

מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים



אנרגיה בהיבט רב תחומי

רמי אריאלי



מתוך אתר האינטרנט "האנרגיה בהיבט רב תחומי"

<http://stwww.weizmann.ac.il/Energy>



מכון ויצמן למדע
WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE



WIS3251



מרכז השראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליס



משרד החינוך
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים

המחלקה להוראת המדעים
מכון ויצמן למדע



מכון ויצמן למדע הוא מכון מחקר בעל מוניטין בין-לאומי הקרוי על שמו של ד"ר חיים ויצמן שהיה מדען ומדינאי וכיהן כנשיא הראשון של מדינת ישראל.

חומרי הלמידה של **מטמו"ן (מדע וטכנולוגיה מכון ויצמן)**, הם יחידות לימוד חדשניות לפי תכנית הלימודים החדשה לחטיבת הביניים. היחידות מקנות מונחי יסוד במדע ובטכנולוגיה. גישות ההוראה שמות דגש על פיתוח יכולות של לומד עצמאי ומקנות מיומנויות חשיבה, למידה ופתרון בעיות במסגרת תכני הלימוד המדעיים-טכנולוגיים.

אנרגיה היא נושא מרכזי במדע. **עקרון שימור האנרגיה** הוא עקרון בסיסי של הטבע.

התלמיד נתקל במושגים הקשורים באנרגיה בתחומי לימוד שונים כגון: כימיה, פיזיקה, ביולוגיה, מדעי כדור הארץ וכו'. בכל אחד מהתחומים מלמדים את הנושא בצורה שונה, ואפילו מודדים אנרגיה ביחידות שונות. הקורס "אנרגיה בהיבט רב תחומי" המלווה באתר אינטרנט, מנסה לקשר בין האספקטים השונים של המושג אנרגיה, החל במקורות האנרגיה השונים, תוך התייחסות למשבר מקורות האנרגיה הזמינים, דרך צריכת אנרגיה על ידי הפרט והמדינה, וכלה בפעילויות תלמידים הקשורות לאנרגיה בחיי היום יום.

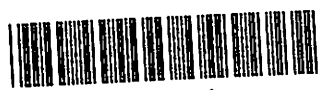


33.79
ARI

המחלקה להוראת המדעים
מכון ויצמן למדע



 מסד ויצמן למדע
WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE



WIS3251

מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים



אנרגיה בהיבט רב תחומי

יוזם ויצמן למדע



רמי אריאלי

שפרית הוראת המדעים

מתוך אתר האינטרנט "אנרגיה בהיבט רב תחומי"
<http://stwww.weizmann.ac.ai/Energy>

המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע



יוצא לאור במסגרת

המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים



הקורס: "אנרגיה בהיבט רב תחומי" מיועד לתלמידי חטיבת הביניים.
חוברת זו קשורה לאתר האינטרנט הנמצא בכתובת:

<http://stwww.weizmann.ac.il/energy>

תודה לד"ר חנה גולדרינג ופרופסור בת שבע אלון מהמחלקה להוראת המדעים, אשר קראו את החומר, העירו הערות, והאירו נקודות בלתי ברורות.
תודה למורים שהשתתפו בהשתלמויות שנערכו בנושא, והעירו הערותיהם לגבי התאמת החומר להוראה.
תודה מיוחדת למורי ותלמידי בית ספר קציר ברחובות אשר ניסו את בחומר בבית ספרם.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר, כל חלק שהוא מהחומר שבחוברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט, אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

©

כל הזכויות שמורות
מכון ויצמן ומשרד החינוך והתרבות
נדפס בישראל, ינואר 2002

תוכן העניינים:

1	1. הקדמה
1	1.1 כיצד מנווטים באתר האנרגיה?
2	1.2 שאלון מבוא.
3	2. אנרגיה - מושגי יסוד (חזרה)
3	2.1 אנרגיה כגודל נשמר.
4	2.2 אילו סוגי אנרגיה קיימים?
6	2.3 מהן המרות (גלגולי, מעברי) האנרגיה?
8	2.4 למה מתכוונים במושג "בזבוז אנרגיה"? מהן הדרכים לחסוך בצריכת אנרגיה?
9	2.5 באילו יחידות משתמשים למדידת אנרגיה? באילו יחידות מודדים תכולת אנרגיה של דלקים?
15	3. מקורות אנרגיה
15	3.1 אילו מקורות אנרגיה עומדים לרשות האדם?
20	3.2 מהו מקור אנרגיה ראשוני לעומת מקור אנרגיה שניוני?
21	3.3 כיצד בוחרים מקור לאספקת אנרגיה?
26	3.4 "משאל עם" על מקורות אנרגיה (כדאיות ההשקעה במקורות אנרגיה חלופיים).
28	3.5 דוגמא: השמש כמקור אנרגיה.
32	3.6 מקורות אנרגיה שישמשו בעתיד את האדם.
33	4. משבר מקורות האנרגיה
33	4.1 מהי צריכת האנרגיה של האדם?
34	4.2 "משבר האנרגיה" העולמי - משמעות הגידול המעריכי (אקספוננציאלי).
40	4.3 "משבר הנפט" של שנות השבעים לעומת "משבר מקורות האנרגיה".
41	4.4 הפקה וצריכה של אנרגיה.
43	4.5 מה הקשר בין אנרגיה ל אדם? (האדם כצרכן אנרגיה)
44	5. פעילויות נבחרות
44	5.1 כיצד נוצרים הדלקים המחצביים?
45	5.2 יצירת חום ופליטת חום
45	5.3 מה הקשר בין חום לטמפרטורה?
46	5.4 כיוון חדרי בית המגורים שלך ביחס לכיוון קרינת השמש
46	5.5 מה היה קורה היום אילו לא היה חשמל?
47	5.6 שימוש במכשירי חשמל ביתיים
47	5.7 שימוש במכשירי חשמל ביתיים בעבר לעומת היום
49	5.8 שאלון הקשור לסיור בגן המדע במכון ויצמן

6. נספחים

58

6.1 מפת מושגים בנושא אנרגיה

58

6.2 מבנה אתר האנרגיה - תוכן עניינים

59

6.3 מילון מונחים

61

6.4 מבחר נתונים :

76

טבלה 1 : צריכת אנרגיה כוללת וצריכת אנרגיה לנפש בארה"ב

77

טבלה 2 : צריכת אנרגיה ממוצעת לנפש, בשנה, במדינות שונות בעולם

79

טבלה 3 : סך כל צריכת האנרגיה של מדינות שונות בעולם בשנה

1. הקדמה

חוברת זו כוללת חלקים מאתר האינטרנט בנושא אנרגיה של המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע, בכתובת:

<http://stwww.weizmann.ac.il/Energy>

תוכנו של אתר אינטרנט זה מופיע גם בתקליטור המצורף לחוברת זו, כאשר הוא מעודכן לתאריך: 1-1-2002. החוברת לתלמיד עברה בדיקה ועריכה מדעית, בעוד אתר האינטרנט ממשיך להתפתח ולעבור שינויים. האתר מהווה מאגר מידע בנושאי אנרגיה, וכולל חומר רב אשר אין בוונה שכל תלמיד ידע את כולו בסוף לימודיו. מאגר זה יכול לשמש להרחבה למתעניינים בתת נושא מסוים (לפרוייקטים). חוברת זו מכילה תקצירי חומר, וכן פעילויות ושאלונים הקשורים לנושא האנרגיה בהיבט רב תחומי. סדר הפעילויות אינו קבוע, והנושאים השונים יילמדו ברצף שייקבע על פי החלטת המורה. כדי לשמור על חוברת זו, מופיעות השאלות בחוברת ללא מקום לרישום התשובות. במצורף לחוברת, מופיעים דפי הפעילות עצמם בהם ניתן למלא את התשובות.

1.1 כיצד מנווטים באתר האנרגיה?

בתמונה הבאה מתואר עמוד הבית של אתר האנרגיה:

אנרגיה כהיבט רב תחומי מאת רמי אריאלי

פרטים על האתר
תוכן עניינים
מילון מונחים
פרוייקטי גמר
חדשות מעיתונות
קישור לאתרים נוספים
שלח הערותיך על האתר!
פורומים
חיפוש באתר

אתר זה נכתב בעברית תקנית

(על פי תקן 4281 שאושר על ידי מכון התקנים הישראלי באוגוסט 1998)

על כן ניתן לצפות באתר (בשלב זה) רק באמצעות הדפדפן: "אינטרנט אקספלורר"

0. הקדמה.
1. מהי אנרגיה?
2. אילו סוגי אנרגיה קיימים?
3. מהם מקורות האנרגיה?
4. צריכת אנרגיה.
5. אנרגיה וסביבה.
6. אנרגיה ואדם.
7. מסגרות להוראת נושא האנרגיה בהיבט רב תחומי.
8. משאבים להוראת נושא האנרגיה בהיבט רב תחומי.
נספחים

מכון ויצמן למדע

המחלקה להוראת המדעים

Local intranet

לנוחיותך, ניתן לנווט באתר (שתוכנו נמצא גם בתקליטור המצורף לחוברת זו) במספר דרכים:

- ♣ באמצעות **"תוכן העניינים"** אליו ניתן להגיע מהתפריט הצדדי המופיע ברוב עמודי האתר. לאחר שנפתח "תוכן העניינים", ניתן להקליק על תת הסעיף המבוקש.
- ♣ באמצעות **הפרקים** המופיעים בעמוד הבית. ניתן לעבור באתר בצורה ליניארית, עמוד אחר עמוד, כמו בספר לימוד. בתוך כל פרק ניתן להתקדם או לנוע אחורנית באמצעות חיצו הניווט המופיעים בתפריט הצדדי.
- ♣ באמצעות **"קישורים חמים"** בתוך הטקסט ניתן "לדלג" לתת נושא אחר.
- ♣ באמצעות **"מילון המונחים"** אליו ניתן להגיע מהתפריט הצדדי. חלק מהמונחים במילון מקושרים לנושא המתאר אותם בהרחבה.
- ♣ באמצעות **"מנגנון החיפוש"** המופיע בתפריט הצדדי בעמוד הבית של האתר. מקלידים את מילת החיפוש המבוקשת, ומקבלים את רשימת כל הדפים בהם מופיעה מילה זו. ניתן באמצעות הקלקה לעבור לעמוד המבוקש. **מנגנון החיפוש אינו פעיל בגירסת התקליטור של האתר**, מכיוון שהוא פועל על תוכנת השרת (Server) בו נמצא האתר.

לפני תחילת לימוד הנושא, כדי להעריך מהו הידע הקודם של כל תלמיד, מומלץ למלא את שאלון המבוא:

1.2 שאלון מבוא לקורס: "אנרגיה בהיבט רב תחומי"

1. אילו סוגי אנרגיה וצורות אנרגיה מוכרים לך בשימוש האדם?
2. אלו מקורות אנרגיה מוכרים לך?
3. מתוך מקורות האנרגיה שרשמת בשאלה 2, אלו הם מקורות אנרגיה ראשוניים?
4. מה המקור הראשוני לכל מקורות האנרגיה?
5. מהם התהליכים בהם "נוצרת" האנרגיה בשמש?
6. חוק שימור האנרגיה אומר שאנרגיה נשמרת. כיצד ניתן להסביר לאור זה את העובדה שקיים מחסור באנרגיה ("משבר האנרגיה")?

השב על שאלות אלו בדפי הפעילות לתלמיד.

2. אנרגיה - מושגי יסוד^א

2.1 אנרגיה כגודל נשמר

קשה למצוא מישהו שלא שמע על "אנרגיה". אנרגיה משפיעה על חיינו בהיבטים שונים ומגוונים. בלי אנרגיה אין חיים, אין תנועה, ולא ניתן לבצע כלום. אנרגיה מהווה את הגורם המניע לכל הדברים העולם. למרות זאת לא ניתן להבחין באנרגיה באמצעות החושים:

- ♣ לא ניתן לראות אנרגיה.
- ♣ לא ניתן לשמוע אנרגיה.
- ♣ לא ניתן להריח אנרגיה.
- ♣ לא ניתן לטעום אנרגיה.
- ♣ לא ניתן לחוש אנרגיה במגע.

אם כן, מהי האנרגיה?

אם אין אנו יכולים להשתמש בחושינו כדי לחוש באנרגיה, האם ניתן להגדיר מהי אנרגיה? האם ניתן למדוד אותה?

בשלב ראשון של הלימוד לא ננסה להגדיר אנרגיה, אלא נתבונן בתכונותיה.

אנו יכולים לראות, להרגיש, ולמדוד את התופעות הנגרמות עקב פעולה כלשהי, ועל ידי כך לאפיין את תכונות האנרגיה שגרמה לפעולה. יש לזכור כי שינויים (בחום, בתנועה, וכו') מלווים במעברי אנרגיה. כל מכונה זקוקה למקור אנרגיה (דלק) לצורך פעולתה.

האדם נזקק לשם המתאר את אותו "גודל פיזיקלי מסתורי" המאפשר לגופים לבצע את פעולתם.

המושג "אנרגיה" הוכנס לשימוש מכיוון שהוא מתאר גודל הנשמר בכל התהליכים המתרחשים במערכת סגורה.

ביחידה זו ננסה להתייחס לתכונות השונות של האנרגיה, ועל פי תכונות אלו ננסה להפנים את הגודל הפיזיקלי "אנרגיה", שלמעשה הוכנס לשימוש מכיוון שהוא גודל נשמר.

לאחר שמכירים את סוגי האנרגיה (ראה פרק 2 באתר האנרגיה) ומבינים כיצד אנרגיה מומרת מסוג לסוג, קל יותר להבין מהי אנרגיה.

בסעיף הבא נדון בסוגי האנרגיה השונים, והמרות האנרגיה ביניהם.

^א (מתוך פרק 1 באתר האנרגיה)

סוגי אנרגיה והמרות מסוג אחד לאחר^א

בסעיפים 2.2 ו-2.3 מוסברים סוגי האנרגיה השונים, והחוקים המגבילים את המרות (גלגולי) האנרגיה מסוג אחד לאחר. סעיפי ההסבר הם:

- 2.2 אילו סוגי אנרגיה קיימים?
- 2.2.1 כיצד ניתן לחלק את כל סוגי האנרגיה לקבוצות?
- 2.3 מהן המרות (גלגולי) האנרגיה?
- 2.3.1 מהם החוקים השולטים בהמרות האנרגיה?

2.2 אילו סוגי אנרגיה קיימים?

האנרגיה היא גודל פיזיקלי מדיד, ומקובל לסווג את האנרגיות לסוגים בהתאם לצורה בה מופיעה האנרגיה:

- **אנרגיה קינטית - אנרגיה של תנועה.**
- **אנרגיה פוטנציאלית - אנרגיה של מצב - אגורה.** אנרגיה פוטנציאלית נובעת מהמיקום של הגוף או מהמבנה של החומר, לדוגמא:
 - **אנרגיה פוטנציאלית כובדית** (כאשר גוף על פני כדור הארץ מורם מעל רמת ייחוס מסוימת, יש לו אנרגיה פוטנציאלית כתלות בגובהו מעל רמת ייחוס זו).
 - **אנרגיה פוטנציאלית אלסטית** - אנרגיה האגורה בגומי מתוח, קפיץ מתוח או מכוון.
 - **אנרגיה פוטנציאלית חשמלית** - אנרגיה הנובעת ממצבם של האלקטרונים בחומר.
- **אנרגיה כימית** - אנרגיה הנאגרת בקשרים הכימיים בין האטומים (והמולקולות). כאשר אטומים מתרכבים ליצירת מולקולות, או משתנה הקשר הכימי ביניהם, משתחררת אנרגיה, או נאגרת אנרגיה מהסביבה. כלומר גם אנרגיה כימית היא אנרגיה פוטנציאלית.
- **"אנרגיית חום"** - אנרגיה **תרמית**. נקראת גם **אנרגיה פנימית**. אנרגיה זו נובעת מהאנרגיה הקינטית של התנועה האקראית של המולקולות.
- **אנרגיה חשמלית** - אנרגיה הקשורה בזרם חשמלי ונובעת מתנועת אלקטרונים, ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית הנובעת ממצבם של האלקטרונים בחומר.
- **אנרגיה אלקטרומגנטית** בצורת **קרינה** (אור, גלי רדיו, מיקרוגל, ...) - אנרגיה העוברת במרחב (כולל בריק) במהירות האור.
- **אנרגיה גרעינית** - אנרגיה הנובעת מהכוחות החזקים הקיימים בין החלקיקים (פרוטונים ונאוטרונים) המרכיבים את הגרעין. בתגובה גרעינית (ביקוע או מיזוג), סכום המסות של הגרעינים

^א (מפרק 2 באתר האנרגיה)

תוצרי התגובה קטן מסכום המסות של הגרעינים שהיו בתחילת התגובה; הפרש זה נקרא **פחת מסה**.
עקב השקילות של מסה ואנרגיה, כמות האנרגיה הגרעינית המשתחררת בריאקציה שקולה לפחת מסה זה.

- אנרגייה של **גלי קול** - אנרגיה **אקוסטית** - אנרגיה קינטית של מולקולות החומר המתנוודות בתדירות שמע כתוצאה מכך שגל קול פוגע בהן ומעביר אליהן אנרגיה. לדוגמא, קולן המתנווד ומרעיד את מולקולות האוויר הקרובות אליו, מהן מועברת האנרגיה למולקולות אחרות בהתנגשויות, וכך הלאה.
- אנרגיה **מגנטית** - אנרגיה הנמדדת על פי כמות העבודה הנדרשת למיגנוט גוף.

כיצד ניתן לחלק את כל סוגי האנרגיה לקבוצות?

למרות השמות של סוגי האנרגיה השונים, ניתן לחלקם **לשתי קבוצות**:

1. **אנרגיה קינטית** היא אנרגיה של תנועה, והיא הצורה הנפוצה ביותר בה האדם מנצל את האנרגיה.
2. **אנרגיה פוטנציאלית** היא **אנרגיה אגורה**, שניתן להשתמש בה, כלומר להמיר אותה לאנרגיה הקשורה לתנועה.

1. אנרגיה הקשורה לתנועה - אנרגיה קינטית.

דוגמאות לאנרגיה קינטית:

אנרגיה של גוף נע - אם m היא מסת הגוף הנע, ומהירותו v , האנרגיה הקינטית שלו היא $m \cdot v^2 / 2$.

אנרגיית **חום** - אנרגיה פנימית - אנרגיה של התנועה האקראית של מולקולות החומר.

אנרגיה **אלקטרומגנטית בצורת קרינה** - גלי רדיו, קרני X , אור נראה, קרינה באולטרא סגול או באינפרא-אדום, וכו'. אלו גלים אלקטרומגנטיים הנעים בריק במהירות האור.

אנרגיית **קול** - מולקולות מתנוודות, וכו'.

2. אנרגיה הקשורה למצב - אנרגיה פוטנציאלית - אנרגיה אגורה.

דוגמאות לאנרגיה פוטנציאלית:

גוף הנמצא על פני כדור הארץ ומורם לגובה ביחס לרמת ייחוס מסוימת, הוא בעל **אנרגיה פוטנציאלית כובדית יחסית לרמת ייחוס זו**.

קפיץ מתוח או מכווץ הוא בעל **אנרגיה פוטנציאלית אלסטית** האגורה בקפיץ.

סוללה חשמלית: **אנרגיה פוטנציאלית חשמלית** אגורה בסוללה.

דלקים מחצביים כגון ערימת פחם, חבית נפט, וכו' - כאשר הם נשרפים (מתרכבים עם חמצן) משתחררת **אנרגיה פוטנציאלית כימית** האגורה בקשרים בין המולקולות.

אנרגיה פוטנציאלית גרעינית - משתחררת כאשר גוש אורניום פולט קרינה רדיואקטיביות, או בתהליכי ביקוע גרעיני ומיזוג גרעיני.

2.3 מהן המרות (גלגולי, מעברי) האנרגיה?

כאשר מבצעים פעולה כלשהי על עצם או חומר, כגון הזזה, הארה, חימום, וכו', משתמשים באנרגיה (נהוג להשתמש בביטוי "להשקיע אנרגיה").

השימוש באנרגיה מתרכז סביב המרות אנרגיה מצורה אחת לאחרות.

יש המשתמשים בהשוואה מטעה של זרימת אנרגיה לזרימת נוזל, מומלץ לא להתייחס לזרימת אנרגיה, מכיוון שאנרגיה, בשונה מזורמים כמו מים, יכולה לשנות צורה תוך כדי המעבר.

דוגמא למעברי (המרות) אנרגיה היא בתהליך שריפת פחם בתחנת כוח בה מופק חשמל:

בפחם האנרגיה אגורה כאנרגיה כימית. כאשר הפחם נשרף בתנור, האנרגיה האגורה בו מומרת לאנרגיית תנועה שמתבטאת באנרגיית החום של הקיטור. כאשר אדי הקיטור פוגעים בלהבי הטורבינה, חלק מאנרגיית החום מומר לאנרגיה קינטית של סיבוב הטורבינה. הטורבינה מסובבת את הגנרטור, ומהגנרטור מופק חשמל. אנרגיה חשמלית אף היא מומרת על ידי הצרכנים לצורות שונות אחרות על ידי מכשירים שונים בהתאם לצורך. לדוגמא: מערבול מזון, מכונת כביסה, מכונת ייבוש, מקרר, מקלט רדיו, מקלט טלוויזיה, וכו'. כל המכשירים הללו מופעלים באמצעות רשת החשמל הביתית.

מהו הקשר בין אנרגיה לדלק?

דלק הוא שם כולל לחומר בו אגורה אנרגיה בקשרים הכימיים בין האטומים והמולקולות, וניתן לנצלה בקלות. דלק הוא מקור לאנרגיה. אנו משחררים אנרגיה זו כאשר אנו משנים את המבנה הכימי, לרוב על ידי שריפה.

מהם החוקים השולטים בהמרות האנרגיה?

כל המרות האנרגיה למיניהן נשלטות על ידי חוקי טבע בסיסיים.

החוק הראשון נראה מעודד, ומבטיח לכאורה שלא יכול להיות "משבר אנרגיה". חוק זה נקרא **חוק שימור האנרגיה**, או בשמו האחר **החוק הראשון של התרמודינמיקה**. החוק קובע:

"אנרגיה אינה יכולה להיעלם או להיווצר יש מאין".

"אנרגיה יכולה לעבור מצורה לצורה, אך כמותה הכוללת נשמרת".

אם כך מה הבעיה? על פי חוק זה נראה שלעולם לא תיגמר לבני האדם האנרגיה הזמינה.

החוק השני של התרמודינמיקה הוא המגביל אותנו, ונתייחס אליו כאל "מס" שעלינו לשלם עבור המרות אנרגיה. במהלך ההמרות תמיד נוצר חום בלתי מנוצל.

