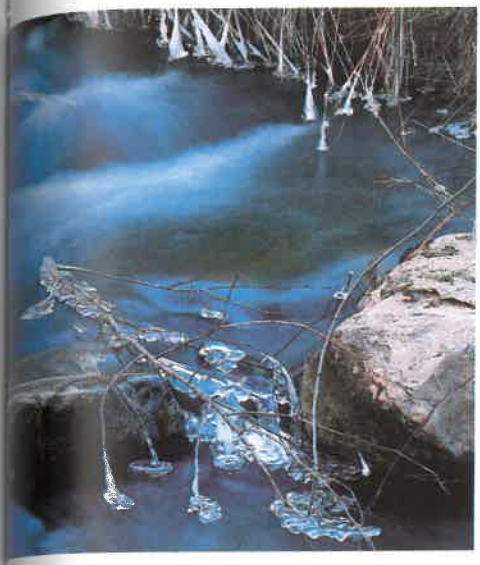
15

מעבר חום



חום עובר מגופים חמים לגופים קרים מהם. אם כמה גופים בעלי טמפרטורות שונות באים במגע, הגופים החמים מתקררים והגופים הקרים מתחממים. הם נוטים להגיע לטמפרטורה משותפת. השוואה זו של טמפרטורות מתרחשת בשלוש דרכים: הולכה, הסעה וקרינה.

הולכה

אם תחזיקו קצה אחד של מסמר ברזל בלהבה, בתוך זמן קצר הוא יתחמם במידה שלא תוכלו להחזיק בו עוד. החום נכנס למסמר המתכת בקצה שבתוך הלהבה ומועבר לאורכו. העברת החום בדרך זו נקראת **הולכה**. האש גורמת למולקולות בקצה המחומם של המסמר לנוע במהירות גבוהה יותר. בעקבות תנועה מוגברת זו, מולקולות אלה ואלקטרונים חופשיים מתנגשים בשכניהם. תהליך זה נמשך עד שהתנועה המוגברת מועברת לכל המולקולות וגוף המסמר מתחמם כולו. הולכת החום נעשית בהתנגשויות בין אלקטרונים למולקולות.

המידה שבה גוף מוליך חום תלויה בקשרים החשמליים של המבנה המולקולרי שלו. מוצקים שהמולקולות שלהם מכילות אלקטרונים חיצוניים "חופשיים" מוליכים חום (וחשמל) היטב. האלקטרונים החיצוניים ה"חופשיים" ביותר נמצאים במתכות, וזו הסיבה לכך שמתכות הן מוליכות החום והחשמל הטובות ביותר. כסף הוא המוליך הטוב ביותר, נחושת היא הבאה בתור, ומבין המתכות הנפוצות, באים אחריהם אלומיניום וברזל. צמר,

איור 15.14
כתמים של גבישי כפור מסגירים את הפתח למאורת העכבר. כל צבר גבישים הוא נשימה קפואה של עכבר!

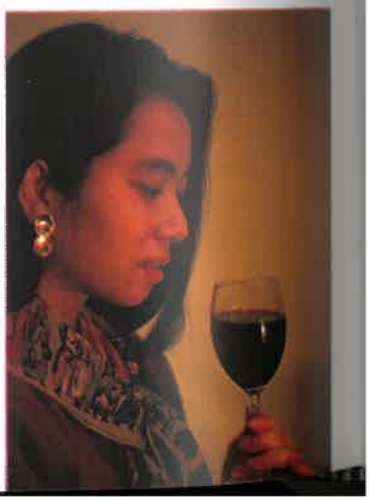
בפליטת קרינה תת-אדומה לחלל. בשל מוליכות החום הנמוכה של השלג, חום מועט בלבד מגיע אליו מן הקרקע בהולכה, ופני השלג נעשים קרים יותר מן האוויר שסביבם. תחתית השלג נותרת בטמפרטורת הקרקע בקירוב. כך מסייע השלג בהגנה על גידולים חקלאיים ממזג אוויר קר במיוחד.

חוק הקירור של ניוטון

עצם שהטמפרטורה שלו שונה מזו של סביבתו יגיע בסופו של דבר לטמפרטורה השווה לזו של סביבתו. גוף חם יתקרר תוך כדי חימום הסביבה, וגוף קר יתחמם בתוך שהוא מקרר את סביבתו. קצב ההתקררות של הגוף תלוי בהפרש הטמפרטורות בינו לבין הסביבה. השינוי בטמפרטורות, בכל שנייה, שיתרחש בעוגת תפוחים לוהטת יהיה גדול יותר אם נניח את העוגה במקפיא מאשר אם נשים אותה על שולחן המטבח. כשהעוגה מתקררת במקפיא הפרש הטמפרטורות גדול יותר. חום ידלוף מבית חם מהר יותר ככל שהסביבה תהיה קרה יותר. ההשקעה הנדרשת לשמירה על חום הבית גדולה יותר ככל שהיום קר יותר. ככל שקטן הפרש הטמפרטורות, כך קטן גם קצב הקירור של הבית. בטמפרטורות רגילות, קצב הקירור - בהולכה, בהסעה או בקרינה - נמצא בקירוב ביחס ישר להפרש הטמפרטורות, ΔT, שבין הגוף לסביבתו.

$$\text{קצב הקירור} \sim \Delta T$$

קשר זה ידוע בשם **חוק הקירור של ניוטון**. (נחשו מי היה הראשון שניסח אותו?)



איור 15.15
הרגל הארוכה של גביע היין מסייעת להימנע מחימום היין בחום היד.

חוק דומה תקף גם לגבי חימום. אם גוף קר מסביבתו, קצב החימום שלו נמצא גם הוא ביחס ישר להפרש הטמפרטורות. מזון קפוא יתחמם מהר יותר בחדר חם מאשר בחדר קר.

