



הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל



מל"מ, המרכז הישראלי לחינוך מדעי
טכנולוגי
ע"ש עמוס דה שליט

מדינת ישראל
משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף א מדעים

קרינה אלקטרומגנטית – עקרונות, שימושים והחלטות מדריך למורה

הגר וקסלר ושולמית קפון

****ללא עריכה לשונית ומדעית****



תוכן עניינים

5.....	מבוא
6.....	רציונל ודגשים דידקטיים
10.....	המלצה לחלוקת שעות ההוראה
17.....	פתרונות לפעילויות המופיעות בספר
17.....	פעילות 1.1: מקורות קרינה
19.....	פעילות 1.2: צפייה בכתבה איך אנחנו הורגים את עצמנו: קרינה
24.....	פעילות 1.3: בדקו את עצמכם
25.....	פעילות 2.1: גלים בקפיץ
26.....	פעילות 2.2: גלים בחיי היום-יום ובמובן המדעי
29.....	פעילות 3.1: סוכר רוקד
30.....	פעילות 3.2: מיתרי הקול
32.....	פעילות 3.3: היווצרות גלי קול
33.....	פעילות 4.1: זמן מחזור, תדירות
34.....	פעילות 4.2: מאפייני גלים – הדגמה ושימוש בהדמיה
38.....	פעילות 4.3: בדקו את עצמכם – פרקים 4-2
41.....	פעילות 5.1: שדות בחיי היום-יום
43.....	פעילות 5.2: שימוש בהדמיות – גלים אלקטרומגנטיים וגלים מכניים
47.....	פעילות 5.3: נורת להט במיקרוגל
49.....	פעילות 5.4: גלי קול וגלים אלקטרומגנטיים – בדקו את עצמכם
50.....	פעילות 5.5: גלים אלקטרומגנטיים הנפלטים ממכשירי חשמל ביתיים
53.....	פעילות 5.6: מדידת קרינה
57.....	פעילות 6.1: סדרי גודל ומשמעותם
59.....	פעילות 6.2: קרינה אלקטרומגנטית פוגעת בחומר – שימוש בהדמיה

61.....	פעילות 6.3: איך פועל שלט?
63.....	פעילות 6.4: הכרת הספקטרום
67.....	פעילות 6.5: הספקטרום בחדשות
72.....	פעילות 7.1: העברה, החזרה ובליעה
74.....	פעילות 7.2: התקדמות גלי קול – טלפון כוסות
76.....	פעילות 7.3: שיבוש קליטה בטלפון הסלולרי
78.....	פעילות 8.1: כניסת אור לעין דרך האישון
79.....	פעילות 8.2: שבירת אור בקרנית ובעדשה - ניסוי בזכוכית מגדלת
80.....	פעילות 8.3: פעולת הקנים והמדוכים
81.....	פעילות 8.4: מבנה העין: בדקו את עצמכם
82.....	פעילות 8.5: צבעים – שאלות למחשבה ולדיון
83.....	פעילות 8.6: סביבון הצבעים של ניוטון
85.....	פעילות 8.7: ראיית צבעים – שימוש בהדמיה
88.....	פעילות 9.1: הקרנה ממושכת של תאים בקרינה מייננת
92.....	פעילות 9.2: השוואה בין הקרינה הנפלטת מטלפונים ניידים שונים
94.....	פעילות 9.3: חרוזי שמש משתזפים
99.....	פעילות 9.4: בדקו את עצמכם
101.....	פעילות 10.1: השוואת בדיקות רנטגן, סי-טי, MRI ורדיואיזוטופים
103.....	פעילות 10.2: התייעצות רפואית – איזו בדיקה מתאימה לנו?
106.....	פעילות 11.1: צפייה חוזרת בכתבה איך אנחנו הורגים את עצמנו: קרינה של אברי גלעד בערוץ השידור רשת
108.....	נספח: תכנית הלימודים (מרץ 2017)

ההתפתחות הטכנולוגית בעשורים האחרונים הובילה לשימוש הולך וגדל בטכנולוגיה ובמכשירים פולטי קרינה כמו טלפונים ניידים, אנטנות, רשתות אלחוטיות (WiFi), נתבים אלחוטיים (ראוטרים), תנורי מיקרוגל ומכשירים רפואיים וקוסמטיים. אנו נחשפים לקרינה אלקטרומגנטית גם ממקורות קרינה טבעיים כמו השמש. גם לתלמידים שלא יתמחו במדעים כדאי להכיר את נושא הקרינה האלקטרומגנטית, כדי לדעת כיצד להשתמש באופן נכון וזהיר במכשירים פולטי קרינה, כדי לדעת אילו שאלות כדאי לשאול בנוגע אליהם, כדי להעריך את המידע המגיע אליהם בנושאים אלה, וכדי לקבל כלים נוספים שיסייעו להם בקבלת החלטות מושכלת בנושא הן ברמה האישית הן ברמה הפוליטית.

הספר נכתב על פי תכנית הלימודים החדשה של מוט"ל¹. מפרט התכנים של התכנית בנושא קרינה מצורף כנספח למדריך למורה². בשדה המחקר המדעי שבו עסקו יחידות הקרינה והגלים במוט"ל חלו שינויים רבים, בפרט ביישומים הטכנולוגיים, ונוצר צורך לשלב ידע תוכן עדכני. גם שיטות ההוראה השתנו. בעשורים האחרונים התפתחו שיטות הוראה מגוונות, שחלקן לא באו לידי ביטוי ביחידות המקוריות, כמו למידה במעבדה, פתרון בעיות וקבלת החלטות או שימוש ברשת האינטרנט. המבנית שכתבנו מתבססת על ידע מדעי וטכנולוגי עדכני, על ידע פדגוגי המבוסס על מחקר בחינוך מדעי, ידע מקצועי שנוצר, נבנה והצטבר במוט"ל³ ועל עקרונות לפיתוח למידה משמעותית.

אנו מודות לד"ר מיכל נחשון, מפמר"ית מוט"ל היוצאת, ולגב' רונית פרץ המפמר"ית הנכנסת, שקראו את המדריך למורה והפנו את תשומת ליבנו לנושאים שזקוקים לליבון נוסף.

¹ מוט"ל – המקצוע החדש "מדע וטכנולוגיה לכול" שהתפתח מהמקצוע מוט"ל ב – מדע וטכנולוגיה בחברה

² תכנית הלימודים במוט"ל:

http://meyda.education.gov.il/files/Mazkirut_Pedagogit/Motav/tl_madatechnologicalachol2018.docx

³ מוט"ל ב – המקצוע "מדע וטכנולוגיה בחברה", או בשמו החדש: מוט"ל – מדע וטכנולוגיה לכול

רציונל ודגשים דידקטיים

הוראת נושא הקרינה מציבה אתגרים פדגוגיים מגוונים, הן בשל מורכבות התוכן המדעי, הן בשל הצורך ללמד את התלמידים להשתמש בידע זה מחוץ לכיתה ובפרט כיצד לקבל החלטות בנושא בתנאי אי-ודאות וריבוי דעות סותרות של אנשי מקצוע ובעלי אינטרסים. התכנים בספר מוצגים מנקודות המבט השונות שאזרחים נחשפים אליהן: מדע, רפואה, טכנולוגיה, כלכלה, תקשורת ואזרחות פעילה. חלק מהפעילויות עוסקות באופן מפורש בהערכה ובעיבוד מידע וכן בקבלת החלטות מושכלת. המבנית מכוונת להעניק בסיס מדעי לדיון אזרחי מושכל בנושא קרינה אלקטרומגנטית. הדיון במושגים מדעיים כמו גל, שדה חשמלי ושדה מגנטי ובשימושים שלהם נעשה באמצעות למידה פעילה, חברתית ויצירתית. כל פרק בנוי סביב שורה של פעילויות מגוונות שמשלבות הדגמות, ניסויים, שימוש מגוון ברשת, משחקי תפקידים וכדומה. כדי לעזור לתלמידים לארגן את הלמידה, בראש כל פרק מופיעה שאלה על רקע כחול שמטרתה לעורר עניין, ומתחתיה מסגרת גלית עם רשימת המושגים המדעיים שהפרק מטפל בהם. כמו כן, כל פרק מסתיים בסיכום קצר של הרעיונות המרכזיים שנלמדו. בנוסף צירפנו לספר שני נספחים שגם הם באים להקל על ארגון הלמידה. הנספח הראשון מגדיר את כל יחידות המידה בהן נעשה שימוש בספר. הנספח השני הוא מונחון אלפביתי לכל המושגים שנלמדו.

הספר נפתח בפרק 1 שמטרתו לעורר מוטיבציה ללמידת הנושא דרך צפייה ביקורתית בכתבה שמציפה את הסוגיות הציבוריות הבערות שקשורות לנושא. חשוב לנו לעורר את המודעות של התלמידים לכך שכאזרחים מן השורה, עיקר החשיפה שלהם לנושא הקרינה האלקטרומגנטית בפרט, ולמדע בכלל, נעשית דרך פילטרים שונים (עיתונאים, כותבי ספרי לימוד, פוליטיקאים, ועוד). חשוב לחדד לתלמידים את היתרונות והמגבלות של חשיפה מסוג זה ומה ניתן להסיק ממנה. בפרק הראשון של הספר אנו רק מציפות את הסוגיה. בפרק האחרון של הספר (פרק 11) אנו חוזרות לאותה כתבה ודנות באופן מפורש בהבדלים בין השיח המדעי והשיח בתקשורת, ומה היתרונות והמגבלות של כל שיח. על מנת לשקף לתלמידים כל העת את המשמעות של נקודות המבט השונות, שילבנו לכל אורך הספר שיחות בין התלמידה אוריאנה שמש לבין מומחים שונים המציגים את נקודת המבט שלהם על הנושאים הנלמדים (איור 1).



איור 1: ממי לומדים? (מקור: ראו נספח ג' בספר)

פרקים 2-5 בונים בהדרגה את הבסיס המדעי להבנת הקרינה האלקטרומגנטית. בפרקים אלה אנו מסבירות את מושגי הבסיס הדרושים להבנת הנושא, תוך שימוש בפעילויות, הדגמות, דוגמאות מהחיים ואמצעים ויזואליים מגוונים. בפרק 2 אנו מסבירות מהו גל ומה ההבדל בין המשמעות היומיומית של המונח ומשמעותו המדעית. בפרק 3 אנו מסבירות בקצרה מהם גלי קול. החלטנו לכלול את הנושא בספר, למרות שהוא אינו כלול בתכנית הלימודים (מצורפת כנספח בסוף המדריך למורה). ישנן כמה סיבות להחלטה זו. גלי קול הם גלים מכאניים. בשונה מגלים מכאניים כמו גל במים או בקפיץ, ובדומה לגלים אלקטרומגנטיים, בגלי קול התלמידים לא יכולים לראות את התנודה. אבל, בשונה מגלים אלקטרומגנטיים, התלמידים יכולים לשמוע את התנודה של גלי קול (בתחום השמע) ולהבחין בקלות בהבדלים בין גלי קול בעלי תכונות כמו תדירות או משרעת שונות. חשוב ללמד את פרק 3 כיוון שלאורך כל הספר השתמשנו בתופעות מגוונות של גלי קול כאנלוגיית גישור לתופעות מגוונות של גלים אלקטרומגנטיים ולהדגשת מאפיינים שונים שלהם. לתלמידים מאד קשה להבין מהו הדבר שמתנדנד בגל אלקטרומגנטי והשוואה לגלי קול נותנת בסיס אינטואיטיבי להבנה.