ניסוח חוק זה בצורה מדויקת מסובך, אך תוכנו מוסבר על ידי המשפטים הבאים:

♣ כאשר מתבצעת עבודה תוך מעבר אנרגיה מצורה אחת לאחרת, חלק מהאנרגיה הופך לחום, ואנרגיית

חום לא ניתן להמיר במלואה לאנרגיה מסוג אחר. בכל המרה של אנרגיית חום יש כאילו לשלם "מס

חום", כלומר אנרגיית חום דולפת מהמערכת ומחממת את הסביבה.

♣ **בביצוע עבודה** מתבצעת המרת אנרגיה. לא ניתן לבצע עבודה ללא איבוד חלק מהאנרגיה בהמרה זו.

♣ בניצול מקורות אנרגיה נוצר חום (כמו למשל בשריפת דלקים), וחום זה לא ניתן להפוך במלואו לצורות אחרות של אנרגיה הדרושות לנו. הדבר גורם לדלדול משאבי האנרגיה העומדים לרשות האדם, וזוהי הסיבה לקיום "משבר מקורות האנרגיה".

תהליכים בהם נוצר חום יכולים להתרחש רק בכיוון אחד:

את כל צורות האנרגיה ניתן להפוך לאנרגיית חום, אך לא ניתן להפוך במלואה את אנרגיית החום חזרה לסוגי האנרגיה האחרים.

2.4 למה מתכוונים במושג "בזבוז" אנרגיה?

אנרגיה בלתי מנוצלת נקראת בשפה עממית אנרגיה מבזבזת.

בכל המרת אנרגיה מסוג אחד לשני מאבדים מעט, מכיוון שנצילות ההמרה לעולם אינה 100%, אם כי במקרים מסוימים קרובה מאוד לערך זה.

בפיזיקה נוח לחפש גדלים נשמרים במערכת סגורה.

מערכת סגורה היא מערכת שאינה מקיימת אינטראקציה עם הסביבה החיצונית לה.

אחד הגדלים הנשמרים במערכת סגורה הוא "אנרגיה".

מכאן נוסח "חוק שימור האנרגיה" שהוא אחד החוקים הבסיסיים בטבע.

למעשה, אנרגיה אינה "הולכת לאיבוד", מכיוון שתמיד מתקיים חוק שימור האנרגיה. למרות זאת, מובן מדוע מקובל השימוש במושגים כגון "בזבוז אנרגיה", "משבר אנרגיה" (למרות שהמשבר הוא במקורות האנרגיה), וכו'.

מהן הדרכים לחסוך בצריכת אנרגיה?

2.4.1 תכנון בניינים, חימום וקירור

היכולת ליצור **סביבת מגורים** סגורה, בטוחה ונוחה היא אחד מההישגים הגדולים של האדם.

שמירה על טמפרטורה רצויה ועל איכות אוויר בתוך סביבה סגורה (בית) היא אחת המטלות החשובות ביותר, הדורשת את כמות האנרגיה הגבוהה ביותר בחברה המודרנית. תנאי השהייה משפיעים על נוחיות החיים, בריאות האנשים, ואורח החיים.

עלות השמירה על תנאי טמפרטורה רצויים (חימום/קירור) גבוהה ביותר, ובקרה טובה של הטמפרטורה יכולה להקטין את ההוצאות במידה רבה. הורדת הטמפרטורה המבוקשת בתרמוסטט (בקר החום) בחורף (כדי להימנע מחימום יתר), או העלאת הטמפרטורה המבוקשת בקיץ (כדי להימנע מקירור מוגזם), מקטינים את צריכת האנרגיה.

רוב מערכות החימום/קירור בחברה המודרנית מבוססות על **חשמל**.

בידוד הבית ותיכנון המותאם לתנאי הסביבה (כיוון חלונות הפונים לשמש, קירות עבים מבודדים, וכו') מקטינים את עלות החימום/קירור.

2.4.2 צריכת אנרגיה ביתית

כמות המכשירים הצורכים חשמל בבית מגורים מודרני גדלה במאה ה-20 בקצב מסחרר. משימות שבוצעו בעבר במשך שעות, ניתן כיום לבצע בדקות, ומשימות רבות שלא ניתן היה כלל לבצע בעבר, ניתן לבצע בקלות היום.

המכשירים לשימוש ביתי משפרים את איכות החיים של הפרט.

המזגן והמקרר מהווים חלק ניכר מצרכני האנרגיה בבית מגורים טיפוסי במדינה מודרנית.

תחזוקה נכונה של מיכשור חשמלי ביתי יכולה להקטין את צריכת האנרגיה הביתית. לדוגמא, ניקוי פילטר המזגן כדי לאפשר זרימת אוויר ללא התנגדות דרכו מגדילה את יכולת החימום או הקירור שלו עבור אותה צריכת חשמל.

2.4.3 תאורה

היכולת להאיר בצורה מלאכותית את מבנה המגורים הגדילה את שעות הפעילות האפשריות לאדם. לפני תחילת השימוש באש, היו שעות הפעילות מוגבלות לשעות בהן השמש זורחת.

לפני המצאת הנורה החשמלית על ידי אדיסון, השתמשו בנורות גז, נרות, או עששיות נפט.

קיימות נורות תאורה מסוגים שונים בהתאם לשימוש.

נורות פלואורסצנט יעילות יותר ביצירת אור מנורות להט (ליבון).

2.4.4 תחבורה

כיום רוב כלי התחבורה פועלים על בנזין או סולר כדלק. הבנזין והסולר הם דלקים מחצביים, ולשימוש בהם יש השפעות שליליות על איכות הסביבה.

פיתרונות אפשריים לבעיית ההשפעה השלילית על איכות הסביבה:

- ♣ מעבר **לדלקים חלופיים** יימשך עוד שנים רבות, אך הוא בלתי נמנע.
- ♣ מעבר **למכוניות חשמליות** הפועלות על **תאי דלק** מהווה פיתרון לעתיד הרחוק. בתחילת המאה ה-21 מתחיל יישום טכנולוגיית תאי הדלק (ראה באתר).
- ♣ בעקבות מודעות גדולה יותר לבעיות זיהום האוויר הנגרמות על ידי שריפת דלק בכלי תחבורה, **שופרו מנועי המכוניות** כך ששריפת הדלק בהם יעילה יותר, פותחו מסננים המורכבים ביציאת המנוע, כך שכמות הזיהום הנגרמת על ידי כלי רכב בודד קטנה יותר, אולם כמות כלי הרכב גדלה בקצב גדול עוד יותר.
- ♣ **תחזוקה נכונה של מנוע הרכב** מקטינה את כמות פליטת המזהמים ממנו.
- ♣ **שימוש בתחבורה המונית** (רכבות, אוטובוסים או חשמליות) מקטין את כמות כלי הרכב הפולטים זיהומים.

2.5 באילו יחידות משתמשים למדידת אנרגיה?

היחידה הפיזיקלית למדידת אנרגיה המקובלת בשימוש היא ג'אול (Joule), הנרשמת לעיתים כ- ג'ול.

בעולם עוברים לשימוש ביחידות תקניות (SI = Standard International Units) הכוללות למשל את היחידות מטר, קילוגרם, שניה. מיחידות אלו נגזרת היחידה ג'ול למדידת אנרגיה. בנוסף קיימות יחידות שונות שהתפתחו במהלך ההיסטוריה, כאשר בתקופות שונות, ובאזורים גיאוגרפיים שונים, השתמשו ומשתמשים ביחידות שונות. מומלץ להכיר את היחידות השונות, ולדעת כיצד מתרגמים נתונים המופיעים ביחידות מסוג אחד ליחידות מסוג אחר.

קלוריה קטנה - זוהי כמות החום הדרושה להעלאת הטמפרטורה של גרם אחד של מים במעלה אחת צלסיוס (להגדרה מדויקת יש להדגיש שהמדידה מבוצעת בתנאים תקינים). 1000 קלוריות קטנות נקראות **קילוקלוריה** [kcal], או **קלוריה גדולה**. זוהי היחידה המקובלת למדידת אנרגיה של מזון (חשוב לדיאטה...). בביוכימיה, מסמנים את **הקילוקלוריה** באנגלית ביחידה [Cal], וקוראים לה **קלוריה**, ומכאן הביטוי בחישובים בין קלוריה גדולה וקלוריה קטנה; הן נבדלות בגורם (פקטור) של 1,000 (!).

$$\text{קילוקלוריה} = 1,000 \text{ קלוריות קטנות}$$

הקשר בין היחידות קלוריה וג'אול הוא:

$$1 \text{ [Joule]} = 0.239 \text{ [cal]}$$

$$1 \text{ [cal]} = 4.2 \text{ [J]}$$

הספק הוא קצב הביצוע של עבודה, או אספקת אנרגיה, או צריכת אנרגיה של מכשיר, ומבוטא על ידי אנרגיה ביחידת זמן.

מכאן יחידת ההספק המקובלת: **וואט** [Watt] **השווה לג'אול בשניה**.

$$1 \text{ [W]} = 1 \text{ [J/s]}$$

♣ **קילוואט** - יחידת מדידה הנמצאת בשימוש למדידת הספק, והיא שווה 1000 וואט.

$$1 \text{ [kW]} = 1,000 \text{ [W]}$$

קיימת גם יחידת ההספק ההיסטורית (בה השתמשו בעבר), בה משתמשים עד היום בתיאור הספק של מנועים (כמו מנוע המכונית):

♣ **כוח סוס** (HP = HorsePower):

$$1 \text{ [HP]} \approx 746 \text{ [W]}$$

צריכת אנרגיה מבוטאת גם בקילוואט שעה [kWh]. זוהי כמות אנרגיה השווה לצריכה של קילוואט במשך שעה. קילוואט שעה שווה ל 3,413 יחידות חום בריטיות, או ל 860 קילוקלוריות. מכיוון שבשעה יש 3,600 שניות, נקבל:

$$1 \text{ [kWh]} = 3.6 \text{ [MJ]}$$

יחידת אנרגיה נוספת היא **אלקטרון וולט [eV]**. זוהי כמות האנרגיה שרוכש אלקטרון כאשר מאיצים אותו באמצעות מתח (מפל פוטנציאל) של 1 וולט. זוהי יחידה קטנה יחסית לגיאול, והקשר ביניהן:

$$1 \text{ [eV]} = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}$$

בהתאם לצורך משתמשים גם ביחידה של מיליון אלקטרון וולט [MeV], או מיליארד אלקטרון וולט [GeV]:

$$1 \text{ [MeV]} = 10^6 \text{ [eV]}$$

$$1 \text{ [GeV]} = 10^9 \text{ [eV]}$$

שאלות חישוב לדוגמא:

1. אדם צורך ביממה כ-2,000 קילוקלוריות, שברובן הופכות לחום. השווה בין צריכת האנרגיה של האדם לצריכת האנרגיה של מנורת להט בת 100 וואט.

פיתרון:

תחילה יש להתאים את היחידות, כלומר לתרגם קילוקלוריות לג'אולים, ויממה לשניות:

$$2000 \cdot 1000 \cdot 4.2 \approx 8 \cdot 10^6 \text{ [J]}$$

$$60 \cdot 60 \cdot 24 \approx 9 \cdot 10^4 \text{ [s]}$$

מחלוקת האנרגיה בזמן נקבל את ההספק הממוצע הנפלט על ידי אדם - 90 ג'אול בשניה שהם 90 וואט. קיבלנו שאדם "מבזבז" אנרגיה בערך כמו מנורת להט של 100 וואט (!).

2. אדם פולט חום בממוצע כ-100 קילוקלוריות בשעה. כמה ג'אול הוא פולט בשניה (וואטים)?

תחילה יש להתאים את היחידות, כלומר לתרגם קילוקלוריות לג'אולים, ושעה לשניות:

$$100 \cdot 1,000 \cdot 4.2 \approx 4 \cdot 10^5 \text{ [J]}$$

$$60 \cdot 60 = 3.6 \cdot 10^3 \text{ [s]}$$

מחלוקת האנרגיה בזמן נקבל את ההספק ביחידות ג'ול הנפלט מאדם בשניה:

$$4 \cdot 10^5 / 3.6 \cdot 10^3 \approx 1.1 \cdot 10^2 \text{ [J/s]} \approx 100 \text{ [W]}$$

2.5.1 באילו יחידות משתמשים למדידת תכולת אנרגיה של דלקים?

בהתאם לסוג הדלק, התפתחו במהלך השנים יחידות מדידה שונות לציון תכולת האנרגיה של דלקים. מכיוון שהמידע הקיים באינטרנט לקוח ממקורות שונים, חשוב לדעת לפחות כיצד מתרגמים נתונים מיחידת מדידה אחת לאחרת. להלן יחידות מקובלות:

חבית נפט (Barrel) - נפח דלק נוזלי השווה ל-42 גלון, שהם 159 ליטרים. הערך האנרגטי המתקבל מבעירתה של חבית נפט הוא: 5,900,000 קילו-ג'אול = $10^9 \cdot 5.9$ ג'אול. לצורך השוואה, כמות האנרגיה האגורה בחבית נפט שוות ערך לכמות החום הנפלטת כאשר שורפים 448 ליברות (pounds) של פחם, שהם: 5,600,000 יחידות חום בריטיות (British Thermal Units = BTU), שהם 1,410,579 קילוקלוריות.

יחידת חום בריטית (BTU = British Thermal Unit) = יחידה למדידת כמות חום. כמות החום הנדרשת להעלאת הטמפרטורה של ליברה (פאונד) אחת של מים במעלה אחת של פרנהייט. יחידת חום בריטית שווה בערך לרבע קילוקלוריה (252 קלוריות קטנות). כלומר:
קלוריה קטנה - שווה ל 0.00397 יחידות חום בריטיות (BTU).
וואט שווה ל 3.143 יחידות חום בריטיות [BTU] לשעה. ומכאן:
קילוואט שעה שווה ל 3,413 יחידות חום בריטיות.

שווה ערך לטון נפט (שעט"ן) = כמות חום הנפלטת בתהליך בעירה של 1 טון נפט, שווה בערך ל 10^7 קילו-קלוריות, שהן כ- 42,000,000 קילוגיאול:

$$1 \text{ [Ton Oil]} \approx 4.2 \cdot 10^{10} \text{ [J]}$$

1 שווה ערך לטון פחם = טון שווה ל- 1,000 ק"ג. שריפת טון פחם מספקת 28,800,000 קילו גיאול:

$$1 \text{ [Ton Coal]} \approx 2.88 \cdot 10^{10} \text{ [J]}$$

2.5.2 תכולת האנרגיה של דלקים

כל סוג דלק פולט כמות שונה של אנרגיה כאשר שורפים אותו. כדי להעריך את סדרי הגודל של החום הנפלט משריפת דלקים שונים, מופיעים הנתונים בטבלאות הבאות.
 בטבלה 1 מובאת להשוואה כמות האנרגיה הנפלטת כאשר שורפים כמות של 1 טון של כל דלק, ביחידות חום בריטיות לטון [BTU/Ton].

טבלה 1: תכולת האנרגיה של דלקים שונים ביחידות חום בריטיות לטון.

תכולת אנרגיה [BTU/Ton]	סוג דלק
25,000	פחם שחור
3,500,000	כבול (Peat)
38,000,000	בנזין
47,000,000	גז טבעי
37,000,000	נפט גולמי

מטבלה זו ברור מדוע עדיף השימוש בגז טבעי, ומדוע רב כל כך השימוש בנפט.

טבלה 2: תכולת האנרגיה של דלקים שונים ביחידות שונות

דלק	כמות	אנרגיה [10 ⁶ kcal]	אנרגיה ליחידת מסה [Cal/Pound]
פחם רך (ביטומן)	טון	6.1	3,100
פחם שחור (אנטרציט)	טון	6.4	3,200
נפט מזוקק (כולל דיזל)	חבית	1.5	4,900
בנזין	חבית	1.3	4,800
גז טבעי	1000 ft ³	0.26	5,000
עץ	Cord	5.3	1,250

טבלה 3: מעבר בין יחידות שונות למדידת אנרגיה:

	[BTU]	[kcal]	[kWh]	[חבית נפט]	[J]
[BTU]	-	0.252	0.000292	$\sim 1.8 \cdot 10^{-7}$	1058
[kcal]	3.97	-	0.00116	$\sim 7.1 \cdot 10^{-7}$	$\sim 4.2 \cdot 10^{-3}$
[kWh]	3,413	860	-	$\sim 6 \cdot 10^{-4}$	$3.6 \cdot 10^6$
[חבית נפט]	$\sim 5.6 \cdot 10^6$	$\sim 1,410,579$	$1.64 \cdot 10^3$	-	$\sim 5.9 \cdot 10^9$
[J]	$\sim 9.4 \cdot 10^4$	$\sim 2.38 \cdot 10^4$	$\sim 2.8 \cdot 10^{-7}$	מספר קטן	-

כדי לעבור מיחידה הנמצאת בעמודה משמאל בטבלה ליחידה הנמצאת בשורה העליונה בטבלה, יש לכפול בערך המספרי הרשום במשבצת המתאימה בטבלה בה מצטלבות העמודה והשורה המתאימות. לדוגמא:

$$1 \text{ [BTU]} = 0.252 \text{ [kcal]} = 0.000292 \text{ [kWh]}$$

3. מקורות אנרגיה[▲]

3.1 מהם מקורות האנרגיה המשמשים את בני האדם?

להפעלת מכשירים או משתמשים בחום הנפלט בעת שריפת דלק או בחשמל המופק בתחנות הכוח. יצורים חיים משתמשים במזון. לדוגמא: אדם צורך במוצע ביום 2,000 קילוקלוריות אנרגיה ממזון, וממיר כמעט את כל האנרגיה הזו לחום.

כדור הארץ מקבל את רוב האנרגיה שלו מהשמש.

השמש והכוכבים (לא אלו הקרויים בלשון היום-יום "כוכבים", שהם למעשה **כוכבי לכת** (פלנטות) שאינם פולטים אנרגיה אלא רק מחזירים אור הפוגע בהם) מקבלים את האנרגיה שהם פולטים **מתגובות מיזוג גרעיני** המתחוללות בליבתם.

במפת המושגים של הנושא: "**אנרגיה בהיבט רב תחומי**"^{▲▲} ניתן לעקוב אחר מקורות האנרגיה והתהליכים הקשורים בגילגולי האנרגיה בין המקורות השונים.

כמות המידע הנמצא בפרק 3 באתר "**אנרגיה בהיבט רב תחומי**" גדולה ביותר (מאות עמודים). פרק זה משמש כמאגר מידע, ומידע זה אינו מופיע בחוברת זו. להלן תמצית הפרק:

כאשר מדברים על מקורות אנרגיה לשימוש האדם, יש להבחין בין **מקורות אנרגיה מתכלים** (שיספיקו לזמן קצוב), לבין **מקורות אנרגיה מתחדשים**.

מקורות האנרגיה המתכלים נוצרו לפני מיליוני שנים וקיימים בכמות סופית. **מקורות אנרגיה מתכלים** כוללים את **מקורות אנרגיה הנחצבים** (ולכן **נקראים דלקים מחצביים - פוסיליים**) **מקליפת כדור הארץ**. ביניהם ניתן לכלול את הנפט הגולמי, הפחם, הגז הטבעי, והאורניום המשמש כדלק לכורים גרעיניים. הדלקים המחצביים מספקים כ-85% מתצרוכת האנרגיה בעולם המודרני.

מקורות האנרגיה המתחדשים נוצרים מחדש תוך פרק זמן קצר יחסית. בשם **מקורות אנרגיה מתחדשים** כוללים את המקורות הנוצרים בפרק זמן קצר ומבוססים בעיקרם על אנרגיית השמש. מקובל לכלול בהם גם את תהליך המיזוג הגרעיני המבוקר (מכיוון שהמימן הדרוש לתהליך זה נמצא בכמות גדולה ביותר במי הים). בין המקורות המתחדשים ניתן למנות את הביומסה, הרוח, תנועת המים (אנרגיה הידרואלקטרית), אנרגיה מפנים כדור הארץ (אנרגיה גיאותרמית), ועוד.

אחת הבעיות הקשות העומדות בפני האדם בתחילת המילניום השלישי היא כיצד אפשר להקטין את השימוש במקורות האנרגיה המתכלים, ולהגביר את השימוש במקורות האנרגיה המתחדשים.

כמות המידע הנמצא בפרק 3 באתר האינטרנט "**אנרגיה בהיבט רב תחומי**" גדולה ביותר (מאות עמודים). פרק זה באתר משמש **כמאגר מידע**, ומידע זה אינו מופיע בחוברת לתלמיד.

[▲](מתוך פרק 3 באתר)

^{▲▲} מצורפת כנספח לחוברת זו.

להלן תמצית מידע על **מקורות האנרגיה מתוך האתר** :

3.1.1 דלק מחצבי (פוסילי): פחם, גז טבעי, נפט, פצלי שמן (ביטומן).

3.1.2 שמש - ניצול ישיר של השמש כמקור אנרגיה באמצעות המרה ישירה של אנרגיית השמש לחום :
דוד שמש, תנור שמש, מגדל שמש, בריכת שמש, ועוד, וכן המרת אנרגיית השמש לחשמל באמצעות תאי שמש.

3.1.3 הגרעין כמקור לאנרגיה.

3.1.4 זרימת מים (כתוצאה מהפרשי גובה) או תנועת גלי ים כמקור לאנרגיה הידרו חשמלית.

3.1.5 אנרגיה גיאותרמית.

3.1.6 אנרגיה מביומסה.

3.1.7 רוח כמקור לאנרגיה.

תקציר מופיע בהמשך, ומידע נוסף לגבי מקורות אלה ולגבי אמצעים ושיטות להפקת אנרגיה זמינה מהם ניתן למצוא באתר האינטרנט "**אנרגיה בהיבט רב תחומי**".
בהמשך מפורטים **מקורות האנרגיה השונים** העומדים לרשות האדם, ובתת-סעיף על **דלקים מחצביים (פוסיליים)** מופיע מידע על סוגי הדלקים השונים.

3.1.1 דלקים מחצביים⁴

פחם

פחם היה הדלק המחצבי הראשון ששימש את האדם מאמצע המאה ה-19, והוא משמש לנו עד ימינו.
פחם הוא **מקור אנרגיה מתכלה**. מעריכים כי עתודות הפחם הקיימות בעולם יכולות לספק את צורכי האנרגיה של האדם (בקצב הצריכה הנוכחי) למשך 200 עד 300 שנה.
פחם מכיל בעיקר **פחמן**, ונוצר משאריות צמחייה ששקעה בביצות לפני מיליוני שנים.
למעלה מ-50% מייצור החשמל בעולם מבוסס על השימוש בפחם.
מעבירים פחם ממקום הכרייה למקום ייצור החשמל בכלי תחבורה המסוגלים להעביר כמויות גדולות בו זמנית : רכבות ואוניות מיוחדות.
כריית הפחם גורמת **נזק לסביבה**, והשימוש בפחם לבעירה מוסיף גזים בלתי רצויים לאטמוספירה כגון גופרית ותחמוצות חנקן, וכן גורם להגדלת כמות הפחמן הדו חמצני (אפקט החממה).