קצב הקירור שבו אנו חשים ביום קר עשוי לגדול עוד יותר בשל ההסעה על ידי הרוח. בארצות קרות מקובל המושג "טמפרטורת רוח". לדוגמה, טמפרטורת רוח של 20- מעלות צלסיוס פירושה שאנו מאבדים חום באותו הקצב שהיינו מאבדים בהעדר רוח ובטמפרטורה של 20- מעלות.

שאלה

האיל וספל קפה חם מתקרר מהר יותר מספל קפה פושר, האם נכון יהיה לומר שהקפה החם יתקרר לטמפרטורת החדר לפני הקפה הפושר?

תוצא החממה

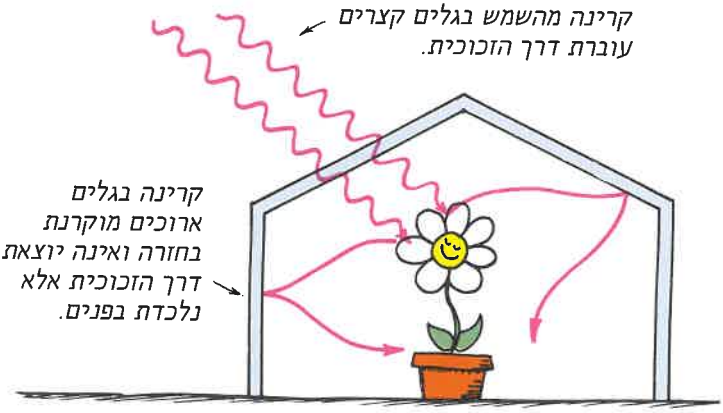
כדור הארץ והאטמוספירה סביבו מתחממים באנרגיית קרינה המגיעה מהשמש. הארץ עצמה פולטת קרינה המכונה פליטה ארצית, שרובה אובד בחלל החיצון. שינויים בטמפרטורה הממוצעת של הארץ מוכתבים על ידי ההפרש שבין אנרגיית קרינה שמגיעה ארצה לבין אנרגיית קרינה שעוזבת את הארץ (איור 15.16). במהלך חצי מיליון השנים האחרונות נעה הטמפרטורה הממוצעת של כדור הארץ בין 19 ל-23 מעלות, והיא כעת בנקודת השיא. הטמפרטורה של כדור הארץ עולה כאשר האנרגיה שמגיעה אליו גדלה, או כאשר פוחתת האנרגיה הנמלטת ממנו.

אנרגיית קרינה מהשמש, כמו מכל מקור אחר לוהט כפני השמש, היא בעיקרה בתחומי העל-סגול, בתחום האור הנראה ובתחום הגלים התת-אדומים הקצרים. האטמוספירה שקופה לאורכי גל קצרים אלה, וכך אנרגיית השמש מגיעה לפני הארץ ונבלעת בהם. פני הארץ קורנים בחזרה חלק מהאנרגיה הזאת. אבל היות שפני הארץ קרים יחסית, הם פולטים את האנרגיה כגלים ארוכים, בעיקר בתחום הגלים התת-אדומים הארוכים. לאורכי גל אלה האטמוספירה אינה שקופה. גזים אטמוספיריים (בעיקר פחמן דו-חמצני ואדי מים) בולעים את הקרינה ארוכת הגל שנפלטת מהארץ ופולטים אותה בחזרה, וכך רובה של קרינה זו מוצא את דרכו חזרה אל כדור הארץ. התוצאה היא שהקרינה באורכי הגל הארוכים אינה נמלטת מהאטמוספירה, והיא מחממת את כדור הארץ. תופעה זאת נקראת **תוצא החממה** והשפעתה חיובית מאוד, מפני שאלמלא התרחשותה היתה הטמפרטורה הממוצעת על כדור הארץ יורדת עד 18- מעלות צלסיוס. העובדה המדאיגה בשנים האחרונות היא שרמת הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה עולה, וכך עלולה הטמפרטורה של כדור הארץ לעלות מעבר לרצוי.

תוצא החממה האטמוספירי נקרא כך על שום החממות לגידול פרחים, שבהן כיסוי זכוכית או פלסטיק מונע את הימלטותה של אנרגיית השמש המוקרנת חזרה. הזכוכית והפלסטיק שקופים לאור נראה ואטומים לאור על-סגול ותת-אדום. הם פועלים כמעין שסתום חד-כיווני. הזכוכית או הפלסטיק

איור 15.16
תוצא החממה של אטמוספירת כדור הארץ. פחמן דו-חמצני באטמוספירה בולע חום ומונע ממנו לברוח אל החלל החיצון.

תשובה: לא! אף שקצב הקירור בכוס החמה מהיר יותר, היא צריכה להתקרר יותר כדי להגיע לטמפרטורת החדר. הכוס החמה תצטרך קודם כל להתקרר לטמפרטורה של הכוס הפושרת. במשך זמן קירור זה, הכוס הפושרת תתקרב עוד יותר לטמפרטורת החדר. קצב הקירור ומשך הקירור הם שני דברים שונים.



איור 15.17
אנרגיית קרינה בגלים קצרים המגיעה מהשמש חודרת דרך גג הזכוכית של החממה. הצמחים והאדמה מתחממים ופולטים אנרגיית קרינה ארוכת גל, שאינה מסוגלת לעבור דרך הזכוכית.

מאפשרים לאור הנראה לחדור לחממה אך מונעים מגלים ארוכים יותר לעזוב אותה. כך נכנסים גלי האור הקצרים של השמש דרך גג הזכוכית ונבלעים באדמה ובצמחים. האדמה והצמחים עצמם פולטים גלים תת-אדומים ארוכים. גלים אלה אינם יכולים לצאת דרך הזכוכית, והחממה מתחממת (איור 15.17).

מעניין לציין שהחום בחממת הפרחים נובע בעיקר מתפקידה של הזכוכית במניעת זרמי הסעה שהיו גורמים לערבוב האוויר שבחממה עם האוויר הקר יותר בחוץ; לכן, לתוצא החממה השפעה מכרעת יותר בהתחממות כדור הארץ מאשר בחממה עצמה.