בפרק 4 אנו מסבירות את מושגי היסוד הקשורים לגלים מחזוריים כגון תדירות, זמן מחזור, אורך גל ומשרעת, ומביאות דוגמאות רבות של גלי קול וגלים מכאניים אחרים. בפרק 5 אנו מתחילות לדון בגלים אלקטרומגנטיים. הפרק מתחיל בהסבר אינטואיטיבי מהם שדות חשמליים ומגנטיים. לאחר מכן אנו מסבירות מהו גל אלקטרומגנטי, ומשתמשות בהשוואה לגלי קול, באמצעים ויזואליים ובהדגמות מגוונות כדי לבנות לתלמידים תחושה מהו הדבר שמתנדנד. לבסוף אנו עוברות לדיון במדידות של קרינה אלקטרומגנטית ובתקנים לחשיפה לקרינה אלקטרומגנטית תוך שימוש בדוגמאות מחיי היומיום.

חשוב להבין שהחשיפה למושגים שדה חשמלי ושדה מגנטי, שאינם כלולים בתכנית הלימודים, הכרחית כדי להבין מהי קרינה אלקטרומגנטית. גל קרינה, הוא גל אלקטרומגנטי, או במילים אחרות – גל שבו עוצמת השדות החשמליים והמגנטיים משתנה באופן דומה לשינוי גובה המים בגלי הים. מדידות קרינה הנפלטת ממכשירים ביתיים וממכונות מספקות לנו את ערכי השדה המגנטי המקסימליים בקרבת המכשירים אלה. על כן, כדי להבין תוצאות של מדידות קרינה ולפרש אותן בהתאם לתקנים שמפרסם המשרד להגנת הסביבה, יש להכיר את המושגים שדה חשמלי ושדה מגנטי.

אנו משאירות למורים את ההחלטה, בהתאם לרמת הכיתה והזמן העומד לרשותם, באיזו מידה הם מבקשים להעמיק בפרק 5. **אם אין אפשרות ללמד את פרק 5 במלואו**, ניתן להתחיל את פרק 5 בהסבר כללי על המושג שדה תוך הצגת שני מגנטים המפעילים כוח זה על זה (תמונות 5.1-5.3 בספר והטקסט שסביבן), לדלג על פעילויות 5.1-5.2 ולעבור לפעילות 5.3 שבה מומחש הקשר בין קרינה אלקטרומגנטית וחשמל באמצעות הדגמה של הדלקת נורה חשמלית על-ידי תנור המיקרוגל. בפעילויות 5.5 ו-5.6 התלמידים יעשו שימוש בתקני המשרד להגנת הסביבה להערכת בטיחות השימוש במכשירי חשמל ביתיים וילמדו לקרוא ולפרש מדידות קרינה שנעשו בקרבת מכשיר טלפון אלחוטי. פעילויות אלה יתנו לתלמידים כלים לקרוא ולפרש תוצאות של מדידות קרינה ולקבוע האם הקרינה בסביבתם חורגת מהתקן. אנו ממליצות לא לוותר על פעילויות אלה. יחד עם זאת, חלקים מהפעילויות עשויים להיות קשים לחלק מהתלמידים ואנו משאירות את השימוש בכל אחת מהן לשיקול דעתו של המורה.

פרקים 6-10 מרחיבים ומעמיקים בדיון על תכונות נוספות של גלים אלקטרומגנטיים ועל השימושים שלהם בחיי היום יום. פרק 6 דן בספקטרום האלקטרומגנטי, פרק 7 בהעברה, בליעה והחזרה של גלים, פרק 8 מרחיב על תופעות בתחום האור הנראה, פרק 9 דן בהשפעות של הקרינה האלקטרומגנטית על גוף האדם ופרק 10 עוסק בשימושים הרפואיים בקרינה אלקטרומגנטית. אלה פרקים קלים יחסית לקריאה שלדעתנו יעניינו מאד את התלמידים, בפרט

פרקים 7, 9 ו-10, בשל הטיפול בשימושים של קרינה אלקטרומגנטית שנמצאים במרכז השיח הציבורי והתלמידים חשופים אליהם במיוחד.

אנו ממשילות את לימוד המבנית למסע בו אנו מטפסים עם התלמידים על הר. פרקים 2, 3, 4 ו-5 משולים לטיפוס המאומץ במעלה ההר, כאשר פרק 6 מביא אותנו לפסגה ממנה אנו יכולים להביט על הנוף ולהתחיל להבין את השימושים השונים של הקרינה האלקטרומגנטית. פרקים 7, 8, 9 ו-10 הינם פרקים קלים יחסית להבנה שעוסקים מלכתחילה בתופעות שיעניינו את התלמידים. אנו ממשילות אותם לטיול נינוח במורד ההר אל מול הנוף היפה. השתדלנו לעשות את המסע מעניין ככל האפשר לתלמידים, גם בשלבי הטיפוס במעלה ההר. מומלץ למורים שמתכננים ללמד את המבנית לקרוא את הספר מתחילתו ועד סופו לפני שהם מתחילים ללמד את המבנית, כדי לקבל תמונה שלמה של המסע.

הספר נכתב כספר פעילויות. המדריך למורה מכיל פתרונות לכל הפעילויות. צירפנו הצעה לחלוקת שעות הלימוד שמתייחסת לפעילויות השונות בספר. רוב השאלונים האמריקאים שבספר קיימים גם בפורמט של משחק קהוט⁴ (בעברית), תוכלו למצוא קישור לאפליקציות אלה במדריך זה.

ספר הלימוד מכיל גם מסגרות עם רקע צהוב של הרחבה והעמקה. החלטנו לכלול אותן בספר הלימוד ולא רק במדריך למורה, כדי שתלמידים מתעניינים יוכלו לקרוא וללמוד מהן באופן עצמאי. יחד עם זאת, בחלק מהפתרונות לפעילויות ולשאלות לאורך הפרקים שמופיעים במדריך למורה, תמצאו הערות עם דגשים דידקטיים והרחבות נוספות שמצאנו לנכון להוסיף כשכתבנו את הפתרונות. שימו לב שלחלק מהשאלות התשובה אינה חד משמעית ואנו מביאות במדריך למורה רק דוגמאות לתשובות טובות.

⁴ משחק קהוט – אפליקציה המאפשרת הפעלת קבוצה גדולה של משתתפים במשחקים, חידונים או סקרים המבוססים על שאלות רבות ברירה.

המלצה לחלוקת שעות ההוראה

הוראת המבנית מתפרשת על פני 45 שעות הוראה. אנו ממליצים לחלק אותן כדלקמן:

שעה	פרק	פעילויות	תכנים	ציוד נדרש	הערות
1	1	1.1, 1.2	הכרות עם המבנית והדמויות, מקורות קרינה		
2	1	1.2	צפייה בכתבה, דיון	מחשב למורה, מקרן ורמקולים	
3	2, 1	2.1, 1.3	סיכום פרק 1, גלים בקפיץ	מחשב למורה מקרן, קפיץ סלינקי.	פעילות 1.3 זמינה כשאלון קהוט ⁵ https://play.kahoot.it/#/k/054951eb-38cd-48e4-bf13-c256b865a2fb (אם הקישור לא נפתח, העתיקו אותו לדפדפן)
4	2	2.2	מהו גל? גלים בחיי היום-יום ובמובן המדעי		
5	3	3.1, 3.2	גלי קול, דיבור ושמיעה	פחית/קערה, אורז/סוכר/מלח, רמקול קטן להשמעת מוזיקה (ניתן להשתמש בטלפון סלולרי).	יש להתאמן מראש על ביצוע ההדגמה בפעילות 3.1 כדי להבטיח את הצלחתה בכיתה.
6	3, 4	3.3, 4.1	היווצרות גלי קול, תופעות מחזוריות		

⁵ משחק קהוט – אפליקציה המאפשרת הפעלת קבוצה גדולה של משתתפים במשחקים, חידונים או סקרים המבוססים על שאלות רבות ברירה.

שעה	פרק	פעילויות	תכנים	ציוד נדרש	הערות
7	4	הדגמת ההדמיה שמופיעה בתמונה 4.1, פעילות 4.2	תדירות, אורך גל, מהירות התקדמות, אנרגיה, משרעת	כיתת מחשבים	ניתן לבצע פעילות חקר – מדידת טווח התדירויות הניתנות לשמיעה באוכלוסיה, כפונקציה של הגיל.
8	4	4.2	סיום הפעילות ודיון כיתתי	כיתת מחשבים	
9	4	4.3	סיכום פרק 4	מחשב למורה ומקרן	פעילות 4.3 זמינה כשאלון קהוט ⁶ https://play.kahoot.it/#/k/545a3adc-30d4-494c-8228-204bcbe5019d (אם הקישור לא נפתח, העתיקו אותו לדפדפן)
10	5	הדגמת כוח בין שני מגנטים, פעילות 5.1	מהו שדה?	שני מגנטים	
11	5	5.2	השוואה בין גלים אלקטרומגנטיים וגלים מכניים	כיתת מחשבים	
12	5	5.3	קרינה יכולה לייצר זרם חשמלי	מיקרוגל, נורת להט, ספל מים	מומלץ לנסות קודם בבית

⁶ משחק קהוט – אפליקציה המאפשרת הפעלת קבוצה גדולה של משתתפים במשחקים, חידונים או סקרים המבוססים על שאלות רבות ברירה.

שעה	פרק	פעילויות	תכנים	ציוד נדרש	הערות
13	5	5.4	השוואה בין גלי קול וגלים אלקטרומגנטיים		פעילות 5.4 זמינה כשאלון קהוט ⁷ https://play.kahoot.it/#/k/20bd8d53-9370-4877-a6f6-22da58f4578b (אם הקישור לא נפתח, העתיקו אותו לדפדפן)
14	5	5.5	גלים אלקטרומגנטיים הנפלטים ממכשירי חשמל ביתיים, שימוש בתקנים של המשרד להגנת הסביבה.	במידת האפשר, כדאי להביא מד קרינה לכיתה	אם ברשותכם מד קרינה, ניתן לבצע פעילות חקר – למדוד את השינוי בגודל השדה המגנטי כתלות במרחק מהמכשיר.
15	5	5.6	מידת קרינה מצידוד תקשורת	במידת האפשר, כדאי להביא מד קרינה לכיתה	אם ברשותכם מד קרינה, ניתן לבצע פעילות חקר – למדוד את השינוי בעצמת הקרינה כתלות במרחק מהמכשיר הקורן.
16	5		סיכום פרק 5, חזרה על מה שנלמד		
17	6	6.1	סדרי גודל	מחשב למורה ומקרן	
18	6	6.2	קרינה מייננת ובלתי מייננת	כיתת מחשבים	

⁷ משחק קהוט – אפליקציה המאפשרת הפעלת קבוצה גדולה של משתתפים במשחקים, חידונים או סקרים המבוססים על שאלות רבות ברירה.

שעה	פרק	פעילויות	תכנים	ציוד נדרש	הערות
19	6	6.2	קרינה מייננת ובלתי מייננת	כיתת מחשבים	
20	6	6.3	קרינה בלתי מייננת (קרינת רדיו, קרינת מיקרו, קרינה תת אדומה, אור נראה), איך פועל שלט?	מחשב למורה ומקרן, רמקולים	
21	6	6.4	קרינה מייננת, הכרת הספקטרום		
22	6	6.5 - ביצוע	כתבות בעיתונות הקשורות בספקטרום האלקטרומגנטי		
23	6	6.5 – דיון כיתתי	כתבות בעיתונות הקשורות בספקטרום האלקטרומגנטי		
24	7	7.1	הכרת המושגים העברה, החזרה ובליעה		
25	7	7.2	העברת גל בטלפון כוסות	גביעי גבינה/כוסות פלסטיק קשיח, חוטים, סיכות לחירור הכוסות	ניתן להדגים בטלפון אחד או לאפשר לכל התלמידים להתנסות בבניה, כתלות באילוצי הזמן.