נפט גולמי

הנפט משמש כמקור אנרגיה עיקרי ברוב הארצות המפותחות.
הנפט נוא מקור אנרגיה מתכלה, שהעתודות המוערכות שלו יספיקו לפחות ממאה שנים.
הנפט הגולמי נוצר לפני מיליוני שנים משאריות בעלי חיים ומיקרואורגניזמים שונים.
יש לזקק את הנפט הגולמי לפני שניתן להשתמש בו כדלק.
מנפט גולמי מיוצרים חומרים פלסטיים רבים, ותרופות.
דלקים לתחבורה (בנזין וסולר) מופקים ברובם מנפט הגולמי.

⁴ (תקציר מתוך פרק 3 באתר האנרגיה).

השימוש במוצרי נפט לבעירה (דלק) גורם לפליטת זיהומים שונים ופחמן דו חמצני, ולכן מהווה גורם שלילי המשפיע על איכות הסביבה.

גז טבעי

גז טבעי הוא גז חסר צבע, חסר טעם, וחסר ריח, המכיל בעיקר מתאן. מוסיפים לו חומרים הגורמים לריח אופייני למטרת בטיחות. הגז הטבעי נוצר לפני מיליוני שנים, בתהליך דומה לתהליך היווצרות הנפט. הגז הטבעי הוא מקור אנרגיה מתכלה. הוא מסופק לצרכנים בצורת או במיכלים. הגז הטבעי משמש בעיקר לבישול, חימום מים והסקה, אך גם לתחנות כוח. תחנות כוח הפועלות על גז טבעי גורמות לזיהום נמוך יותר לסביבה מאשר תחנות הפועלות על פחם או נפט. בשנים האחרונות התגלה גז טבעי בחופי מדינת ישראל.

מקורות אנרגיה אחרים (לא מחצביים):

3.1.2 השמש

אנרגיה מהשמש מספקת לכדור הארץ (בצורה ישירה או עקיפה) כמעט את כל האנרגיה שלו (ראה **מפת מושגים**).

אור וחום המאפשרים קיום חיים מסופקים ישירות על ידי השמש.

הדלקים המחצביים והביומסה הם תוצרים של אנרגיה שמקורה בשמש, וכך גם אנרגיה מהרוח, ואנרגיה מזרימת מים.

אנרגיה המוקרנת מהשמש היא תוצאה של תהליכי **מיזוג גרעיני בשמש**, בו הופך מימן להליום.

השמש נחשבת **למקור אנרגיה מתחדש** (למספר מיליארדי השנים הבאות...).

אנרגיה מהשמש מגיעה לכל כדור הארץ, אלא שהיא **אינה מרוכזת, ואינה זמינה בכל עת**.

חשמל המיוצר מהאנרגיה המוקרנת מהשמש על ידי האדם בתחילת המילניום השלישי מספק חלקי אחוזים מצריכת האנרגיה הכוללת. הניצול הישיר של קרינת השמש כאור וחום בטבע לא מובא בחשבון בהערכה זו, מכיוון שקשה למדוד אותם. הם הגורמים להיות כדור הארץ **"כוכב לכת כחול עם חיים"**.

טכנולוגיות ניצול אנרגיה מהשמש **לייצור חשמל** עדיין אינן כלכליות בקנה מידה גדול.

האמצעי להמרת קרינת השמש ישירות לחשמל הוא תאים פוטו-וולטאיים, הנקראים גם **תאי שמש**. הם משמשים כיום להפעלת מכשירי חשמל קטנים כגון מחשבוניס, וכן לאספקת חשמל בעיקר באזורים בהם אין אספקת חשמל סדירה מרשת החשמל.

כאשר משתמשים באנרגיה המוקרנת מן השמש כמקור לייצור חשמל, יש לדאוג למערכות איחסון אנרגיה וגיבוי אספקתה ממקורות אחרים.

עלות ייצור תאי שמש יורדת בהדרגה עם התפתחות הטכנולוגיה.

ניתן לנצל את קרינת השמש לחימום מים (דודי שמש) ותאורה בבניינים (חלונות).

נעשים ניסויים של מיקוד קרינת השמש להשגת **טמפרטורות גבוהות** הדרושות לתהליכים רבים (שדה מראות, מגדל שמש).

3.1.3 דלק גרעיני

דלק גרעיני הוא מקור אנרגיה המכיל כמות אנרגיה בצפיפות גבוהה ביותר (אנרגיה רבה מופקת מכמות חומר קטנה). האנרגיה הגרעינית היא אנרגיית הקשר בתוך הגרעין. ניתן לשחרר אותה על ידי ביקוע גרעיניים, או מיזוג גרעיניים. אנרגיה זו משתחררת גם בתהליכי התפרקות רדיואקטיבית. השימוש בדלק גרעיני כמקור אנרגיה החל במחצית המאה העשרים, והצטמצם לקראת סוף המאה העשרים עקב בעיות בטיחות ותקלות שהתגלו בכורי כוח גרעיניים מסוימים (צ'רנוביל, אי שלושת המיילים, וכו'). האנרגיה הנפלטת מהשמש מקורה בריאקציות מיזוג גרעיני של מימן ההופך להליום בליבת השמש. בתהליכי ביקוע גרעיני מתפרקים אטומי אורניום כאשר נאטרוניים פוגעים בהם. בכור הגרעיני נוצר חום רב המשמש ליצירת קיטור המשמש להנעת טורבינות לייצור חשמל. כ- 20% מייצור החשמל בארה"ב מיוצר בתחנות כוח גרעיניות. קיימת בעיה של טיפול בחומרי הפסולת של כור גרעיני (מוטות הדלק לאחר השימוש), מכיוון שהם ממשיכים לפלוט קרינה רדיואקטיבית במשך אלפי שנים.

3.1.4 זרימת מים (הידרו) כמקור לאנרגיה

בעבר השתמשו בזרימת מים כמקור לאנרגיה כמו לדוגמה לטחינת קמח. **מים זורמים הם מקור אנרגיה מתחדש**. המים על פני כדור הארץ נמצאים בתנועה מתמדת עקב מחזור המים בטבע (מתאדים מהים והאגמים, יוצרים עננים, מתעבים כגשם או שלג, וזורמים חזרה לים). מחזור זה מקבל את האנרגיה שלו מהשמש, ומושפע מהגרביטציה (כוח המשיכה של כדור הארץ). ניתן לבנות סכרים לעצירת מים ואגירתם במקום מסוים לשימוש בשעת הצורך. המים הזורמים דרך טורבינה מסובבים אותה, והטורבינה מפעילה גנרטור המייצר חשמל. המים אינם הולכים לאיבוד כתוצאה מניצולם לייצור חשמל. הם מוחזרים למחזור המים. קיימת השפעה סביבתית של סכר על הדגה, הצמחייה, והחיים בסביבה. על פני כדור הארץ יש מפלי מים רבים, אך לא את כולם כדאי לנצל להפקת אנרגיה חשמלית, מסיבות שונות כמו למשל כדאיות כלכלית או שמירה על תוואי הנוף. רוב האפשרויות לניצול של מים הזורמים בצורה טבעית על פני כדור הארץ מבוצע למעשה. ניתן ליצור זרימת מים באופן מלאכותי על ידי שאיבתם למקום גבוה המשמש כמאגר מים עם סכר, והזרמתם דרך הטורבינה בשעת הצורך. גם **תופעות גאות ושפל** מנוצלות כבר ליצירת חשמל ממים בזרימה. מתבצעים מחקרים לגבי **ניצול תנועת גלי הים** להפקת אנרגיה.

3.1.5 מקור גיאותרמי

החום שבפנים כדור הארץ הוא מקור אנרגיה מתחדש. מקור זה מנצל את הטמפרטורה הגבוהה השורת בפנים כדור הארץ, שמקורה בחום המשתחרר בהתפרקות רדיואקטיביות בפנים כדור הארץ. ניתן לנצל קיטור הנפלט מהאדמה לסיבוב טורבינות המניעות גנרטורים לייצור חשמל, או להשתמש בקיטור זה לחימום. אין למקור האנרגיה הגיאותרמית השפעה מזיקה על איכות הסביבה (לא נפלטים גזי שריפה).

בודקים גם את האפשרות לנצל את העובדה שטמפרטורת האדמה בעומק של מטרים ספורים מתחת לפני הקרקע היא קבועה כל ימות השנה. ניתן לנצל את הפרש הטמפרטורות בין העומק לפני השטח ליצירת **מחליף חום** עם הבית (המערכת תשמש לחימום בחורף, ולקרור בקיץ).

3.1.6 ביומסה

במושג ביומסה נכללים כל החומרים של החי והצומח. מכאן שכל סוגי הצמחייה מהווים מקור לביומסה. בצורה פשוטה ניתן להשתמש בביומסה לבעירה (כמו במדורה), אך ניתן גם להפיק מביומסה דלק נוזלי (אתנול), וגז לבעירה (מתאן).

בצורה דומה ניתן לנצל ליצירת דלקים גם הפרשות בעלי חיים ושרידי גופות של בעלי חיים. ביומסה מהווה **מקור אנרגיה מתחדש**, הנוצר בתהליך פוטוסינתזה בו צמחים ירוקים הופכים את אנרגיית השמש לאנרגיה כימית אגורה.

3.1.7 רוח

רוח היא **אוויר בתנועה**. היא נוצרת על ידי חימום בלתי אחיד של פני כדור הארץ על ידי השמש.

רוח מהווה מקור אנרגיה מתחדש.

השימוש באנרגיה של רוח מלווה את האדם שנים רבות (סירות מפרש, טחנות רוח).

ניתן לנצל את האנרגיה המכנית של תנועת הרוח לסיבוב להבי טורבינה המניעה גנרטור המייצר חשמל.

כדי שגנרטור יפעל בצורה יעילה, **מהירות הרוח** הפוגעת בלהבי הטורבינה חייבת להיות מעל 12 קילומטרים בשעה.

אחוז החשמל המיוצר כיום באמצעות אנרגיה מהרוח קטן, אך גדל בקצב מרשים.

אנרגיה מהרוח היא **אנרגיה נקיה**, השימוש בה אינו יוצר גזים מזהמים, או זיהום של מקורות מים.

חווה של טורבינות רוח באזורים עתירי רוח יכולות לספק כמויות אנרגיה גדולות, וניתן להמשיך לעבד את האדמה החקלאית תחתן.

3.2 מהו מקור אנרגיה ראשוני ומהו מקור אנרגיה שניוני?

למעשה, כל מקורות האנרגיה העומדים לרשות האדם מוצאם משני מקורות ראשוניים:

- **השמש** (שהאנרגיה המוקרנת ממנה מוצאה מן התגובות של מיזוג גרעיני המתרחשות בתוך השמש).

- החומרים הרדיואקטיביים בתוך כדור הארץ. חימום פנים כדור הארץ נובע מהתפרקות החומרים הרדיואקטיביים (אורניום, תוריום, ואשלגן 40). חום זה בא לידי ביטוי בגיזרים ומעינות חמים.

למעשה שני מקורות אנרגיה אלה מוצאם מגרעין האטום, ואנו נקרא להם "**מקורות אנרגיה ראשוניים**".

במפת המושגים המצורפת לחוברת זו ניתן לראות את מקורות האנרגיה השונים וכיצד הם מתקבלים משני המקורות הראשוניים. כפי שניתן לראות **במפת המושגים**, רוב מקורות האנרגיה הזמינים לאדם הם מקורות אנרגיה שניוניים, כלומר נוצרו ממקור אנרגיה ראשוני.
לדוגמא:

הרוח כמקור אנרגיה נוצר כתוצאה מחימום שכבות האוויר על ידי קרינת השמש.

שאלות לדיון כיתתי:

- מהו המקור הראשוני של אנרגיה של מים זורמים (הידרו - אלקטריק)? הסבר.

- מהו המקור הראשוני של אנרגיה מפנים כדור הארץ (גיאותרמית)? הסבר.

- מהו המקור הראשוני של אנרגיה המופקת מביומסה? הסבר.

- ממה נוצרו הדלקים המחצביים? הסבר.

עבור כל אחד מסוגי מקורות האנרגיה השניוניים ניתן למצוא את מקור האנרגיה הראשוני.

3.3 כיצד בוחרים מקור לאספקת אנרגיה?

השאלות הבאות משמשות כבסיס לבחירת מקור לאספקת אנרגיה:

♣ כיצד משווים בין מקורות אנרגיה?

♣ איך קובעים אם כדאי להשקיע במקור אנרגיה חלופי כלשהו?

תחילה יש לבדוק מהם צרכי האנרגיה, עתה ובעתיד.

עלויות:

לאחר ידיעת הצרכים יש לבדוק את עלות מקורות האנרגיה הקיימים, עם תחזית לעלותם וזמינותם בעתיד. נתונים אלו משמשים בסיס להשוואה עבור מקורות האנרגיה החלופיים, ויהיו שונים עבור כל אזור (מדינה).

עבור כל מקור אנרגיה חדש, יש לבדוק את עלות הקמת מתקני ההפקה, כולל הזמן הנדרש לכך (עלות המימון, ומתי ניתן לצפות לקבל תמורה להשקעה זו).

במקביל יש להעריך את עלות הפקת האנרגיה מהמתקן (כולל עלות תחזוקת המתקן) לאחר השלמתו. מומלץ לבצע זאת על פי מדד קבוע, כגון עלות הפקת קילוואט-שעה חשמל.

בהשוואת העלות של מקורות אנרגיה שונים, יש להתחשב גם בצפי לעתיד של התייקרות (על פי קצב התייקרות לאורך השנים, ועל פי כמות המשאב הניתנת לניצול). לדוגמא: כמות הדלקים המחצביים על פני כדור הארץ היא סופית, וככל שהכמות הניתנת לניצול מצטמצמת, כך עולים המחירים.

היבטים סביבתיים:

בבחירת מקור אנרגיה יש להתחשב בשיקולים רבים שאינם מיידיים, כגון:

• מהם תוצרי הלוואי (פסולת) של מקור האנרגיה?

• מהן ההשפעות על הסביבה של הקמת המתקן להפקת אנרגיה ממקור זה?

זמינות:

• מהם הסיכויים לאספקה שוטפת של אנרגיה ממקור זה לטווח ארוך (כולל שיקולים פוליטיים כגון אספקת נפט ממדינות אופ"ק).

לכל שימוש של אנרגיה קיימות דרישות משלו. אין הדרישות עבור אספקת חשמל לחווה בודדת המרוחקת ממקומות יישוב דומות לאספקת חשמל לבית הנמצא בעיר גדולה ומחובר לרשת חשמל מרכזית.

לכן אין מקור אנרגיה אחד המתאים לכל היישומים.

3.3.1 פעילות השוואה בין מקורות אנרגיה

יוצגו לפניך **תמונות צבעוניות** (כמו לדוגמא אלו המופיעות באתר האנרגיה) של מתקנים שונים הקשורים באנרגיה:

- תחנת כוח (פחם).
- תחנת כוח (גרעינית).
- שמש - מגדל שמש.
- שמש - תנור שמש.
- אוכל.
- דלקים מחצביים.
- סכר עם מפל מים (תחנת כוח הידרואלקטרית).
- טחנת רוח.
- גייזר (מים חמים הפורצים כמזרקה מכדור הארץ).

עליך לענות על השאלות הבאות בהקשר לתמונות אלו:

- מהו לדעתך מקור האנרגיה **המתאים ביותר לשימוש למדינת ישראל**?
- מהו לדעתך מקור האנרגיה שהקמת המתקנים להפקתו היא **הזולה ביותר**?
- מהו לדעתך מקור האנרגיה **הזול ביותר לשימוש**?
- מהו לדעתך מקור האנרגיה **הבטוח ביותר לשימוש**?
- ניצולו של איזה מקור אנרגיה **מזיק בצורה מינימלית לסביבה**?
- לגבי כל מקורות האנרגיה, התייחס לכמות האנרגיה שהוא יכול לספק: האם מקור אנרגיה זה יכול להספיק לצורך אספקה שוטפת של אנרגיה למדינת ישראל? לעיר גדולה? או למשפחה בודדת?

3.3.2 היבטים בבחירת מקורות אנרגיה זמינים לשימוש האדם^א

בחירת מקור אנרגיה לשימוש האדם תלויה בגורמים רבים. **חקירת היתרונות והחסרונות של כל אחד ממקורות האנרגיה דורשת חשיבה ביקורתית בנושא רב תחומי.**

היבטים מדעיים של הבעיה כוללים את הפרמטרים של מקור האנרגיה וניצולו:

♣ **כיצד נוצר מקור אנרגיה זה?**

♣ האם הוא **זמין** (ניתן להשתמש בו) בכל מקום, או רק במקומות מסוימים?

♣ איזו **תשתית** יש להכין כדי להתחיל לנצל מקור אנרגיה זה?

♣ האם מקור אנרגיה זה הוא **מתכלה**, או שהוא מקור **מתחדש**?

♣ מהי **כמות ההשקעה** הנדרשת להפקת האנרגיה ממקור אנרגיה זה?

♣ האם נגרם **נזק לסביבה** כתוצאה מניצול מקור אנרגיה זה?

קיימים גם **היבטים נוספים** המשפיעים על ההחלטה לגבי בחירת מקור אנרגיה מסוים:

היבטים כלכליים:

♣ כמה **כסף וזמן נדרשים להקמת התשתית** להפקת אנרגיה ממקור זה?

♣ כמה **כסף ומשאבים דרושים להפקת אנרגיה** ממקור זה (תפעול שוטף)?

♣ כמה **כסף עולה הטיפול בחומרי הפסולת** הנוצרים כתוצאה מהפעלת מקור אנרגיה זה?

♣ מה **מיקום מקור האנרגיה ביחס למקום השימוש בה**? האם מקור האנרגיה נמצא בקרבת

המקום בו נדרשת האנרגיה, או שיש צורך להעביר את האנרגיה המופקת ממקור אנרגיה זה אל

המקום בו מבוצע שימוש באנרגיה? מה ההשקעות הכרוכות בהעברה זו?

היבטים חברתיים:

♣ כיצד משפיע השימוש במקור אנרגיה זה על אורח החיים? וכיצד קשור אורח החיים לצריכת

האנרגיה? לדוגמא, בתים אקולוגיים המספקים לעצמם את צורכי האנרגיה שלהם, מחייבים דרך

חיים שונה מאורח החיים המודרני. דוגמא אחרת: שימוש בתנור שמש לחימום מזון מחייב שעות

ארוכות לבישול, לעומת דקות במיקרוגל. קיימים הבדלים בשימוש במקורות אנרגיה לבית בודד,

לעומת בתים משותפים, וכן בצריכת אנרגיה בעיר לעומת צריכת אנרגיה בכפר.

היבטים סביבתיים:

♣ האם נגרם לתושבי הסביבה **נזק** כתוצאה מהשימוש במקור אנרגיה זה? רעש, זיהום אוויר,

רעילות, קרינה רדיואקטיבית, וכו'.

היבטים מדיניים:

♣ האם מקור אנרגיה זה נמצא בארצות מסוימות בלבד?

♣ מה מערכת היחסים של ישראל עם המדינות המייצרות מקור אנרגיה זה?

♣ האם מובטחת אספקת אנרגיה ממקור זה לטווח ארוך מאותה מדינה?

^א מתוך פרק 3 באתר האנרגיה.

3.3.3 אנרגיה - שאלון ודיון

שאלון לגבי אחד ממקורות האנרגיה בשימוש האדם:

המורה בחר לקבוצתכם מקור אנרגיה מסוים. עליכם להתייחס לנקודות הבאות הקשורות למקור אנרגיה זה:

- ✦ תארו את מקורות האנרגיה מהם נוצר מקור אנרגיה זה, עד למקור האנרגיה הראשוני. נתונים לגבי מקורות האנרגיה השונים נמצאים באתר (בתקליטור).
- ✦ מהן הדרכים להפקת אנרגיה מהמקור וכיצד ממירים אנרגיה זו לאנרגיה זמינה (שימושית)?
- ✦ מהו התהליך בו נוצר מקור אנרגיה זה (ממקורות אנרגיה קודמים)?
- ✦ באילו טכנולוגיות משתמשים היום לניצול מקור אנרגיה זה?
- ✦ אם מקור אנרגיה זה אינו מנוצל במלואו כיום, מהו המחיר הנדרש לפיתוח טכנולוגיות שיאפשרו ניצול יעיל של מקור אנרגיה זה (ניתוח כלכלי)?
- ✦ כמה זמן יידרש להחזר הוצאות ההקמה של מתקן להפקת אנרגיה שימושית ממקור זה?
- ✦ מהן הוצאות הטיפעול של מקור אנרגיה זה?
- ✦ מהי ההשפעה של ניצול מקור אנרגיה זה על הסביבה (אקולוגיה)?
- ✦ לאיזה סוג אוכלוסייה מתאים מקור אנרגיה זה (מדינות מתועשות, מתפתחות, ...)?
- ✦ מהו היקף הניצול של מקור אנרגיה זה בישראל בפרט, ובכל אחת מארצות העולם בכלל, יחסית לצריכת האנרגיה הכוללת בעולם? הבחינו בין ארצות מתפתחות לעומת ארצות מפותחות.
- ✦ האם ניצול מקור אנרגיה זה מתאים לבית פרטי, לעיר, למדינה, או ליבשת? מדוע?
- ✦ האם ניתן להשתמש במקור אנרגיה זה בכל מקום או האם נדרשים תנאים מיוחדים?
- ✦ מהי ההערכה לכמות האנרגיה הכוללת שניתן להפיק ממקור זה (סדרי גודל)?
- ✦ האם מקור אנרגיה זה מתכלה? אם כן, הערך את הזמן שמקור אנרגיה זה יספיק לבני האדם.
- ✦ השווה בין מקור האנרגיה שניתן לקבוצתך לבין מקורות אנרגיה אחרים.

דיון כיתתי בתשובות שהשיבו התלמידים לשאלות בשאלון (לגבי כל אחד ממקורות

האנרגיה בשימוש האדם):

לאחר הצגת השאלון שמילאתם בבית עבור מקור האנרגיה שהמורה בחר עבורכם, דונו עבור כל מקור אנרגיה בשאלות הבאות (השוואה בין מקורות האנרגיה מהיבטים שונים):

היבט מדעי וטכנולוגי:

- ✦ מהו מקור האנרגיה הראשוני? ומהו התהליך בו נוצר מקור האנרגיה לגביו מילאתם את השאלון (ממקורות אנרגיה קודמים)?
- ✦ מהן הדרכים להפקת אנרגיה מהמקור? וכיצד ממירים אנרגיה זו לאנרגיה זמינה?
- ✦ באילו טכנולוגיות משתמשים היום לניצול מקור אנרגיה זה?

