקומות המחוברים לתחנת החשמל, איננה זקוקה כלל לאכסון.

תקליטור **פארק האנרגיה** וכן **תקליטור הספר**

ספרייה - על אנרגיה - **האם אפשר לאגור אנרגיה?**
- המרות אנרגיה: מאנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית - **תחנות חשמל**

ד. נוחה לשליטה ולבקרה כמותית: ניתן לווסת באופן מדויק את כמות האנרגיה שאנו מגלגלים בכל שנייה ושנייה במכשירים שהאנרגיה מפעילה ובאופן זה לשלוט בפעולת המכשירים כרצוננו. הנה דוגמאות אחדות:

- וִסת עוצמת הקול של מכשיר רדיו מאפשר את שינוי הֶספק האנרגיה החשמלית הנכנסת למכשיר, ושינוי עוצמת הקול בהתאם להספק זה.
- נורות שעוצמת האור שלהן ניתנת לשינוי מצוידות בכפתור מיוחד המאפשר לווסת את עוצמת האור שלהן על ידי שינוי הֶספק האנרגיה החשמלית הנכנסת לתוכן.
- באמצעות כפתור או כפתורים מתאימים ניתן לשנות את מהירות תנועתו של מאוורר על ידי שינוי הֶספק האנרגיה החשמלית הנכנסת לתוכו.

שאלה 10: מדוע בבתי מגורים ומשרדים עדיף להשתמש באנרגיה חשמלית מאשר באנרגיה הכימית משריפת פחם? דונו על פי שלושת הסעיפים האלה: קלות העברה, נוחות השימוש, מקום אכסון, ותארו כיצד היו משתמשים באנרגיה ובמקורות אנרגיה לפני המצאת רשת החשמל.

שאלה 11: לעתים קרובות מכנים את האנרגיה החשמלית "אנרגיה נקייה", אולם הפקתה נעשית בדרך כלל על ידי שריפת נפט או פחם, פעילות העלולה לגרום לזיהום הסביבה. מה, אם כן, כוונת המונח "אנרגיה נקייה", לפי דעתכם?

המלצה על סרטים של הטלוויזיה החינוכית

1. **"פחם"** מתוך הסדרה **מדע ולמה**.
2. **"ייצור חשמל 1", "ייצור חשמל 2"** מתוך הסדרה **פיזיקה בפעולה**.
3. **"אנרגיה"** מתוך הסדרה **הספרייה המדעית**.
4. **"מקורות אנרגיה חלופיים"** מתוך הסדרה **בלב העניינים**.
5. **"אנרגיה גרעינית"** מתוך הסדרה **הספרייה המדעית**.
6. **"אנרגיה אטומית"** מתוך הסדרה **בלב העניינים**.

אנרגיה ברשת (אתרי אינטרנט רלוונטיים לפרק)

Energy Conservation Enhancement Project

כתובת: http://ecep.usl.edu/ecep/ecep.htm

תיאור האתר: הסברים ומערכי שיעור מפורטים בנושאי אנרגיה שונים, כולל חיסכון באנרגיה, מקורות אנרגיה, אנרגיה בבית, תחבורה ואנרגיה. האתר כולל גם מבחנים לבדיקת הנלמד.

Energy Hotlist

כתובת: http://www.fi.edu/tfi/hotlists/energy.html

תיאור האתר: הסברים ותצלומים על מקורות אנרגיה. באתר מוצגים גם נושאים בעלי השלכות חברתיות.

Energy Quest

כתובת: http://www.energy.ca.gov/education

תיאור האתר: אתר מגוון ורחב, המכיל היבטים שונים של אנרגיה. באתר הסברים בנושאי אנרגיה, על מקורות אנרגיה שונים, כולל מקורות חלופיים ואנרגיה חשמלית. קיימים הסברים על שימוש באנרגיה חלופית לכלי רכב.

אתר בית הספר הוירטואלי "אביב" (אתר בעברית)

כתובת: www.aviv.k12.il

אתר חברת החשמל (אתר בעברית)

כתובת: www.israel-electric.co.il

אתר חברת דלק חשמלי

כתובת: www.electric-fuel.com

Oilonline.co.il, אתר קידוחי הנפט והגז הישראלי

כתובת: http://www.oilonline.co.il

תיאור האתר: נושא האתר: נפט וגז. היכנסו ל"הכל על הנפט", ותמצאו הסברים שונים על נפט ועל גז בשפה בהירה ופשוטה: היסטוריה, הפקה, התהוות, היבט ישראלי ואחרים.

לקריאה נוספת

- אורעד יורם (2001), ספינות החלל פורשות מפרש, **גליליאו**, 43, עמ' 26-30.
(המאמר עוסק בחלליות עתידניות שינועו באמצעות אור השמש.)

- בקי אלונה וראיין גרין-רוסל (1999), גשרים סולאריים לשלום, **כמעט 2000**, 24, עמ' 14-17.
(המאמר מתאר את השימש באנרגיית השמש בארבעה יישובים מבודדים – ישראלי, מצרי, פלסטיני וירדני.)

- דגן אלדד (1999), אנרגית השמש וניצולה, **כמעט 2000**, 24, עמ' 22-29.

- ונדל עמרי (1999), השמש: תעודת זהות אסטרונומית, **כמעט 2000**, 24, עמ' 2-4.

- פיימן דוד (1999), בתים סולאריים פסיביים, **כמעט 2000**, 24, עמ' 30-32.
(המאמר עוסק באנרגיית השמש לשימוש בבתים.)

- רזניק אלכס (1998), החללית והפלוטוניום, **גליליאו** 29, עמ' 41-43.
(המאמר עוסק בשימוש בדלק גרעיני בחלליות והוויכוח על אודותיו.)

מסכמים את פרק יב

- האדם מגלגל אנרגיה ממקורות שונים לאנרגיה השימושית לו.
- **מקור אנרגיה** הוא מקור שממנו אנו מקבלים אנרגיה שימושית לנו.
- לגלגול האנרגיה ממקור אנרגיה לאנרגיה השימושית לנו אנחנו קוראים **הפקת אנרגיה**.
- **מקור אנרגיה מתכלה** הוא מקור אנרגיה ששימוש מוגבר בו מקרב את היום שבו הוא יכלה, ייגמר, היום שבו לא נוכל עוד לגלגל ממנו אנרגיה שימושית לנו.
- **מקור אנרגיה מתחדש** הוא מקור אנרגיה שמידת השימוש בו איננה מקרבת את היום שבו הוא יכלה. נוכל להשתמש בו ככל שנרצה, ובין אם נשתמש בו הרבה או מעט, תמיד נוכל להמשיך לגלגל ממנו בעתיד אנרגיה לשימושנו.
- האדם בוחר את מקורות האנרגיה שלו על פי שיקולים שונים, בהם שיקולים כלכליים, אקולוגיים, בטיחותיים, פוליטיים ושיקולים של שימור מקורות האנרגיה.
- **יתרונות האנרגיה החשמלית**: קלה מאוד להעברה, נוחה מאוד לשימוש, איננה מצריכה מקום אכסון, נוחה לשליטה ולבקרה כמותית.

שואלים את עצמנו - פרק יב

א. מקורות אנרגיה שונים

1. המשפטים הבאים מסבירים מהו מקור אנרגיה. רק אחד מהם נכון. איזהו?
   א. מקור אנרגיה הוא סוג של כוח.
   ב. מקור אנרגיה הוא כל מקור שממנו ניתן להפיק אנרגיה יש מאין.
   ג. מקור אנרגיה הוא מקור שממנו אנו מקבלים אנרגיה השימושית לנו.
   ד. מקור אנרגיה הוא שם אחר לנפט גולמי.

2. הסבירו, האם מקור אנרגיה חייב להיות חומר? אם לא, תנו דוגמה למקור אנרגיה שאיננו חומר.

3. אילו מן הפריטים הבאים הנם מקורות אנרגיה ואילו לא:
   נפט, עץ, שמים, אור-שמש, כבל חשמלי, פחם, מזון, מכונית, מים זורמים, רוח.

4. מפלי מים הם מקור אנרגיה. תנו 2 דוגמאות שונות לשימוש במפלי מים כדי לקבל אנרגיה מסוג השימושי לנו.

ב. מקורות אנרגיה מתכלים ומקורות אנרגיה מתחדשים

5. מהו מקור אנרגיה מתכלה?
   א. פחם.
   ב. מקור אנרגיה שהשימוש בו מקרב את המועד שבו הוא ייגמר.
   ג. אנרגיית חום.
   ד. שם כולל לכל מקורות האנרגיה.

6. מקור אנרגיה מתחדש הוא -
   א. מקור אנרגיה שהשימוש בו איננו משפיע על המועד שבו הוא ייגמר.
   ב. מקור אנרגיה חדש.
   ג. קרינת השמש.
   ד. שם כולל לכל מקורות האנרגיה.

7. איזו קבוצה של מקורות אנרגיה כוללת רק מקורות אנרגיה מתחדשים?
   א. פחם, נפט, אנרגיית רוח.
   ב. אנרגיית רוח, אנרגיית שמש, גז טבעי.
   ג. דלק גרעיני, מפל מים, פחם.
   ד. אנרגיית שמש, אנרגיית רוח, מפל מים.

8. מבין קבוצות מקורות האנרגיה הבאות, איזו כוללת רק מקורות אנרגיה מתכלים?
   א. אורניום, פחם, נפט.
   ב. פחם, נפט, מפל מים.
   ג. אנרגיית רוח, אנרגיית שמש, גז טבעי.
   ד. גז טבעי, אורניום, אנרגיית רוח.

9. הביאו 2 דוגמאות למתקנים המשתמשים במקור אנרגיה מתכלה, ו-2 דוגמאות למתקנים המשתמשים במקור אנרגיה מתחדש. בכל אחת מהן, הסבירו בקצרה כיצד משתמשים במקור האנרגיה.

10. על פי קצב הצריכה הנוכחי, משערים שהנפט הגולמי יספיק רק עד שנת 2050. האם ייתכן, לפי דעתכם, שהנפט בכל זאת לא ייגמר עדיין באותה שנה? הסבירו.

ג. שיקולים לניצולם של מקורות אנרגיה

11. מדינה מסוימת מבורכת בשפע בנפט ובמפלי מים. מדינה זו מחליטה להמעיט בשימוש בנפט כמקור אנרגיה ולהפיק את רוב האנרגיה הנחוצה לה ממפלי המים שברשותה. מדוע? רשמו לפחות 2 סיבות אפשריות לכך.

12. על ידי שימוש ביערותיה הגדולים, מדינה מסוימת יכולה להפיק את מלוא האנרגיה הנחוצה לה משריפת עצים, ובזול. למרות זאת היא מחליטה לא להשתמש כלל ביערות כמקור אנרגיה, ולעומת זאת לייבא נפט במחיר יקר בהרבה כמקור האנרגיה הבלעדי שלה. מנו לפחות 2 סיבות לכך.

13. מדינה ענייה במקורות אנרגיה החליטה לייבא פחם כמקור אנרגיה בלעדי. הוחלט שהמדינה מספקת הפחם תהיה ספקית האנרגיה היחידה. מנו לפחות 2 חסרונות להחלטה זו.

14. בעתיד יש תכניות לבנות מושבות חלל מלאכותיות הרחק מכדור הארץ שבהן יחיו אלפי בני אדם. מהו, לפי דעתכם, מקור האנרגיה הרצוי ביותר למושבות חלל כאלו מבין המקורות הרשומים למטה? הסבירו.
   א. נפט שיובא מכדור הארץ בחלליות.
   ב. פחם שיובא מכדור הארץ בחלליות.
   ג. אנרגיית השמש, באמצעות תאי שמש שיותקנו במושבת החלל.

+15. מדינה מסוימת צריכה להחליט בעניין השימוש במקורות אנרגיה שונים. האפשרויות הנידונות הן אלה:
   א. שימוש בפחם המיובא ממדינות רחוקות.
   ב. שימוש בנפט המיובא ממדינות רחוקות.

שימו לב: הסימן + לצד השאלה מציין שהיא קשה.

ג. שימוש במפלי מים. כדי להשתמש בהם, יש לעקור יישובים, להשקיע כסף רב בבניית סכרים ואמצעים רבים להגנת האוכלוסיה מפני שיטפונות.
ד. שימוש באנרגיה גרעינית.
ה. שימוש באנרגיית הרוח. נשיבת הרוח תניע טורבינות, ואלו ישמשו להפקת אנרגיה חשמלית.
ו. שימוש בתאי שמש שייפרשו על שטחים גדולים ויגלגלו את אנרגיית השמש הפוגעת בהם לאנרגיה חשמלית.

אילו היה עליכם להחליט, מה הייתה החלטתכם? האם הייתם מחליטים על שימוש באפשרות אחת ויחידה מבין שש האפשרויות? האם הייתם מחליטים לשלב מספר אפשרויות: האחת תספק את רוב האנרגיה הדרושה, והיתר יספקו את השאר? האם הייתם מחליטים להשתמש בכל האפשרויות במידה שווה? האם הייתם מחליטים החלטה אחרת? הסבירו את שיקוליכם בקבלת ההחלטה.

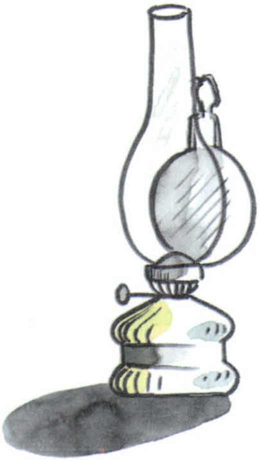
ד. יתרונות האנרגיה החשמלית

16. "האנרגיה החשמלית קלה מאוד להעברה". מה הכוונה במשפט זה? רשמו 2 סוגי אנרגיה אפשריים שקשים להעברה והשוו אותם לאנרגיה החשמלית.

17. ניתן להשתמש בגז טבעי כדי לספק את צורכי האנרגיה של הבתים. גם אותו קל למדי להעביר על פני מרחקים, בתוך צינורות. בכל זאת, השימוש באנרגיה חשמלית לצורכי הבית רווח הרבה יותר. הביאו לפחות 2 נימוקים לכך.

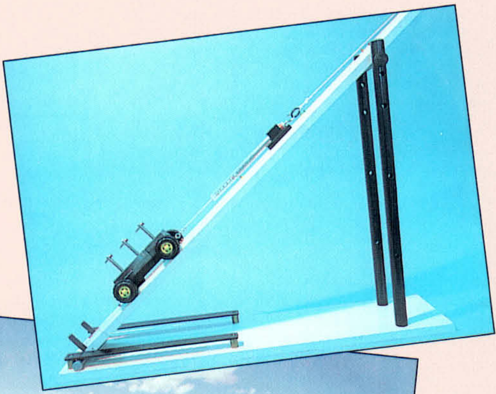
18. רשמו 3 יתרונות לשימוש באנרגיה חשמלית לצורכי הבית על פני שריפת גזרי עץ.

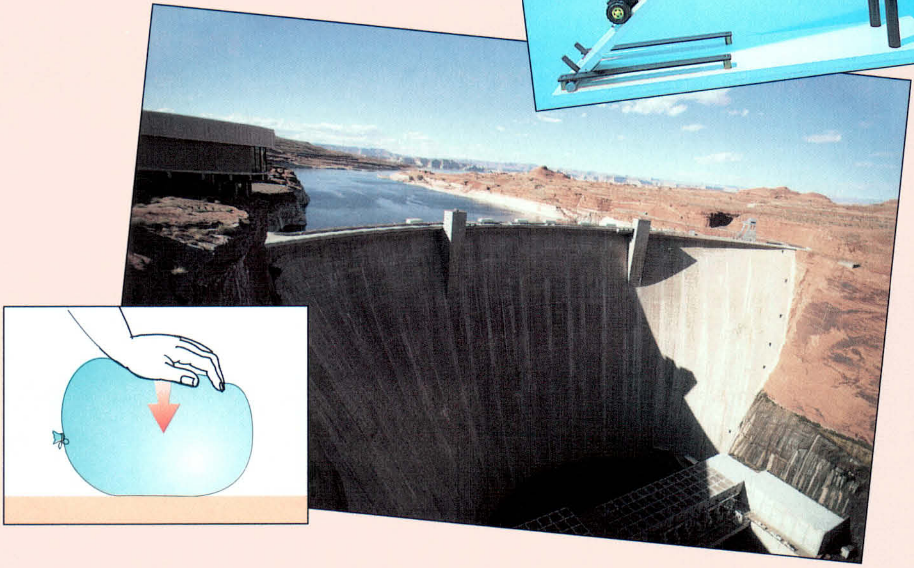
19. בעבר השתמשו בנפט להדלקת מנורות ולחימום הבית. כדי להדליק את הנורות היה צורך להדליק גפרור ולקרבו בזהירות אל פתילה ספוגה נפט. הנפט שבפתילה היה בוער, ובאופן כזה היה נוצר אור. גם שיטת החימום של תנור בנפט הייתה דומה - על ידי בעירה של פתילה הספוגה נפט. השווה בין שיטה זו של גלגול אנרגיה לצורכי תאורה וחימום ביתיים לבין שיטות חשמליות בנות ימינו.