שאלה מה משמעות הטענה שתוצא החממה כמוהו כשסתום חד-כיווני?

אנרגיית השמש

צעד אחד מהצל אל אור השמש ואנחנו מתחממים. הסיבה לחום שאנו חשים אינה העובדה שהשמש כה לוהטת, שהרי הטמפרטורה על פני השמש - כ-6000 מעלות צלסיוס - אינה גבוהה יותר מזו של הלהבה במבער ריתוך. אנו מתחממים בעיקר מפני שהשמש כה גדולה. בשל כך היא פולטת כמויות אדירות של אנרגיית קרינה, שרק פחות ממיליארדית ממנה מגיעה אל כדור הארץ. אנרגיית הקרינה המגיעה מדי שנייה למטר רבוע בקצה העליון של אטמוספירת כדור הארץ הניצב בזווית ישרה לקרני השמש היא 1400 ג'ול (1.4 קילו-ג'ול) (איור 15.18). כמות האנרגיה הזאת נקראת **הקבוע הסולארי**. במונחים של הספק, מדובר ב-1.4 קילוואט למטר רבוע. שיעור **אנרגיית השמש** המגיעה לקרקע מנוחת באטמוספירה ומופחת בשל זוויות פגיעה לא מאונכות של קרני השמש. באזורים הממוזגים של כדור הארץ הוא עשוי להגיע, בממוצע שנתי, לכ-15 אחוזים של הקבוע הסולארי. כמות זו גדולה כפליים מהדרוש לחימומו של בית ממוצע או לקירורו, וזו אחת הסיבות לכך שבארצות

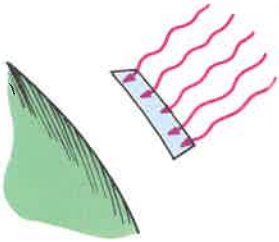
תשובה: החומר השקוף – האטמוספירה בכדור הארץ והזכוכית או הפלסטיק בחממה – מעביר רק את הגלים הקצרים המגיעים וחוסם את הגלים הארוכים החוזרים. התוצאה היא שאנרגיית קרינה נלכדת בתוך ה"חממה".

מתקדמות משתמשים באחרונה יותר ויותר באנרגיית שמש לחימום בתים ולמיזוגם; בישראל, אחוז גבוה מאוד של חימום המים לצרכים ביתיים נעשה באמצעות קולטי שמש.

חימום באנרגיית שמש מצריך מערכת להעברת החום מקולטי השמש לדוד החימום או ליחידת החום הדירתית. מערכת העברה המחייבת השקעה של אנרגיה חיצונית (לצורך הפעלת משאבות, למשל) נקראת מערכת פעילה. כאשר החום מועבר באמצעים טבעיים (הולכה, הסעה או קרינה), היא נקראת מערכת סבילה. אפילו במדינות קרות בהרבה מישראל ניתן להשתמש באנרגיית שמש לחימום בתים, ולחסוך בכך דלק רב.

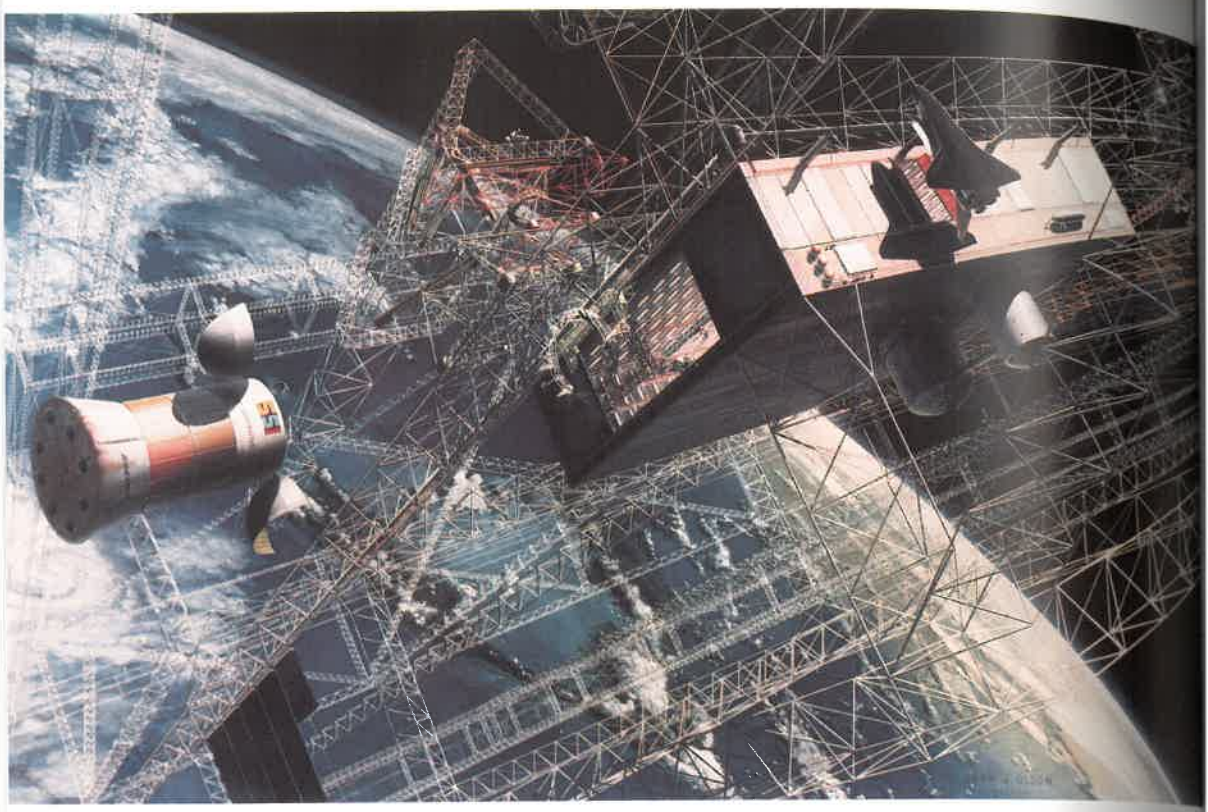
כשמנסים להשתמש באנרגיית השמש בקנה מידה גדול יותר, הבעיות מתרבות. ראשית, אנרגיית השמש אינה עומדת לרשותנו בלילה. עובדה זאת מחייבת גיבוי של המערכת במקור אנרגיה חלופי (דוגמת דודי החשמל שבהם משתמשים בישראל במקרה שקרינת השמש לא הספיקה כדי לחמם את המים), או, לחלופין, פיתוח אמצעים מתוחכמים לאחסון האנרגיה המופקת מהשמש במשך היום. גם שינויים במזג האוויר, בעיקר עננים, מביאים לשינויים בקצב הייצור של אנרגיית שמש מיום ליום ומעונה לעונה. השיטות לאיסוף אנרגיית השמש ולריכוזה, למשל באמצעות מערכות מתוחכמות של מראות, הן יקרות עדיין, ואינן מתחרות במקורות אנרגיה אחרים. עם זאת, מחקר מאומץ מתנהל בנושא, וישראל היא בין המדינות המובילות בתחום מחקרים אלה.