היבט כלכלי:

- ♣ מהו **המחיר** הנדרש לפיתוח טכנולוגיות לניצול מקור אנרגיה זה (ניתוח כלכלי)?
- ♣ כמה זמן יידרש **להחזר הוצאות ההקמה** של מתקן המרת האנרגיה של מקור זה לאנרגיה שימושית?
- ♣ מהן ה**הוצאות התיפעול** של מקור אנרגיה זה?

היבט חברתי וסביבתי:

- ♣ מהי ההשפעה של ניצול מקור אנרגיה זה על הסביבה (**אקולוגיה**)?
- ♣ לאיזה סוג אוכלוסייה מתאים מקור אנרגיה זה (מדינות מתועשות, מתפתחות, ...)?

היבטים נוספים:

- ♣ מהו ה**יקף הניצול** של מקור אנרגיה זה בישראל ובארצות אחרות יחסית לצריכת האנרגיה הכוללת בעולם? האם לדעתכם כדאי להשתמש במקור אנרגיה זה בישראל?
- ♣ האם ניצול מקור אנרגיה זה מתאים לבית פרטי, לעיר, למדינה, או ליבשת? מדוע?
- ♣ האם ניתן להשתמש במקור אנרגיה זה **בכל מקום** או האם דרושים תנאים מיוחדים?
- ♣ מהי **כמות האנרגיה הכוללת** שמאפשר מקור זה?
- ♣ האם מקור אנרגיה זה **מתכלה**? אם כן, הערך את הזמן שמקור אנרגיה זה יספיק לאדם.
- ♣ איך מקור אנרגיה זה משתווה למקורות אנרגיה אחרים?

הכוונה היא ללמוד **לנתח נתונים מהיבטים שונים**, כדי להעריך בצורה אינטליגנטית אילו מקורות אנרגיה מתאימים עבור איזו מדינה, ולאילו מקורות אנרגיה כדאי להקצות משאבים למחקר לעתיד. להלן מובאת דוגמא לסוג שאלון שכדאי שימלאו כל התלמידים בשכבה **בסיום הקורס (תחילה מופיע ההסבר, ולאחריו השאלון המקורי)**:

3.4 "משאל עם" על כדאיות ההשקעה במקורות אנרגיה חלופיים

"משאל האנרגיה" משפיע על האדם - מקורות האנרגיה הפוסיליים (נפט פחם, וכו') בעולם מוגבלים, ולא יוכלו לספק את צורכי האנרגיה של האדם בעתיד.

ככל שהמדינה מפותחת יותר, קצב צריכת האנרגיה שלה גדל. מדינות שונות נמצאות בשלבי התפתחות שונים. קצב מוגבר של צריכת אנרגיה ממקורות האנרגיה הנוכחיים משפיע באופן שלילי על איכות הסביבה. העולם החליט למצוא פתרונות לבעיות אלו, והחלט להקציב משאבים למציאת מקורות אנרגיה חלופיים. קבוצות "חוקרים" שונות בבית הספר יבדקו את מקורות האנרגיה השונים, ויציגו לפניך את יתרונותיהם וחסרונותיהם מהיבטים שונים.

עליך לדרג (בהתאם לשיקול דעתך) בשאלון שקיבלת את מקורות האנרגיה השונים או האמצעים (מתקנים) לניצול אנרגיה. תוצאות משוקללות של "משאל עם" זה של כל התלמידים עשויות לעזור למקבלי ההחלטות להחליט באילו מקורות אנרגיה חלופיים כדאי להשקיע את המשאבים שהוקצו לנושא.

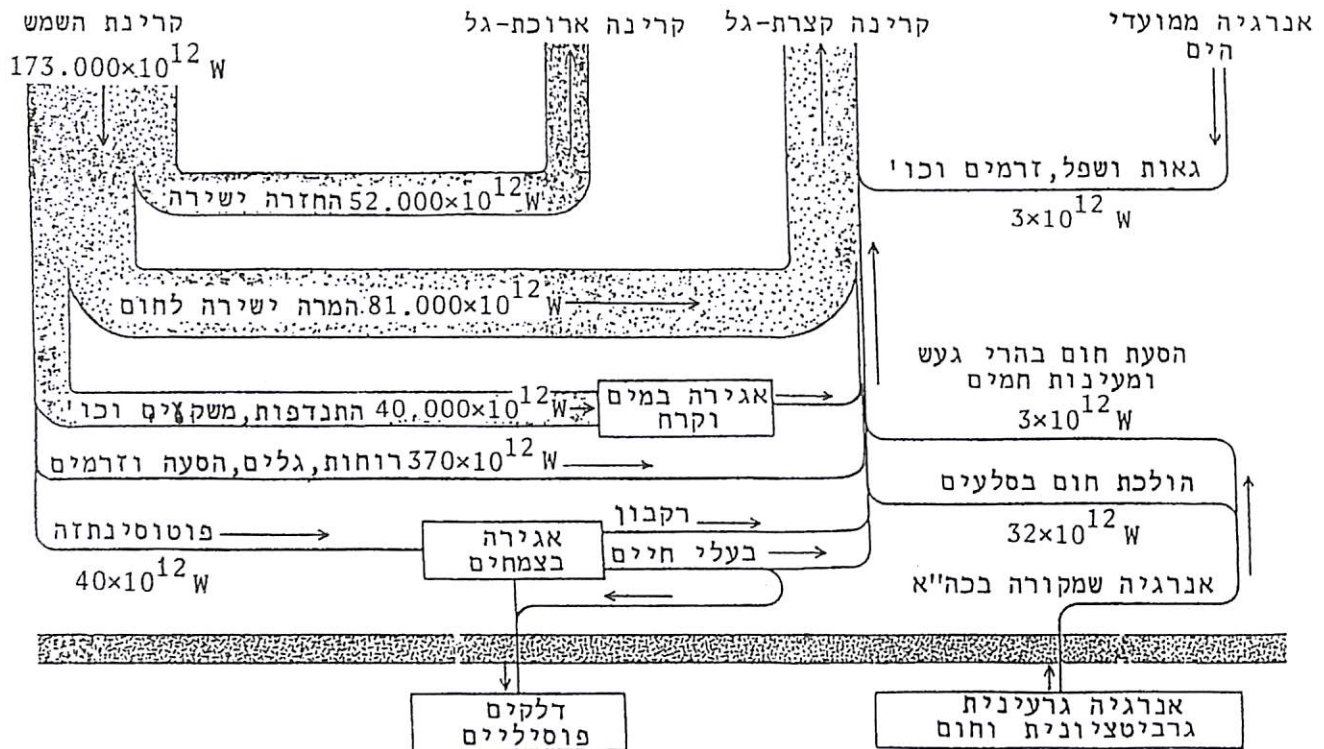
בנוסף למקורות אנרגיה מופיעים בשאלון שני צרכני אנרגיה גדולים: הבית והמכונית. גם אותם עליך לדרג, מכיוון שפיתוח מכונית שאינה צורכת כמות רבה של דלק, ופיתוח בית אקולוגי שצריכת האנרגיה שלו נמוכה, ואינו מזיק לסביבה, יקטינו את צריכת האנרגיה של האדם. השאלון עצמו מופיע מצורף בדפי הפעילויות. להלן דוגמא של קטע מהשאלון כדי לקבל מושג כיצד הוא נראה:

מקור אנרגיה, או מתקן לניצול אנרגיה					נמוך				גבוה
					1	2	3	4	5
פחם (כדלק לתחנת הכוח)									
עלות פיתוח הטכנולוגיה									
עלות הפקת אנרגיה בשיטה זו									
גרימת נזק לסביבה									
כדאיות פיתוח (לדעתך)									

בצורה הדומה לטבלה זו בה מופיע הפחם, מתייחסים אל: כור גרעיני (ביקוע), שמש, ביומסה, רוח, בריכות שמש, הידרו-אלקטרי, מכונית, בית אקולוגי.

3.5 דוגמא: השמש כמקור אנרגיה

השמש מהווה (בצורה ישירה או עקיפה) את המקור לרוב סוגי האנרגיה המנוצלים כיום על ידי בני אדם. בדיאגרמה המצורפת מתוארת זרימת האנרגיה המגיעה לכדור הארץ מהשמש:



מן הדיאגרמה רואים כי מתוך קרינת השמש הפוגעת בכדור הארץ:

- כ - 30% מוחזרת ומפוזרת לחלל על ידי אטמוספירת כדור הארץ.
- כ 47% נבלעת במי האוקיאנוסים וביבשות.
- כ 23% גורמים לאידוי מי האוקיאנוסים ויוצרים את מזג האוויר ואת מעגל המים בטבע (גשמים, שלגים, רוחות וגלים).
- כ 0.02% נקלטים על ידי הכלורופיל בצמחים הירוקים בתהליך הפוטוסינתזה.

מתוך סעיף 3.6 באתר.

3.5.1 ניצול אנרגיית השמש

השמש פולטת אנרגיה בצורת קרינה אלקטרומגנטית המתפשטת לכל הכיוונים במידה שווה. דרכי ניצול הקרינה הן:

בטבע – מחזור המים, מזג האוויר, זרמי האוקיינוס, שרשרת המזון, יצירת מקורות האנרגיה המחצביים (פוסיליים) לפני מיליוני שנים.

על ידי האדם – דודי שמש, בריכות אידוי, תאי שמש, תנור שמש, מגדל שמש, בריכת שמש.

על ידי בעלי חיים – אור, חום, מזון, תהליכים ביולוגיים.

על ידי צמחים – פוטוסינתזה.

3.5.2 יתרונות אנרגיית השמש

- אנרגיית השמש ניתנת לניצול בצורה חופשית, ללא קשר למצב הפוליטי בעולם (מדינות הנפט).
- ניצול אנרגיית השמש אינו יוצר זיהום אוויר.
- אין הגבלה מעשית לפרק הזמן לו תספיק אנרגיית השמש (מיליוני שנים...), שלא כמו לגבי מאגרי הדלק למיניהם: נפט, פחם וכו'.
- פרט לעלות ההתקנה של המתקן לניצול אנרגיית השמש, והתחזוקה השוטפת שלו, אין כמעט הוצאות בניצול אנרגיית השמש. דוגמא לכך הם תנורי השמש לשימוש ביתי במדינות המתפתחות.
- אנרגיית השמש ניתנת לניצול כמעט ללא תלות במיקום גיאוגרפי, פרט לאזורי הקטבים.
- לאיסוף אנרגיית השמש ניתן להשתמש בשטחי המדבריות, התופסים חלק ניכר מפני כדור הארץ, ואינם מנוצלים. הבעיה שעדיין לא מצאה פתרון אופטימלי היא כיצד לאגור את אנרגיית השמש ולהעבירה למקומות היישוב.
- פרויקטים גדולים של תחנות לקליטת קרינת השמש על ידי תחנות חלל הנמצאות מחוץ לאטמוספירה של כדור הארץ נמצאים בשלבי תכנון שונים. שוקלים את האפשרות שאנרגיה זו תישלח לתחנות קליטה על פני כדור הארץ, או לחלליות שאינן מוארות באור השמש, באמצעות אלומת קרינת מיקרוגל או לייזר.

3.5.3 הקשיים בניצול אנרגיית השמש

- למרות הכמות העצומה של אנרגיה מהשמש המגיעה לפני כדור הארץ, קשה לנצל מכיוון שצפיפותה נמוכה (עוצמת קרינה נמוכה ליחידת שטח). כדי לנצל את אנרגיית השמש נדרש שטח גדול של קולטים בצורת בריכות מים, תאים פוטואלקטריים (תאי שמש), או מראות המרכזות את הקרינה למערכת המשתמשת בה.
- האנרגיה מן השמש אינה ניתנת לניצול רצוף (כל הזמן). היא אינה מגיעה למקום נתון בשעות הלילה, וכמותה פחותה בימים מעוננים או בחורף. כדי לנצל את אנרגיית השמש בצורה יעילה, יש לפתח שיטה לאגירת האנרגיה מן השמש לניצול בשעת הצורך.
- לניצול קרינת השמש דרוש שטח מואר גדול, ובשטחים מאוכלסים בצפיפות קיימת מגבלה על שטח כזה. פתרונות לכך בשטח עירוני הם ניצול גגות ו/או חלונות הפונים לשמש.

- מכיוון שמחיר הדלקים המקובלים אינו גבוה (בינתיים ...), לא הושקעו עד עתה משאבים מתאימים במחקר לדרכי ניצול של קרינת השמש.

3.5.4 נושאים נוספים הקשורים לקרינת השמש בחיי היום יום

קיימים נושאים רבים נוספים הקשורים לקרינת השמש, וניתן למצוא עליהם מידע בספרות או באינטרנט. דוגמאות לנושאים כאלה:

- מהי השפעת **צבע הגוף הקולט** על קליטת אנרגיית השמש?
- האם יש אמת באמונה שהבגד **השחור** בו עטופים תושבי המדבר עוזר להם בהתמודדות עם החום?
- מה קורה לעור הגוף כשהוא נחשף לקרינת השמש?
- האם כל בעל צבע עור כהה חסין יותר בפני נזקי קרינת השמש?
- מהו **המלאנין**, וכיצד הוא פועל בעור?
- מהן דרכי ההתמודדות של האדם עם תנאי אקלים חם (כמו לדוגמא במדבר)?
- האם יש קשר בין קרינת השמש לגדילה והתפתחות של האדם? ושל בעלי החיים? ושל צמחים?
- האם יש קשר בין קרינת השמש לעמידות הגוף בפני מחלות?
- האם כל סוגי הצמחים זקוקים לקרינת השמש?
- האם ייבוש כביסה בשמש עדיף על פני ייבוש הכביסה במייבש כביסה? מבחינת העלות, השמירה על ה בד, נוחיות הביצוע, תלות בתנאי הסביבה לצורך ביצוע הייבוש, וכו'.

3.5.5 שאלות לדיון כיתתי בנושא "השמש כמקור אנרגיה וחיים":

- אלו תהליכי חיים מושפעים על ידי השמש?
 - האם ייתכנו **חיים** ללא השמש?
 - האם אי פעם תיגמר האנרגיה המוקרנת מן השמש? אם כן, האם ביכולתך לשער סדר גודל לזמן זה?
 - האם ידוע לך על **יצורים חיים הממירים ישירות את אנרגיית השמש** לאנרגיה יעילה? אם כן, כיצד הם מבצעים זאת?
 - כיצד **יצורים בעלי דם קר (זוחלים)** מנצלים את אנרגיית השמש?
 - מהו מקור האנרגיה של השמש? (מיזוג גרעיני).
 - כיצד קשורה השמש לכל שאר מקורות האנרגיה שהאדם משתמש בהם (נפט, מזוט, בטומן, פחם, כבול, ...)?
 - מהן **השיטות בהן האדם ממיר את קרינת השמש לצורות אנרגיה אחרות?** (פירוט על פי סוג הטכנולוגיה):
- המרה ישירה לחשמל** - תאים פוטו-וולטאיים (תאי שמש, או תאים סולריים).
- חימום מים** – דוד שמש, בריכת שמש.
- אידוי נוזל** – בריכות אידוי, ...

- **ריכוז הקרינה** – תנור שמש, מגדל שמש, חברת "לוז" (או כיום "סולל") לניצול קרינת השמש.
- כיצד משפיעה קרינת השמש על **העור** (שיזוף, סרטן עור, מלאנין, ...).
- כיצד גורמת קרינת השמש להיווצרות **רוח**?
- מה הקשר בין קרינת השמש ל**מזון** שאנו אוכלים?
- לשם מה זקוק ה**אדם** לאור השמש?
- האם ניתן להפעיל **מכונות** באמצעות ניצול ישיר של קרינת השמש?
- מהן ה**שיטות** באמצעותן ניתן ל**אגור** את האנרגיה המוקרנת מן השמש?
- אילו **אלמנטים אופטיים** עוזרים באיסוף קרינת השמש (עדשת פרנל ויתרונה לעומת עדשות זכוכית רגילות, קולט פרבולי – מראה קעורה גדולה)?

3.6 דיון כיתתי במקורות האנרגיה שישמשו את האדם בעתיד

לסיכום בצעו את הפעילות הבאה בקבוצות (דף הפעילות המכיל את המקום למילוי המידע מופיע בדפי הפעילות המצורפים).

מקורות האנרגיה שישמשו את האדם בשנת 2050, ובשנת 2100

כתבו סיכומים קצרים המתארים, לדעתכם, את מקורות האנרגיה בהן ישתמש האדם בשנת 2050, ובשנת 2100. התייחסו לשני המועדים בנפרד, אחד לאחר השני.

התייחסו בעבודתכם לנקודות הבאות:

♣ **בכמה לפי הערכתכם תיגדל או תיקטן (באחוזים) צריכת האנרגיה של האדם?** הסבירו את טיעוניכם. שימו לב לתאריכים בהם ייגמרו דלקים מסוגים מסוימים. התייחסו לקצב הגידול של האוכלוסייה בעולם.

♣ **מה תהיה לפי דעתכם החלוקה היחסית באחוזים של צריכת האנרגיה לפי סוג הצרכנים:** תחבורה, תעשייה, צריכה ביתית, חקלאות, צריכה מסחרית. האם יהיו סוגי צרכנים נוספים?

♣ **אילו מקורות אנרגיה יספקו את צורכי האנרגיה של האדם?** העריכו באחוזים את חלקו היחסי של כל מקור אנרגיה, כאשר סך כל האחוזים של כל מקורות האנרגיה יהיה 100%. לכל קביעה צרפו את נימוקיכם. יש להתייחס גם לדרך הניצול המדוייקת של מקור האנרגיה כמו לדוגמא: מגדל שמש, תאי שמש, וכי, ולא סתם לכתוב אנרגיית שמש.

בחרו מתוך המקורות הבאים, ו/או הוסיפו מקורות נוספים כרצונכם:

מקורות אנרגיה מחצביים (פחם, נפט, ...), גרעין (ביקוע, מיזוג), שמש (ניצול ישיר, הפיכה לאנרגיה חשמלית, ...), מים זורמים - אנרגיה הידרואלקטרית (גיאותרם, נהרות, ...), גיאותרמי, ביומסה, רוח, כימית (תאי דלק, מימן, ...).

בכל הפעילות מומלץ להשתמש במפת המושגים על הנושא: "אנרגיה בהיבט רב תחומי" (מופיעה כנספח 1 לחוברת).

4. משבר מקורות האנרגיה

מהי בעיית מקורות האנרגיה הזמינים בעולם?

כיום בעיית "משבר האנרגיה" אינה נראית לציבור הרחב כבעיה דוחקת. זאת למרות שאנו יודעים שמקורות האנרגיה בכדור הארץ מוגבלים (!). בשנת 2000 נראה כאילו משק האנרגיה העולמי נמצא במצב של יציבות יחסית, וקיימת אשליה, שאחרי משברי הדלק של שנות השבעים והשמונים ולאחר מלחמות אירן-עירק ומלחמת המפרץ התייצב משק האנרגיה העולמי. שוכחים כי **קיימת בעיה עולמית של עתודות (רזרבות) של מקורות אנרגיה.**

4.1 מהי צריכת האנרגיה של האדם? ^א

אנשים מתרבויות שונות צורכים בפרק זמן נתון אנרגיה בכמויות שונות. בפרק 6 באתר: "אנרגיה ואדם", מוסבר כי צריכת האנרגיה מהווה מדד להתפתחות הטכנולוגית ורמת החיים של האוכלוסייה.

ההתייחסות שלנו תהיה לסדרי גודל של צריכת אנרגיה בפרק זמן נתון, תוך הסתכלות על צריכה ממוצעת.

כדי להבין מה המשמעות של צריכה מוגברת של משאבים שכמותם סופית, או של גידול מעריכי (אקספוננציאלי) של אוכלוסייה, מומלץ תחילה לעיין בנושא: מהו "משבר האנרגיה" - משמעות הגידול המעריכי?

מומלץ לשלב לימוד נושא זה עם פעילויות בגיליון אלקטרוני לגבי צריכת אנרגיה בישראל.

ההתייחסות באתר האנרגיה היא לצרכנים שונים על פי הפירוט:

- ♣ צריכת חשמל ביתית.
 - ♣ צריכת אנרגיה בתעשייה.
 - ♣ צריכת אנרגיה של אמצעי תחבורה.
 - ♣ נתונים על צריכת אנרגיה בעולם ובישראל.
 - ♣ כיצד בונים בית עם מינימום צריכת אנרגיה (בית אקולוגי)?
 - ♣ כיצד מקטינים את צריכת הדלקים של כלי תחבורה?
- בנוסף כדאי לדון גם בשיטות באמצעותן ניתן להקטין את צריכת האנרגיה.

^א על פי פרק 4 באתר האנרגיה.

4.2 "משבר האנרגיה" העולמי - משמעות הגידול המעריכי (אקספוננציאלי)^{♦♦}

נושא זה מחולק למספר תת-נושאים (מתחומים לכאורה בלתי קשורים ביניהם כגון מתמטיקה, ביולוגיה, פיזיקה, וכלכלה).

כדי להבין את הנושא יש לדעת:

- 4.2.1 מהו גידול מעריכי (אקספוננציאלי)?
- 4.2.2 מהו הזמן הנדרש כדי שגודל הגדל בגידול אקספוננציאלי יוכפל פי 2?
- 4.2.3 מהן החזקות של 2, וכיצד הן גדלות?
- 4.2.4 מהי בעיית הגידול האקספוננציאלי בסביבה סגורה?
- 4.2.5 מהם הנתונים על קצב גידול האוכלוסיה בעולם?
- 4.2.6 מה הקשר בין בעיית מקורות האנרגיה הזמינים בעולם לבין בעיית החיידקים בבקבוק?

4.2.1 מהו גידול מעריכי (אקספוננציאלי)?

כאשר גודל כמותי מדיד, גדל באחוז קבוע בפרק זמן נתון, הגידול נקרא **גידול אקספוננציאלי**. לדוגמא אפשר להתייחס לצריכה של משאב כלשהו (במקרה של צריכת אנרגיה ניתן לדוגמא למדוד את הצריכה ביחידות של חביות נפט לשנה, או בשווה ערך לשריפת טון נפט לשנה). אם צריכת המשאב השנתית גדלה כל שנה באחוז מסוים, הגידול בצריכת המשאב הוא גידול אקספוננציאלי. למעשה גדלים רבים ושונים גדלים באופן אקספוננציאלי כגון: גידול אוכלוסייה **בתנאים אידיאליים**, התפשטות מגיפות, התרבות חיידקים, גידול חוב כספי או השקעה כספית בריבית קבועה, ... ניתן להבין את הנושא גם ללא הפיתוח המתמטי המופיע במסגרת הבאה, רק באמצעות הבנת הדוגמאות של גידול החיידקים בבקבוק, ולוח השחמט.

^{♦♦}על פי מאמרו של אלברט ברטלט:

A. A. Bartlett: "Forgotten Fundamentals of the Energy Crisis",

Am. J. Phys, 46(9), pp. 876-888, Sept. 1978.