פרק יג

כוחות משנים תנועה וצורה





א. מכונה המפעילה כוח / 368

ב. כוחות משנים תנועה וצורה / 370

ג. המשקל ככוח / 373

ד. מדידת כוחות / 377

ה. איזון בין כוחות / 380

ו. כוח פועל במעלה מדרון / 384

ז. מנופים / 389

ח. כוח וגלגולי אנרגיה / 395

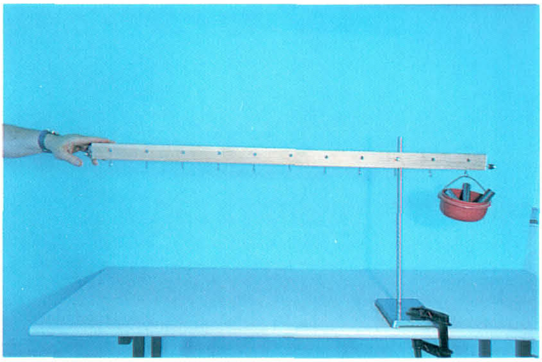
א. מכונה המפעילה כוח

בפרק א דנו במכונות. נוכחנו לדעת שמכונות מגלגלות אנרגיה. למשל: מאוורר הוא מכונה המגלגלת אנרגיה חשמלית לאנרגיית תנועה; תנור חימום הפועל על גז הוא מכונה המגלגלת אנרגיה כימית של גז לאנרגיית חום.
יש מכונות המסוגלות לעשות גם פעולה נוספת מלבד גלגול אנרגיה. לדוגמה בצעו את הניסוי הבא.

ניסוי 1 – מוט מרים משא
לפניכם מוט מחורר עם וו בקצהו וציר שניתן להכניס אליו את המוט דרך אחד החורים, כך שהמוט יוכל להסתובב סביב הציר.

- קחו משא כלשהו (למשל ילקוט מלא ספרים, קופסה כבדה שניתן לתלות אותה על וו) והרימו אותו בידכם. שימו לב למידת המאמץ שנדרש מכם כדי להרים את המשא.
- עתה, התקינו את המוט כמתואר בציור שלפניכם והרימו בעזרתו אותו המשא.

- באיזה מקרה נזקקתם לכוח קטן יותר להרמת המשא?

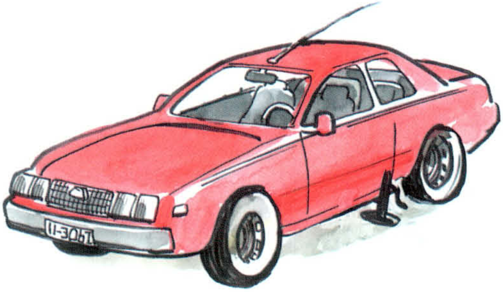


למרות הכוח הקטן יותר שנדרש במקרה השני, בשני המקרים התגלגלה אל המשא אותה כמות אנרגיה. (האנרגיה הכימית שבשרירי הגוף שלנו התגלגלה לאותה כמות של אנרגיית גובה, כי מדובר באותו משקל ובאותו גובה.)

המוט עם הציר שלו הוא מכונה, המגלגלת אנרגיה כמו כל מכונה. אך מכונה זו עושה משהו נוסף מלבד גלגול אנרגיה. היא מאפשרת להרים חפצים כבדים **בכוח קטן יותר** מאשר היה דרוש אילו היינו עושים זאת בלעדיה. המכונה איננה מגלגלת פחות אנרגיה ואף איננה

מגלגלת יותר אנרגיה. היא רק מגלגלת את האנרגיה באופן שונה, באופן המאפשר הפעלת כוח קטן יותר.

מן המציאות אנו מכירים עוד מכונות המאפשרות לנו להרים חפצים ביתר קלות מאשר היינו עושים זאת בלעדיהן.
דוגמה אחת היא המכשיר הנקרא מגבֵּהַ (גֶ'ק). זוהי מכונה המאפשרת להרים מכונית שלמה בכוח לא גדול, למשל כדי להחליף בה גלגל.



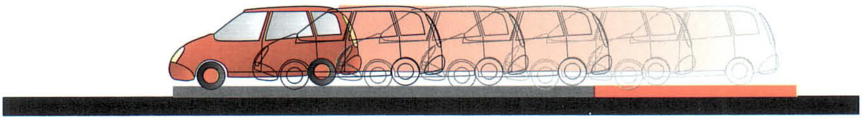
מכונות כמו המוט שבניסוי והג'ק מאפשרות לנו להרים חפצים כבדים במעט כוח.
מהו כוח?
במהלך הפרק הנוכחי נברר זאת.
נברר גם את הקשר בין אנרגיה לבין כוח ואת ההבדלים בין כוח לבין אנרגיה.

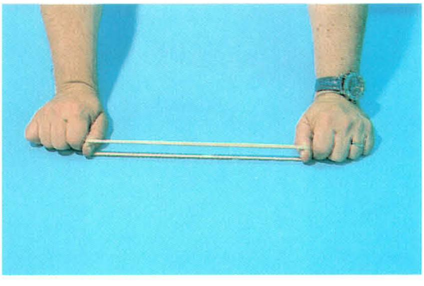
ב. כוחות משנים תנועה וצורה

לפניכם דוגמאות שבהן פועל כוח.
ילד לוחץ באצבע על בלון מנופח באוויר ויוצר בבלון שקע קטן. איש מתרומם ממצב של ישיבה למצב של עמידה. רוח חזקה שוברת עץ. רוח נושבת על פני המים וגורמת להיווצרות גלים. איש מנפנף בידו לשלום.

כוח שריריו של הילד הוא שיוצר בבלון את השקע. האיש מתרומם ממצב ישיבה למצב עמידה באמצעות כוח שריריו. כוחה של הרוח גורם לשבירת העץ ולהיווצרות הגלים.

התבוננו באיורים וענו על השאלות לגבי כל אחד מהאיורים:
שאלה 1: מי (או מה) מפעיל כוח?
שאלה 2: על מה מופעל הכוח?
מהו השינוי שחל כתוצאה מהפעלת הכוח?





מהו, אם כן, כוח?

מן הדוגמאות ניתן לראות ש**כוח יכול לגרום לשינוי תנועה**.
שינוי התנועה יכול להתבטא **בשינוי המהירות**. למשל: המכונית העומדת מתחילה לנוע כתוצאה מפעולתו של כוח; המטוס משנה את מהירותו למהירות נמוכה יותר.

שינוי התנועה יכול גם להתבטא **בשינוי כיוון התנועה**, כמו בדוגמה שבה הילד מסובב את האבן באמצעות החבל שהוא אוחז בידו. הילד משנה בכוח שריריו את כיוון האבן וגורם לה להסתובב במעגל. אילו לא היה מפעיל עליה כוח, הייתה האבן ממשיכה לנוע בקו ישר.

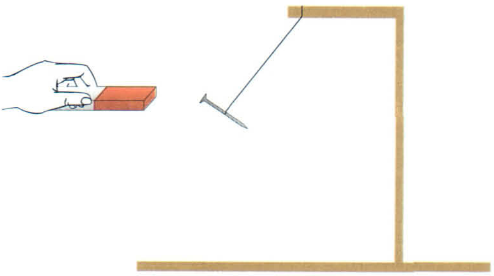
מן הדוגמאות ניתן לראות שכוח יכול גם לגרום ל**שינוי הצורה** של גופים.
הילד המועך פחית מפעיל עליה כוח ומשנה את צורתה. הילד המותח גומייה משנה את צורתה. ובדוגמאות אחרות: ילד המשחק בפלסטלינה מפעיל עליה כוח ומשנה את צורתה. רוח משנה את צורת העץ עד שהיא שוברת אותו.

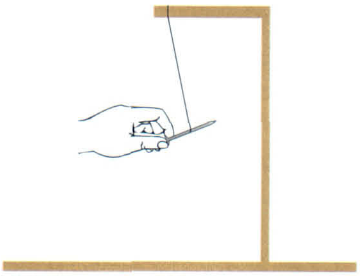
הכוח הוא גורם המסוגל לשנות את תנועתו או את צורתו של גוף.

למעשה, גם במקרה של שינוי הצורה בעקבות פעולתו של כוח, יש שינוי במהירות: לחלקים שונים בגוף נוספות מהירויות שונות, וכך משתנה צורת הגוף.

שאלה 3: הביאו דוגמאות נוספות שבהן כוח גורם לשינוי תנועה. ציינו בכל דוגמה את הגורם לכוח.
שאלה 4: הביאו דוגמאות נוספות שבהן כוח גורם לשינוי צורה. ציינו בכל דוגמה את הגורם המפעיל את הכוח.
שאלה 5: רשמו דוגמה המתארת שינוי מהירותו של גוף ללא שינוי כיוון תנועתו, ודוגמה המתארת שינוי כיוון תנועתו של גוף ללא שינוי מהירותו. ציינו את הגורם המפעיל את הכוח בכל דוגמה.

באיורים שלפניכם מתוארים כוחות שונים:

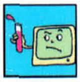




שאלה 6: מהו הכוח הפועל בכל אחד מהאיורים?
שאלה 7: מי מכוחות אלה פועל במגע ומי מביניהם יכול לפעול גם ממרחק, כלומר ללא מגע?
שאלה 8: איזה כוח אחר יכול לפעול גם הוא ממרחק?

אפשר להדגים כוח חשמלי אם משפשפים סרגל פלסטי במטלית צמר. (חשוב שהיא תהיה עשויה מצמר טבעי ולא מחומר סינתטי.) אם מקרבים סרגל כזה לזרם מים דק, בלי לנגוע בזרם, אפשר להטות אותו. אפשר גם לשפשף בלון גומי מנופח, לקרב אותו לזרם המים באותו האופן ולהשיג הטיה. מדוע?

תוכלו לצפות בכוח חשמלי באחת משתי ההפניות האלה:



קלטת ניסויים **מדע במעבדה (א)**

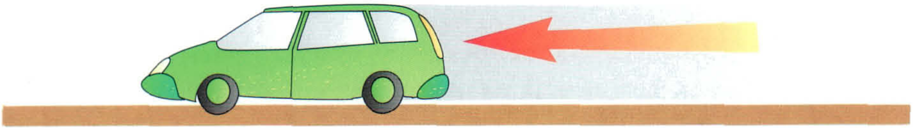
צפו בניסוי המצולם **גופים טעונים**.

תקליטור **פארק האנרגיה**

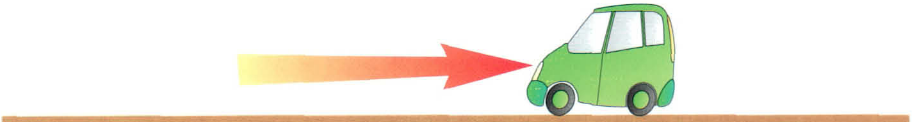
מבנה אנרגיה כימית - חדר תופעות
צפו בקלטת **משיכה אלקטרוסטטית**.

כיוון פעולת הכוח

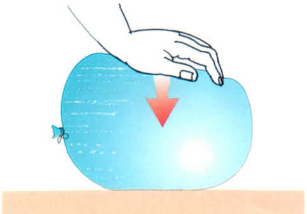
כוח פועל תמיד ב**כיוון** מסוים.
נהוג לסמן את כיוון פעולתו של הכוח באמצעות חץ. החץ כמובן איננו קיים במציאות; הוא רק אמצעי להמחשת כיוון פעולת הכוח.



מכונית מגבירה את מהירותה



מכונית מאיטה את מהירותה



לוחצים על בלון

ג. המשקל ככוח

בפרק על אנרגיית הגובה למדתם ש**המשקל של גוף** הוא **הכוח שבו הוא נמשך אל כדור הארץ**.
בסעיף זה נברר על פי תכונות הכוח שלמדנו, מדוע המשקל הוא אכן כוח.
הכוח הוא גורם המשנה את תנועתו או את צורתו של גוף.
האם המשקל יכול לשנות את תנועתו של גוף?

כדי לבדוק זאת, קראו את הדוגמה הבאה:

- כדור מונח בכף ידו של אדם ללא תזוזה בגובה מסוים מעל פני הקרקע. האדם עוזב את הכדור. הכדור נופל מטה.

נפילת הכדור משמעותה שתנועתו של הכדור משתנה. בתחילה, כאשר הכדור מונח בכף היד, אין לו כל תנועה, אולם לאחר עזיבתו הוא נע. עקב משקלו נוספה לו, אם כן, תנועה. הכדור שינה את מצבו ממנוחה לנפילה, שהיא תנועה כלפי מטה.

מה יקרה למהירות הכדור במהלך נפילתו, לאחר שהוא נשמט מן היד?
המדידות מראות שמהירותו של הכדור הולכת וגדלה ככל שחולף זמן מרגע השמטתו.

אם כן, משקלו של הגוף גורם להגברת מהירותו בעת הנפילה. הגברת מהירות נקראת **תאוצה**.

הגברת המהירות על ידי גוף בעל משקל היא אחת הסיבות שמסוכן לקפוץ מגובה גדול. ככל שהגובה גדול, הגוף מגיע לקרקע במהירות גדולה יותר. המהירות הגדולה יותר גורמת להתנגשות עזה יותר, שעלולה להיות מסוכנת ואף קטלנית. כך, למשל, אין זה מסוכן לקפוץ מגובה של מטר אחד מעל פני הקרקע, אולם קפיצה מגובה של 8 מטרים עלולה להיות מסוכנת ביותר בגלל המהירות הגדולה יותר שבה יגיע הקופץ לקרקע.

צנחנים קופצים מגובה רב מאוד. אילולא היו משתמשים במצנח, מהירותם בהגיעם לקרקע הייתה כה גדולה, עד שהיו מתרסקים ונהרגים. המצנח מיועד לבלום את מהירותם; בהגיעם לקרקע מהירותם תהיה בטוחה, לא מסוכנת.

האם נכון לומר, שככל שיגדל המשקל יגדל ***קצב*** *הגברת המהירות? לא. כל הגופים על פני כדור הארץ מגבירים את מהירותם באותה מידה, ללא קשר למשקלם. גופים קלים וגופים כבדים מגבירים את מהירותם באותו הקצב. לכן, גופים בעלי משקל שונה, שיושמטו מאותו הגובה, יגיעו לקרקע באותו הזמן.*

כיצד ניתן להסביר שלמרות השוני במשקל, הגופים מגבירים את מהירותם באותו הקצב? משקלו של גוף כבד יותר מושך אותו חזק יותר, אבל בגלל מסתו הגדולה יותר של הגוף גדלה גם התנגדותו לשינוי המהירות שלו. המשקל הגדול יותר, מצד אחד, וההתנגדות הגדולה יותר לשינוי המהירות, מצד שני, מקזזים זה את זה, ולכן מהירותם של גופים בעלי משקלים שונים מוגברת באותו הקצב.

תקליטור **פארק האנרגיה**

מבנה אנרגיית גובה - חדר **נפילת גופים** וחדר **תאוצה**

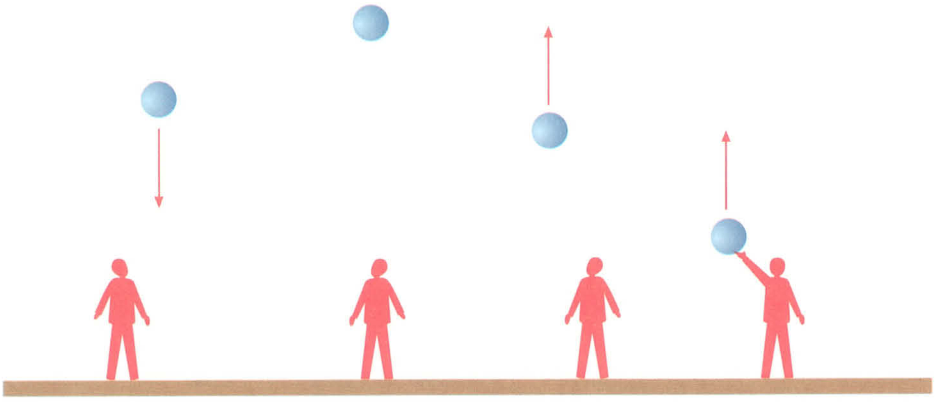
בחדר **נפילת גופים** תוכלו לצפות בנפילת גוף באופן וירטואלי לכדור הארץ ולירח. ענו על השאלות בדף העבודה.

בחדר **תאוצה** התבוננו במד-המהירות ושימו לב כיצד מהירות הגוף הולכת וגדלה ככל שהוא מתקרב לקרקע. בדפי העבודה תוכלו ללמוד על תאוצת הנפילה החופשית.

ראינו שמשקלו של גוף יכול להגביר את מהירותו כאשר הגוף נופל ארצה.
האם משקלו של גוף יכול גם להאט מהירות?

עיינו בדוגמה הבאה:
זורקים כדור כלפי מעלה.
תנועת הכדור לאחר שנזרק מעלה נעשית אטית יותר ויותר, עד שבסופו של דבר אין הוא נע עוד.
מה גורם לכך? משקל הכדור הוא שגורם לכך.
כאשר הוא נע למעלה, בכיוון מנוגד לכיוון מרכז כדור הארץ, המשקל מוסיף לו מהירות בכיוון הקרקע. לכן מהירותו כלפי מעלה קטֵנה עד לעצירת הגוף בגובה המרבי, כלומר המשקל מאט את תנועת הגוף.

לאחר שהכדור מגיע לגובה מרבי מסוים, הוא מתחיל לרדת. המשקל גורם לשינוי כיוון התנועה של הכדור מתנועה כלפי מעלה לתנועה כלפי מטה.



הדוגמה האחרונה מצביעה על כך שמשקל יכול להאט את מהירותו של גוף וגם לשנות את כיוון תנועתו.
בדוגמאות שלמעלה (דוגמת הכדור הנופל ודוגמת הכדור הנזרק מעלה) ראינו שמשקל משנה תנועה.
המשקל מקיים את אחת התכונות של הכוח - שינוי התנועה.

האם הוא מקיים גם את התכונה השנייה, שינוי צורה?
נבדוק זאת לאור הדוגמאות הבאות:

- מניחים על השולחן שקית ניילון מלאה מים. השקית משנה את צורתה עקב משקלה.
- כדור הנופל לקרקע, מתפחס מעט ברגע פגיעתו בקרקע.