שעה	פרק	פעילויות	תכנים	ציוד נדרש	הערות
26	7	7.3	חסימת גלים אלקטרומגנטיים, סיכום פרק 7	טלפון סלולרי ושלל עטיפות כמתואר בפעילות 7.3.	אם יש ברשותכם מד קרינה, ניתן לבצע פעילות חקר לגבי חסימת קרינה – למדוד הירידה בעצמת הקרינה כפונקציה של עובי מחסום העשוי מחומר מסויים
27	8	8.1	מבנה העין, האישון	פנס	
28	8	8.2	מבנה העין, שבירת אור	זכוכית מגדלת	מומלץ לבקש מהתלמידים לבצע את פעילות 8.3 כשיעורי בית
29	8	8.3 – הפעילות ניתנה כש"ב, בכיתה מתקיים דיון בתוצאות. 8.4	קנים ומדוכים, סיכום מבנה העין		פעילות 8.4 זמינה כשאלון קהוט ⁸ https://play.kahoot.it/#/k/ac848647-cda6-4a16-b7bf-c5d8e54202b8 (אם הקישור לא נפתח, העתיקו אותו לדפדפן)
30	8	8.5	שחור ולבן, צבעים		
31	8	8.6	אור לבן כתערובת צבעים	קרטונים, מספרים, קיסמים, צבעים, פלסטלינה	יש לבנות סביבון אחד בבית לפני השיעור

⁸ משחק קהוט – אפליקציה המאפשרת הפעלת קבוצה גדולה של משתתפים במשחקים, חידונים או סקרים המבוססים על שאלות רבות ברירה.

שעה	פרק	פעילויות	תכנים	ציוד נדרש	הערות
32	8	8.7	ראיית צבעים ברשתית	כיתת מחשבים	
33	8		סיכום פרק 8, חזרה		
34	9		נזקי קרינה – דיון		
35	9	9.1	הקרנה ממושכת של תאים		
36	9	9.1	הקרנה ממושכת של תאים		
37	9	9.2	קרינה מטלפונים ניידים		אם יש ברשותכם מד קרינה, כדאי למדוד את הקרינה הנפלטת מהטלפונים של התלמידים. ניתן גם להקדיש לנושא שיעורים נוספים ולבצע פעילות חקר.
38	9	9.3	חשיפה לקרינת השמש – ביצוע הפעילות	"חרוזי שמש", קרם הגנה מסוגים שונים, משקפי שמש ועוד.	יש לבקש מראש מהתלמידים להביא לשיעור משקפי שמש ו/או קרם הגנה. חרוזי שמש ניתן להזמין מספקים שונים.

שעה	פרק	פעילויות	תכנים	ציוד נדרש	הערות
39	9	9.3, 9.4	חשיפה לקרינת השמש – דיון ומסקנות, סיכום פרק 9.	מחשב למורה ומקרן	פעילות 9.4 זמינה גם כשאלון קהוט ⁹ https://play.kahoot.it/#/k/472047ba-e34e-408e-a09e-bb660b27ecb7 (אם הקישור לא נפתח, העתיקו אותו לדפדפן)
40	10		בדיקות דימות – דיון חופשי		
41	10	10.1, 10.2	סוגי בדיקות דימות, שיקולים רפואיים בהפניה לבדיקות		
42	11		דיון בהבדלים שבין פרסומים בעיתונות המדעית וכתבות המופיעות בכלי התקשורת		
43	11	11.1	דיון בהבדלים בין שיח מדעי והשיח באמצעי התקשורת בעקבות צפייה חוזרת בכתבה "איך אנחנו הורגים את עצמנו: קרינה"	מחשב למורה, מקרן ורמקולים	
44			חזרה/מבחן		
45			חזרה/מבחן		

⁹ משחק קהוט – אפליקציה המאפשרת הפעלת קבוצה גדולה של משתתפים במשחקים, חידונים או סקרים המבוססים על שאלות רבות ברירה.

פתרונות לפעילויות המופיעות בספר

פעילות 1.1: מקורות קרינה

רשמו שמות של חפצים או גופים קורנים (כלומר, מפיצים קרינה) ומיינו אותם לפי הקטגוריות הבאות: מקורות קרינה טבעיים, מכשירים המיועדים להפיץ קרינה, מכשירים שקורנים אך אינם מיועדים להפיץ קרינה.

מקורות קרינה טבעיים	מכשירים המיועדים להפיץ קרינה	מכשירים שקורנים אך אינם מיועדים להפיץ קרינה
- <i>שמש</i>	- <i>נורה</i>	- <i>מטען לטלפון</i>
- <i>כוכביט</i>	- <i>מיקרוואב</i>	- <i>(בשעת הטעינה)</i>
- <i>קרינת רקע</i>	- <i>תנור סלייט</i>	- <i>קווי מתח גבוה</i>
- <i>חומ האדמה</i>	- <i>טלפון אלחוטי</i>	- <i>כל מכשיר חשמלי</i>
- <i>אחליות</i>	- <i>טלפון סלולרי</i>	- <i>שעון על זרם</i>
- <i>דגי חכאי (כמו)</i>	- <i>אנטנות טלוויזיה</i>	- <i>חשמלי מתנה</i>
- <i>בסרט "מזאיקה את</i>	- <i>אנטנות סלולריות</i>	
- <i>נמו"</i>	- <i>אנטנות רדיו</i>	
	- <i>נתב אלחוטי</i>	
	- <i>(ראוטר)</i>	
	- <i>מכשיר לצילום</i>	
	- <i>כנסן</i>	
	- <i>מכשיר CT</i>	

לדין בכיתה: אילו מבין מקורות הקרינה ניתנים לשליטה? מיינו את מקורות הקרינה גם לפי הקטגוריות הבאות:

- מקורות קרינה שאינם בשליטת האדם
- מקורות קרינה באחריות גופי שלטון כמו הממשלה או העירייה

• מקורות קרינה ביתיים

מקורות קרינה שאינם בשליטת האדם	מקורות קרינה באחריות גופי שלטון	מקורות קרינה ביתיים
ene כוכבי קרינת רקע חום הארץ חשמליות דגי חכאי (כמו בסרט "מזאיקה את נמו")	אנטנות טלוויזיה אנטנות סלולריות אנטנות רדיו חומי חשמל מכשירי צילום דיגיטלי מכשירי סי-טי	נתב אלחוטי (ראוטר) נורה מיקרוגל תנור סלילי טלפון אלחוטי טלפון סלולרי מטען לטלפון מכשירי חשמל בבית

שאלה למחשבה: האם מחזיר אור הוא מקור קרינה?

מחזיר אור אינו מקור קרינה, משום שאם נשים אותו בחדר חשוך לא נראה כלל אור. בדומה למראה, הוא מחזיר את האור הפוגע בו. אם היינו
הוא סוג של מחזיר אור אשר מחזיר אלינו את אור השמש ולכן אינו מקור
אור.



נהוראי מאיר: כיצד קרינת המיקרוגל מחממת את המזון? את התשובה תמצאו בפרק 5.
ד"ר אורית רופא: רוצים לדעת מהו מכשיר סי-טי? אספר לכם בפרק 10.
חיים גרין: ואני אגלה לכם כבר עכשיו שגחליליות מאירות ובדרך זו מושכות בני זוג, ואילו
דגי חכאי מאירים במצולות הים ובדרך זו מפתים את טרפם.

פעילות 1.2: צפייה בכתבה איך אנחנו הורגים את עצמנו: קרינה

צפו בכתבה של אברי גלעד בערוץ השידור רשת, איך אנחנו הורגים את עצמנו: קרינה¹⁰, וענו על השאלות.



אורינה: הורגים את עצמנו? מי נהרג?
יעקב חדש: אורינה, זו רק כותרת שמטרתה למשוך את תשומת ליבך ולשכנע אותך לצפות בכתבה!

1. מהי הסוגייה המרכזית שבה עוסקת הכתבה?
הסוגייה המרכזית היא האם השימוש הנרחב והתלות ההולכת וגדלה שלנו בטכנולוגיה מבוססת על קרינה לא מייננת נכון, או שמא יש להאט את ההתקדמות המהירה בכיוון זה.
2. האם הכתבה מספקת מענה חד-משמעי לסוגייה זו? נמקו.
הכתבה לא מספקת מענה חד משמעי. אחד, מוצגת עמדה של מספר רופאים, חוקרים ואנרגיסט שטוענים שקרינה לא מייננת מסוכנת לבריאות ובעיקר לבריאותם של צעירים (על הסכנה בחשיפה לקרינה מייננת כדוגמת קרינת רנטגן אין ויכוח). מאידך, בעיה שמעלים רוב המראיינים בכתבה היא היעדר תקינה מתאימה לשימוש בקרינה לא מייננת. המראיינים מציינים שהסיבה לכך היא שצדיין אין הסכמה מדעית לגבי הסף שמעבר לו קרינה זו מהווה סיכון ממשי לבריאות. בנוסף מוצגת הטענה שקרינה לא מייננת נמצאת סביבנו בכל אשר נפנה והימנעות ממנה כרוכה בניתוק מקדמה ואורח חיים מודרני. לפיכך מדובר בסוגיה לא פשוטה.

¹⁰<http://reshet.tv/item/news/documentary/season-01/episodes/zbuild-468588/>

3. דוברים שונים מציגים את עמדתם בכתבה. חלקם מתבססים על ניסיונם האישי ואחרים על מחקר מדעי. למשל, ג'ניפר ווד מספרת שהמעבר לעיירה גרינבנק, שבה אסור לשדר קרינה, שיפר את בריאותה באופן ניכר וסייע לה להתאושש מתת-משקל.

א. האם אתם מאמינים שהמעבר לסביבה נטולת קרינה עזר לג'ניפר? הסבירו.

התשובה אינה חד משמעית. ג'ניפר מצידה שהמעבר לסביבה בה אין כמעט קרינה לא מייננת שיפר את הרגשתה הכללית. יחד עם זאת אין באפשרותנו להסיק מכך האם השיפור נובע באופן ישיר ממצוא החשיפה לקרינה או מסיבות אחרות (למשל שינוי דרסטי באורח החיים, אמונה שהשינוי ישפר את מצבה וכדומה).

ב. האם ניתן להסיק שכדאי לאנשים הסובלים מתת-משקל להימנע לחלוטין מחשיפה לקרינה?

לא. ישנן סיבות רבות שצוללות לעומק אתת-משקל ואם אתם אנן מאמינים לג'ניפר, אי אפשר לנסח המלצות כלליות על סמך מקרה בודד.

ג. כיצד ניתן לבדוק אם הימנעות מקרינה מסייעת לאנשים הסובלים מתת-משקל?
ניתן למשל לערוך ניסוי שבו קבוצה גדולה של אנשים הסובלים מתת משקל יהיו חשופים לרמות שונות של קרינה לא מייננת במשך כמה שבועות/חודשים מבלי להיות מודעים לכמות הקרינה אליה הם נחשפים. במשך תקופת הניסוי, הנבדקים יהיו במעקב רפואי וייבדק האם יש התאמה בין היקף החשיפה לקרינה לשינוי במשקל האנשים.

ד. מהי העמדה המדעית בקשר לקרינה, כפי שמציגים אותה הרופאים והחוקרים המופיעים בכתבה?