אחת האפשרויות המרתקות היא ניצול של אנרגיית השמש במלוא העוצמה של הקבוע הסולארי 24 שעות ביממה, וזאת באמצעות תחנות כוח חלליות. התחנות הללו תרחפנה בחלל החיצון, בלא שתופרענה מעננים או מגשם. חוסר המשקל בחלל יאפשר לבנות מבנים גדולים וקלים בלא סכנה שיקרסו. תחנות



איור 15.18
מדי שנייה מעתירה השמש 1400 ג'ול של אנרגיית קרינה על כל מטר רבוע במרומי האטמוספירה שמאונך לקרני השמש. לפיכך הקבוע הסולארי הוא 1.4 קילו-ג'ול\שנייה\מ^2 או 1.4 קילוואט\מ^2.

איור 15.19
קולטי שמש מכוסים בזכוכית כדי ליצור תוצא חממה המביא לחימום יתר של המים. מדוע צבועים הקולטים בשחור?

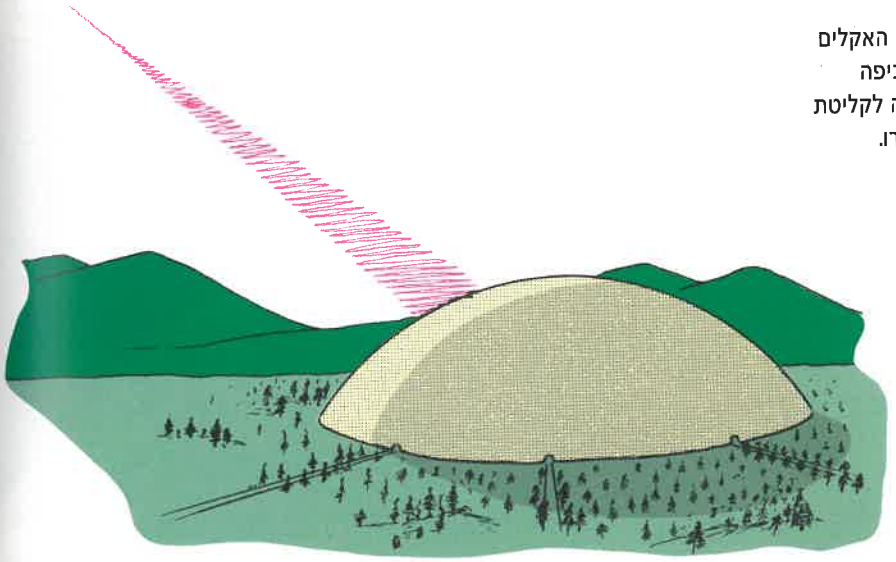


איור 15.20
הצעה לתחנת כוח סולארית בעת בנייתה במסלול מעגלי נמוך סביב כדור הארץ. מעבורת חלל עוגנת במתקן ההרכבה (למעלה מימין). משמאל, חלקה העליון של רקטת שיגור ענקית מתקרב למתקן כדי לפרוק את מטען חומרי הבניין שהיא נושאת. חוסר המשקל במסלול מאפשר שימוש במבנים גדולים דמויי רשת, שהיו מתמוטטים אילו היו משתמשים בהם על הארץ. כאשר תסתיים הבנייה יוכנס הלוויין למסלול מתואם עם תנועת כדור הארץ. החשמל שייווצר יומר לגלי מיקרו ויוקרן לכדור הארץ.

כוח אלו יורכבו מאוספים ענקיים של תאי-שמש, שינועו במסלולים מעגליים גיאוסינכרוניים העוקבים אחר תנועת הסיבוב של כדור הארץ (בדומה למסלוליהם של לווייני תקשורת). במסלולים אלה יימצאו אותם תאים תמיד במקום אחד ביחס לכדור הארץ. הם יאספו אנרגיית שמש בלא הפסק ויהפכו אותה לחשמל, אשר יפעיל מחוללים של גלי מיקרו שיותקנו בלוויינים. הגלים ישודרו לארץ וייקלטו באנטנה שניתן יהיה למקם בכל מקום - על האדמה, בים או במדבר*.

* האנטנה הקולטת במערכת כזאת עשויה להיות רשת דלילה של חוטי חשמל. קרני השמש יעברו דרכה אבל גלי המיקרו ייבלעו בה, וכך תישמר בטיחותם של התושבים שחיים מתחתיה. אם ייבנו אי-פעם ערים שיכוסו בכיפות ענקיות, כפי שמציעים אדריכלים שונים, עשויות אותן כיפות להיות אנטנות יעילות לקליטת גלי מיקרו, מפני שהן תהיינה שקופות לקרני השמש אך אטומות לגלי מיקרו.