דוגמאות אלה מצביעות על כך שמשקל יכול לגרום לשינוי צורה.

כוח יכול לגרום לשינוי תנועתו או צורתו של גוף.
משקל יכול לגרום לשינוי תנועתו או צורתו של גוף.
אם כן, משקל הוא כוח.

המלצה על סרט

- **"איתני הטבע"** מתוך הסדרה **הספרייה המדעית** של הטלוויזיה החינוכית
- **"כוחות עליונים"** מתוך הסדרה **חומר למחשבה** של הטלוויזיה החינוכית
- **"מבנה חזק, מבנה חלש"** מתוך הסדרה **בעין חוקרת** של הטלוויזיה החינוכית

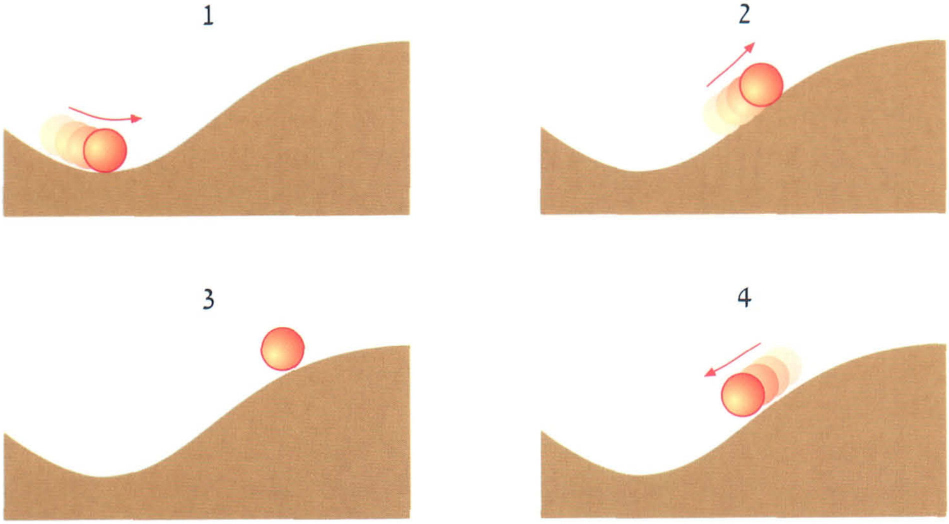
שאלה 9: לפניכם תאור של שני אירועים: כדור נע וילדה יושבת על כורסה.

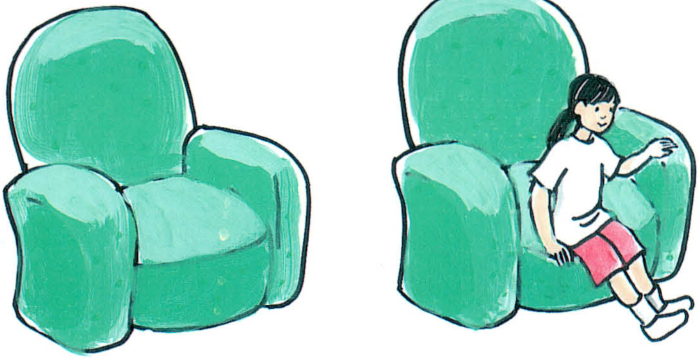
א. על מה מופעל כוח בכל אחד מהאירועים?

ב. מהו הכוח המופעל?

ג. מהו השינוי שחל כתוצאה מהפעלת הכוח?

ד. מהו כיוון הכוח?





ד. מדידת כוחות

אנו משתמשים בכוחות ללא הרף: לטיפוס במדרגות, להרמת בקבוק משקה, לכתיבה, ללחיצה על שלט-רחוק, ללחיצה על מקשי מקלדת מחשב, להנפת יד לשלום. אולם לטיפוס במדרגות אנו זקוקים לכוח גדול יותר מאשר להרמת בקבוק משקה, ולהרמת בקבוק משקה דרוש כוח גדול יותר מאשר להקשה על מקש של מקלדת מחשב.

הכוחות נבדלים אם כן בגודלם.
לא רק כוחות שמקורם בגופנו נבדלים בגודלם, אלא כוחות רבים אחרים.

הנה כמה דוגמאות:

- רוח מנענעת קלות עלים של עץ, רוח עזה מכופפת את ענפי העץ, רוח עזה מאוד עוקרת את העץ. בכל מקרה פועל כוח בגודל שונה.

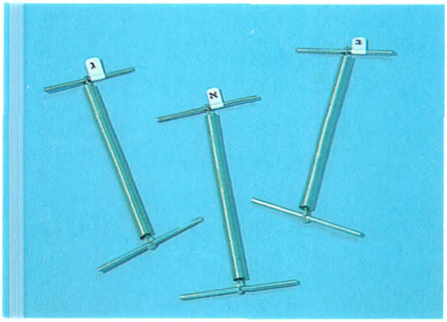
- מכונית בתנועה בולמת ונעצרת תוך 10 שניות. אותה מכונית, הנעה באותה המהירות, בולמת ונעצרת תוך 4 שניות. כוחות הבלימה שונים בשני המקרים. (באיזה מקרה פועל הכוח הגדול יותר?)

- כאשר כוח המנוע של מכונית קטן, היא מגבירה את מהירותה באטיות בהשוואה למכונית זהה שכוח המנוע שלה גדול יותר.

שאלה 10: רשמו דוגמאות שבהן פועלים כוחות בגודל שונה. בכל דוגמה, ציינו איפה פועל כוח גדול יותר.

ניסוי 2 – חוזק קפיצים

- קחו 3 קפיצים שונים בחוזקם ומתחו כל אחד מהם בתורו, באותה מידת אורך (נניח ב-4 סנטימטרים).



- על איזה קפיץ הפעלתם את הכוח הגדול ביותר?
- על איזה קפיץ הפעלתם את הכוח הקטן ביותר?
- איך אתם יודעים זאת?

לא תמיד אפשר להסתפק בביטוי כללי על גודלם של כוחות, כגון "כוח גדול יותר" או "כוח קטן יותר". לעתים יש צורך בביטוי מדויק, למשל בתכנון משימות טכנולוגיות הקשורות לכוחות: לתכנון מנוע למכונית צריך לדעת במדויק איזה כוח עליו להפעיל; צריך לדעת במדויק כמה כוח להפעיל במנוף להרמת משא; כשמתכננים גג של אולם יש לחשב את הכוח המדויק שהוא מסוגל לשאת כדי שלא יתמוטט; תכנון מרפסת צריך להביא בחשבון את המשקל המרבי של האנשים שעשויים להיות עליה ולחשב בהתאם לכך את הכוח שעליה לשאת.

כדי לבטא את הכוח באופן מדויק יש להשתמש ביחידת כוח. יחידת כוח מקובלת היא **ניוטון**. זוהי אותה היחידה ששימשה אותנו למדידת משקל בפרקים הקודמים. אין זה מפתיע שהיא משמשת אותנו גם למדידת כוח, משום שכפי שראינו, המשקל גם הוא כוח.

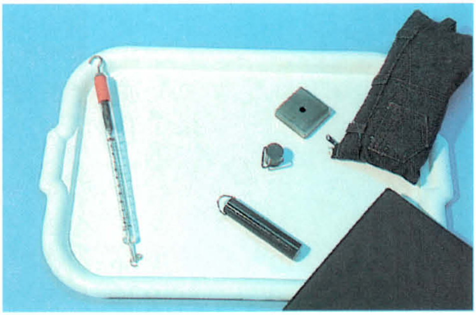
יחידת הניוטון יכולה לשמש יחידת כוח כללית לכל כוח שהוא.

כיצד ניתן למדוד כוח?
המכשיר שבאמצעותו מודדים כוח הוא **מד-כוח**. חלקו המרכזי של מד-הכוח הוא קפיץ.
בחלק מן המקרים מחובר לקפיץ סַמן שנע על פני סרגל ממוספר.
הסמן נע על שורת מספרים (סקלה) המציינים את גודל הכוח. מפעילים על קצה הקפיץ את הכוח שמעוניינים למדוד, והקפיץ מתארך בהתאם לגודל הכוח. אתו נע הסמן. המספר שהסמן מצביע עליו הוא גודל הכוח.
יש מדי-כוח שבהם הקפיץ חבוי בתוך גליל. אל תחתית הקפיץ צמוד סרגל עם מספרים המציינים כוחות. הפעלת כוח על הקפיץ מוציאה את הסרגל החוצה ומראה את גודל הכוח.

מה קורה למד-כוח כאשר מפעילים עליו כוח גדול מדי? הקפיץ נמתח, מאבד את גמישותו ואיננו חוזר עוד למצבו המקורי. שוב אי אפשר למדוד באמצעותו כוחות.

ניסוי 2א – שימוש במד-כוח

- קחו מד-כוח ומדדו באמצעותו כוחות שונים.
  על המכשיר רשום הכוח המרבי שאפשר להפעיל עליו.
  שימו לב: אסור להפעיל על המכשיר כוח גדול מהרשום עליו, כי אחרת הוא יֵצא מכלל פעולה.



- תלו על מד-הכוח גוף שמסתו 100 גרם.
- באיזה כוח מושך כדור הארץ מסה של 100 גרם?
- מהו הכוח שבו יימשך גוף שמסתו 1 ק"ג?

מהו הכוח הדרוש -

- לגרירת קלמר מלא על פני השולחן?
- להרמת קלמר מלא?
- לגרירת התיק שלכם על הרצפה?
- להרמת משקולת?
- בִּדקו גם הפעלת כוח על גופים אחרים.

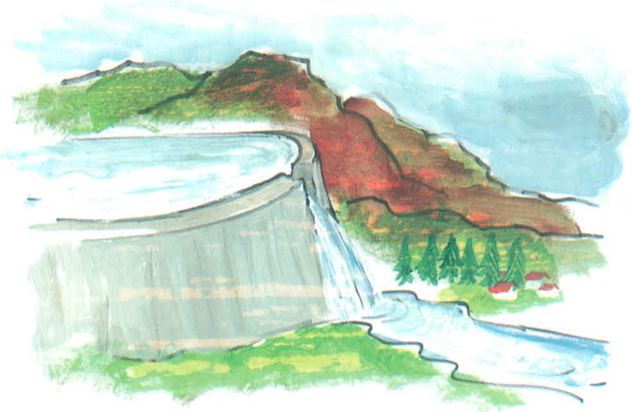
לעתים קרובות מכיילים מדי-כוח ביחידות של מסה (ק"ג) במקום ביחידות של כוח. כידוע לכם, משקלה של אותה מסה הוא כמעט שווה בכל מקום על פני כדור הארץ. למשל: המשקל של גוף שהמסה שלו היא קילוגרם אחד יהיה בכל מקום על פני כדור הארץ 10 ניוטון. זאת אומרת, המשקל בניוטונים של מסה מסוימת גדול תמיד פי 10 מן המסה בקילוגרמים. לכן, במקום יחידות של משקל, ניתן לסמן על המאזניים יחידות של מסה. במילים אחרות, ניתן לכייל את המאזניים כך שיראו יחידות של מסה. מאחר שהמשקל של מסה בת קילוגרם אחד הוא תמיד 10 ניוטון, כדי לדעת את המשקל בניוטונים צריך לכפול ב-10 את המסה בקילוגרמים שהמאזניים מראים.
לדוגמה: אם אנו עולים על מאזני קפיץ והם מראים 50 קילוגרם, משמעות הדבר היא שהמשקל שנמדד הוא משקלם של 50 קילוגרמים על פני כדור הארץ. משקל זה הוא 500 ניוטון.

שאלה 11: האם אסטרונאוט הנמצא בחללית המקיפה את כדור הארץ יכול למדוד ב"מאזני-אדם" אם רזה או השמין?

שאלה 12: האם נוכל לקחת "מאזני אדם" שיוצרו עבור כדור הארץ ולמדוד בהם מסות על פני הירח? הסבירו.

מאזני-כפות הם המכשיר המודד מסה על ידי השוואת מסת הגוף הנמדד לאבני-מסה סטנדרטיות. גם מאזני-כפות יכולים לפעול רק כאשר פועל עליהם כוח. הם יכולים לפעול על פני הירח. אך גם הם אינם יכולים לפעול בחללית הנעה מסביב לכדור הארץ.

ה. איזון בין כוחות



מדוע נפרץ הסכר?

שאלה 13: מהו התנאי הדרוש כדי שלא יתרחש אירוע מסוג זה?

לאחר שתלמדו סעיף זה, תוכלו לבדוק את תשובתכם.

ניסוי 3 – כדור על משטח גמיש

- קִשרו משטח גמיש ומתוח (כגון מעטפת של בלון) סביב פתחה של צנצנת.
- הניחו על המשטח הגמיש כדור פלדה קטן.
- מה קרה למשטח הגמיש אחרי שהכדור הונח עליו?

מדוע המשטח הגמיש לא המשיך לשקוע?

לכדור יש משקל, ומשקל הוא כוח. לכן, כאשר הכדור מונח על פיסת הבלון המתוחה, משקל הכדור גורם לשקיעתה. פיסת הבלון שוקעת ונמתחת. כתוצאה מכך היא מפעילה

כוח נגדי על הכדור.
הכוח שמפעילה פיסת הבלון שווה למשקל הכדור, אך מנוגד לו בכיוונו.

על הכדור פועלים אם כן שני כוחות, האחד הוא משקל הכדור, המושך אותו כלפי מטה; השני הוא הכוח של פיסת הבלון המתוחה, המפעילה עליו כוח נגדי כלפי מעלה. ככל שהכדור שוקע יותר, גדֵל הכוח שמפעילה פיסת הבלון המתוחה, עד שלבסוף כוח זה שווה למשקל הכדור. בשלב זה הכדור נעצר.

במקרה כזה אומרים שיש **איזון בין הכוחות** הפועלים על הכדור. הכוח שמפעילה פיסת הבלון המתוחה **מנוגד** למשקל כדור הפלדה ושווה לו בגודלו. לכן, על הכדור פועל בסך הכול כוח בגודל אפס, וזאת הסיבה שפיסת הבלון איננה ממשיכה לשקוע.

כוחות מאוזנים הם כוחות המבטלים זה את השפעתו של זה. הם שווים בגודלם, אך פועלים בכיוונים מנוגדים.

שאלה 14: הסירו את כדור הפלדה מפיסת הבלון. מה מאשר שפיסת הבלון הגמישה אכן מפעילה כוח נגדי?

שאלה 15: ציירו את הכדור וסמנו באמצעות חצים את הכוחות הפועלים עליו כשהוא מאוזן. גודל החץ בציור שלכם יעיד על גודל הכוח, וכיוונו של החץ - על כיוון הכוח.

ניסוי 4 – קפיץ

- קחו קפיץ ומתחו אותו במקצת. הקפיץ יימתח עד אורך מסוים.
- המשיכו להפעיל כוח כך שהקפיץ יישאר באורך זה.
- מה קורה לקפיץ?

למרות שאתם ממשיכים להפעיל כוח על הקפיץ, הוא איננו מתארך, אלא נותר באורכו ובצורתו ללא שינוי.

- הרפו מהקפיץ. מה קורה לו עכשיו?

לאחר שעזבתם את הקפיץ הוא חזר לאורכו המקורי. דבר זה מעיד שהקפיץ מפעיל כוח המנוגד לכיוון מתיחתו, כוח המחזיר את הקפיץ למצבו המקורי.

שאלה 16: באמצעות איזון בין כוחות, נסו להסביר כיצד הקפיץ המתוח איננו ממשיך להתארך למרות שממשיכים להפעיל עליו כוח כל העת.

שאלה 17: מה יקרה לכוח שמפעיל הקפיץ ככל שמותחים אותו יותר? כיצד אתם יודעים זאת?

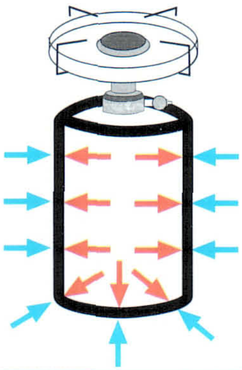
לא תמיד איזון הכוחות בא לביטוי הנראה לעין. למשל: ספר המונח על שולחן מפעיל כוח על השולחן כלפי מטה עקב משקלו, והשולחן מפעיל עליו כוח נגדי כלפי מעלה, ששווה

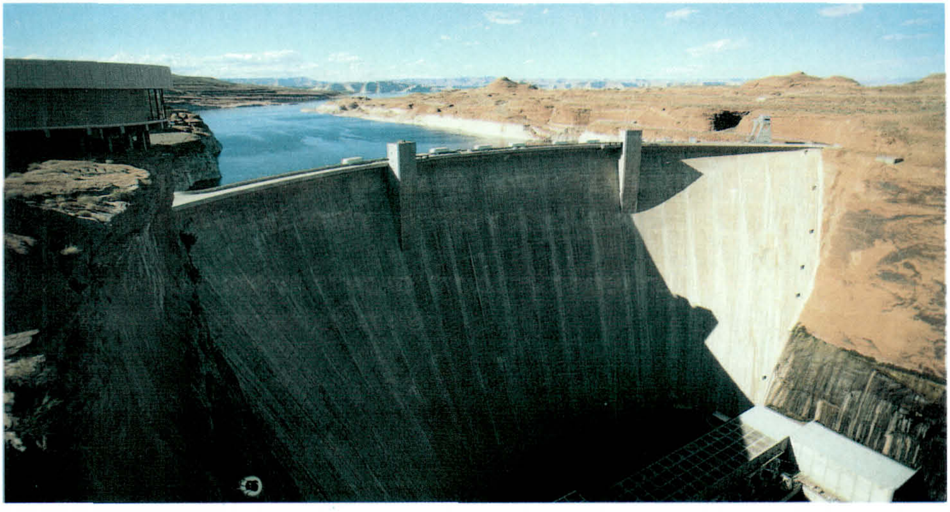
בגודלו למשקל הספר. אילולא כן, היה הספר שובר את השולחן ונופל מטה. אם נניח על השולחן חפץ שמשקלו 4 טון, קרוב לוודאי שהשולחן לא יוכל להפעיל די כוח נגדי כדי לאזן את משקל החפץ; החפץ ישבור את השולחן ואז הוא אכן ייפול ארצה.