הרופאים והחוקרים מסבירים כי חשיפה מוגזמת לקרינה לא מייננת מזיקה לבריאות. הם לא מציינים את הסף ממנו קרינה זו נחשבת מסוכנת לבריאות כיוון שאין הסכמה על סף זה עדיין. המומחים מציינים שאורח החיים המודרני מביא לכך שאנו מוקפים בקרינה לא מייננת כל העת. הרופאים ממליצים לנקוט

בעקרון הלהירות המונעת- למצא את החשיפה לקרינה זו ע"י
שימוש נכון במכשירי פולטי קרינה באופן שממזער את החשיפה
לקרינה. הספר דן בסוגיה זו בהמשך.

ה. מדוע קשה לקבוע תקן שיגביל חשיפה לקרינה?

קשה לקבוע תקן חד משמעי ו"נכון" לקרינה לא מייננת כיוון
שאין צדיין מספיק מידע על הנושא. נלקי הקרינה צפויים להופיע
רק לאחר שנים רבות כק שקשה לקשר בין החשיפה לקרינה לבין
השלכותיה.

4. עובדה או דעה?

עובדה היא קביעה אובייקטיבית שאין עליה ויכוח, דבר הידוע כאמת ושניתן להוכיח את אמיתותו. לעומתה, דעה היא השקפה, עמדה או מחשבה של אנשים על נושא מסוים ולכן יכולה להשתנות מאדם לאדם.

מיינו את ההיגדים הבאים לעובדות ולדעות והסבירו את השיקולים שעמדו לנגד עיניכם. רמז: שאלו את עצמכם אם ניתן להוכיח את ההיגד באמצעות ניסוי או תצפית אובייקטיביים.

א. תקן הקרינה המותרת אינו מספיק מחמיר.

דעה

הסבר: חלק מהדוברים בכתבה מצדדים בתקן הק"י ואחרים
טוענים שהוא אינו מספיק מחמיר.

ב. ילדים ובני נוער רגישים יותר לקרינה מאשר מבוגרים.

עובדה

הסבר: פרופ' דיויד קרפנטר הסביר שמכיוון שהאפואלפ
ילדים דקה יחסית והמוח שלהם קטן יותר, הם פגיעים יותר.
מלבד זאת, הוא סיפר שמחקרים מראים כי חשיפה לקרינה
מגבירה את הסיכוי לאלוקמיה בקרב ילדים.

ג. בשנים הקרובות רבים יסבלו מרגישות לקרינה.

דעה

הסבר: זו תחזית שעשויה להתברר כנכונה או שאויה.

ד. קרינה עשויה לפתוח את מחסום דם-מוח.

עובדה

הסבר: צו"ד דפנה טחור הסבירה שמתמשים בקרינה כדי לפתוח את המחסום ולהזרים תרופות למוח. הצניין זה, יש לבדוק מהי רמת הקרינה שפותחת את המחסום והאם ההקבלה לקרינה שאנו חשופים אליה כיום-יום מוצדקת.

ה. מיזם התקשוב של משרד החינוך פוגע בבריאות התלמידים.

דעה

הסבר: ישנם הורים המאמינים כי מילט התקשור פגע בקריאות ולדיהם ומנע, אחרים הטוענים כי רמות הקרינה בבתי הספר צומדות בתקן ואינן מסוכנות והילדים חשופים לקרינה כל העת גם כן - בבית, מהטלפון הסלולארי שלהם וכד'.

ו. תקשורת אלחוטית בבתי-הספר מייעלת את הלמידה.

דעה

הסבר: יש כאלו שעדיפים ללמוד וללמד בצורה מתוקשבת ואחרים מתווכחים לטכנולוגיה כאלה הסחת דעת שפוגעת בלמידה.

5. מלאו את הטבלה הבאה וקבעו עד כמה הכתבה אמינה בעיניכם.

קריטריון	כיצד אתם מעריכים את הכתבה? פרטו.
מומחיות הדוברים	מצונית. הכתבה התראיינו מאון מומחים מקצועיים מתחומי דעת שונים.
אובייקטיביות	בינונית. אמנם הוצגו דעות שונות, אך במשך רוב זמן השידור דובר על נלקים אפשריים של הקרילה. התמיכה בפרויקט התקשור ובהתקדמות הטכנולוגיה הוצגו מאד בקצרה. לט שם הכתבה, "איק אנחנו הורגים את עצמנו?", מאמת!
עדכניות	מצונית. הכתבה עדכנית, שודרה בטלוויזיה בשנת 2016 ועוסקת בשאלות שרלוונטיות לט היום (נכון לשנת 2018).
התאמה בין שם הכתבה לתוכנה	בינונית. הכתבה עוסקת בנלקי קרילה, אך שמה "קרילה: איק אנחנו הורגים את עצמנו?" קיצוני.



אוריאנה: מהו מחסום דם-מוח שמזכירים בכתבה?
ד"ר אורית רופא: זהו מבנה קרומי המונע מחומרים מזיקים לעבור ממחזור הדם אל המוח.

פעילות 1.3: בדקו את עצמכם

1. מי מהבאים אינו מקור קרינה?

a. השמש

b. הירח

c. טלפון נייד

d. נתב אלחוטי (ראוטר)

2. קרינה נפלטת מ

a. גופים חמים

b. זרמים חשמליים משתנים

c. התפרקויות רדיואקטיביות

d. כל התשובות נכונות

3. הקרינה

a. מזיקה לאדם

b. מועילה לאדם

c. מזיקה לחי ולצומח אך מועילה לאדם

d. גם מועילה וגם מזיקה לאדם

פעילות 2.1: גלים בקפיץ

צפו בשני הסרטונים בקישורים הבאים וענו על השאלות שמשולבות בהם¹¹:

גל אורכי בקפיץ



גל רוחבי בקפיץ



חשוב להפעיל את הסרטונים על מסך מלא כדי לראות את כל הטקסט. מקמו את העכבר בפינה הימנית התחתונה של המסך והאפשרות לעבור למסך מלא תופיע. מומלץ לחזור על ההדגמות בכיתה.

התשובות לשאלות מועלות באופן אינטראקטיבי בסרטונים

¹¹ אלונה משעל ויוליה ברונשטיין פיתחו את הסרטונים האינטראקטיביים במסגרת הקורס פרויקט פיתוח תוכנית לימודים בפיזיקה, בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, בסמסטר אביב תשע"ז.
<https://video.helloeko.com/v/V50pXA?autoplay=true>
<https://video.helloeko.com/v/VLbPgZ?autoplay=true>

פעילות 2.2: גלים בחיי היום-יום ובמובן המדעי

מיינו את הדוגמאות הבאות לגלים במובן המדעי ולגלים אחרים.
עבור גלים במובן המדעי, זהו מהו התווך שבו מתקדם הגל ומהי ההפרעה.
עבור הגלים האחרים, הסבירו מדוע אינם גלים במובן המדעי של המילה.

1. אבן הפוגעת במים יוצרת גל

גל במובן המדעי

הסבר: התווך הוא מים

וההפרעה שמתקדמת באופן

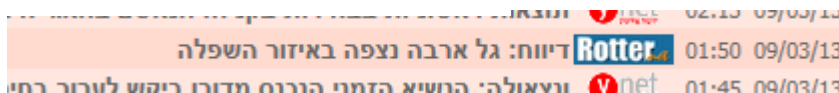
מסודר היא עליה וירידה של

גובה פני המים.



תמונה 2.2: אבן פוגעת במים (מקור: ראו נספח ג')

2. גל ארבה



תמונה 2.3: דיווח מתאריך 9.3.2013 (מקור: ראו נספח ג')

גל אחר

הסבר: הארבה אמנם מפריע לחקלאים, אך אינו גל במובן המדעי

של המילה. מדובר בהתקדמות ממית של חיה ולא בהתקדמות של

צורת ההתנהגות של החיה. בשונה משל מלך ידיים שבו האנשים

אינם מתקדמים, תנועת הידיים היא לו שמתקדמת.

3. גל לאומיות מתוך חדשות וואלה!

תושבי קמבודיה מחכים למלחמה נגד תאילנד

הקרבות שניצתו בגבול תאילנד-קמבודיה, בשל מחלוקת בעלות על מקדש בן 900 שנה, הביאו להתעוררות של גל לאומיות בקרב הקמבודים

תמונה 2.4: חדשות מתאריך 16.10.2008 (מקור: ראו נספח ג')

גל אחר

הסבר: זהו אינו גל באופן המדעי של המילה כיוון שאיננו יכולים להצביע על הפרעה שמתקדמת באופן מסודר בתווק.

4. גלים בקפיץ

גל באופן המדעי

הסבר: הקפיץ הוא התווק

והפרעה שמתקדמת באופן

מסודר מימין לשמאל היא

צליה וירידה של טבעות הקפיץ.



תמונה 2.5: גל מתקדם בקפיץ (מקור: ראו נספח ג')

5. גל הדף מתוך חדשות ynet

סא"ל בני ברוש, מהנדס המיגון של פיקוד העורף, מזכיר:

כאשר ראש נפץ תקין פוגע בקרקע, בקיר מבנה או בכל עצם אחר, מתפוצץ חומר נפץ ומעטפת הפלדה מתבקעת ומתרסקת. כתוצאה, מתפזרים לכיוונים רבים גל הדף ואלפי רסיסים לוחטים שעלולים לפגוע בנו. עוצמתם של הרסיסים וההדף תלויה במשקל הראש הקרבי, בהרכבו ובקרבתו אלינו.

תמונה 2.6: דיווח מתאריך 9.8.2014 (מקור: ראו נספח ג')

גל באופן המדעי

הסבר: גל ההדף שנוצר בפיצוץ, להבדיל מהרסיסים, הוא לא תנועה של חומר ממשי אלא שיווי מקומי בלחץ האוויר שמתקדם באוויר. התווך הוא האוויר וההפרעה היא השיווי בלחץ האוויר.

6. גל קור מתוך מעריב

קר, ואפילו מאוד: בימים הקרובים יפקוד את ישראל גל קור יבש ששיאו יורגש מחר בלילה - הטמפרטורות בהרים צפויות להגיע לאזור הים מעלות ואף נמוך יותר בפסגות ההרים הגבוהות בצפון. אנשי המטאורולוגיה הסבירו כי הסיבה לגל הקור היא לחץ אוויר גבוה שנוצר באזור הרי הקווקז בשילוב אפיק המגיע מים סוף, שביחד מייצרים זרימות אוויר יבשות וקרות.

תמונה 2.7: כתבה מתאריך 4.12.2015 (מקור: ראו נספח ג')

גל אחר

הסבר: מוסבר בכתבה שגל הקור הוא תוצאה של זרימות אוויר יבשות וקרות, כלומר, מדובר בתנועה של חלקיקי אוויר ולא בהפרעה שמתקדמת באוויר.

פעילות 3.1: סוכר רוקד

1. קחו קערת פלסטיק, פחית שוקולית או נס קפה ומתחו עליה בלון.
 2. פזרו על הבלון מעט סוכר. ניתן להשתמש גם במלח או אורז.
 3. הניחו את הפחית בצמוד לרמקול. להעצמת התופעה, ניתן להשמיע את המוזיקה באמצעות רמקול או טלפון נייד שנמצא בתוך הפחית.
 4. השמיעו מוזיקה בעוצמה חזקה עם קולות בס והתבוננו בסוכר. מה אתם רואים? מדוע?
- רואים את ארצות הסוכר/אורז קופצים ו"רוקדים" על הבלון לפי קצב המוזיקה. לפי הקול שמייצר הרמקול הם שניויים מקומיים בלחץ האוויר שמתקדמים באוויר ואורמים לחלקיקי האוויר להתנדנד - להזיזם ולהתרווח חזירות. כשכל הקול מביא לבלון, הוא אורז לו ארצות ולהקפיץ את הארצות שמנחים עליו.