תרגום של חלקו הרלבנטי של מאמר זה פורסם במדריך למורה של הספר: "אנרגיה הבעיה, מקורות והפקה", ח. גולדרינג, המחלקה להוראת המדעים.

הפונקציה המעריכית (אקספוננציאלית) (למתעניינים במתמטיקה בלבד):

$$N = N_0 \cdot e^{\lambda t}$$

$$\ln N = \ln N_0 + \lambda t$$

$$\ln(N/N_0) = \lambda t$$

נוח להתייחס לזמן הכפלה (T_2). הכפלה פירושה פעמיים הגודל המקורי:

$$N = 2N_0$$

$$\ln 2 = \lambda T_2$$

$$T_2 = \ln 2 / \lambda$$

$$\ln 2 = 0.69315 \sim 0.7$$

$$\lambda [\%] = \lambda \cdot 100$$

הנתון λ המופיע בהמשך החישובים הוא המספר הנתון באחוזים.

$$T_2 = \ln 2 \cdot 100 / \lambda \sim 70 / \lambda$$

$$T_2 \sim 70 / \lambda$$

זוהי נוסחה מקורבת שקל לזכור, ולחשב באמצעותה סדר גודל של זמן הכפלה.

תכונה חשובה ביותר של גידול אקספוננציאלי היא שהזמן הדרוש להגדלת הגודל פי שבר מסוים הוא קבוע. לדוגמא, גידול של 5% (שבר מסוים) בשנה (פרק זמן קבוע) הוא גידול אקספוננציאלי.

4.2.2 מהו הזמן הדרוש כדי שגודל הגדל בגידול מעריכי יוכפל פי 2?

לגודל הגדל גידול אקספוננציאלי נוח להתייחס על פי פרק הזמן הדרוש להכפלתו (פי 2) (כלומר גידול ב 100%) – זהו זמן הכפלה T_2 .

כפי שניתן לראות מהפירוט המתמטי, זמן הכפלה מתייחס בקירוב לאחוז הגידול P על פי:

$$T_2 = 70/P$$

לדוגמא, עבור גידול אקספוננציאלי של 5% בשנה, זמן הכפלה בשנים הוא:

$$T_2 = 70/5 = 14$$

חשוב לציין כי הכפלה פירושה גידול פי 2, ולכן כל הכפלה מגדילה את הגודל המקורי פי חזקה נוספת של 2.

לדוגמא:

קצב גידול של 7% בשנה גורם להכפלה כל 10 שנים:

$$P = 70/7 = 10$$

4.2.3 מהן החזקות של 2, ופיצד הן גדלות?

האגדה מספרת על מתמטיקאי שהמציא את משחק השחמט, שהמלך רצה לגמול לו על המצאתו. המתמטיקאי ביקש גרעין חיטה עבור המשבצת הראשונה של לוח השחמט, 2 גרעיני חיטה עבור המשבצת השנייה, והכפלת מספר הגרעינים עבור כל משבצת נוספת (ראה טבלה 1).

מספר משבצת	גרעינים על המשבצת	סך כל הגרעינים על המשבצות שמולאו
1	1	1
2	2	3
3	4	7
4	8	15
5	16	31
6	32	63
7	64	127
...		
64	2^{63}	$2^{64}-1$

טבלה 1: מילוי גרעיני חיטה על לוח השחמט.

מספר הגרעינים עבור המשבצת האחרונה בלוח השחמט הוא 2^{63} , וסך כל הגרעינים עבור לוח השחמט הוא:

$$2^{64}-1$$

כמות זו עולה על כמות גרעיני החיטה בעולם (!).

בדוגמאות שהבאנו הגידול האקספוננציאלי היה מאופיין על ידי הכפלה, והכפלות נשנות מובילות למספרים גדולים.

התוספת בכל הכפלה שווה לסכום כל הגדלים שקדמו לגידול זה.

4.2.4 בעיית גידול אקספוננציאלי בסביבה סגורה (חיידקים בבקבוק)

כדוגמא של גידול אקספוננציאלי בסביבה סגורה (סופית), נבחר בחיידק המתרבה באמצעות התחלקות ל - 2 של כל חיידק. כלומר, אם מתחילים מחיידק אחד, מקבלים לאחר התחלקות ראשונה 2, לאחר התחלקות שניה 4, וכך הלאה, כמו בגרעינים על לוח השחמט.

נניח שהזמן בין התחלקות להתחלקות (השווה גם לזמן הכפלה) הוא 1 דקה.

שמים חיידק אחד בבקבוק בשעה 11:00, ורואים שהבקבוק התמלא בחיידקים בשעה 12:00. השאלות שניתן לשאול הן:

1. מתי היה הבקבוק חצי מלא?

2. אילו היית חיידק בבקבוק, מתי היית מרגיש שקיימת בעיה של מקום בבקבוק?

3. נניח שבשעה 11:58 הרגישו החיידקים שבקרוב לא יישאר בבקבוק מקום ריק, והשקיעו מאמצים לחפש מקומות נוספים. בשעה 11:59 הם גילו 3 בקבוקים נוספים (פי 3 מכל המקום שהיה ברשותם מלכתחילה!). לכמה זמן יספיקו המרחבים הנוספים?

מילוי הבקבוק:

שעה	חלק הבקבוק המלא	אחוז הבקבוק המלא	חלק הבקבוק הריק	אחוז הבקבוק הריק
11:54	1/64	1.5%	63/64	98.5%
11:55	1/32	3%	31/32	97%
11:56	1/16	6%	15/16	94%
11:57	1/8	12%	7/8	88%
11:58	1/4	25%	3/4	75%
11:59	1/2	50%	1/2	50%
12:00	מלא	100%	0	0
12:01	2 מלאים	200%		
12:02	4 מלאים	400%		

4.2.5 מהו קצב גידול האוכלוסייה בעולם?

- קצב גידול אוכלוסייה בתנאים אידיאליים, כאשר המזון מצוי בשפע, ואין אויבים, הוא בדרך כלל אקספוננציאלי.
- קצב גידול האוכלוסייה בעולם בסוף המאה ה-20 היה בערך 1.9% בשנה.
- כלומר אוכלוסיית העולם מוכפלת כל 36 שנים !!! (תוספת ממוצעת של ביליון אנשים תוך 12 שנים).
- אקסטרפולציה של קצב גידול זה מובילה למסקנה שבתוך 550 שנה תכסה אוכלוסיית העולם את כל השטח של פני כדור הארץ בצפיפות של אדם לכל מטר מרובע.
- חישוב דומה מראה שמסת בני האדם תגיע למסת כדור הארץ בתוך 1620 שנים (!!!).

מסקנה: קצב הגידול של אוכלוסיית בני האדם חייב להגיע לאפס, ומהר !

בטבלה 2 מופיעים נתוני אוכלוסיית העולם בשנים האחרונות מתוך אתר האינטרנט:

<http://www.census.gov/ipc/www/worldpop.html>

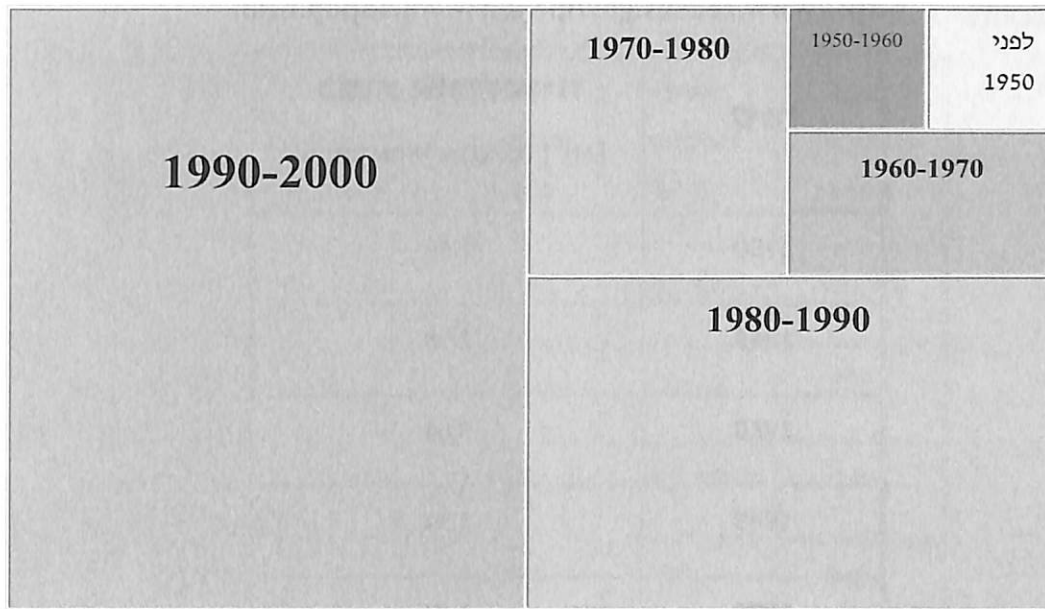
שנה	כמות אוכלוסייה (במיליארדי אנשים) [10⁹]
1950	2.55
1955	2.78
1960	3.04
1965	3.34
1970	3.04
1975	4.09
1980	4.46
1985	4.85
1990	5.28
1995	5.69
2000	6.08

טבלה 2: אוכלוסיית העולם בשנים האחרונות.

בטבלה באינטרנט מופיעים הנתונים המדוייקים בכל שנה, כולל קצב הגידול השנתי הממוצע, וכמות האנשים שנוספו בממוצע כל שנה. הטבלה כוללת גם תחזית גידול אוכלוסיית העולם בכל אחת מהשנים עד לשנת 2050.

4.2.6 מה הקשר בין בעיית מקורות האנרגיה לחיידקים בבקבוק?

השוואת מקרה החיידקים לצריכת האנרגיה העולמית, עם קצב גידול צריכה של 7% בשנה נתונה בדיאגרמה הבאה:



בדיאגרמה זו מופיעה צריכת האנרגיה של האדם מחולקת לעשורים, פרט לתקופת הצריכה הראשונה, הכוללת את כל צריכת האנרגיה של בני האדם עד שנת 1950.

מדיאגרמה זו רואים שכל עשור מוכפלת צריכת האנרגיה של בני האדם !!!

כמו בלוח השחמט, כל עשור צורכים בני האדם כמות אנרגיה השווה לכמות האנרגיה שצרכו בני האדם מתחילת קיום האדם ועד לאותו עשור.

למעשה, כדי לקבל הערכה של סדרי גודל, לא נדרשת ידיעה מדויקת של עתודות הדלקים המחצביים כדי להעריך את פרק הזמן לו הן יספיקו. הדבר נכון עבור כל גידול אקספוננציאלי במערכת סגורה.

מה הקשר בין בעיית גידול האוכלוסייה לחיידקים בבקבוק?

נבחר לצורך החישוב סקלת זמנים בה שניה אחת מסמנת 50 שנה.

מכאן ששעה בסקלה זו מתארת 180,000 שנים, שהם בערך כל תקופת ההיסטוריה האנושית על פני כדור הארץ.

במהלך השניות האחרונות בסקלת זמן זו אוכלוסיית העולם מוכפלת כל שניה, ו"הבקבוק" שלנו כמעט מלא. אם גידול האוכלוסייה יימשך בקצב הנוכחי (וברור כי התנאים אינם מאפשרים זאת...), ה"בקבוק" שלנו יתמלא לחלוטין בתוך שניות ספורות.

שימו לב שלפני שניות מועטות "הבקבוק" היה מלא עד כדי אחוזים בודדים, ולא הרגשנו צפיפות כלל ...

4.3 "משבר הנפט" של שנות השבעים לעומת "משבר מקורות האנרגיה"

בשנת 1960 התארגנו חלק מהמדינות המייצאות נפט בארגון גג שראשי התיבות של שמו באנגלית הן: "אופ"ק":

OPEC = Organization of Petroleum Exporting Countries

מטרת הארגון - לאחד ולתאם את מדיניות הנפט של המדינות החברות בו, לשמור על האינטרסים שלהן ולהגיע לשליטה מלאה על תפוקת הנפט.

בשנת 1970 נמנו על הארגון מדינות המפרץ הפרסי, אינדונזיה, לוב, ניגריה, טרינידד, טובוגו, וונצואלה. מדינות אלה ייצגו כ- 80% מיצוא הנפט בעולם וכ- 50% מתפוקתו העולמית. למרות זאת עד שנות ה-70 לא צבר הארגון כוח בידיו.

בראשית שנות ה-70 חלה התארגנות יעילה של אופ"ק בהנהגת לוב, לעומת היעדר התארגנותן של המדינות הצורכות נפט. התארגנות זו גם התאימה לעמדתן של החברות המסחריות המפיקות נפט (שהיו בינלאומיות באופיין), שמטרתן הייתה רווחים כספיים. כל אלה הביאו לעליית מחירים גדולה. בעקבות מלחמת יום הכיפורים העלו מדינות אופ"ק את מחירי הנפט פי ארבעה והטילו איסור (אמברגו) על יצוא דלק למדינות שונות. הרווח המידי של המדינות המייצאות נפט ושל חברות הנפט הגדולות היה עצום.

לשינויים אלה היו השפעות ניכרות הן לטווח קצר והן לטווח ארוך. במדינות המייבאות נפט פרצו משברים כלכליים שגרמו לאבטלה. הבעיה הכלכלית התבטאה בעיקר במאזן התשלומים שלהן, כאשר תגמולי היצוא לא סיפקו את ההון הדרוש ליבוא הדלק. למשבר זה נוספה באותה עת (בעיקר בארה"ב) מודעות ציבורית גדלה והולכת לבעיות הסביבה; דעת הקהל גרמה לעיכוב הפקת נפט מאזורים חדשים (אלסקה, לדוגמה) ומנעה סידורי פריקה וטעינה נוספים.

המשברים שאיימו על המדינות היו חריפים במיוחד במדינות המתפתחות שמצבן הכלכלי היה גרוע מלכתחילה.

לעומת זאת, התחיל תהליך של זרימת דולרים (פטרודולרים) אל המדינות המייצאות נפט בשיעור חסר תקדים. הכלכלנים מעריכים שמאז פרוץ משבר הנפט זרמו כ- 500 מיליארד דולר למדינות המפיקות נפט ומתוכם כ- 150 מיליארד דולר לסעודיה בלבד.

עליית מחיר הנפט מחד, וזרימת הדולרים למדינות המפיקות מאידך, גרמו לתופעות הבאות:

I. שינוי מהותי בחלוקת ההון בעולם - חלק ניכר מן ההון שהצטבר במדינות המתועשות במשך דורות זרם במשך שנים מועטות בלבד למדינות המייצאות נפט.

II. פיתוח וחיפוש אחר מקורות אנרגיה חלופיים (אלטרנטיביים) - המדינות המתועשות נקטו במדיניות של פיתוח תחליפים לנפט.

בעקבות משבר האנרגיה של 1973 ובעקבות תחזיות פסימיות לגבי העתודות של מקורות אנרגיה בעולם, השקיעו מדינות העולם בשנות השמונים משאבים רבים במציאת חלופות לנפט של אירגון "אופק". בחיפוש אחר מקורות נפט חדשים נתגלו מאגרים גדולים באלסקה ובים הצפוני, ובנוסף פותחו טכנולוגיות המאפשרות שאיבה ממאגרים שנחשבו בעבר ל"ריקים". כתוצאה מכך הוזל מחיר הדלקים, ובעיית האנרגיה נשכחה.

בסוף שנת 2000, עלו שוב מחירי הדלקים לאותה רמת מחירים כפי שהייתה בשנות ה-70.

הגיע הזמן שבני האדם יתעוררו, יבינו את חומרת הבעיה של הכמות הסופית של הדלקים המחצביים, וישקדו על מציאת חלופות למקורות אנרגיה אלו.

4.4 הפקה וצריכה של אנרגיה

אם נבדוק את הרגלי צריכת האנרגיה בעולם, נראה כי ברוב המדינות מבוססת הכלכלה על שימוש בדלק מחצבי (פוסילי). צריכת האנרגיה הכוללת של ארה"ב בשנה וצריכת האנרגיה הממוצעת בארה"ב בשנה מפורטות בטבלה 1 (בנספח) עבור השנים 1949-1999.

טבלה 2 (בנספח) מציגה את צריכת האנרגיה הממוצעת לנפש במשך שנה במדינות שונות בעולם משנת 1980 ועד לשנת 1999 (מתוך נתוני האו"ם). **טבלה 3** מתארת את צריכת האנרגיה הכוללת בשנה של אותן מדינות. נתוני הטבלה מדגישים את חוסר האיזון שבין מיקום מקורות האנרגיה לעומת צריכת אנרגיה במדינות השונות בעולם - המדינות המתועשות צורכות כמויות עצומות של דלק (בממוצע פי שנים ויותר לנפש מהממוצע העולמי) לעומת המדינות המפיקות נפט, הצורכות כמויות מזעריות של אנרגיה. ניתן לבצע עם נתוני טבלאות אלו פעילות לימודיות רבות. למי שיש לו ידע בשימוש בגיליון אלקטרוני, ניתן לטעון לגיליון את הטבלאות מהאתר, ולשרטט גרפים שונים המתארים את כמות האנרגיה שצורכים במדינות השונות.

דוגמא לשאלות לדיון בנושא זה הן:

♣ מה מאפיין מדינות הצורכות בממוצע יותר אנרגיה לנפש מאחרות?

♣ מה ניתן ללמוד מתוך הנתונים על צריכת אנרגיה כוללת של כל מדינה ומדינה בהשוואה לאחרות?

♣ מהם ההבדלים בין קצב הגידול בצריכת האנרגיה הממוצעת לנפש במדינה מפותחת לעומת במדינה מתפתחת?

קצב גידול צריכת האנרגיה במדינות העולם השלישי כגון סין והודו מהיר מזה הקיים במדינות מערביות. עליית מחירי הנפט בשוק העולמי משפיעה על המערכת הכלכלית והחברתית כאחת. אך עלינו לזכור שמשבר מקורות האנרגיה של שנות ה-70 פרץ לא בשל מחסור אבסולוטי במשאבי אנרגיה; הסיבות למשבר היו פוליטיות וכלכליות בעיקרן, ובאו לידי ביטוי בעלייה חדה ופתאומית במחירי הנפט בעולם. כאן רצוי גם לציין שיש להבחין בין משבר מקורות האנרגיה בכלל לבין "משבר הנפט" בפרט: משבר הנפט שפרץ בשנים מסוימות ומוגדרות, נגרם כתוצאה מבעיה פוליטית, ואילו משבר מקורות האנרגיה הזמינים (כולל הנפט) הוא בעיה כללית, הנובעת מסופיות הדלקים המחצביים ומצריכת אנרגיה בלתי-מבוקרת של האוכלוסייה.

ננסה לתאר את משבר הנפט ונבחן את ההיבטים הפוליטיים והכלכליים שלו. לצורך דיון זה מחלקים את המדינות השונות בעולם לשלוש קבוצות:

1. מדינות המפיקות נפט ומייצאות אותו, והן היוצרות את ההיצע.

2. מדינות תעשייתיות המייבאות נפט, והן היוצרות את הביקוש.

3. מדינות מתפתחות המייבאות נפט - תרומתן לרמת הביקוש בשלב זה עדיין קטנה יחסית.

4.5 מה הקשר בין אנרגיה לאדם? (האדם כצרכן אנרגיה)[▲]

האדם הוא חלק מהטבע. כדי לפעול זקוק גוף האדם לאנרגיה. למעשה, כל פעולה בטבע מבוססת על אנרגיה. נתייחס לנושאים הבאים:

✦ **אנרגיה ברמת הפרט - תזונה ואנרגיה.** באתר האינטרנט של המחלקה להוראת המדעים של מכון ויצמן קיים אתר נפרד על נושא זה, בכתובת:

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-junior/nutrition>

✦ **אנרגיה ברמה לאומית - תרבות ואנרגיה.** השמש בתרבויות קדומות, צריכת האנרגיה של מדינות מפותחות לעומת מדינות מתפתחות (מדינות "העולם השלישי"), צריכת האנרגיה של שבטים מבודדים במקומות מרוחקים.

✦ **השתלשלות היסטורית של השימוש במקורות אנרגיה על ידי האדם.**

✦ **הגידול באוכלוסיית העולם והגידול בצריכת האנרגיה - האם יש כאן בעיה?**

סעיפים אלו מאתר האנרגיה אינם כלולים בחוברת לתלמיד.

[▲] מתוך פרק 6 באתר האנרגיה.

5. פעילויות נבחרות

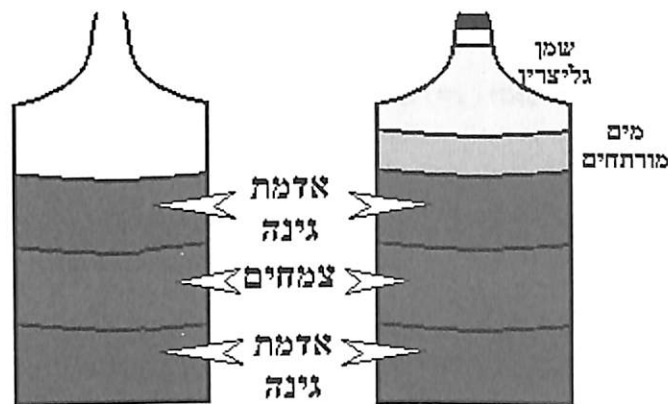
להלן **מדגם** מתוך הפעילויות באתר האנרגיה:

5.1 כיצד נוצרים הדלקים המחצביים? ^א

הכינו 2 כלים גדולים זהים מזכוכית.

מלאו אותם **בכמויות זהות** של אדמת גינה, שימו עליה עלים מהגינה, שיירי צמחים, מעליהם אדמת גינה, וכו'.

בכלי אחד מכסים את החומרים במים שעברו הרתחה, ומעליהם שופכים שכבה של שמן גליצרין למניעת כניסת חמצן פנימה, ובכלי השני אין מוסיפים כלום, כפי שרואים באיור.



את שני הכלים המלאים יש להעמיד **במקום חם** למשך חודשיים - שלושה. לאחר תקופה זו, הוציאו את החומרים מהכלים.

- במה שונים התוצרים שקיבלתם בשני הכלים?
- לאחר הוצאת הנוזלים, וייבוש החומרים, נסו להבעיר את החומרים שהתקבלו בשני הכלים. מאיזה חומר קיבלתם כמות גדולה יותר של אנרגיה?

^א מתוך פעילות 2 באתר האנרגיה.

5.2 יצירת חום[▲]

♣ מהם המנגנונים המוכרים לך ל"יצירת" (הפקת) חום? עבור כל אחד מהמנגנונים תאר איזה סוג אנרגיה הפך לחום.

רמזים:

- מה עושים בחורף כשקר בידים?
- מה עושים כשרוצים להתחמם?
- איך מחממים אוכל?
- איך מחממים מים לרחצה?
- כיצד מחממים דירה?
- איך בעלי חיים שומרים על עצמם מפני הקור?