במציאות קיימות דוגמאות רבות של כוחות מאוזנים. למשל:

- אישה נושאת תיק. הכוח שהיא מפעילה על התיק מנוגד בכיוונו ושווה בגודלו למשקל התיק. משקל התיק והכוח שהיא מפעילה עליו הם, אם כן, כוחות מאוזנים.
- 2 אנשים מתמודדים ביניהם בהורדת ידיים. כל עוד איש מהם אינו מתגבר על השני, כוחותיהם מאוזנים.
- 2 קבוצות ילדים מתחרות ביניהן במשיכת חבל. כל קבוצה מושכת את החבל בקצוות מנוגדים ובכיוונים מנוגדים. כל עוד קבוצה אחת אינה מתגברת על הקבוצה האחרת, יש איזון בין הכוחות של שתי הקבוצות.

שאלה 18: התבוננו באיורים ובתצלום. מהם הכוחות המאוזנים בכל אחד מהם, ומהו כיוונם של הכוחות?



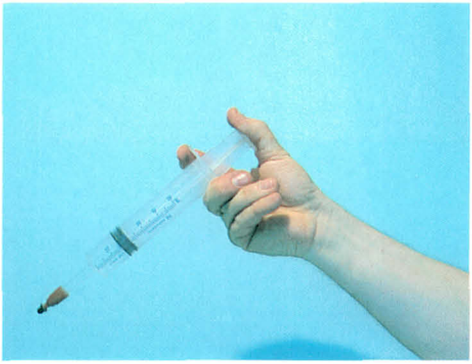


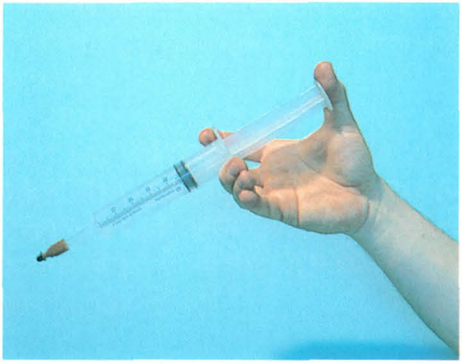
שאלה 19: מה היה קורה אילו במכל הגז לא היה קיים איזון כוחות, כך שהכוח שמפעיל הגז כלפי חוץ היה גדול מן הכוח שמפעילות דופנות המכל כלפי פנים?

שאלה 20: תארו דוגמאות נוספות שבהן יש איזון בין שני כוחות.

ניסוי 5 - כוח דוחס אוויר

- קחו מזרק. סתמו את פייתו והכניסו פנימה את הבוכנה שלו בכוח חלש, עד שהבוכנה תיעצר.
- הפעילו כוח חזק יותר על הבוכנה עד שתיעצר.





שאלה 21: א. מהם הכוחות המאוזנים בניסוי 5?

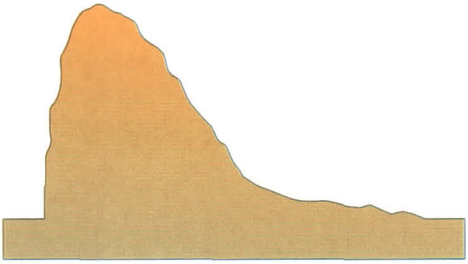
ב. ציירו את כל אחד משני המקרים והשתמשו בחצים המסמנים את גודלו ואת כיוונו של כל כוח.

ג. מה ההבדל בין שני המקרים בניסוי?

איזון כוחות הוא לעתים צורך חיוני שאי אפשר בלעדיו. חִשבו לדוגמה על בניית בניין. משקל הבניין רב. יש לבנות אותו כך שהקרקע תוכל לעמוד במשקלו. במילים אחרות, יש לדאוג שהקרקע תוכל להפעיל כוח תגובה זהה למשקל הבניין ובכיוון מנוגד לו. אם הכוח שמפעילה הקרקע יהיה קטן ממשקל הבניין, הבניין יקרוס וייהרס.

גם סכר חייב להיות בנוי כך שהכוח שיפעילו עליו המים ישווה תמיד לכוח שיפעיל הסכר עצמו על המים בכיוון הנגדי. אם הכוח שיפעילו המים יהיה גדול יותר, הסכר ייפרץ, המים ישטפו את סביבתם ויגרמו לאסון.

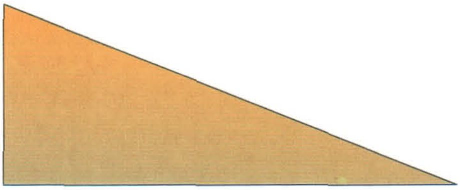
ו. כוח פועל במעלה מדרון



מאיזה צד קל יותר לטפס לפסגת הר? או במילים אחרות: באיזה צד צריך להפעיל כוח קטן יותר בעת הטיפוס?

הצד המשופע של ההר מאפשר הפעלת כוח קטנה יותר לטיפוס לפסגת ההר מאשר הצד האנכי.

דבר זה נכון לגבי כל דרך בעלת שיפוע. צריך פחות כוח להעלות גוף בדרך בעלת שיפוע מאשר להעלותו באופן אנכי. הרמת גוף יכולה להיות של גופנו שלנו, או הרמת משאות: הרמת אדם, או הרמת עצמים אחרים - מכוניות, סחורות ועוד.

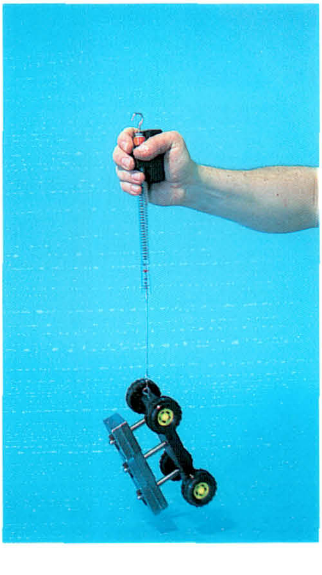


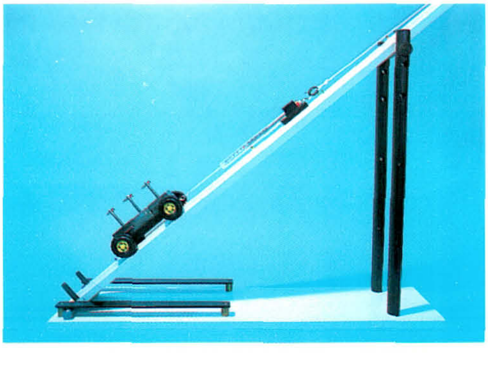
דרך בעלת שיפוע נקראת **מדרון** או **מישור משופע**.

כיוון הכוח הפועל לאורך המדרון כאשר מעלים לאורכו גוף הוא כיוון מעלֶה המדרון.

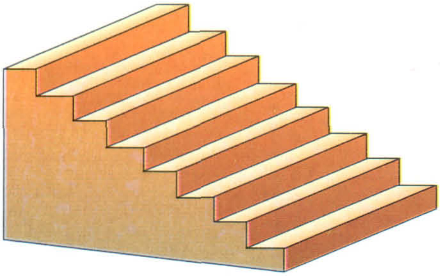
ניסוי 6 – עגלה ומדרון

- הרימו עגלה לגובה באמצעות מד-כוח בשתי דרכים.
  הדרך האחת, על ידי הרמתה אנכית כלפי מעלה.
  הדרך השנייה, על ידי גרירתה לאורך מדרון.
- מדדו את הכוחות בכל אחד מן המקרים.
- מה ההבדל ביניהם?





אנשים משתמשים במדרונות להרמת משאות לגובה בעזרת כוח קטן יותר מאשר הכוח הנדרש לכך ללא מדרון.



למשל, בבתי דירות בונים מדרגות. המדרגות עולות בשיפוע ומאפשרות לאדם להפעיל כוח קטן יותר להרמת גופו מזה שהיה נדרש אילו המדרגות היו בנויות אנכית (זאת אומרת, במאונך לקרקע).

הרמת משאות נעשית במקרים רבים על ידי מדרון. לדוגמה: כאשר רוצים להעלות מכוניות חדשות שנפרקו בנמל אל המשאית שתישא אותן אל יעדן, מעלים אותן באמצעות כֶּבֶשׁ מיוחד, שהוא מדרון. זוהי המצאה עתיקה מאוד,

וכבר המצרים הקדמונים השתמשו במדרונות לבניית הפירמידות.

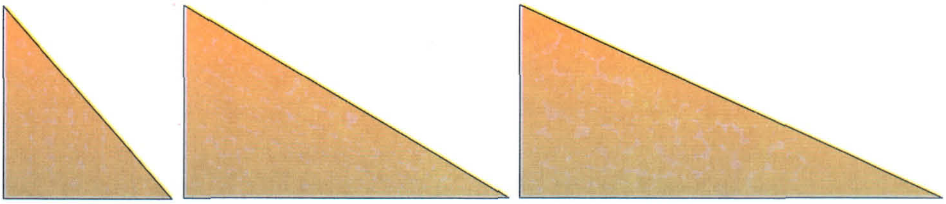
האם מדרונות השונים בשיפועיהם, נבדלים זה מזה בכוח שיש להפעיל על גוף הנמצא עליהם כדי שהוא ינוע במעלה המדרון? ואם כן, כיצד?

בִּדקו זאת בניסוי הבא.

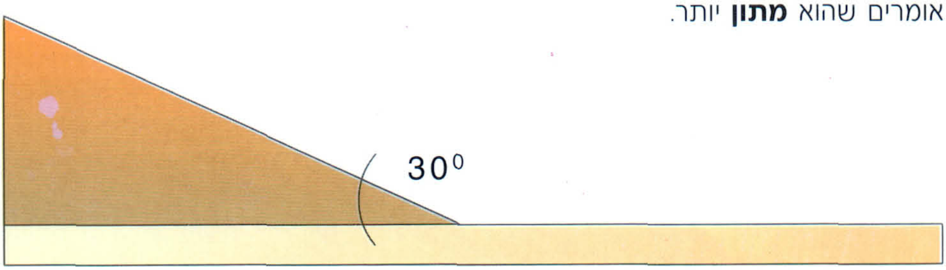
ניסוי 7 – מדרונות וכוחות

- הָרימו משקולת באמצעות מד-כוח לאורך 3 מדרונות בעלי שיפועים שונים - בכל פעם לאורך מדרון אחר.
- מִדדו את הכוחות בכל אחד מן המקרים. שימו לב להבדלים בין הכוחות.

- במה שונים המדרונות?
- מה משפיע על הכוח שיש להפעיל?



מידת התלילות של מדרון נקבעת על פי הזווית שהוא יוצר עם הקרקע, כאשר הקרקע היא אופקית. ככל שהזווית גדולה יותר, אומרים שהמדרון **תלול** יותר. ככל שהזווית קטנה יותר, אומרים שהוא **מתון** יותר.



הניסוי מראה שמדרון מתון יותר מצריך כוח קטן יותר להרמת הגוף לאורכו. הכוח שמפעילים לאורך המדרון נקרא **הכוח המופעל**.

לאור הניסוי, נוכל לנסח את הכלל הבא:

ככל שמדרון מתון יותר, הכוח המופעל קטן יותר (עבור אותו גוף).

כלל זה נכון לגבי כל מדרון.

הקשר בין אורך המדרון, גובהו והכוח המופעל

ראינו שככל שזווית המדרון קטנה יותר (המדרון מתון יותר), הכוח המופעל קטן יותר. אבל זווית המדרון נקבעת על פי אורכו וגובהו של המדרון.
אם כן, האם אפשר לקבוע ישירות את הקשר בין הכוח המופעל לבין אורכו וגובהו של המדרון?
כדי לבדוק זאת, ענו קודם על שאלות 22 ו-23.

שאלה 22: סרטטו 3 מדרונות בעלי גובה של 3 ס"מ ובעלי האורכים הבאים: 8 ס"מ, 6 ס"מ, 10 ס"מ. מדדו את זוויות המדרונות. האם התוצאות מאשרות את הכלל: כאשר מגדילים את אורך המדרון, בלי לשנות את גובהו, המדרון נעשה מתון יותר?

כאשר מגדילים את אורך המדרון, בלי לשנות את גובהו,
המדרון נעשה מתון יותר.

אם ניקח מספר מדרונות בעלי אותו האורך אך בעלי גובה שונה, נראה שככל שגובה המדרון גדל, זוויתו גדולה יותר, במילים אחרות – המדרון מתון פחות.

שאלה 23: סרטטו 3 מדרונות בעלי אורך של 8 ס"מ ובעלי הגבהים הבאים: 3 ס"מ, 6 ס"מ, 2 ס"מ.

מדדו את זוויות המדרונות. האם התוצאות מאשרות את הכלל: כאשר מגדילים את גובה המדרון בלי לשנות את אורכו, המדרון נעשה מתון פחות?

כאשר מגדילים את גובה המדרון, בלי לשנות את אורכו, המדרון נעשה מתון פחות.

במילים אחרות:
כשאורך המדרון גדול יותר (עבור אותו גובה), המדרון מתון יותר.
כשגובה המדרון גדול יותר (עבור אותו אורך), המדרון מתון פחות.

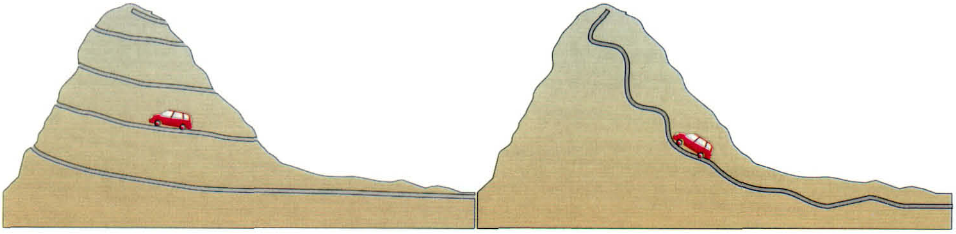
היחס $\frac{\textbf{אורך המדרון}}{\textbf{גובה המדרון}}$ מאפשר לנו לסדר מדרונות לפי מתינותם.
ככל שהיחס גדול יותר, משמע שהמדרון מתון יותר, ולכן הכוח המופעל קטן יותר.

שאלה 24: בטבלה שלפניכם נתונים על מספר מדרונות. סדרו אותם לפי מתינותם, מן המתון ביותר ועד למתון פחות (זאת אומרת, עד לתלול ביותר).

	אורך	**גובה**
מדרון א'	40 מטרים	10 מטרים
מדרון ב'	200 מטרים	20 מטרים
מדרון ג'	600 מטרים	1900 מטרים
מדרון ד'	90 מטרים	10 מטרים

שאלה 25: באיזה מן המדרונות שבטבלה יצטרך אדם להפעיל את הכוח הקטן ביותר בזמן העלייה בו? באיזה מהם יצטרך להפעיל את הכוח הגדול ביותר?

שאלה 26: לפניכם 2 כבישים בעלי שיפועים שונים. באיזה מהם תצטרך מכונית הנעה במעלה הכביש להפעיל כוח גדול יותר? מדוע?



האם תמיד עדיף להשתמש במדרון מתון יותר?

ראיתם שככל שהמדרון מתון יותר, הכוח המופעל הוא קטן יותר.
האם משמעות הדבר היא שכדאי תמיד ליצור מדרונות מתונים ככל האפשר?
לא בהכרח.
הסתכלו שוב בשני הכבישים. בכביש בעל השיפוע המתון יותר דרוש אמנם כוח קטן יותר מזה שבמדרון התלול; אך הדרך שהמכונית תיסע בכביש בעל השיפוע הקטן תהיה ארוכה מזו של השיפוע התלול.

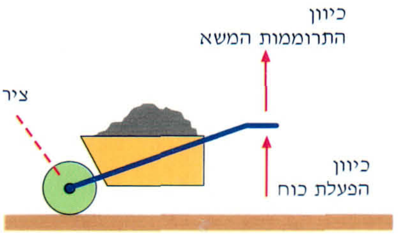
במילים אחרות, "תמורת" הכוח הקטן יותר "משלמים" בדרך ארוכה יותר. הכוח הפועל לאורך מדרון מתון יותר, קטן מזה שיפעל במדרון תלול יותר, אך הוא יפעל לאורך דרך ארוכה יותר.

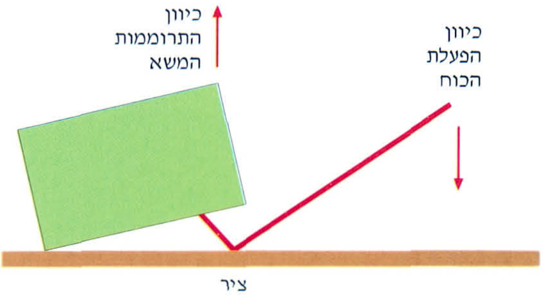
ובכלל, לא תמיד כדאי להשתמש במדרון לשם הפחתה בכוח. כידוע, אם רוצים להרים ספר מתוך תיק המצוי על הרצפה, אל השולחן, לא כדאי להשתמש לשם כך במדרון למרות ששימוש כזה יפחית את הכוח הדרוש להעלאת הספר. הרי משקל הספר קטן ממילא, ויותר פשוט, נוח ומהיר להרים אותו לגובה, ללא מדרון.