תמונה 3.1: אורז רוקד לצלילי מוזיקה (מקור: ראו נספח ג')

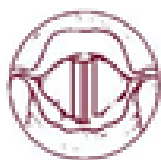
הערה: בפעילות זו נוצר בבלון המתוח גל שאינו מתקדם במרחב (במקומות מסוימים רואים תנועה חזקה ובמקומות אחרים כמעט אין תנועה). גל כזה נקרא "גל עומד". למדנו שגל הוא הפרעה מתקדמת, כיצד אם כך יתכן שקיבלנו גל עומד? ההפרעה הראשונית בבלון מתקדמת לעבר הקצוות שלו ומוחזרת מהן חזרה. התנועה שאנו רואים היא סכימה של כל הגלים הללו. בתנאים מסוימים סכימה כזו יוצרת תנועה חזקה במקומות מסוימים על הבלון, ותנועה חלשה במקומות אחרים, ולכן נראה "גל עומד". דמיינו מעגל ילדים המחזיקים מצנח (בד גדול ועגול). אם ילד אחד ינענע את המצנח מעלה ומטה, יוצרו גלים על פני בד המצנח וגלים אלו יתקדמו מהילד המנענע לעבר קצהו המנוגד של המצנח. אם כל הילדים ינענעו יחד את המצנח, יוצרו כמה גלים המתקדמים לכיוונים שונים. בסך הכל, כשנתבונן במצנח המתנועע, לא נוכל לזהות את כיוון התקדמות הגל ונאמר שנוצר גל עומד. המושג גל עומד אינו נכלל בתכנית הלימודים ואין צורך ללמדו בכיתה. הוספנו את ההסבר הנ"ל במדריך למורה כיוון שתלמידים סקרנים עשויים לשאול "לאן מתקדם הגל על פני הבלון?" ובמקרה כזה אפשר להקדיש כמה דקות לדיון בגלים עומדים ולספר שתופעה זו עומדת בבסיס רבים מכלי הנגינה שאנו מכירים.

פעילות 3.2: מיתרי הקול

הניחו יד על הצוואר במקום שבו נמצאים מיתרי הקול שלכם. השמיעו צליל חזק. מה אתם מרגישים באצבעות?

סדרו את ההיגדים הבאים בסדר המתאים בתרשים הזרימה שבעמוד הבא:

- השרירים מותחים את מיתרי הקול. כאשר נושפים אוויר, המיתרים רוטטים.
- הרטט של עור התוף מפורש במוח כצליל.
- גל הקול מתקדם מסביבת מיתרי הקול דרך חלל הפה אל האוויר שבסביבת הדובר.
- כשהגל מגיע לאוזני המאזינים, השינויים בלחץ האוויר – או ההפרעה שיוצר גל הקול – מרטיטים את עור התוף.
- התנגשויות בין חלקיקי האוויר מקדמות את גל הקול בחלל החדר.
- חלקיקי האוויר הסמוכים למיתרים מושפעים מהרטט. הם נדחסים ומתרווחים ליצירת גל לחצים שהוא גל קול.



מיתרי הקול
בעת דיבור



השרירים מותחים את מיתרי הקול. כאשר
נושפים אוויר, המיתרים רוטטים.



חלקיקי האוויר הסמוכים למיתרים
מושפעים מהרטט. הם נדחסים ומתרחבים
ליצירת גל לחצים שהוא גל קול.



גל הקול מתקדם מסביבת מיתרי הקול
דרך חלל הפה אל האוויר שבסביבת
הדובר.



התנעויות בין חלקיקי האוויר מקדמות
את גל הקול בחלל החדר.



כשהגל מגיע לאוזני המאזינים, השינויים
בלחץ האוויר - או ההפרעה שיוצר גל
הקול - מרטיטים את עור התוף.



הרטט של עור התוף מפורש במוח כצליל.

תמונה 3.2: דיבור ושמיעה (מקור: ראו נספח ג')

פעילות 3.3: היווצרות גלי קול

בטבלה שלפניכם מופיעות תופעות שונות. אילו מהן יוצרות גל קול?
אם נוצר גל קול, הסבירו מה גרם לשינוי המקומי בלחץ האוויר. אם לא נוצר גל, הסבירו מדוע.

תופעה	האם נוצר גל קול?	אם כן, מהו הגורם לשינוי מקומי בלחץ? אם לא, מדוע?
מחיאות כפיים	כן	דחיסת אוויר בין כפות הידיים לארמת לשינוי מקומי בלחץ
הנפת יד לסימון עצור	לא	האוויר לורט מסביב ליד מבלי להידחס
שריקה	כן	האוויר נחלץ כדי לעבוד בפתח הצר שבין השפתיים
תיפוף	כן	תנודות התוף מרעידות את האוויר וארמאות לחלקיקי האוויר להידחס ולתרווח חליפות
זמזום דבורים	כן	נפנוף הכנפיים יוצר גל לחצים
דיבור	כן	תנודות מיתרי הקול יוצרות גל לחצים
בלון מנופח	לא	האוויר שנמצא בלחץ גבוה בתוך הבלון לא מתקדם החוצה ממנו ולכן אין גל
בלון מתפוצץ	כן	שחרור פתאומי של אוויר דחוס מתוך הבלון יוצר גל לחצים

פעילות 4.1: זמן מחזור, תדירות

1. זהו חמש תופעות מחזוריות.

צונות השנה, סיבוב בקרוסלה, יממה, נפנוף כנפי דבורה, מופע הירח

2. סדרו את התופעות שמצאתם לפי זמן המחזור שלהן, מזמן המחזור הקטן לגדול.

נפנוף כנפי דבורה, סיבוב בקרוסלה, יממה, מופע הירח, צונות השנה

3. סדרו את התופעות לפי התדירות, מהתדירות הקטנה לגדולה.

צונות השנה, מופע הירח, יממה, סיבוב בקרוסלה, נפנוף כנפי דבורה

4. פעימות הלב הן תופעה מחזורית. נסו להרגיש את הדופק שלכם בחלק הפנימי של

מפרק כף היד או בצוואר. מדדו ורשמו את מספר הפעימות שליבכם פועם בדקה.

80 פעימות בדקה (משתנה מאדס לאדס...)

תוצאת המדידה שלכם היא תדירות הפעימות של ליבכם.

5. כמה זמן חלף בין כל שתי פעימות סמוכות? מדדו את הזמן באמצעות שעון עצר

(סטופר).

0.75 שניה. אפשר למדוד בסטופר וניתן גם לחשב ($60/80=0.75$)

תשובתכם היא זמן המחזור של פעימות הלב¹².

¹²את הזמן בין שתי פעימות סמוכות קשה למדוד בצורה מדויקת. עדיף למדוד זמן של עשר פעימות ולחלק את התוצאה ב-10. כך נקבל את זמן המחזור בדיוק טוב יותר.

פעילות 4.2: מאפייני גלים – הדגמה ושימוש בהדמיה

1. הדגמה

ציוד: חבל או קפיץ ארוך

קחו חבל או קפיץ ארוך וקבעו קצה אחד שלו לקיר, לחלון או לשולחן באמצעות קשירה. סמנו בצבע קטע קצר מהחבל. מתחו את החבל ונענעו את הקצה החופשי שלו מעלה ומטה ליצירת גל.

לדין בכיתה: תארו את הגל הנוצר תוך שימוש במושגים הבאים: כיוון התקדמות הגל, כיוון התקדמות האזור הצבוע, זמן מחזור, תדירות, אורך גל ואנרגיה.

הגל מתקדם מהיד שלנו אל הקצה הקצר וחזרה לאורך החבל. האזור הצבוע נע נעלה ומטה. כאשר מנדנדים מהר, בתדירות גבוהה, משקיעים הרבה אנרגיה בנדנדו ולכן גם הגל נוסע מהר וצורה אנרגיה. ניתן לראות שגם המחזור ואורך הגל קצרים יחסית.

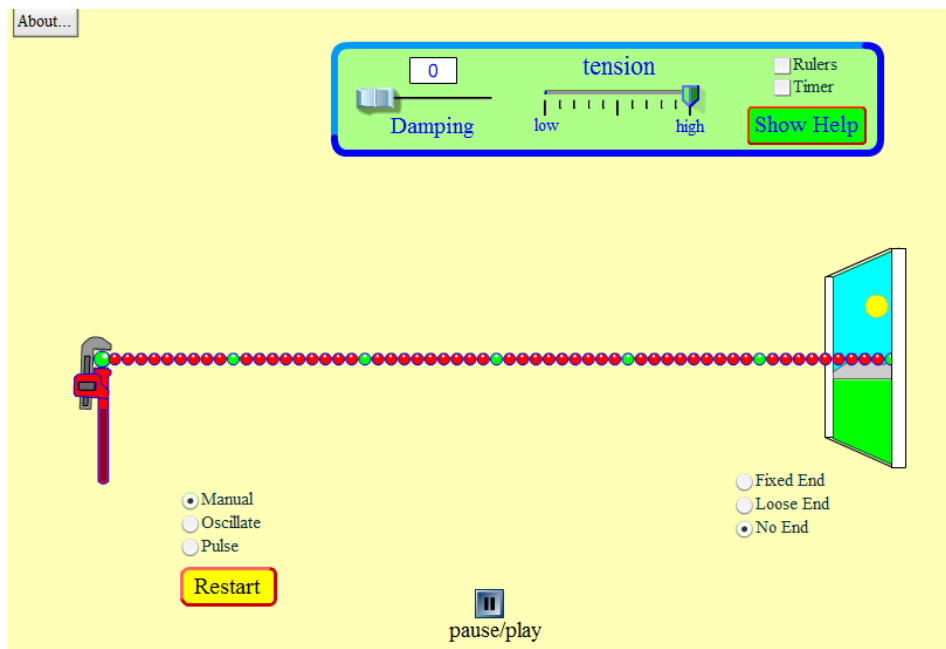
כאשר מנדנדים לאט, בתדירות נמוכה, משקיעים מעט אנרגיה בנדנדו ולכן גם הגל נוסע מעט אנרגיה. ניתן לראות שגם המחזור ואורך הגל ארוכים יחסית.

2. שימוש בהדמיה¹³:

http://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_en.html

פתחו את ההדמיה במחשב¹⁴. מיד יופיע הכיתוב "Wiggle Wrench!". נענעו את השרשרת. אתם מוזמנים לנענע אותה באמצעות העכבר וליצור גל שמתקדם לאורך השרשרת. הגל שיצרתם דועך בגלל כוחות חיכוך. בטלו את כוחות החיכוך בהדמיה על-ידי כיוון הריסון (Damping) ל-0. כמו כן, כונו את המתוחות (tension) לערכה המקסימלי ובחרו באפשרות "no end" כך שקצה השרשרת שאינכם מנדנדים יהיה חופשי.

¹³ PhET Interactive Simulations, University of Colorado, Boulder, <https://phet.colorado.edu>
¹⁴ אם מופיעה ההודעה "At least Flash Player 8 required to run this simulation" לחצו על הכפתור "Get Adobe Flash Player" ופעלו על פי ההוראות.