היכן עדיף למקם תחנות כוח סולאריות - על הארץ או בחלל? העניין עדיין נתון במחלוקת. הידע הטכנולוגי העומד כיום לרשותנו פותח בפנינו את שתי האפשרויות גם יחד. השיקולים המכריעים יהיו שיקולים כלכליים וסביבתיים ולא שיקולים של היתכנות טכנולוגית.

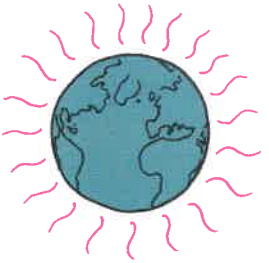


איור 15.21
דגם של עיר שבה האקלים מבוקר מתחת לכיפה המשמשת אנטנה לקליטת אנרגיה בגלי מיקרו.

בעיית עודף החום

בין כמות הקרינה שכדור הארץ קולט מהשמש לבין כמות הקרינה שהוא פולט לחלל קיים שיווי משקל קרינתי. לפיכך שוררת על כדור הארץ טמפרטורה ממוצעת המאפשרת את התפתחות החיים כפי שאנו מכירים אותם. ייצור האנרגיה החשמלית במאה הנוכחית הוא גורם חדש המשפיע על שיווי המשקל הקרינתי. הכרנו כבר את בעיית הזיהום התרמי, שהוא תוצר לוואי של תחנות הכוח. סביבת כדור הארץ הופכת להיות "מזבלה" ענקית של עודפי חום. תחנות כוח חלליות לא יפתרו את הבעיה הזאת. כמות החום שנוצרת על פני כדור הארץ קשורה לא רק לייצור האנרגיה אלא גם לניצולה.

תארו לעצמכם, למשל, שכל האנרגיה החשמלית שאנו זקוקים לה היתה מוקרנת אלינו מתחנות כוח בחלל, ותארו לעצמכם אפילו, שכל המתקנים הגורמים לזיהום תרמי היו ממוקמים בחלל גם הם. במקרה כזה היתה המזבלה של עודפי החום נמצאת בחלל החיצון במקום על כוכב הלכת ארץ, והתחממות כדור הארץ היתה פוחתת במידה ניכרת. עם זאת, ככל שמשתמשים על פני הארץ באנרגיה רבה יותר, כמויות החום הנוצרות כאן גדלות והולכות. כאשר מכינים פרוסת לחם קלוי לארוחת הבוקר, החום העודף שקולט המטבח אינו תלוי בדרך שבה יוצרה האנרגיה שהשתמשתם בה. כל האנרגיה שאנו צורכים לקליית לחם, להפעלת מכשיר טלוויזיה או להפעלת מסור חשמלי הופכת בסופו של דבר לחום.



איור 15.22
כל האנרגיה שאנו צורכים הופכת בסופו של דבר לחום.

נוכחנו לדעת, אם כן, כי צריכת אנרגיה על פני כדור הארץ - ולא משנה באיזו דרך - גורמת להתחממותו. עליית החום הזאת חייבת להתקזז על ידי קרינה מהארץ; כדי לעשות זאת הטמפרטורה של הקורן, כדור הארץ, עולה, והאקלים משתנה. האוקיינוסים מתחממים, ובעקבות זאת גדל שיעור האידוי ושלג רב יותר יורד באזורי הקוטב. תהליך זה מביא להתפשטותם של הקרחונים. נכון להיום, שטח כדור הארץ המכוסה בקרחונים שווה פחות או יותר לסך כל השטחים החקלאיים. עקב התפשטות הקרחונים והגידול בשטח האזורים המכוסים שלג לבן, מוחזרת קרינת שמש רבה יותר, דבר שבהחלט עלול לגרום לירידה משמעותית בטמפרטורה הכללית של כדור הארץ. חימום יתר של הארץ עלול איפוא להביא לראשיתו של עידן הקרח הבא! ואולי לא - איננו יודעים.

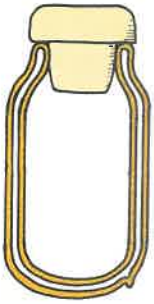
אפשר לנסות ולנחש אילו השפעות ארוכות טווח יהיו לשינויי האקלים בכדור הארץ. מצד אחד, השינויים הכלליים עשויים להיות נסבלים, וייתכן שהאנושות תסתגל אליהם ותמשיך לתפקד. מצד שני, ייתכן שההשפעות יהיו בלתי נסבלות, ויעניקו את הדחיפה האחרונה לקראת כיבוש החלל. ממושבות שיסבבו סביב כדור הארץ במסלולים מעגליים יוכלו בני אדם לשלוט בנקל בטמפרטורה באמצעות הקרנת האנרגיה העודפת לחלל החיצון. האם במשך הזמן יגרמו מושבות החלל לזיהום תרמי של מערכת השמש? התשובה שלילית. האנרגיה שבה ישתמשו במתקני החלל תיוצר מחלק זעיר של האנרגיה שפולטת השמש, והחום העודף שייפלט פשוט יחזיר חלק ממה שנלקח. בקרת הטמפרטורה של מושבה בחלל החיצון היא משימה שניתן יהיה לעמוד בה. על פני כדור הארץ, המוקף באטמוספירה מבודדת, זו משימה קשה הרבה יותר.

כאן, על כדור הארץ, שומה עלינו לבחון ברצינות את רעיון הצמיחה הבלתי פוסקת. (אנא הקדישו זמן וקיראו את נספח ד, "גידול מעריכי וזמן ההכפלה", שבו נכלל חומר חשוב מאוד.)