שאלה 27: רשמו דוגמאות נוספות למקרים שבהם לא כדאי להשתמש במדרון כדי להפחית בכוח.

ז. מנופים

מעוניינים להרים משא כבד. קל בהרבה להרימו באמצעות מריצה, מאשר על ידי הרמה ישירה בידיים. קל יותר להרים אבן כבדה באמצעות מוט ארוך, מאשר בלי להיעזר בו.





שני הכלים הללו **מגדילים את הכוח** שמפעילים באמצעותם. כאשר מפעילים כוח בצדו האחד של הכלי המרים, מקבלים כוח גדול יותר בצדו השני. כלים אלה הם דוגמאות למנופים.

מהם מנופים?
מנופים הם מתקנים הבנויים כך שהם עשויים להגביר כוח. זאת אומרת – כאשר מפעילים כוח בנקודה אחת של המנוף, מקבלים כוח גדול יותר בנקודה אחרת.

הסתכלו עכשיו בציור של המוט המרים את האבן.

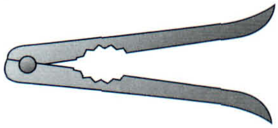
כאשר מפעילים כוח חיצוני על המוט בצד הימני של הציור, המוט נע סביב **ציר** המצוין בציור. גם כאן, כמו בסעיף הקודם, נקרא לכוח זה **הכוח המופעל.**
נקרא למרחק בין הכוח המופעל והציר **זרוע הכוח.**
נקרא למרחק בין המשא והציר **זרוע המשא.**

הסתכלו עכשיו בציור של המריצה. מהי זרוע הכוח ומהי זרוע המשא כאן?

בדוגמת המוט ובדוגמת המריצה, זרוע הכוח גדולה מזרוע המשא. דבר זה נכון לא רק לגבי מוט ומריצה. הוא נכון לגבי כל מנוף שמגביר כוח.
מפעילים כוח (זהו הכוח המופעל) על המוט ומקבלים כוח גדול יותר על המשא. לכוח שהמנוף מפעיל על המשא קוראים **הכוח הפועל**.
אם כן, שני הכוחות המתגלים כאשר אדם משתמש במנוף להרמת משא הם אלה: האדם

מפעיל על המנוף את **הכוח המופעל,** והמנוף מפעיל על המשא את **הכוח הפועל**. אבל מהו הכוח הפועל על המשא? זהו, למעשה, משקל המשא שמעוניינים להרים.

מכשירים רבים פועלים בהתאם לעִקרון פעולתו של מנוף (לדוגמה: פותחן קופסאות, מפצח אגוזים, פלאייר).



זהו את זרוע הכוח ואת זרוע המשא

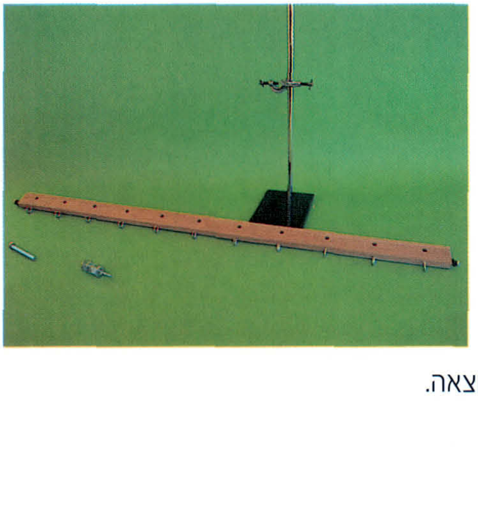
ניסוי 8 – הגדלת זרוע הכוח

- תכננו ניסוי שבו תניחו משא על זרוע אחת של מנוף ותרימו אותו על ידי הפעלת כוח במרחקים שונים מן הציר.

- מה קרה לכוח ככל שהגדלתם את זרוע הכוח?

כאשר זרוע הכוח גדלה, הכוח שצריך להפעיל להרמת המשא קטֵן.
למעשה, מה שקובע את גודל הכוח הפועל בהשוואה לכוח המופעל הוא היחס בין אורך זרוע הכוח לבין אורך זרוע המשא.
נראה זאת בניסוי הבא.

ניסוי 9 – מנוף מרים משא



- קחו מוט שיש בו חורים לאורכו. בכל המדידות שלכם, הקפידו שזרוע הכוח תהיה ארוכה מזרוע המשא.השחילו את המוט המחורר בציר הכן דרך אחד החורים של המוט.
- הצמידו משקולת לאחד מקצות המוט.
- באמצעות מד-כוח, משכו בזהירות את המוט כלפי מטה בצד הנגדי לצד המשקולת עד שהמשקולת תתחיל להתרומם.
- מדדו את הכוח המופעל ורשמו את התוצאה.

- מדדו את המרחק שבין המשא והציר (זרוע המשא) ואת המרחק שבין הכוח המופעל לבין הציר (זרוע הכוח) ורשמו את התוצאות.
- חזרו על הניסוי כמה פעמים תוך שינוי האורך של זרוע הכוח בלבד. הקפידו שמרחק הכוח המופעל מן הציר יהיה תמיד גדול ממרחק המשא מן הציר.

רִשמו את הנתונים במחברת בטבלה כזו:

אורך זרוע הכוח	אורך זרוע המשא	הכוח המופעל

עתה, סדרו את הטבלה על פי גודל הכוח שהפעלתם (הכוח המופעל) כדי להרים את המשקולת.

לאור הטבלה שלמעלה, הוסיפו עתה טבלת יחסים המתארת את היחס בין אורך זרוע הכוח לאורך זרוע המשא, כנגד היחס בין הכוח הפועל (משקל המשא) לבין הכוח המופעל.

היחס בין זרוע הכוח לבין זרוע המשא	היחס בין הכוח הפועל (משקל המשא) לבין הכוח המופעל

- מהי המסקנה מהטבלה?

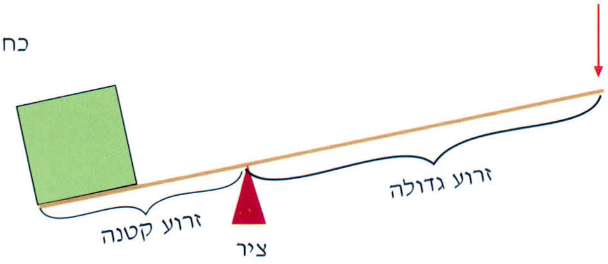
מסקנה זו ניתן לבטא בנוסחה:

$$\frac{\text{אורך זרוע הכוח}}{\text{אורך זרוע המשא}} = \frac{\text{הכוח הפועל}}{\text{הכוח המופעל}}$$

אפשר לכתוב זאת גם כך:

הכוח המופעל • אורך זרוע הכוח = הכוח הפועל • אורך זרוע המשא

מסקנה זאת התקבלה מניסוי שבו לא שינינו את הכוח הפועל (המשקל, במקרה זה) ואת זרוע המשא, אך המסקנה נכונה לגבי כל מקרה שבו משתמשים במנוף.



שאלה 28: במנוף מסוים, אורך זרוע המשא הוא 20 ס"מ. מרחק זה נשאר קבוע. רוצים להרים משא שמשקלו 100 ניוטון. חשבו את הכוח המופעל הנדרש להרמת המשא עבור זרועות כוח באורכים הבאים: 40 ס"מ, 60 ס"מ, 50 ס"מ, 200 ס"מ, 90 ס"מ, 20 ס"מ.

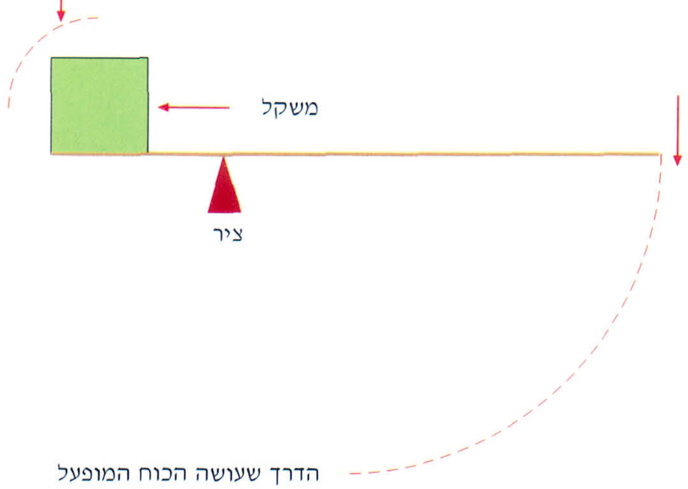
שאלה 29: ילד קטן רוצה להרים ילד גדול שמשקלו 400 ניוטון, באמצעות מוט ארוך שניתן להציבו על ציר. הילד הגדול יושב על קצהו האחד של המוט, ומרחקו מן הציר הוא מטר אחד. באיזה מרחק מן הציר (זרוע הכוח) צריך הילד הקטן ללחוץ כדי שיוכל להרים את הילד הגדול בכוח של 100 ניוטון?

שאלה 30: בטבלה הבאה רשומים מצבים שונים. כל אחד מהם מציין משא במשקל שונה שיש להרימו. כמו כן רשומים אורך זרוע המשא ואורך זרוע הכוח עבור כל אחד מן המשאות. חשבו עבור כל אחד מן המשאות את הכוח הנדרש להרמתו.

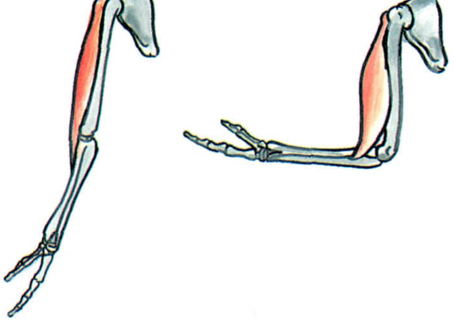
	משקל המשא	**אורך זרוע המשא**	**אורך זרוע הכוח**
מצב א	100 ניוטון	20 ס"מ	50 ס"מ
מצב ב	400 ניוטון	3 ס"מ	30 ס"מ
מצב ג	90 ניוטון	20 ס"מ	90 ס"מ
מצב ד	180 ניוטון	20 ס"מ	90 ס"מ
מצב ה	700 ניוטון	5 ס"מ	35 ס"מ

אמנם מנופים מאפשרים הפעלת **כוח קטן** יותר, אבל **הדרך** שעושה הכוח המופעל **גדולה** מהדרך שעושה המשא (הכוח הפועל) תוך כדי הרמתו. זרוע הכוח ארוכה מזרוע המשא. במילים אחרות, תמורת הפעלת כוח קטן יותר "משלמים" בדרך ארוכה יותר שיש לעשות.

תוכלו להיווכח בכך בציור שלפניכם, שבו מנוף מרים משקל.



לעתים משתמשים במנופים דווקא בצורה הפוכה. אם זרוע הכוח תהיה קטנה מזרוע המשא, הדרך שיעשה הכוח המופעל תהיה קטנה מזו שיעשה הכוח הפועל. במילים אחרות, המנוף יגרום להגדלת הדרך שעושה המשא. במקרה זה יהיה הכוח המופעל גדול מהכוח הפועל.



זרוע האדם היא מנוף כזה. היא פועלת באמצעות שריר. השריר מתכווץ ומושך אליו את האמה (חלק היד שבו מצויה כף היד). כשהשריר מופעל הוא מתכווץ לאורך מרחק מסוים, וכתוצאה מכך קצה האמה נע מרחק גדול בהרבה. זה קורה משום שהמרחק שבין השריר (הכוח המופעל, במקרה זה) לבין הציר שסביבו נעה האמה (המרפק) קטן מן המרחק שבין המשא לציר. (המשא יכול להיות חפץ כלשהו שנישא בכף היד.) כך מתאפשר לזרוע האדם להרים ולהניע חפצים בחופשיות ולאורך מרחקים גדולים וכן להתנועע באופן חופשי לכל מיני צרכים.

אם כן, בניגוד למוט ששימש מנוף, הכוח המופעל בזרוע האדם **גדול** ממשקל המשא. במילים אחרות, כדי להרים את המשא לאורך דרך גדולה יותר מאשר הדרך שעושה הכוח המופעל, צריך שהכוח המופעל יהיה גדול ממשקל המשא.

רוב המנופים בגוף האדם **מגדילים** את הדרך של המשא.

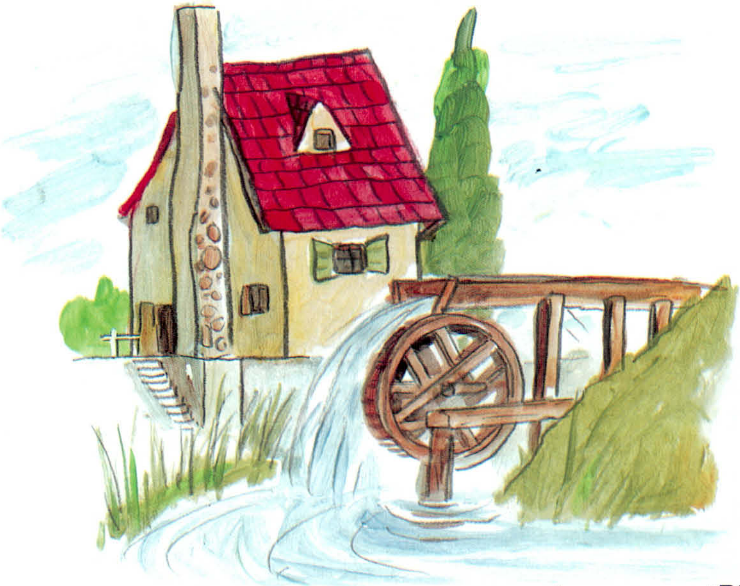
האם ייתכן שמנוף ישתמש בכוח קטן יותר וגם יגדיל את הדרך של המשא בעת ובעונה אחת?
לא. מנוף יכול לבצע רק אחת משתי הפעולות - שימוש בכוח קטן יותר, או הגדלת הדרך של המשא.

אם הוא משתמש בכוח קטן יותר, הוא לא יוכל להגדיל את הדרך, אלא יקטין אותה.
אם הוא יגדיל את הדרך, הוא לא יוכל להשתמש בכוח קטן יותר, אלא ישתמש בכוח גדול יותר.

כדי שמנוף יגביר כוח, אורך זרוע-הכוח צריך להיות גדול מאורך זרוע-המשא.
לעומת זאת, כדי שמנוף יגדיל דרך, אורך זרוע-הכוח צריך להיות קטן מאורך זרוע-המשא.

ח. כוח וגלגולי אנרגיה

למדתם שאנרגיה יכולה להתגלגל.
גלגולי אנרגיה מלווים גם בהפעלת כוח.
לדוגמה: אם מים במפל מים נופלים על גלגל כנפיים (טורבינה) הנמצא במנוחה, פועל כוח על גלגל הכנפיים, כוח שמסובב אותו. הכוח מופעל כאשר אנרגיית התנועה של המים מתגלגלת לאנרגיית התנועה של גלגל הכנפיים.



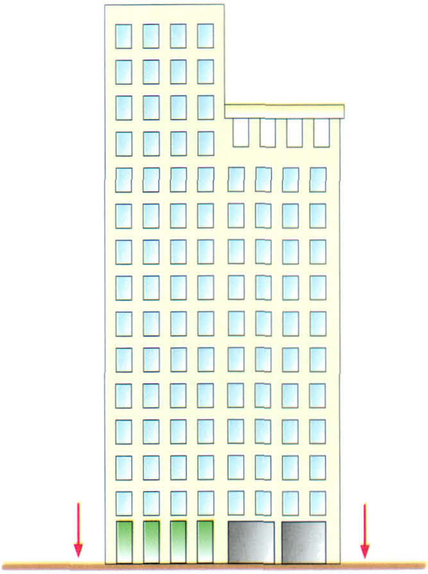
הנה דוגמאות נוספות:

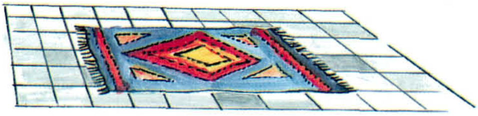
- אנרגיית התנועה של מנוע המאוורר גורמת להפעלת כוח על המאוורר, והמאוורר נע.
במקרה זה, הכוח מלווה את גלגול אנרגיית התנועה של המנוע לאנרגיית התנועה של המאוורר.
- אדם מרים ספר מן השולחן.
במקרה זה, כוח שריריו של האדם מְלַוֶּה את גלגול אנרגיית התנועה של שריריו לאנרגיית הגובה של הספר.

לעומת זאת, קיימים מקרים שבהם הפעלת כוח איננה מלווה כלל בגלגול אנרגיה.
לדוגמה: שטיח המונח על הרצפה מפעיל עליה כוח, אך לא מתרחש שום גלגול אנרגיה.

שאלה 31: הביאו דוגמאות שבהן מופעל כוח ללא גלגול אנרגיה.

כוחות מְלַווים, אם כן, גלגולי אנרגיה, אך בשום מקרה אנרגיה איננה מתגלגלת לכוח וכוח איננו מתגלגל לאנרגיה. אנרגיה בגלגוליה יכולה לעבור רק אחד מן התהליכים הבאים: אנרגיה יכולה להתגלגל מסוג אחד לסוג אחר באותו הגוף; להתגלגל מגוף לגוף בלי לשנות את הסוג; או להתגלגל מגוף לגוף וגם להשתנות מסוג לסוג.