תמונה 4.3: יצירת גל באופן ידני: צילום מסך מתוך ההדמיה (מקור: ראו נספח ג')

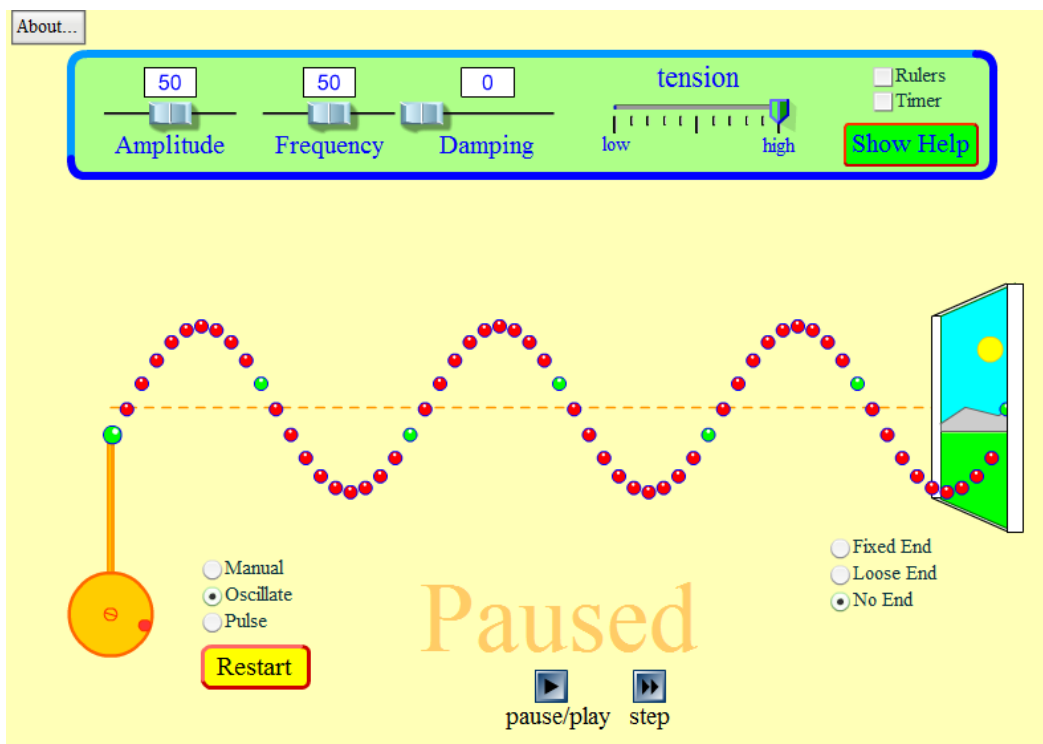
כעת, נדנדו את השרשרת וצרו גל.

1. התמקדו באחת הנקודות הירוקות. לאיזה כיוון היא נעה? למעלה ולמטה או ימינה

ושמאלה? *למעלה ולמטה*

2. מהו כיוון תנועת הגל? *לשמאל לימין*

עצרו את התנועה (pause), בחרו באפשרות נדנד (oscillate), ואתחלו את ההדמיה (restart).
השרשרת תנדנד מעצמה:



תמונה 4.4: יצירת גל מחזורי בהדמיה (מקור: ראו נספח ג')

כעת, מופיעים בחלק העליון של המסך מאפיינים נוספים שניתן לשנותם:

- המשרעת (Amplitude) – גובה התנודות
 - התדירות (Frequency) – מספר התנודות ביחידת זמן
- השאירו את המשרעת (Amplitude) קבועה בערך 50 ושנו את התדירות (Frequency).
בכל שינוי, הקפידו קודם לעצור את ההדמיה (pause), לקבוע את התנאים החדשים (Amplitude; Frequency וכדומה) ורק אז לאתחל את ההדמיה (restart).

3. כיצד משתנה צורת הגל כאשר מגדילים את התדירות?

כשהתדירות גדלה, הגל נראה יותר מפותל והתנודות מהירות יותר

4. האם אורך הגל משתנה בהגדלת התדירות? אם כן, מהו השינוי?

אורך הגל קטן כשהתדירות גדלה

5. כאשר מגדילים את התדירות, גדלה גם האנרגיה שהגל נושא עימו. זאת משום שכדי

לנדנד את השרשרת מהר יותר, יש להשקיע אנרגיה רבה יותר וזו האנרגיה שהגל מעביר. משום כך, אנרגיה גדולה מתאימה (הקיפו את האפשרות הנכונה בכל סעיף):

א. לתדירות קטנה / **גדולה**

- ב. לאורך גל קטן / גדול
ג. לזמן מחזור קטן / גדול



אוריאנה: איך אורך הגל קשור לאנרגיה?
פרופ' גלי קורן: למדנו שגלים בתדירויות גבוהות נושאים עמם אנרגיה רבה. אורך הגל מתקצר ככל שהתדירות עולה ולכן גלים בעלי אורך גל קצר יהיו עתירי אנרגיה. ניתן להסביר את הקשר בין תדירות לאורך גל תוך שימוש במושג מהירות הגל:
אורך גל הוא המרחק שהגל עובר במשך זמן מחזור, כלומר, מכפלה של מהירות התקדמות הגל בזמן המחזור. הגדלת תדירות הגל תקטין את זמן המחזור ולכן תקטין את המרחק שהגל מספיק לעבור במשך זמן מחזור אחד.

6. כעת, השאירו את התדירות קבועה ושנו את ערכי המשרעת (Amplitude). האם אורך הגל משתנה בהגדלת המשרעת?

אורך הגל לא משתנה בהגדלת המשרעת

7. איך משתנה האנרגיה שמעביר הגל כאשר מגדילים את המשרעת שלו?

מקיימים יותר אנרגיה כדי ליצור גל במשרעת גדולה ולכן

כשהמשרעת גדלה גם האנרגיה גדלה.

פעילות 4.3: בדקו את עצמכם – פרקים 4-2

1. אילו מבין התופעות הבאות הן גלים במובן המדעי?

א. גלים בים

ב. גלי קול

ג. גלי חום

ד. תשובות (א) ו-(ב) נכונות

2. מי מתקדם הכי מהר?

א. צ'יטה

ב. גל קול

ג. גל אור

ד. האצן האולימפי יוסיין בולט

יוסיין בולט רץ במהירות שמגיעה ל-45 קמ"ש; צ'יטה היא החיה המהירה ביותר בטבע ומהירות ריצתה כ-90 קמ"ש; גל קול מתקדם באוויר במהירות של 1,250 קמ"ש; גל אור מתקדם באוויר במהירות של 1,080,000,000 קמ"ש בקירוב.

3. כאשר אנו מגבירים את עוצמת המוזיקה שאנו שומעים, אנו מגדילים את

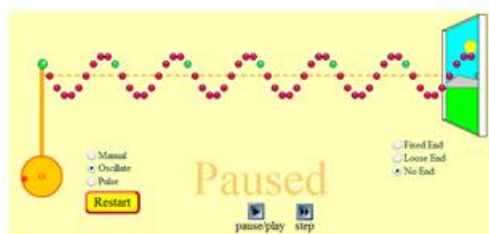
א. המשרעת והאנרגיה של גל הקול

ב. התדירות והאנרגיה של גל הקול

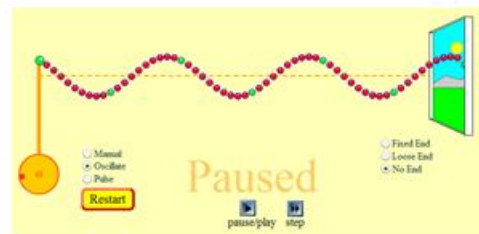
ג. זמן המחזור של גל הקול

ד. מהירות ההתקדמות של גל הקול

4. בתמונה שלפניכם נראים גלים א' ו-ב'. מה נכון?



ב

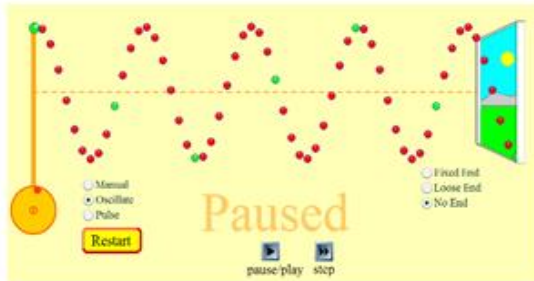


א

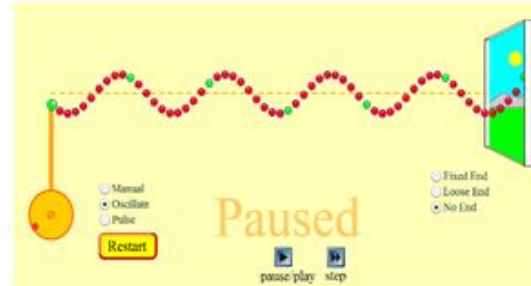
תמונה 4.5: גלים בשרשרת (מקור: ראו נספח ג')

- א. אורך הגל והתדירות של א' גדולים יותר משל ב'
 ב. אורך הגל והתדירות של א' קטנים יותר משל ב'
 ג. אורך הגל של א' גדול יותר משל ב' ואילו התדירות של א' קטנה יותר משל ב'
 ד. אורך הגל של א' קטן יותר משל ב' ואילו התדירות של א' גדולה יותר משל ב'

5. בתרשים שלפניכם נראים גלים א' ו-ב'. מה נכון?



ב

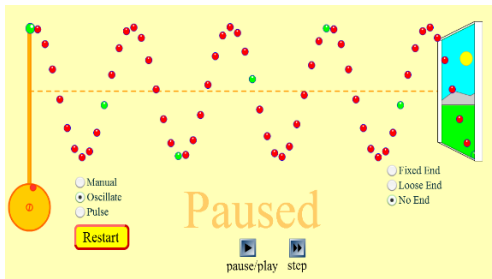


א

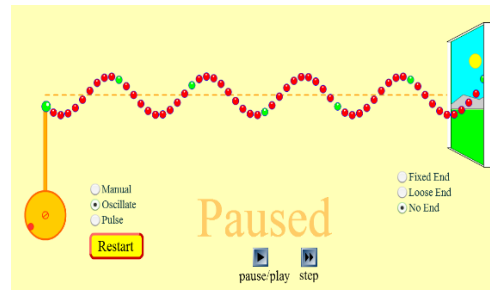
תמונה 4.6: גלים בשרשרת (מקור: ראו נספח ג')

- א. אורך הגל והמשרעת של א' גדולים יותר משל ב'
 ב. אורך הגל של א' קטן יותר משל ב' והמשרעת של שני הגלים שווה
 ג. המשרעת של א' קטנה יותר משל ב' ואורך הגל של שני הגלים שווה
 ד. אורך הגל של א' קטן יותר משל ב' ואילו המשרעת גדולה יותר

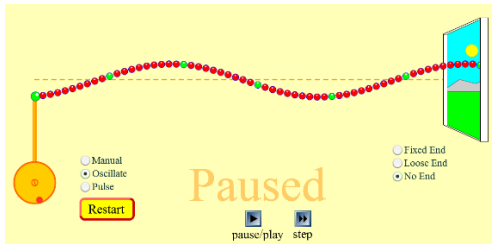
6. איזה גל נוסא הכי הרבה אנרגיה?