בקבוק התרמוס

ניתן לסכם בקצרה את דרכי המעבר של חום תוך התבוננות במכשיר המעכב את שלושת המנגנונים: בקבוק התרמוס. התרמוס הוא מכל בעל דפנות זכוכית כפולות שביניהן חלל ריק. שני צידיה הפנימיים של הזכוכית, הפונים זה כלפי זה, הינם מוכספים. כאשר מוזגים נוזל חם לתוך בקבוק כזה, הוא שומר על טמפרטורה כמעט קבועה למשך שעות רבות. זאת מכיוון שהעברות החום בהולכה, בהסעה ובקרינה מעוכבות במידה ניכרת.

1. מעבר חום בהולכה דרך הריק אינה אפשרית. מעט חום אמנם נמלט בהולכה דרך הזכוכית והפקק, אך זהו תהליך איטי, מפני שהזכוכית והפלסטיק או השעם הם מוליכים גרועים.
2. הריק גם מונע איבודי חום בדרך של הסעה דרך הדפנות.
3. איבוד חום בקרינה נמנע הודות לקירות המוכספים, המחזירים את גלי החום בחזרה אל הבקבוק.



איור 15.23
בקבוק תרמוס.

תקציר מונחים

הולכה העברה של אנרגיית חום ממולקולה למולקולה בתוך החומר.

הסעה מעבר של אנרגיית חום בגז או בנוזל באמצעות זרמים של החומר המחומם. החומר נע ונושא איתו את האנרגיה.

קרינה העברת אנרגיה במהירות האור באמצעות גלים אלקטרומגנטיים.

חוק הקירור של ניוטון קצב איבוד החום מתכונתי להפרש הטמפרטורות בין הגוף לסביבתו.

תוצא החממה תופעת התחממותו של תווך - כמו מבנה זכוכית או האטמוספירה של כדור הארץ - שהוא שקוף לגלים הקצרים שקורנת השמש, אך אטום לגלים הארוכים שקורנת הארץ. האנרגיה של אור השמש החודרת דרך חלונות הזכוכית של חממת פרחים או דרך האטמוספירה של הארץ נבלעת בקרקע ומוקרנת חזרה באורכי גל ארוכים, שנבלעים בתווך וגורמים להתחממות.

הקבוע הסולארי 1400 ג'ול למטר רבוע נקלטים מהשמש מדי שנייה בשיא האטמוספירה של הארץ, ובמונחי הספק - 1.4 קילוואט למטר רבוע.

אנרגיית שמש אנרגיה שימושית המופקת מקרינת השמש.

שאלות חזרה

1. מהן שלוש הדרכים העיקריות למעבר של חום?

הולכה

2. מהו תפקידם של האלקטרונים ה"חופשיים" במוליכי חום?

3. במה נבדל מוליך ממבדד?

4. מדוע רצפת הבטון בבריכות שחייה חמה יותר מהדשא שסביבה?

5. מדוע חומרים כמו צמר, פרווה, נוצות ואפילו שלג הם מבדדים טובים?

6. כיצד ייתכן שהשמיכה שאנו מתכסים בה בלילה מחממת אותנו אף-על-פי שהיא עצמה אינה מקור אנרגיה?

7. מדוע אנו אומרים שקור אינו דבר מוחשי?

הסעה

8. כיצד מועבר חום ממקום למקום בדרך של הסעה?

מדוע עולה אוויר חם

9. מה הקשר בין תופעת הציפה לתופעת ההסעה?

10. מדוע נוטות מולקולות אוויר הנעות במהירות לנדוד כלפי מעלה יותר מאשר כלפי מטה?

מדוע מתקרר אוויר מתפשט

11. מה קורה ללחץ האוויר כאשר האוויר עולה? מה קורה לנפחו? מה קורה לטמפרטורה שלו?

12. כיצד מושפעת מהירותן של מולקולות האוויר מדחיסת האוויר במשאבת יד?

13. כיצד מושפעת מהירותן של מולקולות האוויר כאשר נפח האוויר גדל במהירות?

14. האם משפיע קצב ההתנגשויות של מולקולות בגז על הטמפרטורה, או שמא כיוון ההשפעה הוא הפוך? הסבירו.

15. מדוע אין ידה של מילי נכווית כאשר היא מגישה אותה אל מעל לשסתום סיר הלחץ (איור 15.7)?

16. מדוע משתנה כיוון הרוח בחוף הים בין היום ללילה?

קרינה

17. מהי בדיוק אנרגיית קרינה?

18. כיצד משתנים אורכי הגל של אנרגיית הקרינה עם הטמפרטורה של המקור הקורן?

פליטה, בליעה והחזרה

19. בהתחשב בכך שכל העצמים בעולם בולעים ללא הרף אנרגיה מסביבתם, כיצד ייתכן שהטמפרטורה שלהם אינה עולה ברציפות?

20. בהתחשב בכך שכל העצמים בעולם פולטים כל הזמן אנרגיה לסביבתם, כיצד ייתכן שהטמפרטורה שלהם אינה יורדת ברציפות?

21. מה קובע אם גוף מסוים הוא בסך הכל בולע או פולט?

22. מדוע אישון העין נראה שחור?

23. מה בדרך כלל יתקרר מהר יותר - קנקן שחור ובו מים חמים או קנקן מוכסף ובו מים חמים? הסבירו.

24. מה בדרך כלל יתחמם מהר יותר - קנקן שחור ובו מים קרים או קנקן מוכסף ובו מים קרים? הסבירו.

25. האם גוף שבולע קרינה ביעילות גם פולט אותה ביעילות?

התקררות בקרינה בלילה

26. מה קורה לטמפרטורה של גוף הקורן אנרגיה מבלי לבלוע אותה כמות אנרגיה?

27. האם מוליך טוב, המצוי במגע עם אדמה חמה יחסית, יתקרר באופן משמעותי יותר ממנה כאשר הוא קורן אנרגיה? מדוע?