כאמור, אנו משתמשים באנרגיה להפעלת כוח, ויש מקרים רבים שבהם פועל כוח ואין גלגול של אנרגיה. אך בשום מקרה אין מדובר בגלגול אנרגיה מסוג כלשהו לכוח, או בגלגול של כוח לאנרגיה. אנרגיה וכוח הם שני מושגים שונים.

למדתם שמכונות הן מכשירים המגלגלים אנרגיה. בפרק זה למדתם שיש מכונות המסוגלות לבצע עוד משהו מלבד גלגול אנרגיה. מנופים מאפשרים לנו להרים משא כבד ביתר קלות. המנוף מאפשר להפעיל כוח קטן ממשקלו של המשא כדי להרימו. במילים אחרות, מנוף מאפשר לנו **להרוויח כוח**.

דבר זה נכון לא רק לגבי משאות. באופן כללי, במנוף ניתן להשקיע כוח בגודל מסוים בצדו האחד ולקבל כוח גדול יותר בצדו האחר.
גם המדרון הוא מכונה שבאמצעותה מרוויחים כוח. ניתן להרים לאורכה משא בכוח הקטן ממשקל המשא.

האם מרוויחים אנרגיה כאשר מרוויחים בכוח?
לדוגמה: האם מרוויחים אנרגיה כאשר משתמשים במדרון?

לפניכם ניסוי מתואר.

ניסוי 10 – העלאת גוף בעזרת מדרון: האם יש רווח של אנרגיה?

משתמשים בגלגל מהסוג הנראה בניסוי **אנרגיית גובה** (בקלטת **מדע במעבדה ב'**). לוקחים סל עם משקולות השווה במשקלו לעגלה. העגלה מונחת בקצה מדרון. גם לעגלה וגם לסל קשור חוט ובקצהו לולאה.

כורכים את החוט מסביב לציר הגלגל ומביאים את הסל לגובה מסוים מעל הרצפה.
נותנים לסל ליפול: תוך כדי נפילת הסל, החוט נמשך ומניע את הגלגל.
ברגע שהסל מגיע לרצפה, תולים את החוט של העגלה על ציר הגלגל.
העגלה נעה על גבי המדרון כלפי מעלה.

שאלה 32: מהו גלגול האנרגיה בתהליך זה?

השימוש במדרון חוסך כוח, כלומר מרוויחים כוח כאשר משתמשים בו.
האם מרוויחים גם אנרגיה?
לו היינו מרוויחים אנרגיה בניסוי זה, היה מתברר לנו שאנרגיית הגובה של העגלה הייתה גדולה יותר, היא הייתה מגיעה לגובה רב יותר מגובהו המקורי של הסל. אבל בפועל העגלה איננה מגיעה לגובה רב יותר מגובהו של הסל בתחילת הניסוי, היא איננה מגיעה אפילו לגובהו המקורי. כלומר, למרות הרווח בכוח - אין כלל ֶרווח באנרגיה. בניסוי זה של העלאת העגלה לגובה, מפעילים כוח קטן יותר לאורך דרך ארוכה יותר. כך הדבר גם בכל אירוע אחר, **למרות הרווח בכוח – אין רווח באנרגיה בשום מקרה**.

חוק שימור האנרגיה מראה שכמות האנרגיה איננה ניתנת לשינוי. גם כאשר אנרגיה מתגלגלת, כמותה אינה משתנה. לכן אי אפשר לקבל יותר אנרגיה מאשר משקיעים בתהליך.
את גודלו של כוח ניתן לשנות - להגדיל וגם להקטין. במילִים אחרות - ניתן להרוויח כוח, ולעומת זאת אי אפשר להרוויח אנרגיה.

ראינו שאחד המאפיינים של כוח הוא שיש לו כיוון ואפשר לציין את הכיוון בחץ. לאנרגיה, על כל סוגיה, אין כיוון.

נוסף לכך, אנרגיה יכולה להיות קיימת באופן פוטנציאלי. אם היא תתגלגל מגוף לגוף או מסוג לסוג אפשר יהיה להשתמש בה. למים שמֵעבֶר לסכר יש אנרגיית גובה. ברגע שייפתח הסכר הם יפלו, ואנרגיית הגובה שלהם תתגלגל לאנרגיית תנועה. אנרגיית הגובה קיימת כ"אפשרות מימוש" גם כאשר לא משתמשים בה.
גם האנרגיה הכימית של תהליך התגובה בין החומרים בסוללה היא אנרגיה פוטנציאלית. ברגע שסוגרים את המעגל יש "מימוש": האנרגיה הכימית מתגלגלת לאנרגיה חשמלית.

לעומת זאת, הכוח קיים רק כאשר משתמשים בו. כשמפסיקים להפעיל אותו, הוא מפסיק להתקיים.

אגב, לא פעם מבלבלים אותנו המונחים שאנו משתמשים בהם בחיי היום-יום. אנו אומרים לפעמים "אין לי כוח", אבל אנו מתכוונים לומר: "אין לי מרץ", או אולי: "אני לא מסוגל לזוז מרוב עייפות". אם, לדוגמה, אני מעוניין להרים חפץ בכף ידי, אני מפעיל כוח. ברגע שאני מניח את החפץ, אינני מפעיל עוד כוח. כוח איננו דבר-מה שלגופנו יש או אין במצב נתון. גופנו מפעיל כוח, לרוב לזמן קצר, ואחר כך הגוף מפסיק להפעילו.

לסיכום:

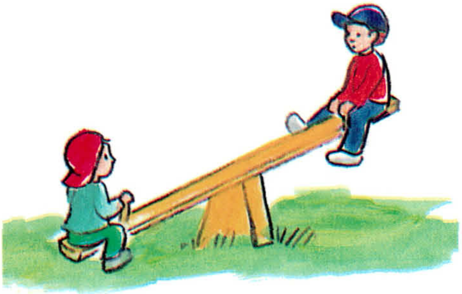
- כוח ואנרגיה הם שני גדלים פיזיקליים שונים, ולא ייתכן שום מעבר מזה לזו או להפך.
- לכוח יש כיוון - לאנרגיה אין.
- יש מקרים שבהם פועל כוח (או כוחות), אך אין כל גלגול של אנרגיה.
- יש מקרים שבה קיימת אנרגיה גם כאשר לא משתמשים בה. ואילו כאשר לא מפעילים כוח, הוא איננו קיים.
- כוח מלָווה גלגול אנרגיה. לדוגמה: כאשר מגלגלים אנרגיית תנועה לאנרגיית גובה כדי להעלות גוף ממקום נמוך למקום גבוה, מפעילים כוח. ברגע שהגוף נמצא במקום הגבוה, אין כבר הפעלה של כוח.
- באמצעות מכונות מתאימות אפשר להרוויח כוח. אבל לפי חוק שימור האנרגיה, כמות האנרגיה נשמרת. לכן, גם במקרים שבהם מרוויחים כוח בעזרת מכונה, לעולם אין מרוויחים אנרגיה.

משימה

להתנדנד בגן השעשועים

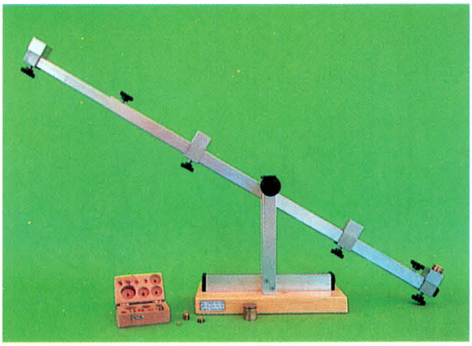
נסו לחזור רגע לילדותכם המוקדמת ולהיזכר מה היה קורה כשאבא, אמא או אח גדול ניסו להתנדנד אתכם בנדנדה מן הסוג שמתואר בתמונה הבאה.
אולי ישבתם על הקצה האחד של הנדנדה וחיכיתם למבוגר שבא אתכם שיתיישב על המושב שבקצה הנגדי ואז תניעו יחד את הנדנדה מעלה ומטה עוד ועוד.
אבל לא כך קרה: משקלו של היושב מולכם היה גדול בהרבה משלכם. כאשר התיישב על המושב, ירד למטה עד שנגע בקרקע וכך הֶעלָה אתכם למעלה. משקלכם הקטן לא הספיק להורדת הנדנדה למטה בצד שלכם.

הבעיה בנדנדה כזו היא, אם כן, שאם משקלו של אחד היושבים בנדנדה גדול בהרבה ממשקלו של האחר, אי אפשר להשתמש בה, או לפחות מאוד לא נוח להשתמש בה.



צריך לתכנן נדנדה שתאפשר להשתמש בה בצורה נוחה גם כאשר קיימים הבדלי משקל גדולים בין היושבים בשני צדדיה. במילים אחרות, צריך לתכנן נדנדה שבה יוכלו להתנדנד שני בני אדם שההבדל במשקלם הוא גדול, כמו מבוגר וילד קטן.

נסו לתכנן נדנדה מתאימה שתענה על צורך זה.
תוכלו להיעזר בציוד העומד לרשותכם כדי להעלות אפשרויות שונות לתכנון נדנדה מתאימה, כדי לבחון אותן וכדי לבחור באפשרות המתאימה ביותר.
רמזים לדיון בתכנון הנדנדה:



- אפשר לשנות את זרוע הנדנדה.
- אפשר לסדר מושבים במרחקים שונים מציר הנדנדה.
- אפשר להזיז משקולות לאורך זרוע הנדנדה.
- אפשר להזיז את המושב לאורך זרוע הנדנדה.

שאלה: על פי מה שלמדתם על מנופים,
הסבירו כיצד כל אחת מן האפשרויות שהעליתם עונה על הבעיה.
תכננו עתה נדנדה העונה על הצורך. עבדו על פי הסדר הבא:
- בחרו באפשרות הנראית לכם ביותר והסבירו את שיקוליכם לבחירה זו.

גורמים שכדאי לתת עליהם את הדעת בעת הבחירה, נוסף לפתרון הבעיה עצמה:

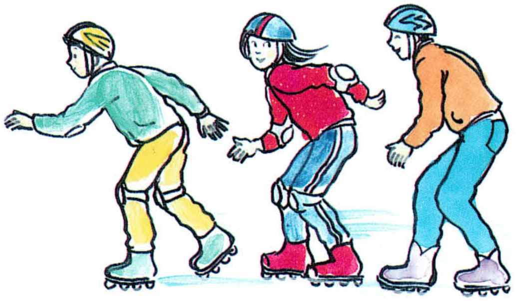
- נוחות השימוש;
- פשטות;
- עלות הייצור - גורם זה כולל את כמות העבודה שיש להשקיע בייצור, את מחיר החומרים ואולי עלויות נוספות;
- בטיחות - עד כמה המתקן בטוח למשתמשים, במיוחד לילדים;
- עמידות - עד כמה המתקן עמיד בפני שיני הזמן, פגעי מזג האוויר ועוד.
- מהם היתרונות של הצעתכם ומהם חסרונותיה?

- תכננו עתה בפירוט את הנדנדה המוצעת. לאחר מכן בנו דגם של הנדנדה.
- נסו להכניס שיפורים בתכנון.

הַעֲשָׁרָה

לנוע ללא כוח

ילדים מחליקים בגלגיליות על פני משטח אופקי. כעבור זמן-מה הם נעצרים כתוצאה מן החיכוך עם המשטח. כדי להמשיך הם הודפים את עצמם פעם ועוד פעם.



ככל שהיינו מקטינים את החיכוך של המשטח, ניתן היה להאריך את זמן התנועה עד לעצירה.
החיכוך של הגלגיליות עם המשטח מפעיל כוח המתנגד לתנועת הגלגיליות. ככל שהכוח המתנגד לתנועת הגלגיליות קטן יותר, התנועה תארך יותר.

מה היה קורה אילו לא היו כלל כוחות המתנגדים לתנועת הגלגיליות?

ובאופן כללי - מה היה קורה אילו על גוף נע לא היה פועל כל כוח - לא כוח המתנגד לתנועתו ולא כוח אחר?

הפיזיקאי אייזק ניוטון (1727-1642) גילה שאילו לא היה פועל שום כוח על גוף נע, הגוף היה ממשיך לנוע עוד ועוד ללא הרף באותה מהירות ובאותו כיוון. במילים אחרות - מצב תנועתו לא היה משתנה לעולם. יתר על כן - גם גוף הנמצא במנוחה ימשיך להישאר במנוחה כל עוד לא יפעל עליו כוח.

את הכלל שגילה ניוטון ניתן לבטא באופן הבא:

גוף הנמצא בתנועה ימשיך בתנועתו במהירות קבועה ובקו ישר כל עוד לא יפעל עליו כוח, וגוף במנוחה ימשיך במנוחתו כל עוד לא יפעל עליו כוח.

כלל זה נקרא **החוק הראשון של ניוטון**.
לא נכון לנסח את החוק הראשון של ניוטון באופן הפוך. כלומר, לא נכון להגיד שעל גוף הנע במהירות קבועה ובקו ישר לא פועל כוח.

מכונית הנוסעת על משטח אופקי במהירות קבועה ובקו ישר איננה דוגמה לחוק הראשון של ניוטון משום שעל המכונית פועל כוח. הסיבה שהיא נעה באותה המהירות היא שהכוח שמפעיל עליה המנוע בכיוון התנועה שווה בדיוק לכוחות המתנגדים לתנועה, כגון כוח החיכוך של הכביש.

על פני כדור הארץ קשה מאוד למצוא מקרה שבו גוף מקיים את התנאים של החוק הראשון של ניוטון. במקרים מסוימים, כמו במסילת אוויר, מגיעים למצב הקרוב לקיום מוחלט של התנאים על ידי זרם אוויר הזורם כלפי מעלה וגורם לגוף לרחף מעט מעל המסילה. הגוף ינוע אז בקו ישר עד שיגיע לקצה המסילה או יתנגש בחפץ המצוי על פני המסילה.

שאלות

1. החללית פיוניר 11 שוגרה לחלל לפני שנים רבות. היא נמצאת במרחק גדול מאוד מן השמש, ולכן הכוח שבו השמש מושכת אותה הוא כה חלש, עד שניתן להתעלם ממנו. האם ניתן לראות את תנועתה כדוגמה קרובה לחוק הראשון של ניוטון? הסבירו.
2. כאשר משמיטים אבן, היא נופלת בקו ישר כלפי מטה, ותנועתה מוגברת ככל שהיא קרבה לקרקע. האם תנועתה היא דוגמה לחוק הראשון של ניוטון? הסבירו.
3. כדור נזרק למעלה וירד בחזרה. האם זוהי דוגמה לחוק הראשון של ניוטון? הסבירו.
4. הירח מקיף את כדור הארץ מזה מיליארדי שנים ללא הפרעה. האם נכון לומר שתנועתו היא דוגמה לקיום החוק הראשון של ניוטון? הסבירו.

העשרה

כמה מהר מזיז הכוח גופים?

מכירים את התופעה הבאה? בתחילת הקנייה שלכם בסופרמרקט אתם לוקחים עגלת קניות כדי לשאת בה מצרכים. העגלה ריקה, וכשאתם מפעילים עליה כוח, היא מגבירה את מהירותה בקצב מהיר. כאשר אתם מפעילים עליה אותו הכוח בסוף הקנייה, כשהיא כבר עמוסת מצרכים, היא מגבירה את מהירותה בקצב אטי.

העגלה הריקה מגבירה, אם כן, את מהירותה מהר יותר מאשר העגלה המלאה. קצב הגברת המהירות שלה גדול יותר.

לקצב הגברת המהירות קוראים **תאוצה**.

שאלה: משאית ריקה מתחילה לזוז. משאית זהה לה (עם אותו המנוע), אך עמוסה במשא, מתחילה לזוז אתה. מי מהן תגיע מהר יותר למהירות של 40 קמ"ש? אצל איזו מהן התאוצה גדולה יותר?

לעתים אנו נתקלים במצבים שבהם המהירות איננה מתגברת, אלא להפך - מואטת. לדוגמה: מכונית נעה בכביש לעבר רמזור שהאור שלו התחלף לאדום. הנהג לוחץ על הבלמים והמכונית מאיטה. לקצב האטת המהירות קוראים **תאוטה**.

באילו יחידות מודדים תאוצה ותאוטה? אנו רוצים לבטא את קצב שינוי המהירות, זאת אומרת את המהירות הנוספת בכל שנייה או הפוחתת בכל שנייה. לכן, יחידת התאוצה או התאוטה היא מטר לשנייה בשנייה, משמע תוספת של מטר לשנייה בכל שנייה.

לדוגמה: אם מכונית מגבירה את מהירותה בכל שנייה ב-2 מטרים לשנייה, אנחנו אומרים שהתאוצה שלה היא 2 מטרים לשנייה בשנייה.

שאלה: תאוצתה של מכונית היא מטר לשנייה בכל שנייה. היא מתחילה לנוע ממצב מנוחה. מה תהיה מהירותה כעבור 4 שניות?

שאלה: מכונית נעה במהירות של 20 מטרים בשנייה. כמה זמן יחלוף עד שהיא תעצור לגמרי אם התאוטה שלה היא 2 מטרים לשנייה בשנייה?

שאלה: הסבירו את ההבדל בין הזזת עגלה ריקה לבין הזזת עגלה עמוסה במצרכים. השתמשו במילה "תאוצה".
מה גורם להבדלי התאוצה במקרים השונים?

- אם נגדיל את הכוח בלי לשנות את מסת הגוף שדוחפים, התאוצה תגדל.
- אם נגדיל את מסת הגוף בלי לשנות את הכוח, התאוצה תקטן.

שאלה: מהו הגורם לתאוצה הגדולה יותר בדוגמת המשאית המלאה והריקה שלמעלה?