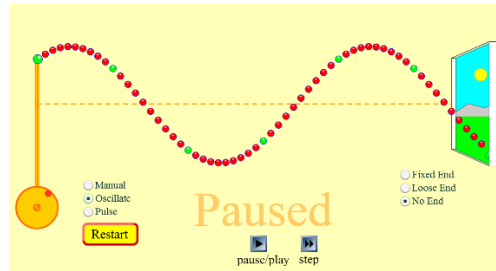
ב



א



ד



ג

תמונה 4.7: גלים בשרשרת (מקור: ראו נספח ג')

פעילות 5.1: שדות בחיי היום-יום

תופעות רבות ניתנות לתיאור באמצעות שדות, למשל:

- המחט המגנטית במצפן מצביעה לעבר הצפון;
- על פני כדור-הארץ, אנשים עומדים על רגליהם ואינם "מרחפים" כמו בחלל;
- כשאנו סוגרים את דלת המכונית לאחר נסיעה ביום חמסין, לעיתים נרגיש התחשמלות קלה.

בחרו תופעה אחת המחט המגנטית במצפן מצביעה לעבר הצפון והסבירו:

1. מהו סוג השדה (כבידה / חשמלי / מגנטי)? מגנטי

2. מי מפעיל את השדה? כדור הארץ

3. על מי פועל השדה? המחט במצפן

בחרו תופעה אחת על פני כדור-הארץ, אנשים עומדים על רגליהם ואינם

"מרחפים" כמו בחלל והסבירו:

1. מהו סוג השדה (כבידה / חשמלי / מגנטי)? כבידה

2. מי מפעיל את השדה? כדור הארץ

3. על מי פועל השדה? אנשים

בחרו תופעה אחת כשאנו סוגרים את דלת המכונית לאחר נסיעה ביום

חמסין, לעיתים נרגיש התחשמלות קלה והסבירו:

1. מהו סוג השדה (כבידה / חשמלי / מגנטי)? חשמלי

2. מי מפעיל את השדה? המכונית שנסענה במטען חשמלי כתוצאה מחיכוך

עם האוויר בעת הנסיעה

3. על מי פועל השדה? על מטעני חשמליים המצויים באופן

כאשר מציבים שבשבת ברוח, היא מסתובבת. האם נכון לומר שסיבוב השבשבת נגרם בגלל שדה שהרוח מפעילה? נמקו.

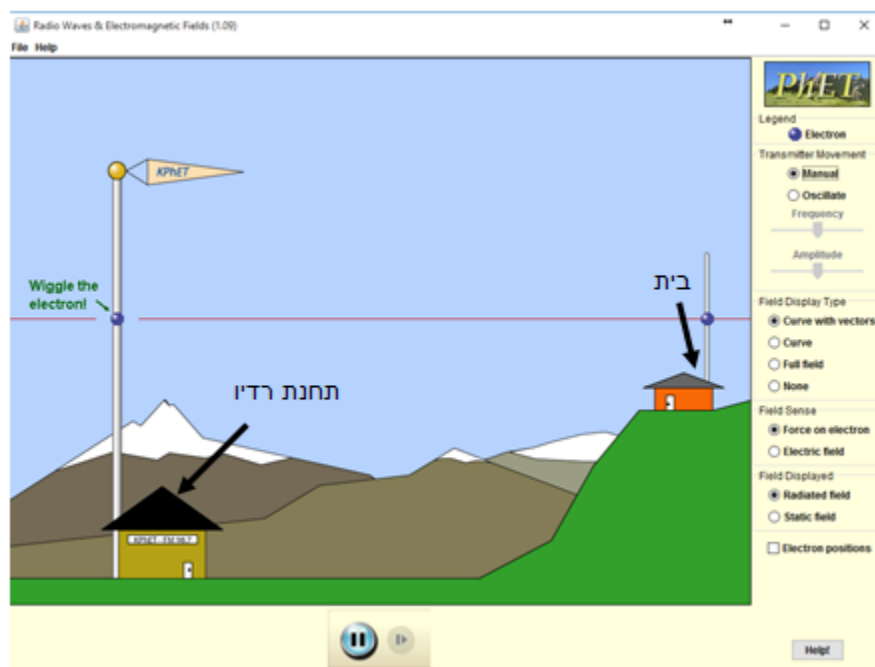
השפעת אינה מסתובבת כתוצאה מפעולה של שדה, אלא משום
שזרמי סאוויר של הרוח מניעים אותה. זרמי האוויר נועים בשפעת
ועל-כן אין כאן פעולה של כוח אלא מעצ ואין גם שדה.

פעילות 5.2: שימוש בהדמיות – גלים אלקטרומגנטיים וגלים מכניים

למדנו שגלי קרינה הם גלים אלקטרומגנטיים שבהם ההפרעה שמתקדמת במרחב היא התנדדות של שדות חשמליים ומגנטיים. נמחיש זאת תוך שימוש בהדמיה ממוחשבת. פתחו במחשב¹⁵ את ההדמיה לגלים אלקטרומגנטיים¹⁶.

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/radio-waves>

בתמונה 5.5 מצוירת תחנת רדיו בדיונית FM 98.7¹⁷ שמשדרת דרך האנטנה הנמצאת בסמוך אליה, בצידה השמאלי של התמונה. הגלים האלקטרומגנטיים שמשדרת האנטנה מתקדמים ומגיעים אל הבית (בצד ימין של המסך), שם מוצבת אנטנה שקולטת את שידורי הרדיו. הקו האדום האופקי שמתוח בין האנטנה המשדרת לאנטנה הקולטת מסמל מצב שבו גל הקרינה מתאפס, כלומר אין שדות חשמליים ומגנטיים.



תמונה 5.5: אנטנת שידור של תחנת רדיו ובית, צילום מסך מתוך ההדמיה (מקור: ראו נספח ג')

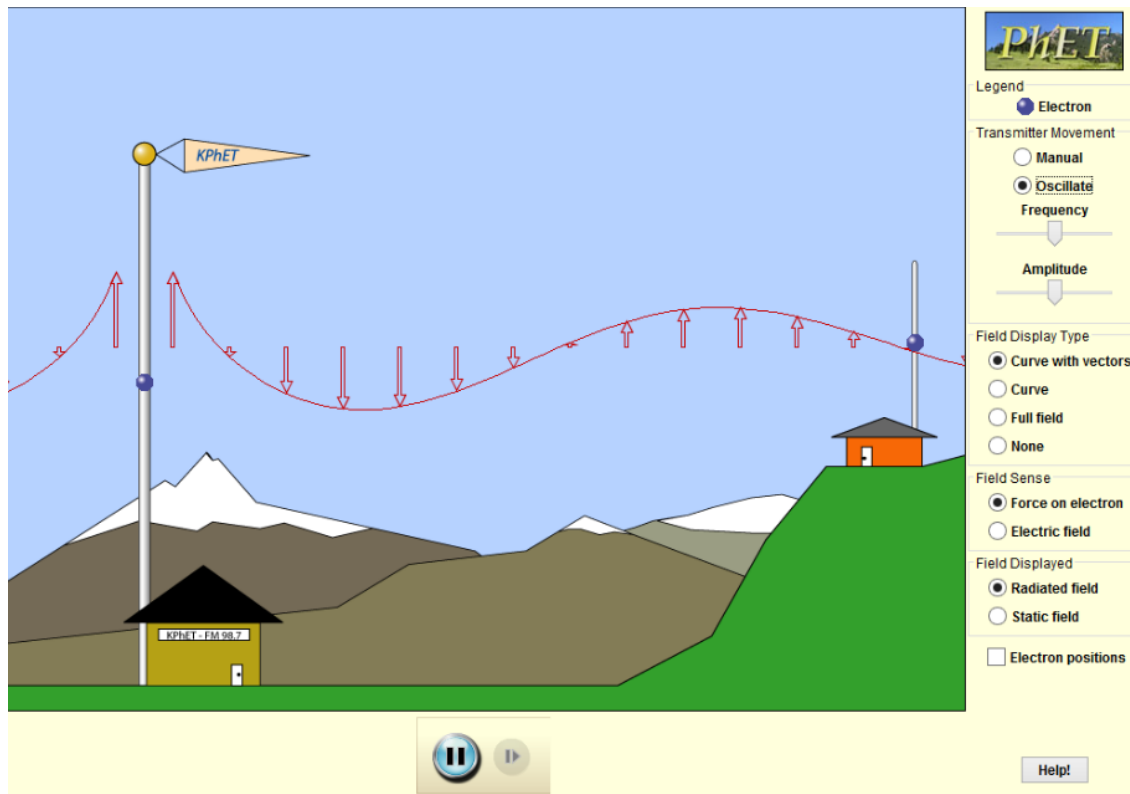
תוכלו להעביר זרם חשמלי באנטנה שבהדמיה על-ידי נדנוד האלקטרון באופן ידני או על-ידי בחירה באפשרות נדנוד (Oscillate) בצד ימין של המסך. כאשר זורם באנטנה זרם חשמלי, היא

¹⁵ אם מופיעה ההודעה "At least Flash Player 8 required to run this simulation" לחצו על הכפתור "Get Adobe Flash Player" ופעלו על פי ההוראות.

¹⁶ PhET Interactive Simulations, University of Colorado, Boulder, <https://phet.colorado.edu>

¹⁷ הסימון FM 98.7 מתאר את תדר הקרינה שבאמצעותה מועברים שידורי התחנה. תחנה שסימון FM 98.7 מעבירה את שידוריה על-גבי קרינה אלקטרומגנטית בתדר של 98.7 מגה הרץ (מיליוני הרץ).

יוצרת גל קרינה שמתקדם לעבר הבית. הקרינה שמגיעה אל האנטנה שבבית יוצרת בה זרם חשמלי. במצב זה, גודל וכיוון השדה החשמלי בכל נקודה מתוארים על-ידי חיצים אדומים חלולים ואילו הקו האדום מתאר את גודל השדה כתלות במקום. ראו תמונה 5.6.



תמונה 5.6: יצירת גל אלקטרומגנטי, צילום מסך מתוך ההדמיה (מקור: ראו נספח ג')
האנטנה משדרת לכל הכיוונים. כדי להמחיש את הקליטה של השידור בבית, ההדמיה מציגה רק את כיוון התקדמות מהאנטנה אל הבית. הגל האלקטרומגנטי מורכב משדות חשמליים ומגנטיים מתנדנדים. לשם הפשטות ההדמיה מציגה רק את השדה החשמלי.

בחרו באפשרות נדנוד (Oscillate). תוכלו לקבוע את תדירות הגל (Frequency) ואת המשרעת שלו (Amplitude).

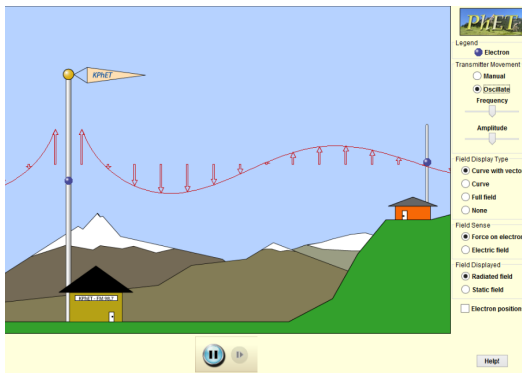
1. איזה פרמטר (תדירות/משרעת) משפיע על אורך הגל? תדירות
2. איך תיצרו בהדמיה גל בעל אורך גל קצר? נאדיף את התדירות
3. איך תיצרו גל שמעביר אנרגיה גבוהה מתחנת השידור אל הבית? נמקו.
נאדיף את התדירות ואת המשרעת. כדי ליצור גל בתדירות גדולה ובמשרעת גדולה יש לנדנד את האלקטרונים באנטנה מהר וחזק.

כלומר, מוסקצת הרבה אנרגיה כנדרש ואכן האנרגיה של הגל
הנוצר תהיה גדולה.