♣ האם מוכרים לך מנגנונים ה"לוקחים חום" מגוף (מקררים אותו)? הסבר לאן "נעלמת

אנרגיית החום.

- מה עושים כשרוצים לקרר את גופנו?
- איך מקררים אוכל?
- כיצד מקררים דירה?
- איך בעלי חיים מקררים את עצמם?

5.3 מה הקשר בין חום לטמפרטורה?^{▲▲}

מחממים כמויות שוות של נוזלים שונים (מים, שמן, ...) למשך פרקי זמן שווים של כ- 5 דקות (על כירה חשמלית), ורושמים את עליית הטמפרטורה כל 30 שניות. משרטטים גרף של עליית הטמפרטורה כפונקציה של הזמן עבור כל נוזל.

- לעבור אותו פרק זמן, הטמפרטורה של איזה חומר הייתה גבוהה יותר? של המים או של השמן?
 - מה לדעתך מסמנת הטמפרטורה הנמדדת?
 - במה תלויה כמות החום שנאגרה בכל אחד מהנוזלים?
- מחממים כמויות שונות של אותו נוזל למשך פרקי זמן שווים של כ- 5 דקות (על כירה חשמלית), ורושמים את עליית הטמפרטורה כל 30 שניות. משרטטים גרף של עליית הטמפרטורה כפונקציה של הזמן עבור כל כמות.
- מה ניתן ללמוד מהגרף?

[▲] מתוך פעילות 4 באתר האנרגיה.

^{▲▲} מתוך פעילות 6 באתר האנרגיה.

סיכום התיאוריה

כמות החום (Q) המועברת לנוזל ניתנת לרישום באמצעות הנוסחה:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

m = כמות חומר = המסה של החומר.

c = קיבול החום הסגולי של החומר. זהו גודל אופייני של החומר, השונה עבור חומרים שונים. בהתאם ליחידות בהן משתמשים עבור קיבול החום הסגולי, יש לבחור את היחידות בהן משתמשים עבור המסה.

$(T_f - T_i)$ = הפרש טמפרטורות בין הטמפרטורה הסופית (T_f) לבין הטמפרטורה ההתחלתית (T_i).

5.4 כיוון חדרי בית המגורים שלך לעומת כיוון קרינת השמש[▲]

שרטט על נייר תרשים מקורב של חדרי דירתך.

הקף את התרשים בעיגול.

באמצעות מצפן מצא את כיוון הצפון בדירתך, וסמן אותו על העיגול המקיף את שרטוט הדירה. הוסף על השרטוט את החלונות, ואת כיוון הקרינה הבאה מהשמש בשעות הבוקר, הצהריים והערב.

- כמה חדרים בדירתך מקבלים אור וחום מהשמש?
- האם החדרים המקבלים אור מהשמש הם בעלי החלונות היותר גדולים של הדירה?
- האם לדעתך דירתך תוכננה באופן אופטימלי לניצול קרינת השמש? הסבר תוך התייחסות לעונות השנה השונות.

5.5 מה היה קורה היום אילו לא היה חשמל?^{▲▲}

אילו לא היה חשמל, איך הייתם ...

- מבשלים?
- שוטפים כלים?
- מכינים טוסט (לחם קלוי)?
- אופים עוגה?
- שומרים על האוכל שלא יתקלקל?
- מכבסים?
- מחממים את הבית?
- מקררים את הבית?
- מאירים את הבית?

[▲] מתוך פעילות 8 באתר האנרגיה.

^{▲▲} מתוך פעילות 10 באתר האנרגיה.

- מבדרים את עצמכם?
- עולים לקומה העליונה בבניין גבוה?
- מתקשרים לחברכם בקצה העיר?

בקבוצות של 2-3 תלמידים, נסו לסכם את ההבדלים בין חיים ללא חשמל היום, לעומת חיים ללא חשמל בתקופה בה טרם בוצעה אספקת החשמל לבתים. פעילות דומה ניתן לבצע לגבי השאלה לו לא היה לא חשמל ולא גז.

5.6 שימוש במכשירי חשמל ביתיים[▲]

בטבלה רשומים מכשירי חשמל ביתיים. מלאו את הפרטים בטבלה עבור אותם מכשירי חשמל הפועלים בביתכם. על רוב המכשירים מסומן ההספק. כאן מופיע רק חלק מהטבלה כדוגמא. הטבלה עצמה למילוי מופיעה בדפי הפעילות לתלמיד.

סוג המכשיר	הספק צריכת חשמל	מספר שעות פעולה ממוצע ביממה	סה"כ צריכת חשמל ביממה
מקרר			
מזגן לקירור			
מזגן לחימום			
מכונת כביסה			
מייבש כביסה			

5.7 שאלון השוואתי לגבי השימוש במכשירי חשמל ביתיים בתקופות

שונות^{▲▲}

קיימים הבדלים בסגנון החיים בין העבר להווה. בפעילות זו ננסה להשוות את השימוש במכשירי חשמליים אצל אדם מסוים בתקופת ילדותו, לעומת כיום. הפעילות מבוצעת בצורת ראיון עם אדם מבוגר. נסו לראיין אדם מבוגר (ככול שהגיל גבוה יותר, יותר טוב), וביחד עימו מלאו את הטבלה הבאה. כאן מופיע רק חלק מהטבלה כדוגמא. הטבלה עצמה למילוי מופיעה בדפי הפעילות לתלמיד.

[▲] מתוך פעילות 9 באתר האנרגיה.

^{▲▲} מתוך פעילות 11 באתר האנרגיה.

שם המראיין: _____.

שם המרואיין: _____ גיל המרואיין: 40-50, 51-60, 61-70, 71-80, +81.

מקום המגורים של המרואיין בילדותו: עיר, כפר, קיבוץ, מושב, אחר: _____, בארץ או בחו"ל _____.

האם השתמשו במשהו חלופי?	האם המכשיר היה בבית כשהיית קטן?	האם המכשיר נמצא בבית היום?	מכשיר חשמלי	סוג השימוש
			מקלט רדיו	בילוי
			מקלט טלוויזיה	
			מערכת סטריאו	
			מכשיר ווידאו	
			מחשב ביתי	
			מצלמת ווידאו	
			DVD	
			קומפקט דיסק נגן תקליטורים (CD)	
			מזגן	קירור
			מאוורר	
			שמיכה חשמלית	חימום
			רדיאטור	
			מזגן	
			מנורות קיר	תאורה
			מנורות שולחן	
			תאורת הלוגן	
			תאורת פלואורסצנט	
			תנור מיקרוגל	בישול
			מקרר	
			קומקום חשמלי	

5.8 שאלון הקשור לסיור בגן המדע במכון ויצמן עם דגש על גילגולי

אנרגיה המתרחשים במתקנים השונים

מטרת הסיור היא לזהות את גלגולי האנרגיה במספר מכסימלי של מתקנים.

לנוחיותכם רוכזו שמות המתקנים בהתאם למתחם בו הם נמצאים.

השאלון עצמו עם המקום לרישום התשובות, מופיע בדפי הפעילות לתלמיד. כאן מופיעים המתקנים בלבד.

מתחם הילדים

1. פסל קינטי -



♣ מה מספק אנרגיה למתקן?

♣ אילו גלגולי אנרגיה זיהית במתקן?

2. חרוט כפול עולה במדרון -

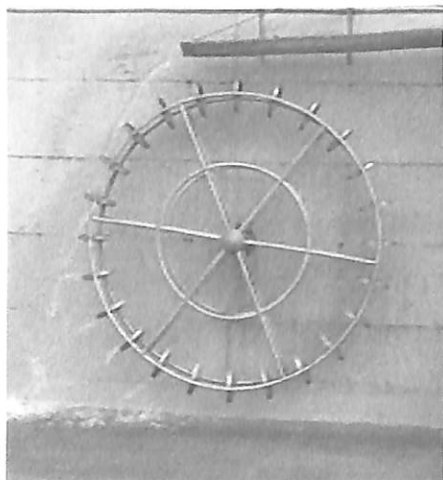


♣ האם אין כאן סתירה לחוק שימור האנרגיה?

♣ האם ביכולתך להסביר את פעולת המיתקן?

מתחם המים

1. גלגל תנופה הידראולי -



♣ מה מספק אנרגיה למתקן?

♣ אילו גלגולי אנרגיה זיהית במתקן?

♣ למה יכולה לשמש מערכת כזו?

♣ מהם יתרונותיה של מערכת זו כמתקן לאגירת אנרגיה?

♣ מהם חסרונותיה של מערכת זו כמתקן לאגירת אנרגיה?

2. דגם גלי ים -



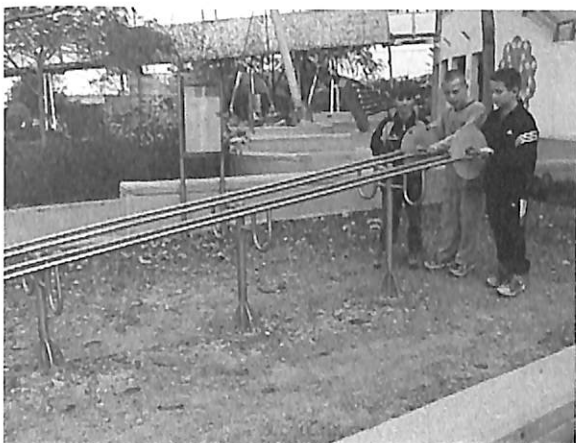
- ♣ מה מספק אנרגיה למתקן?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה זיהית במתקן?
- ♣ האם לדעתך ניתן לנצל גלי ים כמקור אנרגיה זול לשימוש האדם?

מתחם התנועה

1. פסלים קינטיים המונעים על ידי הרוח -



- ♣ הרוח גורמת לתנועת הפסלים. אילו סוגי תנועות הנך מזהה, ומה מקורן?



2. תנועת גוף חלול וגוף מלא במורד מישור משופע (מומנט התמדה) -

- ♣ מה מספק אנרגיה למתקן?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה זיהית במתקן?
- ♣ האם ביכולתך למצוא הסבר מילולי מדוע גוף אחד עולה בצורה שונה מהגוף השני?

3. הרמת שק - עם גלגלת ועם מנוף



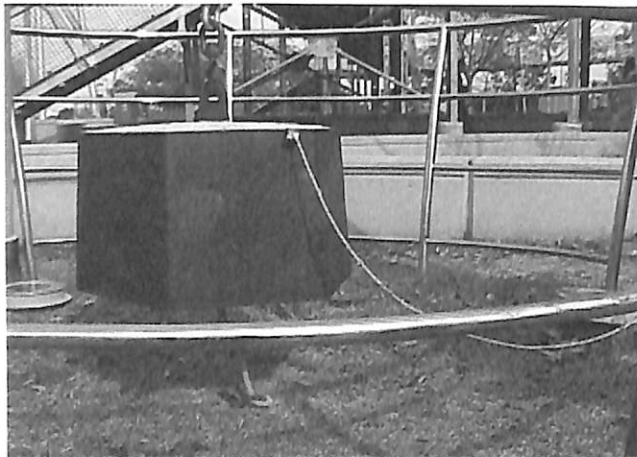
- ♣ מה מספק אנרגיה למתקן?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה זיהית במתקן?
- ♣ האם ביכולתך למצוא את הקשר בין גודל הכוח המופעל להרמת השק לבין האנרגיה (הפרופורציונית לגובה אליו מגיע השק)?

4. כדורים קופצים -



- ♣ מה מספק אנרגיה למתקן?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה זיהית במתקן?
- ♣ האם ביכולתך להסביר את הגובה אליו הגיע הכדור הקטן?

5. הזזת משקולת כבדה באמצעות מגנטים (תהודה) -



- ♣ מה מספק אנרגיה למתקן?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה זיהית במתקן?

מתחם המוזיקה

1. גלי קול (צלילים) נושאים אנרגיה. אם כן, מה מספק אנרגיה למתקן?

- ♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?

מתחם הגלים והתקשורת

1. תקשורת קול באמצעות מראות פרבוליות -



- ♣ כשאתה מדבר בשקט אתה מספק מעט אנרגיה לגל הקול. כיצד בכל זאת מאפשר המתקן העברת קול למרחק גדול כל כך?

מתחם האנרגיה והסביבה

1. דוד שמש -



- ♣ מה גורם לכך שאפשר לחמם מים בדוד שמש?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?

2. תנור שמש -



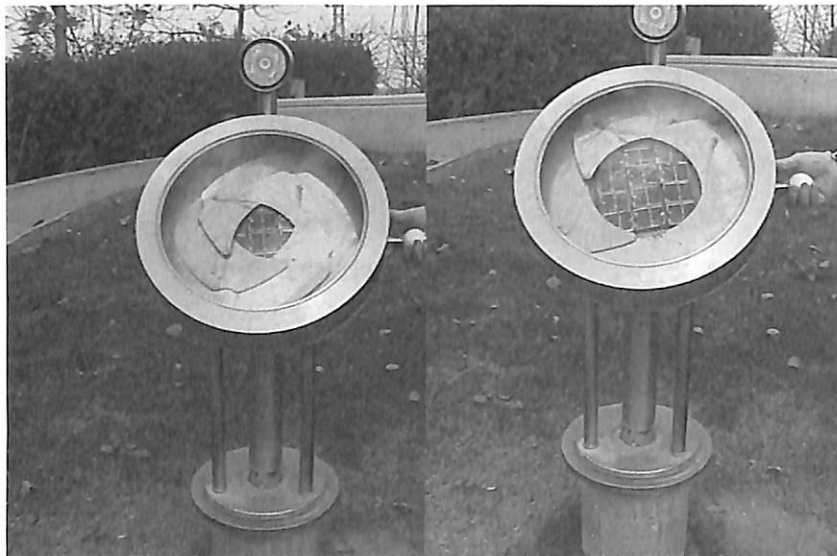
- ♣ מדוע תנור שמש זה יכול להגיע לטמפרטורות גבוהות כל כך?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?

3. דגם מגדל שמש -



- ♣ כיצד נקלטת קרינת השמש במתקן?
- ♣ עד לאיזו טמפרטורה מקסימלית ניתן לדעתך להגיע במתקן זה?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?
- ♣ האם ביכולתך לתאר מערכת שתאפשר ניצול אנרגיה זו?

4. תאים סולריים -

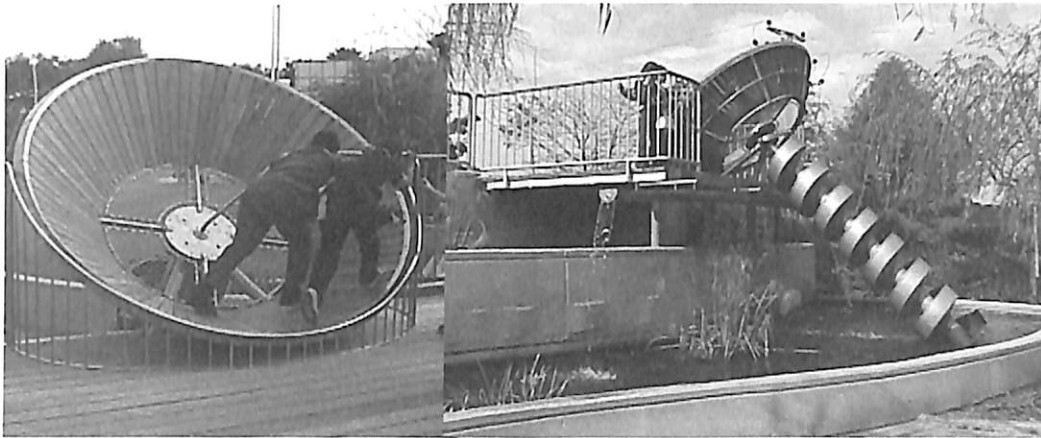


- ♣ מה קובע את כמות אנרגיית השמש המנוצלת במתקן?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?

5. אנרגיית רוח -



- ♣ כיצד מתורגמת אנרגיית הרוח לתנועה סיבובית?
- ♣ האם יש במתקן ניצול אנרגיה?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?



- ♣ מה מספק אנרגיה למתקן?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?
- ♣ האם ידוע לך למה שימש בורג ארכימדס בעבר?

מתחם החלל

1. מטוטלות מצומדות -



- ♣ מה מספק אנרגיה למטוטלת השנייה?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?

2. נדנדת ירח -



- ♣ מה מספק אנרגיה למתקן?
- ♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?



3. יו-יו אנושי -

♣ כיצד הנך מספק אנרגיה למתקן?

♣ מה גורם לעלייתך מעלה?

♣ אילו גלגולי אנרגיה מתרחשים במתקן?

חפש בגן מתקנים נוספים בהם מתרחשים גלגולי אנרגיה ותאר אותם.

6.2 מבנה אתר האנרגיה

אתר האנרגיה ממנו נגזרה חוברת זו מורכב במבנה של פרקים:

0. הקדמה.
1. מהי אנרגיה?
2. אילו סוגי אנרגיה קיימים?
3. מהם מקורות האנרגיה?
4. צריכת אנרגיה.
5. אנרגיה וסביבה.
6. אנרגיה ואדם.
7. מסגרות להוראת נושא האנרגיה בהיבט רב תחומי.
8. משאבים להוראת נושא האנרגיה בהיבט רב תחומי.

להלן תוכן העניינים המפורט של אתר האינטרנט: "אנרגיה בהיבט רב תחומי"

0. הקדמה.

1. מהי אנרגיה?

- 1.1 מהו הקשר בין עבודה, חום ואנרגיה?
- 1.2 מהן הצורות השונות בהן מופיעה האנרגיה?
- 1.3 מה הקשר בין לימודי האנרגיה בפיזיקה, כימיה וביולוגיה?
- 1.4 מהן היחידות המשמשות למדידת אנרגיה?

2. אילו סוגי אנרגיה קיימים?

- 2.1 אנרגיה קינטית.
- 2.2 אנרגיה פוטנציאלית.
- 2.3 אנרגיה כימית.
- 2.4 אנרגיה חשמלית.
- 2.5 אנרגיה בצורת חום.
- 2.6 אנרגיית קרינה.
- 2.7 אנרגיה גרעינית.

3. מהם מקורות האנרגיה?

- 3.1 דלק מחצבי (פוסילי).
- 3.2 גרעין (ביקוע גרעיני, מיזוג גרעיני, רדיואקטיביות).
- 3.3 תאי דלק, מימן, מזון (אנרגיה כימית).
- 3.4 ביומסה.
- 3.5 חום בפנים כדור הארץ היוצר אנרגיה גיאותרמית.
- 3.6 השמש כמקור אנרגיה.
- 3.7 רוח כמקור אנרגיה.
- 3.8 תנועת מים ממנה מופקת אנרגיה הידרו-חשמלית.

4. צריכת אנרגיה.

- 4.0 מהו "משבר מקורות האנרגיה"? - הגידול המעריכי.
- 4.1 צריכת חשמל ביתית.
- 4.2 צריכת אנרגיה בתעשייה.
- 4.3 צריכת אנרגיה של אמצעי תחבורה.
- 4.4 נתונים על צריכת אנרגיה בישראל ובעולם.
- 4.5 כיצד בונים בית עם מינימום צריכת אנרגיה (בית אקולוגי)?
- 4.6 כיצד מקטינים את צריכת הדלקים של כלי תחבורה?

5. אנרגיה וסביבה.

- 5.1 תופעות בטבע הקשורות לאנרגיה (אפקט החממה, מחזור המים בטבע, מחזור פחמן דו-חמצני בטבע, רעידות אדמה).
- 5.2 אנרגיה ופסולת.
- 5.3 זיהום אוויר.

6. אנרגיה והאדם.

- 6.1 גידול בצריכת האנרגיה במקביל להתפתחות האדם.
- 6.2 תרבויות שונות והשפעתן על צריכת האנרגיה.
- 6.3 מזון ואנרגיה.

7. המלצות לפעילות בהוראת הנושא: "אנרגיה בהיבט רב תחומי".

- 7.1 מבוא: מסגרות אלטרנטיביות להוראת הנושא.
- 7.2 "משאל עם" בנושא מקורות אנרגיה אלטרנטיביים.
- 7.3 מפת מושגים בנושא: "אנרגיה בהיבט רב תחומי".
- 7.4 פעילויות בגן המדע בנושאי אנרגיה.
- 7.5 פרויקטים של תלמידים (בקבוצות).

8. משאבי עזר להוראת נושא האנרגיה בהיבט רב תחומי

- 8.1 הדגמות בנושא אנרגיה.
- 8.2 סרטים בנושאי אנרגיה.
- 8.3 פעילויות עם תלמידים הקשורות באנרגיה.
- 8.4 מפת מושגים בנושא: "אנרגיה בהיבט רב תחומי".
- 8.5 מילון מונחים.
- 8.6 ביבליוגרפיה בעברית ובאנגלית, כולל אתרי אינטרנט.

6.3 מילון למונחים הקשורים לנושא: "אנרגיה בהיבט רב תחומי"

אוזון

אוזון הוא גז המורכב ממולקולות. כל מולקולה של אוזון מכילה 3 אטומי חמצן. האוזון נוצר באטמוספירה כאשר מולקולה של שני אטומי חמצן מתפרקת וכל אחד מאטומי החמצן מצטרף למולקולת חמצן אחרת. שכבת האוזון באטמוספירה מגינה על כדור הארץ מפני קרינה בתחום האולטרא סגול. בשנים האחרונות מידלדלת שכבת האוזון באטמוספירה, והחשש הוא שתהליך זה נגרם כתוצאה מזיהומים סביבתיים שנוצרו על ידי בני אדם.

אופ"ק (OPEC = Organization of Petroleum Exporting Countries)

אירגון המדינות המייצאות נפט גולמי. אירגון הכולל מדינות מהמזרח התיכון, צפון אפריקה ודרום אמריקה שמטרתו היא לתאם מדיניות אספקת נפט (בעיקר לשם שליטה במחירי הנפט הגולמי). האירגון נוסד בשנת 1968.

אנרגיה

גודל פיזיקלי הנמדד ביחידות ג'אול, הנשמר בכל האינטראקציות במערכת סגורה. גודל זה מופיע בצורות שונות, וניתן להמירו מצורה אחת לשניה. קיימות יחידות מקובלות אחרות למדידת אנרגיה כגון: קילוקלוריה, קילוואט שעה.

אנרגיה שמקורה ברוח

אנרגיה המופקת מניצול משבי הרוח (אנרגיה קינטית) להנעת מערכות מכניות שונות כגון טורבינות המשמשות להנעת גנרטורים לייצור חשמל.

אנרגיה שמקורה בשמש

בשם זה מתייחסים לקרינה האלקטרומגנטית הנפלטת מן השמש. בדרך כלל מתייחסים בעיקר לקרינה המגיעה מהשמש אל פני כדור הארץ. למעשה רוב האנרגיה בה משתמשים על פני כדור הארץ מקורה מהשמש (ראה מפת מושגים). מקור האנרגיה בשמש הוא בתהליכי מיזוג גרעיני.