שאלה: מכונית א' מצוידת במנוע חזק. מכונית ב', בעלת אותה המסה, מצוידת במנוע חלש יותר. לאיזו מהן תהיה תאוצה גדולה יותר? מה הגורם לכך?

הפיזיקאי אייזק ניוטון גילה את הקשר המדויק בין הכוח שמפעילים על גוף, בין מסתו ובין התאוצה שהוא מקבל.
לפניכם ניסוחו של הקשר:

$$\textbf{התאוצה (במטרים לשנייה בשנייה)} = \frac{\textbf{הכוח הפועל על הגוף (בניוטונים)}}{\textbf{מסת הגוף (בקילוגרמים)}}$$

קשר זה נקרא **החוק השני של ניוטון**.
נוכל לנסח את החוק גם באותיות לועזיות באופן הבא:

$$a = \frac{F}{m}$$

כאשר:
a היא התאוצה.
F הוא הכוח.
m היא המסה שעליה פועל הכוח.

האם כוח גורם תמיד לתאוצה?
קיימים מקרים רבים שבהם כוח פועל, אך איננו גורם לתאוצה.

לדוגמה: מכונית נוסעת על כביש מישורי אופקי. המנוע מפעיל עליה כוח כל הזמן על ידי לחיצה על דוושת הגז, ולמרות זאת היא ממשיכה לנוע באותה המהירות ואיננה מאיצה. כיצד?

על המכונית פועלים כוחות נוספים המנוגדים לכיוון כוח המנוע. אחד מהם הוא כוח החיכוך שמפעיל הכביש על המכונית. האחר הוא כוח ההתנגדות של האוויר. הכוחות המנוגדים לכיוון התנועה מאזנים את הכוח שמפעיל המנוע בכיוון התנועה.

הדוגמאות הללו אינן סותרות את החוק השני של ניוטון משום שהכוח המופיע בחוק זה הוא הכוח הכולל הפועל על הגוף. לכן, הכוח הפועל על המכונית בדוגמה הקודמת הוא כוח

המנוע פחות כוח החיכוך עם הקרקע והאוויר. התוצאה הכוללת יכולה להיות אפס, ואז, על פי החוק השני של ניוטון, גם התאוצה היא אפס.

שאלה: מהירות תנועתו של צנחן כלפי מטה היא קבועה למרות שכדור הארץ מושך אותו מטה. הסבירו מדוע.

שאלות

1. חללית נעה בחלל הרחוק שבו היא איננה נמשכת על ידי כדור הארץ או כוכב אחר. הרקטות שלה מופעלות וגורמות להפעלת כוח עליה. מה יקרה למהירותה אם:
   א. הכוח יופעל בכיוון תנועתה.
   ב. הכוח יופעל בניגוד לכיוון תנועתה.
2. רוצים לבנות מכונית מירוץ. בונים לשם כך מנוע חזק. איך כדאי לבנות את גוף המכונית כדי שתאוצתה תהיה גבוהה ככל האפשר? הסבירו על פי החוק השני של ניוטון.
3. האם יש הבדל בין זמן עצירתה של מכונית הנעה במהירות מסוימת כשהיא עמוסה במטען ובנוסעים, לבין עצירתה כשרק הנהג לבדו נמצא בה? הסבירו על פי החוק השני של ניוטון.
4. מנועיה של מכונית מפעילים עליה כוח של 4,000 ניוטון בכיוון הנסיעה. מסת המכונית היא 2,000 קילוגרם. התעלמו מכוח החיכוך של הכביש ומכוח ההתנגדות של האוויר.
   א. חשבו את תאוצתה.
   ב. חשבו את מהירותה 10 שניות לאחר הפעלת הכוח.
   ג. האם באמת ניתן להתעלם מכוח החיכוך של הכביש ומכוח ההתנגדות של האוויר?
5. משאית שמסתה 10,000 קילוגרם נעה במהירות של 20 מטרים בשנייה (72 קמ"ש). כשלוחצים על בלמיה, הם מפעילים עליה כוח של 40,000 ניוטון בניגוד לכיוון תנועתה.
   א. התעלמו מהתנגדות האוויר וחַשבו כמה זמן לאחר הפעלת הבלמים המכונית תעצור אם היא נוסעת ריקה.
   ב. חשבו את זמן העצירה שלה כשהיא עמוסה במטען של 10,000 קילוגרם.

העשרה

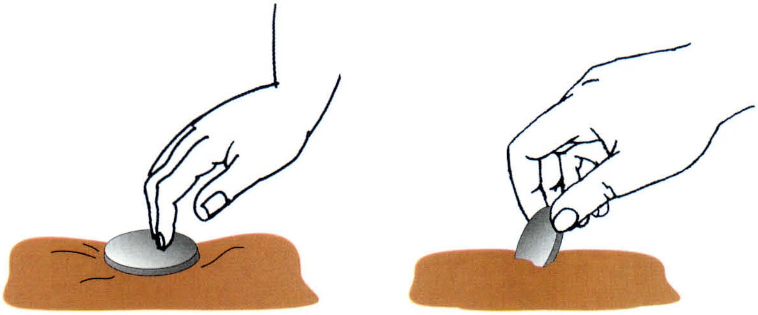
ללחוץ חזק, ללחוץ חלש

תארו לכם מישור חולי, שנוסעים עליו אוטובוס וטרקטור בעל שרשראות. האוטובוס והטרקטור הם בעלי משקל זהה. ודאי לא תופתעו אם ייאמר לכם שהאוטובוס שקע בחול ואילו הטרקטור לא שקע בו.

מדוע זה קרה?

כדי לענות על השאלה עקבו אחרי התיאור הבא:

לחצו מטבע אל פיסת פלסטלינה. בתחילה הפעילו כוח על שולי המטבע כך שהוא שקע בפלסטלינה מן הצד הצר שלו. המטבע שקע לעומק רב. לאחר מכן הפעילו אותו הכוח, אך הפעם הוא הופעל על חלקו השטוח הגדול, והמטבע נכנס לתוך הפלסטלינה לעומק קטן בהרבה.



אם תעיינו היטב בשתי הצורות השונות שבהן הופעל הכוח על המטבע, תוכלו לראות שהכוח (הזהה בשתי צורות הפעלתו) פועל על שטח שונה בכל מקרה. כשהמטבע נלחץ בשוליים, השטח קטן יותר מאשר במקרה שבו הוא נלחץ בחלקו השטוח הגדול.

גודל הכוח זהה בשתי צורות ההפעלה שלמעלה, אך פועל על שטחים שונים. לכן, במקרה שבו המטבע נלחץ על שוליו, פועל כוח רב יותר על כל יחידת שטח (למשל על סמ"ר) מאשר במקרה השני.

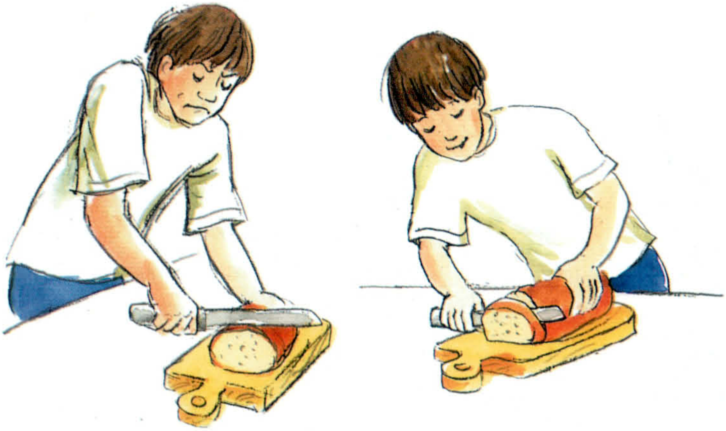
הכוח הפועל על יחידת שטח אחת נקרא **לחץ**.

מה שמבדיל בין שתי צורות הפעלת הכוח הוא הלחץ. כאשר מפעילים כוח על שולי המטבע, הלחץ גדול מזה שנוצר כשמפעילים כוח על חלקו השטוח הגדול. המטבע הנלחץ בשוליו שוקע עמוק יותר, כי הלחץ עליו גדול יותר מאשר במקרה שבו הוא נלחץ על חלקו השטוח.

אם נפעיל אותו כוח על סיכה, הלחץ שהיא תפעיל על פיסת הפלסטלינה יהיה עצום, ולכן היא תשקע עמוק מאד אל תוכה.

שאלה: נסו עתה להסביר מדוע אוטובוס שוקע בחול ואילו טרקטור עם שרשראות, בעל אותו המשקל, אינינו שוקע בחול.

שאלה: חיתוך לחם בסכין חדה קל יותר מחיתוך אותו הלחם בסכין לא חדה. מדוע?



למדידת לחצים בגדלים שונים והשוואתם נחוצה יחידה. יחידת לחץ מקובלת היא **פסקל**.

פסקל: הלחץ שמפעיל כוח של ניוטון אחד על מטר ריבועי (מ"ר) אחד.

איך נמדוד את הלחץ הפועל על גוף אם ידועים לנו הכוח הפועל עליו והשטח שעליו הוא פועל?

לחץ הוא הכוח הפועל על יחידת שטח אחת. לכן, כדי לדעת את הלחץ יש לחלק את הכוח בשטח שהוא פועל עליו. זאת אומרת:

$$\text{לחץ} = \frac{\text{כוח}}{\text{השטח שעליו פועל הכוח}}$$

נהוג לסמן את הלחץ באות האנגלית **P**, את הכוח באות **F** ואת השטח באות **A**.

הביטוי לחישוב הלחץ באותיות לועזיות ייראה כך:

$$P = \frac{F}{A}$$

אם נשתמש ביחידות של ניוטון לביטוי הכוח וביחידות של מ"ר לחישוב השטח, נקבל את הלחץ ביחידות של פסקל.

שאלה: משקלו של טרקטור עם שרשראות הוא 80,000 ניוטון. שטח המגע של השרשראות עם הקרקע הוא 10 מ"ר. חשבו את הלחץ שהטרקטור מפעיל על הקרקע.

יחידה נוספת למדידת לחץ היא **ניוטון לסמ"ר**.

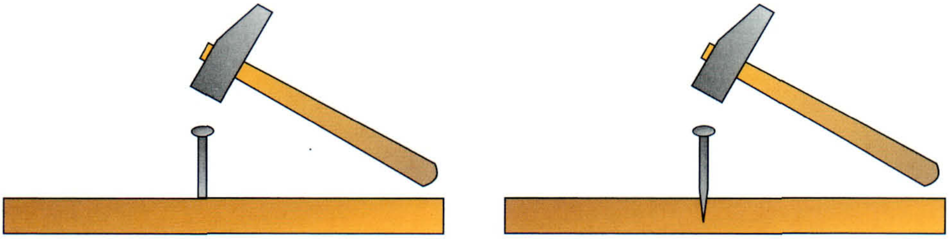
שאלה: איזה לחץ גדול יותר – לחץ השווה לפסקל אחד או לחץ השווה לניוטון אחד לסמ"ר? הסבירו.

שאלות

1. מהו לחץ? בחרו במשפט הנכון:
   א. שם אחר לכוח.
   ב. מסה ליחידת שטח.
   ג. כוח ליחידת שטח.
   ד. כוח ליחידת מסה.

2. מה קורה ללחץ כאשר מגדילים את הכוח ומקטינים את השטח שעליו הוא פועל:
   א. הלחץ קטן.
   ב. הלחץ גדל.
   ג. הלחץ גדל בריבוע.
   ד. תלוי בגודל הכוח ובגודל השטח לפני השינוי.

3. כאשר מכים בפטיש על מסמר שהחוד שלו חד, המסמר נכנס אל הקיר בקלות. אם מכים באותו הכוח על מסמר שהחוד שלו קצוץ, המסמר נכנס בקושי רב, למרות שהכוח המופעל עליו זהה. הסבירו מדוע.



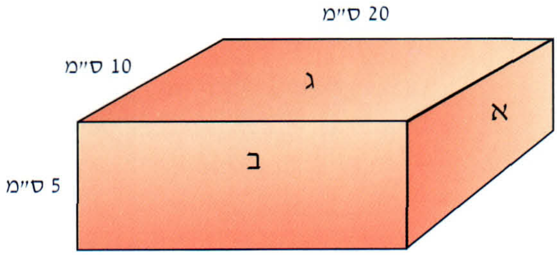
4. כשמכונית צריכה לנסוע בדרך חולית ארוכה, ממליצים לנהג לשחרר מעט אוויר מהצמיגים. מדוע?

5. שיגור חללית לחלל מתבצע באמצעות טיל הנושא בראשו את החללית וממריא אנכית בכוח רב. בזמן השיגור וההמראה של חללית מאוישת (חללית עם אנשים), מצויים אנשיה במצב של שכיבה. הסבירו מדוע.

6. מחשב מונח על שולחן. ממדי הבסיס שלו (החלק הנוגע בשולחן) הם אלה: אורך - 0.4 מטר, רוחב - 0.3 מטר. משקל המחשב הוא 120 ניוטון.
   א. חשבו את הלחץ שהוא מפעיל על השולחן.
   ב. מה היה הלחץ אילו המחשב היה מונח על פני הירח?

7. ממדיה של לְבֵנה הם אלה: אורך - 20 ס"מ, רוחב - 10 ס"מ, גובה - 5 ס"מ. משקלה הוא 40 ניוטון.

   חשבו את הלחץ שמפעילה הלבנה על המשטח שהיא מונחת עליו, בכל אחד מן המקרים הבאים:
   - כשהיא מונחת על צד א'.
   - כשהיא מונחת על צד ב'.
   - כשהיא מונחת על צד ג'.



אנרגיה ברשת (אתרי אינטרנט רלוונטיים לפרק)

Digger Jr. Explains...

כתובת: http://www.govictory.com/DiggerJr/Intro.html

תיאור האתר: הסברים בנושאי אנרגיה וכוח, כגון כוח צנטריפוגלי, חיכוך, טמפרטורה, אנרגיית חום, כוח סוס, המנוף, הידראוליקה והידרוסטטיקה.

Doing Science

כתובת: http://acept.la.asu.edu/courses/phs110/ds/toc.html

תיאור האתר: הסברים וניסויים בנושאי מדע שונים, בהם: תנועה, כוחות, אנרגיה חשמלית, ברק. החומר מלווה בתצלומי צבע הממחישים את ההסברים והניסויים, וכן באנימציות.

לקריאה נוספת

פוגל סטיבן (1995), מוטב להתכופף מאשר להישבר, **גליליאו** 12, עמ' 46-51.

קנט אלי (1995), מבנים קלים, **כמעט 2000**, 8, עמ' 40-43.
(המאמר עוסק במבנים קלים ובעיקרון שבבסיסם.)

מסכמים את פרק יג

- **כוח** יכול לשנות את **צורתו** של גוף או את **תנועתו**.
- משקל של גוף הוא הכוח שבו הוא נמשך אל כדור הארץ או אל גרם שמים אחר.
- לכוח יש כיוון. כוח פועל תמיד בכיוון מסוים.
- **ניוטון** הוא הכוח שבו מסה של 100 גרם נמשכת אל כדור הארץ. במילים אחרות, זהו משקל מסה של 100 גרם על פני כדור הארץ.
- **כוחות מאוזנים** הם כוחות המבטלים זה את השפעתו של זה. כוחות מאוזנים פועלים בכיוונים מנוגדים זה לזה ובגדלים שווים.
- מדרון מאפשר להרים גוף לאורכו בכוח הקטן ממשקל הגוף. ככל שהמדרון מתון יותר, הכוח הדרוש להרמת הגוף לאורך המדרון קטן יותר.
- יש מנופים המאפשרים לנו לקבל כוח גדול יותר ממה שאנחנו משקיעים. יש מנופים המאפשרים לנו לקבל דרך גדולה יותר עבור דרך קטנה יותר שאנחנו עושים.
- מנוף יכול לבצע רק אחת משתי הפעולות: **הגברת כוח** או **הגדלת דרך**. אם הוא מגביר כוח, הוא לא יכול להגדיל דרך, אלא הוא מקטין אותה. אם הוא מגדיל דרך, הוא לא יכול להגביר כוח, אלא הוא מקטין אותו.
- גלגולי אנרגיה מלווים בהפעלת כוח.
- כמות האנרגיה איננה משתנה בגלגוליה, כלומר אי אפשר לקבל אנרגיה בכמות גדולה יותר מאשר משקיעים. לעומת, זאת אפשר לקבל כוח גדול יותר מהכוח שמשקיעים.

שואלים את עצמנו - פרק יג

ב. כוחות משנים תנועה וצורה

1. אילו שני סוגי שינויים יכולים להתרחש בגוף כתוצאה מהפעלת כוח עליו?

2. באילו שתי צורות יכולה להשתנות תנועתו של גוף כתוצאה מהפעלת כוח עליו?

3. לפניכם דוגמאות מספר שבהן מופעל כוח על גופים. בכל דוגמה, תארו מה משתנה בגוף שעליו מופעל הכוח:
   א. מטוס מגביר את מהירותו על מסלול ההמראה.
   ב. ילד חופר בחול.
   ג. ילד בועט בכדור הניצב במנוחה על מגרש הכדורגל והכדור נע על פני המגרש.
   ד. איש לש בצק לצורות משולשות.
   ה. גלים מכים בדוגית והיא סוטה מדרכה.
   ו. אדם קודח בקיר.

4. מטוס מאט את תנועתו בזמן הנחיתה באמצעות מצנח שנפתח ובאמצעות הבלמים שלו. כתוצאה מכך מתרחשים שינויים.
   א. תארו את השינויים.
   ב. מהם הכוחות הפועלים כאן ולאיזה שינוי או שינויים גורם כל אחד מהם?