28. האם מבדד טוב, המצוי במגע עם אדמה חמה יחסית, יתקרר באופן משמעותי יותר ממנה כאשר הוא קורן אנרגיה? מדוע?

חוק הקירור של ניוטון

29. מדוע תתקרר פחית משקה מהר יותר במקפיא מאשר במקרר?

30. היכן יתקרר שיפוד לוהט מהר יותר - בתוך תנור חם או בחדר קר? או שמא בשני המקומות הוא יתקרר באותו קצב?

31. האם תקף חוק הקירור של ניוטון גם לגבי חימום?

תוצא החממה

32. למה הכוונה במושג קרינה ארצית?

33. מדוע מורכבת הקרינה הארצית מגלים ארוכים יותר מאלה של קרינת השמש?

אנרגיית השמש

34. מהו ההבדל בין מערכות חימום סולאריות פעילות לבין מערכות סבילות?

35. מתי תעמוד לרשותנו הטכנולוגיה לייצור תחנות כוח סולאריות בחלל?

36. כיצד ניתן יהיה להעביר אנרגיית שמש מלוויינים לכדור הארץ?

בעיית עודף החום

37. מה הקשר בין צריכת האנרגיה העולמית לבין הטמפרטורה הממוצעת על פני כדור הארץ?

38. האם מושבות בחלל, שיפיקו את האנרגיה שלהן מהשמש, יזהמו בחום את מערכת השמש? נמקו את תשובתכם.

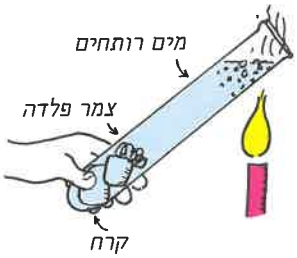
בקבוק התרמוס

39. מה תפקידם של המשטחים המוכספים במכל התרמוס?

40. חום אינו יכול להימלט בקלות מתרמוס, לכן דברים חמים שומרים בתוכו על חומם. האם דברים קרים יישמרו בו קרים? הסבירו.

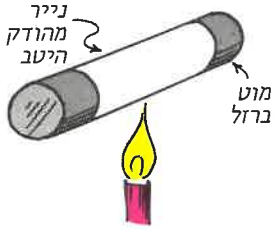
מעלות בית

1. החזיקו בידכם את תחתיתה של מבחנה המלאה במים קרים. חממו את חלקה העליון בלהבה עד לרתיחת המים. העובדה שעדיין אפשר להחזיק בתחתית המבחנה מלמדת כי מים הם מוליכי חום גרועים. תוכלו להיווכח בכך בבירור אם תוסיפו חתיכות קרח למבחנה. במקרה כזה ניתן להרתיח את המים בקצה העליון בלא להמיס את הקרח שבתחתית. נסו ותיווכחו.



2. אם ירד החורף שלג באזור מגוריכם, נסו לחזור על הניסוי שערך בנג'מין פרנקלין לפני כמעט 200 שנה. הניחו בדים כהים ובהירים על השלג ושימו לב להבדלים במהירות ההתכה של השלג מתחתיהם.

3. גלגלו פיסת נייר סביב מוט מתכת ושימו אותו בלהבה. הנייר לא יישרף. התוכלו לומר מדוע? (בדרך כלל, נייר אינו נדלק בטמפרטורה הנמוכה מ-233 מעלות צלסיוס).



תרגילים

1. מדוע קשה להעריך טמפרטורה של חפצים באמצעות מגע?

2. טמפרטורה של 20 מעלות צלסיוס היא נוחה ונעימה. מדוע בבריכה אנו חשים בקור כאשר אנו שוחים במים שהטמפרטורה שלהם היא 20 מעלות?

3. באיזו טמפרטורה משותפת יהיו הן גוש עץ והן גוש מתכת לא קרים מדי ולא חמים מדי למגע?

4. אם תחזיקו בידכם מסמר מתכת ותצמידו אותו לקרח, קצה המסמר שביד יתקרר במהירות. האם זורם קור מהקרח אל היד? הסבירו.

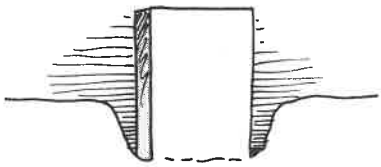
5. כסף הוא מוליך חום מעולה. האם תכונה זו מועילה או מפריעה כאשר משתמשים בסכו"ם מכסף?

6. מדוע במסעדות מגישים תפוחי אדמה אפויים בתוך עטיפה של רדיד אלומיניום?

7. בארצות קרות אנשים פוצעים לעיתים את לשונם בלקקם מתכת ביום קר מאוד. מדוע אין סכנה דומה כרוכה בליקוק של פיסת עץ?

8. עץ הוא מבודד טוב יותר מזכוכית. בכל זאת, בבתי עץ רבים משתמשים לצורך בידוד בסיבי זכוכית (פיברגלס). הסבירו.

9. אם תבקרו פעם בבית קברות מכוסה שלג, תוכלו להבחין שהשלג אינו נערם בתלוליות מסביב למצבות אלא יוצר סביבן שקעים, כבאיור. התוכלו להסביר מה הסיבה לכך?



10. אם במזג אוויר מקפיא יעמוד לרשותכם רק נר לחימום, איפה יהיה לכם חם יותר - באיגלו אסקימואי או בצריף עץ?

11. בשעות היום הירחי הסלעים על הירח כה חמים עד שניתן לבצע הלחמות באמצעותם. מדוע אין זה כך על פני כדור הארץ?

12. אם תרצו לקרר משהו בעזרת קרח, האם תשימו אותו מעל גוש הקרח או את גוש הקרח מעליו?

13. תוכלו להרתיח מים בתוך כוס נייר אם תשימו אותה בלהבה. מדוע אין כוס הנייר נשרפת?

14. מדוע אפשר להחזיק את האצבעות בנוחיות לצד להבה של נר אך לא מעליה?