אנרגיה גיאותרמית

אנרגיית חום הבאה מקרום כדור הארץ, שמקורה בליבה המותכת של כדור הארץ, ובהתפרקות רדיואקטיבית של חומרים הנמצאים בקרום כדור הארץ. הטמפרטורות במעמקי כדור הארץ גבוהות. כאשר מים נמצאים במקום בו כמות החום גדולה נוצר קיטור. כאשר קיטור זה נפלט אל פני כדור הארץ, ניתן לנצל אותו ישירות להנעת טורבינות קיטור, או לחימום בתים.

אנרגיה גרביטציונית

אנרגיית המשיכה בין שני גופים חומריים; מקורה בכוח הגרביטציה.

אנרגיה גרעינית

אנרגיה המשתחררת בהתפרקות רדיואקטיבית, בביקוע גרעין כבד, או בהתמזגות של גרעיני אטומים. מקורה של האנרגיה הזו הוא בכוח החזק בין החלקיקים (פרוטונים ונאטרונים) המרכיבים את הגרעין.

סכום המסות של התוצרים של תגובה גרעינית המשמשת להפקת אנרגיה גרעינית קטן ממסת הגרעין המקורי, או מסכום המסות של הגרעינים המקוריים. מסמנים את הפרש המסות ב Δm . עקב שקילות מסה ואנרגיה, כמות האנרגיה הנפלטת שווה, על פי הנוסחה המפורסמת של איינשטיין:

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

אנרגיה הידרואלקטרית

אנרגיה חשמלית שמקורה במים בתנועה. דרך אחת להפקת אנרגיה הידרואלקטרית היא באמצעות מים הנופלים מגובה רב למקום נמוך יותר, ותוך כדי נפילתם מסובבים טורבינות המניעות גנרטורים לייצור חשמל. דרך נוספת היא באמצעות תנודות הגיאות והשפל ליד החוף, או הפקת אנרגיה מהתנועה המתמדת של גלי הים.

אנרגיה חלופית (מקורות) (Alternative Energy Sources)

מקורות אנרגיה שאינם קשורים לדלק מחצבי (פוסילי). הם כוללים את כל מקורות האנרגיה המתחדשים. מקובל לכלול כאנרגיה חלופית גם את מקורות האנרגיה הקשורים בגרעין (ביקוע הגרעין, מיזוג גרעיני), וגם את המימן המשמש הן כדלק והן כאמצעי לאיחסון אנרגיה, וגם כמקור אנרגיה בתאי דלק.

אנרגיה כימית

אנרגיה האגורה בקשרים בין האטומים ובין המולקולות. צורת אנרגיה זו משתחררת בתגובה כימית. לדוגמא: עיכול המזון, סוללה חשמלית, וכו'.

אנרגיה מגלי הים, ומגאות ושפל

קיימים פרויקטים ניסיוניים ברחבי העולם המחפשים דרכים להפיק אנרגיה מהתנועה המתמדת של גלי הים. הקשיים הכרוכים בכך הם העלויות הגבוהות של הקמת מתקנים יעילים ועמידים בתוך הים. כמו כן קיימות תחנות כוח המנצלות את הפרשי גובה מפלס הים הנגרמים על ידי גאות ושפל.

אנרגיה מתחדשת (Renewable Energy)

מקור אנרגיה שאינו מתכלה למעשה (בעשרות אלפי השנים הקרובות). דוגמאות למקורות אנרגיה מתחדשים הם: קרינת השמש, הרוח, גלי ים, תופעת הגאות והשפל, ביומסה, חום בפנים כדור הארץ (גיאותרמית), הידרואלקטרית, וכו'.

אנרגיה פוטנציאלית

אנרגיה "אגורה". אנרגיה בכל צורה שאינה קשורה לתנועה. אנרגיה אגורה יכולה להיות בקשר כימי, בקשר גרעיני, או אנרגיה של מצב גוף אחד ביחס לשני כמו למשל הפרשי גובה על פני כדור הארץ (גרביטציוני), קפיץ מתוח או מכוון, הפרש פוטנציאלים חשמלי, וכו'.

אנרגיה קינטית

אנרגיה של תנועה. סוג של אנרגיה מכנית. האנרגיה קינטית של גוף שמסתו (m), ומהירותו (v), נתונה על פי הנוסחה:

$$E_k = \frac{1}{2}m \cdot v^2$$

אנתרציט (Anthracite)

פחם שחור, המכיל אחוז גבוה של פחמן (92%-98%). פחם זה הוא בעל חום שריפה: 12,000 - 15,000 יחידות חום בריטיות לפאונד. זהו הפחם הקשה ביותר, הבוער בצורה הנקייה ביותר, ובטמפרטורה הגבוהה ביותר.

אפקט החממה (Greenhouse Effect)

אפקט חימום הנוצר עקב הצטברות של פחמן דו חמצני (CO_2) באטמוספירה. הגז פחמן דו חמצני שקוף לקרינת השמש המגיעה לכדור הארץ, אולם אינו מעביר את הקרינה לאחור שנבלעה בכדור הארץ ונפלטת שוב כחום (קרינה אינפרא אדומה). כתוצאה מכך החום אינו יכול להיפלט מכדור הארץ, ונשאר כלוא מתחת לאטמוספירה כך שהוא מעלה את הטמפרטורה על פני שטח כדור הארץ.

אתנול (Ethanol)

אתיל אלכוהול. ניתן לייצר אתנול מביומסה בתהליך תסיסה (פרמנטציה).

ביטומן (סוג של פחם) (Bituminous Coal)

פחם רך, פחם בו יש חלק ניכר (15%-50%) של חומר המתאדה בקלות. סוג של פחם שנוצר לפני זמן קצר יותר מאשר הפחם השחור (הקשה). צבעו חום כהה עד שחור, והוא בוער עם עשן רב. כאשר מוציאים מהביטומן את החומר המתאדה באמצעות חימום בהעדר חמצן, הוא הופך ל-Coke. קוק הוא פחם מוצק הבוער בצורה נקיה יותר.

ביומסה

כמות חומר אורגני. בדרך כלל צמחייה והפרשות בעלי חיים. בנושא אנרגיה מגבילים את ההגדרה לחומרים המנוצלים ליצירת דלקים סינתטיים, כגון מימן ומתאן. גזי בעירה נוצרים מתוך פסולת אורגנית בתהליך ללא חמצן (אנארובי).

ביקוע גרעיני (Fission)

חלוקה של גרעין כבד לשני גרעינים קלים יותר, תוך שחרור כמות גדולה של אנרגיה, ונאוטרון אחד או יותר. הנאוטרונים הנפלטים יכולים להיבלע על ידי גרעין אחר, ולגרום בו לתהליך ביקוע גרעיני. כך נוצרת ריאקציית שרשרת. בתחנת כוח המבוססת על כורים גרעיניים יוצרים ריאקציית שרשרת מבוקרת ומשתמשים באנרגיה הנפלטת בתהליך הביקוע הגרעיני ליצירת קיטור המשמש להנעת טורבינות.

בית סולארי

בית המתוכנן לניצול אופטימלי של קרינת השמש. בבית כזה משתמשים בתאי שמש (פוטו-וולטאיים) על הגג ליצירת חשמל, ובקולטי שמש למיזוג אוויר וחימום מים. בדרך כלל משתדלים שהבית יספק את כל תצרוכת האנרגיה שלו, ומנצלים לשם כך כל טכנולוגיה אפשרית. יש להקפיד על תכנון מערכת לאיחסון האנרגיה לאפשרות שימוש בשעת הצורך (בלילה, בחורף, ...).

בנזין (Gasoline, Petrol)

מוצר דלק המתקבל מזיקוק של נפט גולמי. מורכב ברובו מפחמימנים קלים, המתקבלים בתהליך הפיצוח של הנפט הגולמי. משמש כדלק למנועי שריפה פנימית, הקיימים ברוב המכוניות הפרטיות.

בעירה (שריפה) (Combustion)

ריאקציה כימית מהירה המשחררת כמות חום גדולה מלווה באור. בדרך כלל תהליך בעירה הוא התרכבות של החומר עם חמצן (חימצון).

בריכת שמש

מתקן לקליטת אנרגיית השמש במים על פני שטח גדול. בתוך בריכת השמש קיים ריכוז מלחים גבוה יותר בתחתית מאשר בשכבה העליונה. הדבר גורם לכך שהשכבה התחתונה היא בטמפרטורה גבוהה יותר מהעליונה. הפרש טמפרטורות זה ניתן לניצול להפקת אנרגיה חשמלית.

ג'אול או ג'ול (Joule)

יחידה למדידת אנרגיה בשיטת היחידות התקנית SI הכוללת את היחידות המטריות: MKS. ג'אול מוגדר על פי פעולת כוח של 1 ניוטון לאורך דרך של 1 מטר. שווה ערך ל 0.2390 קלוריות.

גז טבעי

תערובת פחמימנים במצב גזי הנמצאת בעומק האדמה באופן טבעי. הגז כלוא בחללים בין סלעים בתוך האדמה, לעיתים ביחד עם נפט גולמי. מורכב כמעט כולו ממתאן, CH_4 , אך מכיל גם מעט פחמימנים כבדים יותר.

גזוהול

דלק למכוניות שנוצר מעירבוב 10%-20% אתיל אלכוהול (אתנול) שהתקבל מביומסה, עם 80%-90% בנזין רגיל.

גידול אקספוננציאלי

גידול בו אחוז הגידול לפרק זמן הוא קבוע.

גנרטור

מתקן המשמש להפקת אנרגיה חשמלית מאנרגיה מכנית. כאשר נוצרת תנועה יחסית בין סליל מתיל מוליך לבין שדה מגנטי, נוצר מתח חשמלי.

דאטריום

איזוטופ של מימן, שהגרעין שלו מכיל פרוטון אחד ונאוטרון אחד (למימן רגיל יש רק פרוטון אחד בגרעין). הדאטריום מהווה 0.0164% מהמימן הנמצא בטבע. מקווים להשתמש בדאטריום כדלק גרעיני לתהליך המיזוג הגרעיני.

דוד שמש

מתקן ביתי לחימום מים על ידי קרינת השמש הנקלטת על ידי קולטי שמש (שחורים).

דלק (Fuel)

חומר שניתן להבעירו ולהפיק ממנו חום. מקובל לכלול בהגדרת דלק גם את הדלקים הגרעיניים היוצרים חום בתהליכים גרעיניים שאינם תהליך שריפה.

דלק מחצבי (Fossil Fuel)

דלק הנמצא בטבע שנוצר מצמחיה ובעלי חיים שנכחדו והתאבדו לפני מיליוני שנים. ניתן לחצוב דלקים אלו מתוך האדמה. דוגמאות הן: נפט גולמי, גז טבעי, פחם. כל הדלקים המחצביים הם דלקים מבוססי פחמן, ולכן בעת בעירתם הם פולטים פחמן דו-חמצני.

הידרו-אלקטרי (תהליך)

תהליך יצירת חשמל תוך ניצול האנרגיה הגרביטציונית של מים הנופלים ממקום גבוה למקום נמוך יותר. המים עוברים דרך להבי טורבינה המסובבת גנרטור המייצר חשמל.

הליוסטט

מתקן הכולל מראה עם מערכת כיוון המכוונת אותה כך שקרינת השמש תוחזר מהמראה כל הזמן למקום מרכזי אחד. משתמשים בהליוסטטים בשדה מראות של מגדל שמש כדי לאסוף את הקרינה משטח גדול למגדל עצמו. מערכת העקיבה אחר מיקום השמש בדרך כלל מבוקרת מחשב.

הספק

קצב ביצוע עבודה, או פליטת אנרגיה. נמדד ביחידות של אנרגיה ביחידת זמן כמו גיאול בשניה (וואט). הספק תחנות כוח נמדד ב מגהוואט, או גיגהוואט. יש בשימוש גם יחידות אחרות למדידת הספק כגון כוח סוס השווה בערך ל 746 וואט.

זיהום אוויר (Air Pollution)

חומרים מזהמים כגון SO_2 , תוצרי שריפת הבנזין במנוע המכונית, רעלים הנפלטים מהתעשייה, אדי חומרים רדיואקטיביים.

זמן מחצית חיים (Half Life)

זמן מחצית חיים של יסוד רדיואקטיבי הוא הזמן בו מתפרקת מחצית הכמות של חומר רדיואקטיבי. לאחר שתי מחציות חיים נותר רק רבע מהכמות של החומר המקורי. לאחר 3 מחציות חיים רק שמינית מהחומר המקורי, וכו'.

חבית נפט (Barrel)

משמשת כיחידת מדידה של נפט גולמי שהוא דלק מחצבי. שווה ל 42 גלון אמריקאי, או בערך 306 פאונד. נפט חבית אחת הוא 5.6 פיט מעוקב, או 0.159 מטר מעוקב. המסה של נפט גולמי בחבית אחת היא כ- 0.136 טון.

חום

אנרגיה קינטית אקראית של מולקולות הגוף, היכולה לזרום מגוף אחד לשני עקב הפרשי טמפרטורות ביניהם. קיים בלבול בשימוש יום - יומי בין חום לטמפרטורה, כמו לדוגמא "מד החום" אשר הינו מד טמפרטורה. מודדים חום ביחידות של קילוקלוריות, גיאול, או יחידה תרמית בריטית (BTU).

טורבינה

מתקן מכני המסתובב כתוצאה מזרימת גז או נוזל דרכו. רוב הטורבינות מונעות על ידי מים, קיטור או אוויר ומסובבות גנרטור המפיק אנרגיה חשמלית.

טמפרטורה

מידה לאנרגיה הקינטית האקראית הממוצעת של מולקולות החומר. מהווה מדד למעבר חום מגוף לגוף. נמדדת לפי מספר סקלות: קלווין, צלסיוס ופרנהייט (בעיקר בארה"ב).

טמפרטורה מוחלטת - מעלות קלווין

סקלת טמפרטורה בה טמפרטורת האפס היא הטמפרטורה הנמוכה ביותר הקיימת בטבע ($0^{\circ} - 237.16$ צלסיוס). מעלת קלווין שווה בערכה למעלת צלסיוס.

יחידה תרמית בריטית (BTU = British Thermal Unit)

יחידת אנרגיית חום השווה לכמות החום הדרושה להעלאת הטמפרטורה של פאונד אחד של מים במעלה אחת של פרנהייט בתנאי לחץ וטמפרטורה תקינים. יחידה זו שווה בערך לרבע קילוקלוריה (252 קלוריות), ל 1055 ג'אול, ל 0.293 וואט-שעה.

יעילות (מקור אנרגיה) - נצילות

יעילות המרת אנרגיה היא היחס בין עבודה יעילה שניתן לקבל, או אנרגיה זמינה שניתן לנצל, לבין אנרגיה מושקעת.

כוח סוס (Horse Power)

יחידה למדידת הספק השווה ל 746 וואט.

כוח גרעיני

מתקן בו משתמשים בדלק גרעיני המפיק אנרגיה בריאקציית שרשרת מבוקרת. בדרך כלל אנרגיה זו משמשת לחימום נוזל, שאדיו משמשים להנעת טורבינות המניעות גנרטורים לייצור חשמל, או ליצירת חום.

ליגניט (Lignite)

פחם חום (באיכות ירודה) אשר ניתן להפיק ממנו מעט חום יחסית בעת בעירתו. מכיל אחוז גדול יחסית של מים, ובווער בצורה לא נקייה (מקור לזיהום אוויר).

מוליכות חום

מעבר חום בחומר. מתכות הן מוליכות החום הטובות ביותר. מוליכות החום היא תכונה של חומר. שטף חום בחומר על ידי הולכה פרופורציוני להפרש הטמפרטורות ליחידת עובי, ולמוליכות החום. המנגנון הוא התנגשות בין מולקולות ואטומים הנעים בתנועה אקראית, ומעבירים אנרגיה מאחת לשנייה.

מגדל שמש (Solar Tower)

מתקן בו נאספת קרינת השמש משדה מראות (הליוסטטים) המשתרע על פני שטח גדול. ניתן להגיע בקולט מרכזי במגדל שמש לטמפרטורה של אלפי מעלות צלסיוס.

מנוע חום

מתקן המשמש להמרת חום לאנרגיה מכנית.

מיזוג אוויר

מערכת שליטה בטמפרטורה בתוך בניין כלי רכב, וכו'. המערכת כוללת בדרך כלל אפשרות חימום או קירור בהתאם לנדרש.

מיזוג גרעיני (Fusion)

מיזוג של שני גרעינים קלים ליצירת גרעין של יסוד כבד יותר. בתהליך מיזוג גרעיני נפלטת כמות חום רבה מאוד. דוגמאות למיזוג גרעיני הן חיבור איזוטופים של מימן ליצירת הליום תוך שיחרור כמויות גדולות של אנרגיה. התהליך בו נוצרת האנרגיה הנפלטת מהשמש הוא שרשרת תגובות של מיזוג גרעיני בהן 4 אטומים של מימן הופכים לאטום הליום. גם האנרגיה המשתחררת בפיצוץ פצצת מימן היא כתוצאה מתהליכי מיזוג גרעיני. מדענים מנסים לפתח שיטות לביצוע מיזוג גרעיני בצורה מבוקרת על פני כדור הארץ, כמקור אנרגיה עתידי.

מימן כדלק, וכאמצעי לאיחסון אנרגיה

מימן הוא היסוד הקל ביותר. מימן חופשי מיוצר בתהליך אלקטרוליזה של מים. את המימן ניתן לאחסן, ולנצל כמקור להפקת אנרגיה במקום ובזמן הדרושים, על ידי שריפתו (חום השריפה של המימן גבוה ביותר מכל הדלקים), או באמצעות תא דלק. מימן כגז ניתן להזרים בצינורות, או להעביר במיכלי גז. בעירת מימן טהור היא ללא יצירת זיהום אוויר מכיוון שכאשר מימן מתרכב עם חמצן נוצרים מים.

מספר אוקטן (Octane)

גודל המאפיין דלק לתחבורה, בהתאם לכמות הנקישות שהוא יוצר במנוע. הנקישות נגרמות כתוצאה משריפה בלתי מלאה של הדלק. ככל שמספר האוקטן גבוה יותר הדלק יקר יותר.

מעלות פרנהייט (Fahrenheit)

סקלת טמפרטורה בה בתנאים תקינים טמפרטורת ההיתוך של הקרח היא 32 מעלות, וטמפרטורת הרתיחה של המים 212 מעלות. מעלת פרנהייט שווה ל $5/9$ מעלת צלסיוס. כדי להפוך מעלות פרנהייט למעלות צלסיוס, יש להחסיר 32, להכפיל ב 5, ולחלק את התוצאה ב 9.

מעלות צלסיוס (Centigrade, Celsius)

סולם טמפרטורה בו הוגדרה טמפרטורת ההפשרה של הקרח כ- 0 מעלות, וטמפרטורת הרתיחה של המים בתנאים תקינים כ 100 מעלות. מעלת צלסיוס אחת היא 9/5 מעלת פרנהייט. זוהי שיטת היחידות המקובלת בעולם למדידת טמפרטורה על פי השיטה התיקנית SI. כדי להפוך מעלות צלסיוס לפרנהייט, יש להכפיל ב 9, לחלק ב 5, ולהוסיף 32.

מנוע

מתקן להמרת אנרגיה מסוג כלשהו לאנרגיה קינטית, בדרך כלל מתוך כוונה לנצל אותה כעבודה יעילה. קיימים: **מנוע חשמלי** - משתמש בזרם חשמלי ליצירת שדה מגנטי היוצר תנועה מכנית של הסליל. **מנוע שריפה פנימית** - ממיר את האנרגיה הכימית שבדלק לחום, המשמש לחימום גז המתפשט בתוך בוכנה. **מנוע דיזל** - צורך סולר.

מצבר

סוללה חשמלית נטענת. במכונית משתמשים בדרך כלל בסוללה המבוססת על עופרת עם חומצה. האלקטרודות הן עופרת ותחמוצת עופרת, והחומצה המשמשת כאלקטרוליט היא חומצה גופרתית.

מקורות אנרגיה

קיימים מקורות אנרגיה שונים כגון: דלקים, שמש, מפלי מים, רוח, גלי ים, תנודות גאות ושפל, החום בפנים כדור הארץ, וכו'. ממקורות אלו ניתן להפיק אנרגיה בצורות שונות: אנרגיה מכנית, אנרגיה חשמלית, וכו'.

מתאן

גז דליק חסר ריח. מתאן נוצר מהתפרקות חומר אורגני (ביומסה). מתאן יכול לשמש כדלק גזי יעיל. נוסחה כימית CH_4 . מתאן מהווה **מרכיב עיקרי של גז טבעי**.

נאוטרון

חלקיק אלמנטרי הנמצא בכל גרעיני היסודות חוץ ממימן. המסה שלו גדולה במקצת ממסת הפרוטון, ואין לו מטען חשמלי. נאוטרונים משתחררים בתהליכי ביקוע גרעיני, ובתהליכי מיזוג גרעיני מסוימים.

נפט גולמי (Crude Oil)

דלק מחצבי (פוסילי); מורכב מתערובת פחמימנים בצורה נוזלית הנמצאת במעמקי האדמה. מהווה את חומר הגלם ממנו מפיקים את מוצרי הנפט, והדלקים הנוזליים. מכיל מעט תרכובות גופרית, חנקן וחמצן. התערובת נוזלית בלחץ אטמוספירי.

סוללה (בטריה)

מתקן הממיר אנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית. סוללה מורכבת מתאים, שכל אחד מהם מייצר מתח חשמלי מסוים. את התאים ניתן לחבר בטור ובמקביל בהתאם לדרישות אספקת החשמל. בכל סוללה יש אלקטרודה חיובית ואלקטרודה שלילית, וביניהן נמצא האלקטרוליט. בין האלקטרודות נוצר הפרש פוטנציאלים. קיימות סוללות מסוגים שונים, המורכבות מחומרים שונים. בסוללה הפשוטה משמשים פחמן ואבץ כאלקטרודות, ונוצרת אנרגיה חשמלית בתהליך חימוץ הפחמן.

סוללה נטענת (ניקל קדמיום)

סוללה חשמלית שלאחר שהתרוקנה, מחברים אותה למקור אנרגיה חשמלית, וטוענים אותה מחדש לשימוש חוזר. משמשת במכשירי חשמל ניידים כגון: טלפונים סלולריים, מחשבים ניידים, וכו'. פעולתה דומה לפעולת מצבר חשמלי במכונית.

סוללת אוויר (Air Battery)

סוללה בה אוויר מהווה את אחת האלקטרודות - תא דלק.

סולר כדלק מחצבי

סולר (Diesel) מהווה את אחד התזקימים המתקבלים מנפט גולמי. משמש לדוגמה בשריפה בתחנות כוח, וכדלק לכלי רכב כבדים (משאיות או מכוניות עם מנוע דיזל).