ג. המשקל ככוח

5. המשקל הוא כוח. הביאו 3 דוגמאות המראות זאת והסבירו מדוע הן מעידות על כך שמשקל הוא אכן כוח.

6. נסחו את הביטויים הבאים אחרת, תוך שימוש בביטוי "כוח":
   א. משקלו של תינוק קטן בהרבה ממשקלו של מבוגר.
   ב. משקלם של גופים על פני כדור הארץ גדול ממשקלם על פני הירח.
   ג. קנקן משקה גדול ומלא שוקל יותר מכוס ריקה.

ה. איזון בין כוחות

7. אילו מהדוגמאות הבאות היא של כוחות מאוזנים? הסבירו מה הם הכוחות המאזנים זה את זה:
   א. מכונית חונה.
   ב. עציץ תלוי ללא תזוזה בחבל הקשור לתקרה.
   ג. מכונית מגבירה את מהירותה.
   ד. קפיץ מתוח בין שתי זרועותיו של אדם, ללא תזוזה.
   ה. ילד לוחץ על בלון מנופח, והבלון משנה את צורתו בהדרגה.

8. אוויר דחוס בתוך כדורסל הוא דוגמה לאיזון בין כוחות.
   א. הסבירו מדוע זוהי דוגמה לאיזון בין כוחות, ומהם הכוחות המאזנים זה את זה וכיצד?
   ב. ציירו ציור סכמטי של הכדור (עיגול) ותארו בחצים את הכוחות המאזנים זה את זה.
   ג. מה יקרה אם לא יתקיים איזון בין שני הכוחות? שימו לב, יש שתי אפשרויות. הסבירו את שתיהן.

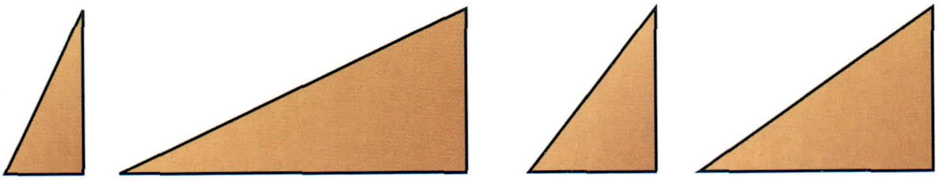
9. אדם שוכב על מזרן קפיצי. האם זוהי דוגמה לכוחות מאוזנים? אם כן, תארו את הכוחות המאזנים זה את זה והסבירו את האיזון בעזרת סרטוט מתאים.

10. רוח נושבת על בניין, אך הבניין איננו זז. האם זוהי דוגמה לכוחות מאוזנים? אם כן, תארו את הכוחות המאזנים זה את זה והסבירו את האיזון על ידי סרטוט מתאים.

ו. כוח פועל במעלה מדרון

11. תארו את הקשר בין שיפוע המדרון (עד כמה הוא מתון או תלול) לבין הכוח הדרוש להרמת גוף (כוח מופעל) לאורכו.

12. לפניכם 4 מדרונות בעלי אותו הגובה. מיינו אותם לפי גודל הכוח הנדרש כדי להעלות לאורכם אותה משקולת - מן הכוח המופעל הקטן ביותר ועד לגדול ביותר.



13. מטיילים עולים במהלך טיול ב-4 שבילים שונים במעלה הרים. לפניכם טבלה המתארת לגבי כל שביל את גובהו ואת אורכו. באיזה שביל יהיה למטיילים קל ביותר לעלות?

באיזה שביל יתקשו ביותר לעלות? מיינו את השבילים לפי דרגת הקושי של העלייה בהם. הסבירו כיצד עשיתם זאת.

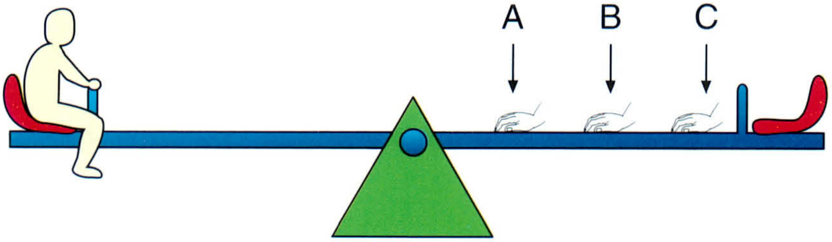
	אורך	גובה
שביל א'	200 מטרים	40 מטרים
שביל ב'	1,000 מטרים	100 מטרים
שביל ג'	600 מטרים	100 מטרים
שביל ד'	900 מטרים	45 מטרים

14. לא תמיד כדאי להשתמש במדרון להרמת חפצים. הביאו שני מקרים שבהם אין זה כדאי והסבירו מדוע לא כדאי להשתמש במדרון במקרים אלה.

ז. מנופים

15. מנוף מגביר כוח כאשר:
א. מרחק המשא מן הציר שווה למרחק הכוח המופעל מן הציר.
ב. מרחק המשא מן הציר גדול ממרחק הכוח המופעל מן הציר.
ג. מרחק המשא מן הציר קטן ממרחק הכוח המופעל מן הציר.
ד. אין חיכוך בין המנוף לבין הציר שלו, בלי קשר למרחקי המשא והכוח המופעל מן הציר.

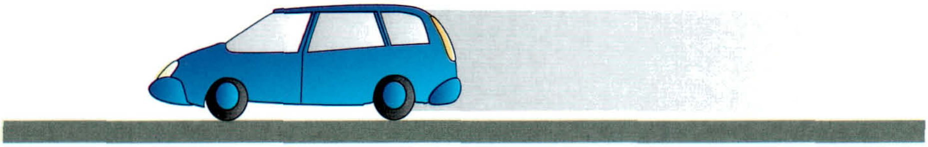
16. בקצה השמאלי של הנדנדה שלפניכם יושב ילד. מבוגר מפעיל כוח על החלק הימני של הנדנדה בנקודות A, B, C כדי להרים את הילד. מיינו את הכוחות שיצטרך המבוגר להפעיל בנקודה A, בנקודה B ובנקודה C לפי גודל הכוח - מן הכוח הגדול ביותר ועד לכוח הקטן ביותר.



ח. כוח וגלגולי אנרגיה

17. רק אחד מן המשפטים נכון. איזה?
   א. ניתן לקבל אנרגיה גדולה מזאת שמשקיעים, אך לא ניתן לקבל כוח גדול מזה שמשקיעים.
   ב. לא ניתן לקבל אנרגיה גדולה מזו שמשקיעים, אך ניתן לקבל כוח גדול מזה שמשקיעים.
   ג. לא ניתן לקבל אנרגיה גדולה מזו שמשקיעים ולא כוח גדול מזה שמשקיעים.
   ד. ניתן לקבל אנרגיה גדולה יותר מזו שמשקיעים וגם כוח גדול מזה שמשקיעים.

18. בסרטוט שלפניכם, מכונית מתחילה לנוע על כביש אופקי. האם זוהי דוגמה שבה גלגול אנרגיה מלווה בכוח? הסבירו.



19. מפעילים מנורת לילה. האם זוהי דוגמה לגלגול אנרגיה המלווה בהפעלת כוח? הסבירו.

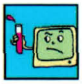
20. האם סל מצרכים המונח על הרצפה הוא דוגמה לגלגול אנרגיה המלווה בכוח, או לכוח המופעל ללא גלגול אנרגיה? הסבירו.

תשובות מספריות
ל"שואלים את עצמנו", פרק יג

12. מיון לפי הסדר, מהמדרון בעל הכוח המופעל הקטן ביותר ועד למדרון בעל הכוח המופעל הגדול ביותר: ג', א', ב', ד'.
13. מיון השבילים לפי הסדר, מן הקל ביותר להליכה לקשה ביותר להליכה: ד', ב', ג', א'.
16. מיון לפי הסדר, מן הכוח הגדול ביותר ועד לכוח הקטן ביותר: C ,B ,A.

מידע על אפשרויות הרכישה של הערוצים הנלווים

פארק האנרגיה, מולטימדיה אינטראקטיבית
(או **אנרגיה ואינטראקציה – חלק ראשון**)
למכירה במפ"ט עמל.
טלפון: 03-6450824 03-6452929
פקס: 03-6472717

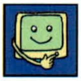


מדע במעבדה ב', קלטת ניסויים מצולמים, וכן מדע במעבדה (א)

למכירה אצל ידין עילם.
טלפון: 08-9232717
פקס: 08-9231484

חשמלון, סביבת למידה ללימוד מעגלים חשמליים

למכירה במרכז לחינוך טכנולוגי, חולון.
טלפון: 03-5026601
פקס: 03-5026750



קלטות **הטלוויזיה החינוכית**

למכירה במרכז הפדגוגי הארצי (ראו עוד פרטים להלן).
טלפון: 02-5601351 02-5601359
פקס: 02-5601356

מידע על קלטות הטלוויזיה החינוכית

בספר המלצות על 25 משדרים של הטלוויזיה החינוכית. משדרים אלה מצויים ב-5 קלטות שהטלוויזיה החינוכית ערכה באופן מיוחד. משדרים אלה נכללים גם בקלטות הנמכרות על פי סדרות ומופצות על ידי הטלוויזיה החינוכית. פרוט הסדרות ב**טלטבע – קטלוג המשדרים במדע וטכנולוגיה**. לפרטים נוספים - טלפון: 03-6466375.

4 קלטות נקראות **אנרגיה 1**, **אנרגיה 2** וכו'. משך זמן ההקרנה הכולל של כל קלטת - כשעתיים.

הקלטת החמישית הופקה עבור הספר **עולם של חומר**, ושמה **היבטים טכנולוגיים על תכונות של חומרים**. היא כוללת סרטים נוספים על 4 הסרטים מתוכה המומלצים בספר **עולם של אנרגיה**.
משך זמן ההקרנה של קלטת זו הוא כ-2.5 שעות.
מחיר כל קלטת 55 ש"ח.

להלן פירוט שמות הסרטים בכל אחת מהקלטות, על פי הפרק שבו הומלץ לצפות בכל סרט, שם הסדרה שאליה משתייך כל סרט, וכן מספר הקלטת המקורית של הטלוויזיה החינוכית שבה נכלל.

אנרגיה 1 – מספר הקלטת: 45-64

פרק	עמ'	שם הסרט	שם הסדרה	מספר הקלטת על פי הסדרה	משך הסרט (דקות)
א	37	אדיסון: הנורה החשמלית	אבני דרך במו"ט	45-32	15
ב	65	כוח הכבידה	בעין חוקרת	25-06	20
ב	69	מדידה	מדע ולמה	42-62	26
ב	80	לוויינים	נביט למעלה	42-32	14
ג	110	כוח וחיכוך	בעין חוקרת	25-06	20
ד	148	מהירות ובטיחות	בעין חוקרת	25-24	20

אנרגיה 2 – מספר הקלטת: 45-65

פרק	עמ'	שם הסרט	שם הסדרה	מספר הקלטת על פי הסדרה	משך הסרט (דקות)
ה	167	כיצד מקררים?	בעין חוקרת	25-03	20
יב	360	ייצור חשמל 1	פיזיקה בפעולה	25-13	20
יב	360	ייצור חשמל 2	פיזיקה בפעולה	25-13	20
יג	375	איתני הטבע	הספרייה המדעית	42-50	22
יג	375	כוחות עליונים	חומר למחשבה	42-19	36

אנרגיה 3 – מספר הקלטת: 45-66

פרק	עמ'	שם הסרט	שם הסדרה	מספר הקלטת על פי הסדרה	משך הסרט (דקות)
ה	180	מהו חום? (רק קטע המקדש)	סופי לעת עתה	42-10	5
ו	201	תגובות כימיות	בעין חוקרת	25-24	20
ז	237	אנרגיה	בעין חוקרת	25-24	20
ח	251	יעילות אנרגטית	בעין חוקרת	25-25	20
ט	269	חשמל	מדע ולמה	42-60	26
ט	269	זימנס: הדינמו החשמלי	אבני דרך במו"ט	45-32	15

אנרגיה 4 – מספר הקלטת: 45-67

פרק	עמ'	שם הסרט	שם הסדרה	מספר הקלטת על פי הסדרה	משך הסרט (דקות)
יב	360	פחם	מדע ולמה	42-64	26
יב	360	אנרגיה	הספרייה המדעית	42-50	22
יב	360	מקורות אנרגיה חלופיים	בלב העניינים	45-25	24
יב	360	אנרגיה גרעינית	הספרייה המדעית	42-50	22
יב	360	אנרגיה אטומית	בלב העניינים	45-25	24

היבטים טכנולוגיים על תכונות של חומרים – מספר הקלטת: 45-55

פרק	עמ'	שם הסרט	שם הסדרה	מספר הקלטת על פי הסדרה	משך הסרט (דקות)
ה	165	התפשטות מתכות בחום	פיזיקה בפעולה	25-14	20
ה	165	חימום והתכה	בעין חוקרת	25-04	20
ה	167	בידוד ושמירת חום	בעין חוקרת	25-03	20
יג	375	מבנה חזק, מבנה חלש	בעין חוקרת	25-06	20

תודה לטלוויזיה החינוכית על הסיוע בבחירת המשדרים ובעריכת הקלטות.

אנו מודים לכל בעלי הזכויות ולמוסדות שאפשרו לנו לכלול בספר מן התצלומים שברשותם.

כל הזכויות על התצלומים שמורות להם.

להלן רשימת בעלי הזכויות ומספרי העמודים שבהם התצלומים:

חברת החשמל - 260, 349

A.S.A.P./ Bettmann – 280

A.S.A.P./ CPA – 153

A.S.A.P./ Hulton Getty Images – 36, 74

A.S.A.P./ Photo Researchers – 285

A.S.A.P./ RHPL – 15 (תצלום ימני עליון)

A.S.A.P./ SPL – 69

Corel – 12, 54-55, 120 (תצלום תחתון), 162-163, 192, 217, 221

Digital Vision – 55, 160, 330, 344-345

Photo Disc – תצלום בעטיפה, 12-13, 14 (תצלום ימני עליון), 120-121, 127, 163, 258-259, 290-291, 330-331, 344-345, 347, 348, 352, 353, 367, 382

הוראות התקנה לתקליטור הספר

התקליטור מצורף בדופן הספר. הוא מתאים להפעלה בחלונות 95, חלונות 98 וחלונות 2000.

1. מפעילים את המחשב, ומכניסים את התקליטור לכונן התקליטורים. לאחר שמסך הפתיחה של המחשב מופיע ולאחר ששעון החול נעלם, מקישים פעמיים (בזריזות) על צלמית **המחשב שלי** (או באנגלית My Computer). מופיע חלון ובו מרכיבי המחשב.

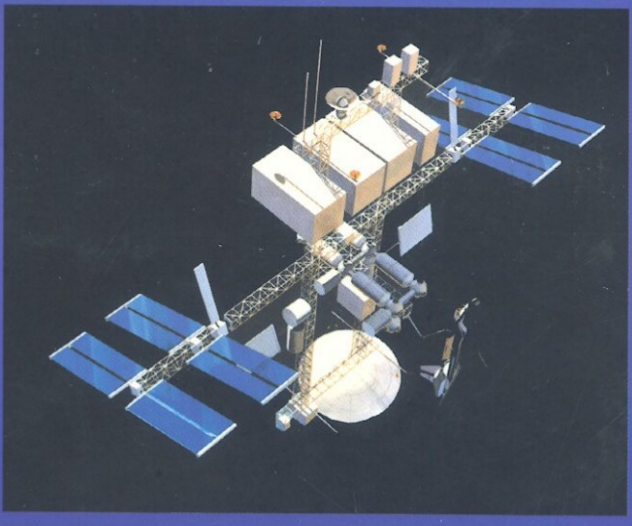
2. מקישים פעמיים על צלמית כונן התקליטורים. נפתח חלון ובו קבוצת צלמיות של מרכיבי החלון או רשימה שלהן. אחד מהמרכיבים הוא קובץ **Word** ובו הוראות התקנה מפורטות. מקישים פעמיים על הצלמית כדי לקרוא את ההוראות. אם תרצו, תוכלו להדפיס אותן. המשיכו להתקין את התקליטור על פי ההוראות.

כנסו לאתר מעלות החדש

www.maalot-sfarim.co.il

0 01820 00119 5 5
דאואקוד 182-1195

"מעלות" הוצאת ספרים בע"מ.

הספר **עולם של אנרגיה** נכתב לפי הנושא המרכזי **אנרגיה ואינטראקציה** מתוך הסילבוס החדש במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים, והוא נועד לכיתות ח-ט. בשנת תשנ"ז יצאה מהדורת הניסוי של הספר. לצורך הערכת הניסוי נבחנו כ-4600 תלמידים. הספר שוכתב ועובד לפי תוצאות המבחנים ועל סמך הערות המורים.

בספר מובאים המושגים העיקריים בנושא האנרגיה, ומובלטת חשיבותה בטכנולוגיה. הוא כולל מרכיבים רבים שביניהם חומר החובה ללימוד, שהאנרגיה משולבת בו מנקודת ראות בין תחומית, ניסויים לביצוע ולהדגמה, מטלות שמשולבים בהן מדע וטכנולוגיה, קטעי העשרה רבים המרחיבים את הדעת מעבר לחובת הלמידה, הפניות לתקליטור **פארק האנרגיה**, לתוכנה **חשמלון** ולסרטי וידיאו, הפניות לאתרי אינטרנט מתאימים, והפניות למאמרים בכתבי עת פופולאריים. הספר כולל **תקליטור** ובו קטעים נוספים להעשרה, קטעים לפיתוח מיומנויות חשיבה וללימוד מיומנות השימוש בגיליון האלקטרוני אקסל.