15. מדוע תוכלו להחזיק את היד למשך שניות אחדות בתוך תנור אפייה חם אך ברגע שתיגעו בגוף המתכת של התנור - תיכוו?

16. עץ הוא מוליך חום גרוע מאוד. מוליכותו נמוכה. האם עץ הוא מוליך גרוע גם כשהוא חם? האם ניתן להחזיק בבטחה, בידיים חשופות, ידית עץ של סיר המוצא מתנור חם? האם יעבור חום רב מן הסיר אל ידכם אם תוציאו אותו מהתנור במהירות? האם תוכלו לבצע פעולה זו אם לסיר תהיה ידית ברזל? הסבירו.

17. מוליכות החום של עץ נמוכה מאוד. האם היא נמוכה גם כאשר העץ חם - למשל, כשהעץ בצורת גחלים לוחשות? האם ניתן ללכת בבטחה על גחלים לוחשות ברגליים יחפות? אף על פי שהפחם חם, האם יעבור חום רב ממנו לרגליים אם פוסעים עליו במהירות? האם ניתן להלך באופן דומה על גבי גושי ברזל מלובנים? הסבירו.

18. בחדר סגור ושקט עשן סיגריה עשוי להתחיל לעלות, ולהישאר בגובה מסוים באוויר בטרם ימשיך לעלות לתקרה. הסבירו מדוע.

19. מדוע תצפו שאטום הליום בודד ימשיך לעלות ברציפות באטמוספירה העשויה מחנקן ומחמצן? מדוע אין הוא עוצר באמצע כמו העשן המתואר בשאלה הקודמת?

20. בתערובת של חמצן ומימן גזיים בטמפרטורה שווה, אילו מולקולות נעות מהר יותר? מדוע?

21. מכל אחד מלא בגז ארגון ומכל שני מלא בגז קריפטון. אם שני הגזים נתונים בטמפרטורה שווה, באיזה מכל נעים האטומים מהר יותר? מדוע?

22. אם מחממים אוויר הוא מתפשט. האם נובע מכך שאם אוויר מתפשט הוא מתחמם? הסבירו.

23. כיצד יש לשנות את איור 15.6 כדי שיתאר התחממות של אוויר בשעת דחיסה? ציירו איור סכימטי כזה.

24. במכונות ליצירת שלג המצויות באתרי סקי משתמשים בתערובת של אוויר דחוס ומים המותזת דרך חריר. הטמפרטורה ההתחלתית של התערובת עשויה להיות גבוהה בהרבה מטמפרטורת הקיפאון של המים. ובכל זאת, כאשר התערובת יוצאת מהחריר נוצרים גבישי שלג. הסבירו כיצד זה קורה.

25. מה הקשר בין זרמי ההסעה של האוויר בחוף הים לבין יכולת קיבול החום הגבוהה של המים?

26. מהו הצבע היעיל ביותר עבור מקרנים (רדיאטורים) של קיטור?

27. מדוע גוף הפולט קרינת חום היטב נראה שחור בטמפרטורת החדר?

28. מספר גופים בטמפרטורות שונות המוצבים בחדר סגור יגיעו בסופו של דבר לטמפרטורה אחת. האם שיווי המשקל התרמי הזה היה אפשרי אם בולעי חום טובים היו פולטים גרועים ובולעים גרועים היו פולטים טובים? הסבירו.

29. נסחו חוק שיתאר את היחס בין תכונות ההחזרה לתכונות ההקרנה של משטח בהסתמך על הכללים הקובעים שבולע טוב הוא קורן טוב ומחזיר טוב הוא בולע גרוע.

30. נניח שמגישים לכם קפה במסעדה ועדיין אינכם רוצים לשתות אותו. כדי שהקפה יהיה חם ככל האפשר כשתרצו לשתותו, האם נבון יותר להוסיף את החלב מיד או שמא עדיף להוסיפו לפני השתייה?

31. אף שמתכות מוליכות חום, על מכוניות חונות ניתן למצוא קרח השכם בבוקר אפילו כשטמפרטורת האוויר גבוהה מטמפרטורת הקיפאון. התוכלו להסביר זאת?

32. מדוע לעיתים נוהגים הגננים לסייד את חלונות החממות בקיץ?

33. ביום שמש קר מאוד, איזה מעיל יבטיח לכם את החום המרבי - מעיל שחור או מעיל פלסטיק שקוף?

34. אילו היה הרכב השכבות העליונות של האטמוספירה משתנה כך שהיה מאפשר לקרינה ארצית רבה יותר להימלט לחלל, כיצד היה מושפע מכך האקלים בכדור הארץ? מה היה קורה אילו היה מתרחש השינוי ההפוך, כך שפחות קרינה היתה נמלטת?

35. האם יש יתרון לשימוש בסולם קלווין כאשר מיישמים את חוק הקירור של ניוטון? מדוע?

36. אם אתם עוזבים את ביתכם החם למשך כחצי שעה ביום קר מאוד, ורצונכם לחסוך בדלק לחימום, מה עליכם לעשות בתרמוסטט של מערכת ההסקה: לכוון אותו לטמפרטורה נמוכה יותר, לכבות את ההסקה לגמרי, או להשאיר את התרמוסטט באותה דרגת חום?

37. אם אתם עוזבים את ביתכם הקריר למשך כחצי שעה ביום חם מאוד, ורצונכם לחסוך בדלק, מה עליכם לעשות בתרמוסטט של המזגן: לכוון אותו לטמפרטורה גבוהה יותר, לכבות את המזגן לגמרי, או להשאיר את התרמוסטט באותה דרגת חום?

38. ככל שנצרכת יותר אנרגיה על כדור הארץ, הטמפרטורה הכללית על הארץ נוטה לעלות. עם זאת, בלי קשר לעלייה באנרגיה, הטמפרטורה אינה עולה ללא גבול. איזה תהליך מונע עלייה ללא גבול בטמפרטורה? הסבירו את תשובתכם.