ספקטרום אור נראה

חלק הספקטרום האלקטרומגנטי הנמצא בתחום הנראה (400-700 ננומטר).

פוטוסינתזה

תהליך בו צמחים ירוקים הופכים את קרינת השמש הנופלת עליהם לאנרגיה כימית. בתהליך זה פחמן דו-חמצני ומים הופכים לפחמימות כגון גלוקוזה.

פחם

דלק מחצבי (פוסילי) המשמש כמקור אנרגיה. פחם הוא חומר אורגני מוצק הניתן לשריפה, ומשחרר אנרגיה בתהליך זה. מורכב מפחמן מימן חמצן וחנקן. חומר שבייר, המורכב משכבות מישוריות של פחמן. צבעו בין חום כהה לשחור. בלתי מסיס במים. מורכב ברובו הגדול מפחמן, ונוצר מתהליך ריקבון ללא חמצן של צמחיה לפני מיליוני שנים.

פחם עץ (Charcoal)

פחם נקבובי בצבע שחור, שנוצר מבעירה ללא אוויר של עץ.

פחמן דו-חמצני (CO₂)

תרכובת של פחמן וחמצן הנוצרת בעת בעירת פחמן או תרכובת פחמימנית. נוסחה כימית: CO₂.

פיצוח (Cracking)

תהליך עיבוד המבוצע בבית זיקוק לנפט, בו שוברים מולקולות פחמימנים ארוכות ומסדרים מחדש את המבנה המולקולרי בשרשרות קצרות. בתהליך עיבוד הנפט הגולמי (Oil) לדלקים כגון בנזין, סולר (דיזל), הופכים שרשרות פחמן ארוכות לפחמימנים קלים. ריאקציות הפיצוח יכולות להתבצע בטמפרטורות גבוהות ובלחץ גבוה, או בנוכחות קטליזטורים.

פצלי שמן (Oil Shale)

סלע משקע המכיל חומר אורגני מוצק הנקרא **קרוגן**. כאשר מחממים את הפצלי השמן לטמפרטורות גבוהות, יוצא מהם שמן נוזלי אותו ניתן לנצל כדלק.

פרמנטציה (תסיסה) (Fermentation)

תהליך התפרקות קרבוהידראט (פחמימה) תוך יצירת CO₂ או חומצה, או שניהם, בעקבות פעולה של מיקרואורגניזמים.

רדיואקטיביות

תהליך ספונטני בו גרעין אטום פולט קרינת γ , או חלקיקים, תוך כדי שיחרור אנרגיה. אם נפלטים חלקיקים, האטום הופך לאטום של יסוד אחר.

רשת חשמל (Grid)

מערכת כבלים מוליכים להובלת החשמל מתחנת הכוח לצרכן. מקובל לחבר את כל תחנות הכוח לרשת ארצית אחת לצורכי גיבוי.

קולט שמש

מתקן לאיסוף קרינת השמש והמרתה לחום. לדוגמא, בדוד שמש משמש הקולט לחימום המים.

קטליזטור - זרז

חומר המחיש את קצב התרחשותה של תגובה כימית, מבלי שהוא עצמו עובר כל שינוי.

קילוואט [kW]

יחידה למדידת הספק. משמשת בעיקר להספק חשמלי; שווה ל 1,000 וואט.

$$1 \text{ [kW]} = 1,000 \text{ [W]}$$

קילוואט - שעה [kWh]

יחידה למדידת אנרגיה. משמשת בעיקר לאנרגיה חשמלית. זוהי האנרגיה הנצרכת (או מסופקת) על ידי מכשיר שהספקו קילוואט הפועל במשך שעה. שוות ערך ל 853 קילוקלוריות.

קלוריה גדולה (קילוקלוריה) (kcal, Cal)

יחידת אנרגיה השווה לכמות החום הדרושה להעלאת הטמפרטורה של קילוגרם אחד של מים במעלת צלסיוס אחת בתנאים תקינים. שווה ל 1000 קלוריות קטנות. קילוקלוריה שווה ל 4184 ג'אול.

קרוסין (Kerosine)

תערובת פחמימנים המתקבלת מזיקוק למקוטעין של נפט גולמי (פיצוח). משמש כדלק למטוסים או להנעת טורבינות גז.

קרינה אלקטרומגנטית

אנרגיה המתקדמת במרחב במהירות האור (c), ומורכבת משדות חשמליים ומגנטיים המתנוודדים בכיוון מאונך זה לזה ובכיוון ניצב לכיוון התקדמות הקרינה. קרינה אלקטרומגנטית כוללת את כל התחום מגלי רדיו ארוכים, ועד לקרני גאמא אנרגטיות.

רכב חשמלי

רכב הפועל על מנוע המופעל באמצעות אנרגיית חשמלית.

תא דלק

מתקן בו נוצר חשמל בתהליך אלקטרוכימי. אנרגיה כימית הופכת ישירות לאנרגיה חשמלית ללא תהליך בעירה.

תא פוטו וולטאי - תא שמש (Solar Cell)

ראה תא שמש.

תא שמש – תא פוטוולטאי

תא הממיר את אנרגיית השמש הפוגעת בו ישירות לחשמל. מורכב מחומרים מוליכים למחצה. האור הנבלע בתא גורם להפרדת מטענים חשמליים ונוצר הפרש פוטנציאלים חשמלי. התאים המקובלים עשויים סיליקון, קדמיום סולפיד או גליום ארסניד. מתקן ההופך אנרגיית קרינה אלקטרומגנטית ישירות לאנרגיה חשמלית בתהליך פוטו-וולטאי. כל תא שמש יוצר מתח נמוך מסדר גודל של 0.5 וולט. רק צירופים של תאים בחיבורים בטור ובמקביל מאפשרים יצירת מקור שימושי לאנרגיה חשמלית.

תנור שמש

מתקן לקליטת אנרגיית שמש משטח יחסית גדול (מטר ויותר), לצורך חימום מים או בישול מזון.

תעלת הימים

הוצע לבנות תעלה זו לחיבור הים התיכון או ים סוף לים המלח. בגלל הפרשי הגובה של כ- 400 מטרים ביניהם, תוכל תעלה זו לשמש לאספקת חשמל (אנרגיה הידרואלקטרית) ובעזרת האנרגיה החשמלית המופקת גם להתפלת מים.

6.4 מבחר נתונים הקשורים באנרגיה

טבלה 1: צריכת האנרגיה הכוללת וצריכת האנרגיה הממוצעת לנפש בארה"ב,

במשך כל שנה משנת 1949 עד שנת 2000:

צריכת אנרגיה לאדם	צריכת אנרגיה כוללת	שנה		צריכת אנרגיה לאדם	צריכת אנרגיה כוללת	שנה		צריכת אנרגיה לאדם	צריכת אנרגיה כוללת	שנה
10^6 Btu	10^{15} Btu			10^6 Btu	10^{15} Btu			10^6 Btu	10^{15} Btu	
323	76.78	1985		298	58.91	1967		215	32.00	1949
321	77.07	1986		313	62.41	1968		229	34.63	1950
329	79.63	1987		326	65.63	1969		240	37.00	1951
340	83.07	1988		334	67.86	1970		235	36.77	1952
343	84.72	1989		335	69.31	1971		237	37.68	1953
339	84.34	1990		348	72.76	1972		226	36.66	1954
334	84.30	1991		359	75.81	1973		244	40.24	1955
335	85.51	1992		347	74.08	1974		249	41.79	1956
339	87.30	1993		334	72.04	1975		244	41.82	1957
343	89.21	1994		350	76.07	1976		239	41.67	1958
346	90.94	1995		355	78.12	1977		246	43.49	1959
354	93.93	1996		361	80.12	1978		252	45.12	1960
352	94.34	1997		361	81.04	1979		250	45.76	1961
350	94.61	1998		346	^R 78.44	1980		258	47.83	1962
355	96.87	1999		334	76.57	1981		263	49.65	1963
350	98.50	2000		317	73.44	1982		271	51.83	1964
				314	73.32	1983		279	54.02	1965
				326	76.97	1984		292	57.02	1966

טבלה 2: צריכת האנרגיה הממוצעת לנפש, במשך כל שנה, במדינות שונות בעולם משנת 1980 עד שנת 1999:

(ביחידות של מיליון יחידות חום בריטיות [10⁶ BTU])

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	158.7	137.1	145.4	154.1	125.4	123.5	116.3	164.4	180.2	218.6	154.2	134.2	107.8	124.8	123.5	122.9	125.0	119.9	121.0	136.4
	396.0	384.2	365.3	359.7	376.7	391.4	391.9	382.3	405.0	406.2	394.2	388.8	384.7	398.8	404.7	400.6	411.0	410.8	400.2	410.7
	53.7	57.6	59.4	54.4	58.6	57.5	56.0	56.2	56.6	56.9	60.4	59.7	60.3	59.4	60.0	59.2	60.4	61.3	63.3	63.2
	344.4	333.0	316.3	312.9	325.7	322.0	320.2	328.0	339.8	342.7	337.5	333.4	335.3	338.7	342.8	346.0	354.1	352.2	349.9	355.9
	285.2	276.4	263.0	258.5	269.0	266.7	264.6	269.1	278.5	280.3	278.2	274.4	275.7	278.4	281.3	282.5	288.4	286.9	284.5	288.9
	58.1	55.7	57.5	57.3	61.5	58.0	63.9	65.2	64.2	61.3	58.5	60.6	63.3	67.3	67.5	68.9	70.2	72.1	75.5	74.2
	33.3	31.4	31.2	31.0	33.6	35.1	37.6	38.3	39.1	39.6	39.1	40.1	39.9	41.0	42.6	44.1	46.7	48.5	50.9	51.9
	141.4	138.9	133.0	133.9	139.8	142.8	144.5	135.1	147.1	148.0	151.1	154.9	151.3	154.1	153.7	157.7	160.5	165.0	166.3	169.9
	204.5	204.4	193.1	183.9	192.5	199.7	207.5	208.4	207.8	211.2	216.9	227.0	224.1	223.1	229.2	232.6	251.2	257.6	261.7	256.1
	166.9	153.8	147.0	142.6	147.3	159.7	159.4	165.8	162.8	159.7	158.7	161.3	158.3	163.3	162.4	168.1	166.5	171.9	169.9	166.5
	157.2	149.5	143.4	143.6	145.7	150.2	150.7	152.0	148.9	153.1	155.4	164.6	164.0	162.6	160.3	164.0	170.0	168.4	172.9	173.6
	215.8	213.3	217.7	213.6	224.6	238.2	240.3	237.1	232.0	223.5	204.8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	183.8	175.9	171.5	172.5	179.3	181.4	187.9	187.5	187.3	180.8	181.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	78.4	77.0	74.9	77.2	79.9	82.8	85.2	90.2	96.8	98.2	102.9	104.4	100.8	105.2	106.3	107.1	109.9	115.8	122.2	120.8
	109.7	107.9	104.8	103.0	105.9	109.3	110.2	115.6	117.8	123.7	122.7	126.4	126.9	123.6	121.8	132.0	133.3	134.5	138.8	139.7
	449.5	397.4	385.1	372.1	398.7	404.5	402.4	403.8	426.0	433.0	454.2	476.6	465.7	473.8	464.8	425.4	419.9	423.4	409.1	437.4
	225.9	208.9	201.9	198.7	204.7	212.1	216.9	221.2	219.7	219.3	225.4	236.1	232.2	235.7	232.6	239.5	246.1	245.4	242.3	243.4
	327.3	328.5	316.1	330.2	345.8	367.1	364.3	377.0	368.3	369.7	373.8	373.3	384.3	383.3	383.8	395.9	398.1	410.7	420.2	424.9
	45.4	39.6	51.0	51.6	50.9	58.0	58.5	64.7	67.9	71.7	75.5	75.8	77.2	78.5	82.4	85.4	88.1	94.5	99.4	101.7
	86.1	84.8	91.6	92.8	92.3	90.9	93.0	93.9	101.3	105.5	101.4	106.6	105.6	103.3	107.7	114.3	111.8	120.9	128.1	132.6
1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	1999

250.0	242.7	228.5	235.8	242.5	258.5	258.0	268.4	265.1	259.2	253.6	251.8	250.7	249.5	245.9	265.5	258.1	246.0	257.4	248.7
171.2	154.6	150.0	159.3	160.5	165.8	170.1	167.6	169.3	169.8	174.9	178.0	176.1	172.2	172.4	166.2	171.6	172.9	170.3	172.0
22.4	21.5	24.1	24.3	25.2	26.6	28.9	31.8	34.2	32.5	34.8	36.4	36.3	39.6	37.3	40.8	44.6	47.3	47.6	45.9
156.9	151.1	148.7	149.2	150.3	154.7	157.4	159.8	159.9	163.9	161.3	166.0	160.8	165.8	165.1	164.3	173.2	167.8	168.6	167.8
117.5	118.0	118.7	120.7	124.4	129.7	128.4	129.9	129.3	126.6	121.2	113.7	102.3	102.4	102.2	102.9	106.1	104.7	105.8	106.0
NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	170.7	164.3	140.2	140.5	130.1	126.1	122.3	127.0
40.3	36.4	40.2	47.4	48.6	50.1	49.1	50.0	52.1	55.8	57.0	58.0	58.6	59.2	61.9	63.7	65.3	72.6	72.8	74.5
39.6	35.3	32.8	37.7	35.7	36.4	38.5	39.0	45.4	47.2	50.6	32.4	44.4	50.1	54.8	56.1	54.6	48.5	51.7	51.7
90.2	90.1	92.6	89.6	91.3	84.0	85.7	89.0	95.2	97.4	96.2	96.4	105.0	114.2	114.1	110.9	114.9	120.7	127.7	127.1
26.4	30.3	33.4	35.0	35.1	31.4	32.3	34.3	32.4	29.9	31.4	28.9	32.2	30.5	33.4	34.3	34.9	33.1	34.5	33.2
39.8	37.4	36.6	37.5	35.7	41.4	40.7	43.4	39.5	31.4	28.9	45.6	44.4	53.5	58.6	61.3	64.0	70.4	71.2	70.0
177.5	206.4	191.9	190.1	209.2	214.2	220.1	220.1	222.1	212.9	211.7	198.1	199.7	202.8	205.4	211.2	215.1	209.3	213.9	207.8
31.4	32.1	31.7	34.0	35.6	36.1	34.8	38.7	41.7	42.8	48.8	44.5	45.3	47.7	48.9	46.2	47.7	49.2	50.8	50.5
12.2	12.1	13.8	12.2	14.0	15.3	14.2	13.7	12.7	14.1	14.2	14.9	14.4	11.6	10.8	10.8	10.4	10.7	9.7	9.4
42.9	35.3	48.2	52.3	54.6	47.9	47.0	49.2	50.8	48.0	48.6	52.7	49.5	45.4	46.6	47.8	45.8	43.2	41.9	42.7
17.4	19.9	21.6	23.9	25.4	26.1	26.0	26.4	25.9	26.1	27.2	26.6	25.7	26.8	26.9	26.7	28.6	29.1	29.8	31.4
187.8	186.2	190.7	185.7	192.7	198.4	196.1	201.4	205.2	211.4	215.3	213.9	221.0	222.7	222.1	227.8	228.7	244.3	247.8	249.9
6.2	6.6	6.6	7.0	7.5	7.9	8.3	8.2	8.7	8.9	9.3	9.5	10.0	10.3	10.6	11.9	11.8	11.9	12.0	12.3
130.3	128.5	123.3	120.1	128.8	129.2	128.4	131.3	138.6	143.0	145.2	152.4	153.9	155.6	161.2	166.0	170.8	172.5	169.9	171.6
64.3	62.6	61.4	61.1	63.3	64.1	64.3	65.2	66.7	66.6	65.9	65.0	64.2	64.1	63.8	64.5	65.2	65.1	64.2	63.7

טבלה 3: סך כל צריכת האנרגיה השנתית של מדינות שונות, בכל אחת מהשנים 1980 עד 1999, ביחידות של: Btu (10¹⁵)

Country	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Bermuda	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Canada	9.52	9.35	8.98	8.92	9.41	9.85	9.93	10.15	10.89	11.08	10.92	10.90	10.92	11.44	11.75	11.76	12.19	12.32	12.11	12.52
Mexico	3.74	4.11	4.33	4.06	4.47	4.48	4.46	4.57	4.68	4.80	4.98	5.02	5.12	5.14	5.30	5.34	5.56	5.76	6.05	6.14
United States	78.43	76.57	73.44	73.32	76.97	76.78	77.06	79.63	83.07	84.59	84.19	84.06	85.51	87.31	89.23	90.94	93.91	94.32	94.57	97.05
North America	91.70	90.04	86.76	86.30	90.87	91.11	91.46	94.36	98.66	100.49	100.10	99.99	101.57	103.91	106.30	108.04	111.68	112.41	112.74	115.72
Brazil	4.04	3.89	3.96	3.97	4.35	4.63	5.07	5.26	5.46	5.63	5.65	5.90	5.95	6.21	6.55	6.87	7.37	7.74	8.24	8.51
Austria	1.07	1.05	1.01	1.01	1.06	1.08	1.10	1.03	1.12	1.13	1.17	1.21	1.20	1.23	1.23	1.27	1.29	1.33	1.34	1.39
Belgium	2.01	2.01	1.90	1.81	1.90	1.97	2.05	2.06	2.06	2.10	2.16	2.27	2.25	2.25	2.31	2.36	2.55	2.63	2.67	2.61
Denmark	0.85	0.79	0.75	0.73	0.75	0.82	0.82	0.85	0.84	0.82	0.82	0.83	0.82	0.85	0.84	0.88	0.88	0.91	0.90	0.89
France	8.47	8.10	7.81	7.86	8.00	8.28	8.37	8.48	8.36	8.64	8.81	9.39	9.41	9.37	9.28	9.54	9.92	9.87	10.17	10.26
Germany, East	3.61	3.57	3.63	3.57	3.74	3.96	3.99	3.94	3.87	3.72	3.33	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Germany, West	11.31	10.84	10.56	10.59	10.96	11.06	11.46	11.45	11.50	11.21	11.48	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Greece	0.76	0.75	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.90	0.97	0.99	1.05	1.07	1.04	1.09	1.11	1.12	1.15	1.22	1.29	1.28
Italy	6.19	6.10	5.94	5.85	6.04	6.25	6.31	6.63	6.77	7.01	6.96	7.18	7.22	7.05	6.97	7.56	7.64	7.72	7.97	8.04
Luxembourg	0.16	0.15	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19
Netherlands	3.19	2.98	2.89	2.85	2.95	3.07	3.16	3.24	3.24	3.26	3.37	3.56	3.53	3.60	3.58	3.70	3.82	3.83	3.81	3.85
Norway	1.34	1.35	1.30	1.36	1.43	1.52	1.52	1.58	1.55	1.56	1.58	1.59	1.65	1.65	1.66	1.73	1.74	1.81	1.86	1.89
Portugal	0.44	0.39	0.51	0.51	0.50	0.57	0.58	0.64	0.67	0.71	0.75	0.75	0.76	0.78	0.82	0.85	0.88	0.94	0.99	1.02

Country	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Spain	3.23	3.20	3.48	3.54	3.54	3.49	3.58	3.63	3.92	4.09	3.94	4.15	4.12	4.04	4.22	4.48	4.39	4.76	5.04	5.23
Sweden	2.08	2.02	1.90	1.96	2.02	2.16	2.16	2.25	2.24	2.20	2.17	2.17	2.17	2.18	2.16	2.34	2.28	2.18	2.28	2.20
Switzerland	1.08	0.98	0.96	1.02	1.03	1.07	1.11	1.10	1.12	1.13	1.17	1.21	1.21	1.19	1.20	1.17	1.21	1.23	1.21	1.23
Turkey	0.99	0.98	1.12	1.16	1.24	1.34	1.49	1.67	1.83	1.78	1.97	2.08	2.10	2.33	2.23	2.47	2.74	2.96	3.02	2.95
United Kingdom	8.84	8.52	8.37	8.41	8.49	8.77	8.95	9.11	9.14	9.40	9.29	9.60	9.33	9.65	9.64	9.61	10.16	9.87	9.94	9.92
Hungary	1.26	1.26	1.27	1.29	1.32	1.37	1.35	1.36	1.35	1.32	1.26	1.18	1.06	1.05	1.05	1.05	1.08	1.06	1.07	1.07
Ukraine	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8.89	8.58	7.31	7.27	6.68	6.42	6.18	6.43
Iran	1.58	1.49	1.71	2.09	2.23	2.40	2.43	2.53	2.70	2.97	3.11	3.24	3.35	3.47	3.66	3.81	3.95	4.44	4.50	4.67
Iraq	0.52	0.48	0.46	0.55	0.54	0.57	0.62	0.64	0.77	0.82	0.92	0.60	0.84	0.96	1.08	1.13	1.12	1.03	1.13	1.16
Israel	0.35	0.36	0.37	0.37	0.38	0.36	0.37	0.39	0.42	0.44	0.45	0.48	0.54	0.60	0.62	0.61	0.65	0.70	0.76	0.78
Jordan	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.13	0.13	0.15	0.14	0.16	0.16	0.18	0.20	0.21	0.20	0.22	0.22
Lebanon	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.08	0.07	0.12	0.12	0.15	0.17	0.18	0.20	0.22	0.23	0.23
Saudi Arabia	1.66	2.02	1.97	2.12	2.47	2.71	2.94	3.00	3.11	3.07	3.15	3.28	3.39	3.52	3.64	3.85	4.05	4.08	4.32	4.34
Syria	0.27	0.29	0.29	0.33	0.35	0.37	0.37	0.42	0.47	0.50	0.59	0.56	0.59	0.64	0.68	0.65	0.70	0.74	0.79	0.81
Yemen	0.10	0.10	0.11	0.10	0.13	0.15	0.14	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14
Egypt	0.71	0.83	0.93	1.05	1.15	1.21	1.24	1.29	1.30	1.35	1.44	1.43	1.43	1.51	1.55	1.58	1.73	1.80	1.88	2.02
Australia	2.76	2.78	2.89	2.86	3.00	3.13	3.14	3.27	3.39	3.55	3.67	3.70	3.86	3.93	3.96	4.12	4.19	4.52	4.64	4.74
India	4.16	4.53	4.68	5.02	5.51	5.90	6.36	6.40	6.93	7.27	7.78	8.06	8.71	9.10	9.59	11.00	11.13	11.41	11.63	12.18
Japan	15.22	15.12	14.60	14.33	15.46	15.61	15.60	16.03	17.00	17.59	17.93	18.89	19.15	19.42	20.18	20.83	21.48	21.75	21.48	21.71
World Total	284.87	282.38	282.18	285.84	301.30	310.24	317.18	327.09	339.39	344.50	346.18	346.89	347.90	352.76	356.36	365.60	374.91	379.77	379.69	381.88