4. קיים דמיון חזותי בין ההדמיה לגלים אלקטרומגנטיים שעמה עבדתם להדמיה של גלים
בשרשרת, שאותה הכרתם בפרק הקודם.
פתחו את שתי ההדמיות זו לצד זו ושחקו איתן. מתחו קו בין התיאורים של הפעולות
והעצמים בהדמיה של הגלים המכניים בשרשרת לתיאורים של הפעולות והעצמים
המתאימים להם בהדמיה של הגלים האלקטרומגנטיים.

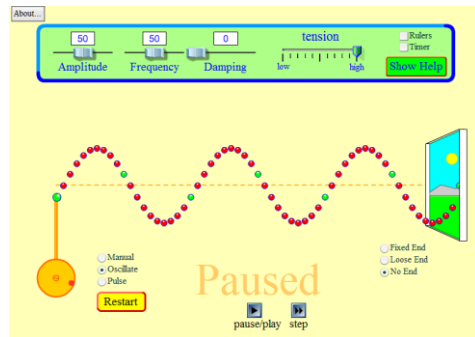
גלים אלקטרומגנטיים

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/radio-waves>



גלים בשרשרת

http://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_en.html



נדנדו האלקטרונים בתדירות קבועה תוך
יצירת הפרעה מחזורית

העלייה והירידה בעוצמת השדה
האלקטרומגנטי

ההפרעה שמתקדמת היא השינוי בשדות
האלקטרומגנטיים

נדנדו אלקטרונים במצב ידני באנטנה
ליצירת זרם חשמלי משתנה כלומר יצירת
הפרעה חד-פעמית

ניעור השרשרת

ניעור השרשרת בקצב קבוע
באמצעות המתנד

העלייה והירידה בגובה
השרשרת

ההפרעה שמתקדמת היא השינוי
בגובה השרשרת ביחס למצב שיווי
המשקל שלה

שימו לב שיחסי הדמיון אינם מתקיימים תמיד. השרשרת משמשת כתווך שבתוכו עוברים הגלים המכניים. ללא השרשרת הגלים לא ייווצרו ולא יוכלו לעבור. לעומת זאת, גלים אלקטרומגנטיים אינם צריכים תווך כדי להתקדם. הם יכולים להתקדם אפילו בריק. כמו כן, הגלים בשרשרת מתקדמים רק לאורך השרשרת אבל הגלים האלקטרומגנטיים שיוצאים מהאנטנה מתקדמים לכל הכיוונים.

הערה: יש להדגיש בפני התלמידים את העובדה שגל אלקטרומגנטי מתקדם גם ללא תווך, למשל, בחלל החיצון. מהירות התקדמות הגלים האלקטרומגנטיים בריק מוגדרת בתור מהירות האור וערכה הוא בערך $3 \cdot 10^8$ מטרים בשניה. מהירות התקדמות גלים אלקטרומגנטיים באוויר קרובה מאוד למהירותם בריק לעומת זאת, בתווכים אחרים כגון מים או זכוכית, מהירות התקדמות הגל איטית יותר.

פעילות 5.3: נורת להט במיקרוגל

למדנו שהקרינה הגלית היא למעשה תנודה של שדות אלקטרומגנטיים. כדי להמחיש זאת, נבצע הדגמה שמראה כיצד קרינה יכולה ליצור זרם חשמלי ולהדליק נורה. לשם כך נשתמש בנורת להט שהיא, למעשה, נורת חשמל רגילה. כשזרם זרם חשמלי בחוט הלהט הוא מתלהט ומאיר.

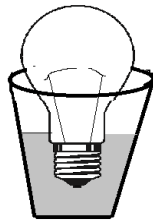
ציוד:

- תנור מיקרוגל
- נורת להט; אפשר להשתמש גם בנורה שרופה בתנאי שחוט הלהט שלה לא נשר לגמרי
- ספל מים

הניחו את הנורה בספל המים כך שהמים יכסו את בסיס הנורה כמתואר בתמונה 5.7 והכניסו אותה לתנור המיקרוגל. הפעילו את תנור המיקרוגל לזמן קצר של כ-10 שניות.

זהירות:

- אין לחמם את הנורה ברצף ליותר מ-30 שניות שכן היא עלולה להתפוצץ. אין לגעת בנורה אלא אחרי שהתקררה לגמרי, כמה דקות לאחר תום החימום.
- כדאי לדעת שבאופן רגיל מומלץ לא להפעיל את מכשיר המיקרוגל כשיש בתוכו מתכת, שכן מתכות מחזירות גלים אלקטרומגנטיים והחזרים שיגיעו למשדר המיקרוגל עשויים ליצור בתוכו ניצוצות ולקצר את חייו. בהדגמה אנו טובלים את בסיס הנורה במים כדי שחלק מהחזרים מבסיס הנורה המתכתי ייבלעו במים, ומפעילים את המכשיר לזמן קצר בלבד.



תמונה 5.7: נורה בספל מים (מקור: ראו נספח ג')

1. תארו במילים מה ראיתם. ראינו שהנורה מאירה. מדי פעם צפ'נו בהבזקי

אור צבאני!¹⁸

¹⁸ הבזקי אור צבאני מופיעים במקרה שהנורה מלאה בגז. חלק מנורות הלהט הן נורות ואקום ובהן יראה אור לבן אך לא יופיעו הבזקי אור צבאני.

2. האם הנורה מחוברת למקור מתח חשמלי כמו סוללה או שקע חשמלי? לא, הנורה

מנחת בספל ואינה מחוברת למצול חשמלי.

3. האם עבר בחוט הלהט של הנורה זרם חשמלי? כן

א. כיצד אתם יודעים זאת?

הנורה מאירה באור לבן, מכך אנו מסיקים שחוט הלהט שלה

התחמם עד לטמפרטורה שבה הוא מתחיל לפלוט אור, בדומה

ללהבת נר. החימום הוא תוצאה של מעבר זרם חשמלי דרך חוט

הלהט.

ב. מהו מקור האנרגיה של הזרם?

הנורה דלקה רק כשהפעלנו את המיקרוואב, לכן נסיק שמקור

האנרגיה הוא הקרינה שמסדר המיקרוואב.

פעילות 5.4: גלי קול וגלים אלקטרומגנטיים – בדקו את עצמכם

היעזרו בטבלה 5.1 שבספר וקבעו, בהתייחס לכל אחד מהתיאורים הבאים, אם מדובר בגל קול או בגל אלקטרומגנטי.

- גל שמגיע אלינו דרך החלל החיצון, המצוי בין גופים שמימיים
גל קול / גל אלקטרומגנטי
- גל שכאשר המשרעת שלו גדולה, נדחסים בו חלקיקים בלחץ גבוה
גל קול / גל אלקטרומגנטי
- גל שנוצר כתוצאה מזרמים חשמליים משתנים או שנפלט מגופים חמים
גל קול / גל אלקטרומגנטי
- אורכי הגל שהאדם קולט קצרים מעובי שיערה.
גל קול / גל אלקטרומגנטי
- אורכי הגל שהאדם קולט יכולים להגיע לגובה של ג'ירפה ואף יותר מכך.
גל קול / גל אלקטרומגנטי
- גל במשרעת קטנה מייצג התנדנדות של שדות חשמליים ומגנטיים חלשים.
גל קול / גל אלקטרומגנטי

פעילות 5.5: גלים אלקטרומגנטיים הנפליטים ממכשירי חשמל ביתיים

בטבלה 5.2 בספר מוצגים נתוני שדות מגנטיים בסביבת מכשירי חשמל ביתיים כגון מקרר או מייבש שיער. תדירות הגל שמכשירים אלה פולטים שווה ל-50 הרץ כתדירות רשת החשמל הביתית. בהסתמך על עוצמת השדות, המשרד להגנת הסביבה ממליץ על מספר שעות חשיפה מקסימלי לשדות המגנטיים שיוצרים המכשירים. קראו את הטבלה וענו על השאלות הבאות.

1. לאחר העיון בטבלה, האם ערך השדה המגנטי שנמדד סמוך למקרר בתמונה 5.6 נראה לכם גבוה או נמוך? האם צריך להימנע משהייה באזור שבו התבצעה המדידה? הסבירו מדוע.

בסמוך למקרר נמדד שדה חשמלי של 11 מיליאמפר, במרחק 10 ס"מ מהמקרר. בטבלה כתוב שהערכי האופייניים לשדות מאנטי ליד מקרר הם 10-12 מיליאמפר במרחק 3 ס"מ 2.51-2 מיליאמפר במרחק 30 ס"מ. נראה שהמקרר שנמדד בתמונה 5.6 מייצר שדה מאנטי הגבוה מעט מהערך האופייני למקררים, כי השדה שמדדנו במרחק 10 ס"מ ממנו אופייני למרחק של 3 ס"מ. לפי התקן, מומלץ לא להיחשף לשדה העולה על 4 מיליאמפר בממוצע על פני יממה. לכן, ניתן לשהות מאחורי המקרר ללא קצרה, אך לא שעות רבות. למשל, לא מומלץ לישון מעברו הפני של הקיר עליו נשען המקרר. מספר השעות שבהן ניתן לשהות כל יום באזור בו בוצעה המדידה:

$8.72 = 24 \cdot (4:11)$, כלומר, בין 8 ל-9 שעות ביום.

2. בחרו את אחד המכשירים מתוך הטבלה. ענו על השאלות הבאות עבור המכשיר

שבחרתם: כדיו שזון שמונה על שדה ליד המיטה

- במשך כמה שעות ביום אתם משתמשים במכשיר? 6 שעות (במהלך

השינה)

- מהו המרחק בינכם לבין המכשיר כשאתם משתמשים בו? 50 ס"מ בערך

- האם השימוש שלכם במכשיר עולה בקנה אחד עם ההמלצות המפורסמות בטבלה 5.2? כן. לפי הטבלה מותר להיות במרחק 30 ס"מ מהרדיו עצון במשך 10-14 שעות. השימוש שלי הוא במרחק גדול יותר ולמשך פחות זמן, כך שהחשיפה לשדות מאנטיים לא חורגת מההמלצות.
 - לאור מה שלמדתם, כתבו המלצה לאופן השימוש הנכון במכשיר. יש למקם את הרדיו עצון במרחק של כמה עשרות סנטימטרים מהמיטה. כך ניתן לשהות בסביבתו במהלך השינה מבלי לפרוץ מהתקן.
3. על-פי הטבלה, מהו המכשיר שעלול לפלוט את השדות המגנטיים החזקים ביותר? מייבש שיער, שאב אבק, מכונת אילוח חשמלית, חימום רזפתי חד אדי, מיטה מתכווננת (בזמן עבודה), וסדין חשמלי, כולל צווייט איוור בזמן עבודתם שדות מאנטיים חזקים – תלוי בצלצמת הזרם החשמלי המשתנה הצובר דרכם.
4. בעקבות התבוננות בטבלה, איזה מכשיר גורם לחשיפה מקסימלית של המשתמש לשדות מגנטיים? בססו את תשובתכם על עוצמת השדה המגנטי, על המרחק האופייני בין המכשיר למשתמש ועל זמן השימוש האופייני במכשיר. לפי הטבלה, סדין חשמלי (בזמן עבודה) גורם לחשיפה מקסימלית לקרינה. זאת משום שהוא פולט שדה מאנטי של חלק (80-110) מיליאמפר במרחק 3 ס"מ) ובנוסף, כאשר ישנים עליו, כל האנרגיה נמצא ממש על הסדין (במרחק הקטן מ 3 ס"מ) למשך שעות רבות.

5. בטבלה מופיעים שני סוגים של התקני חימום תת-רצפתי: חימום תת-רצפתי חד-גיד¹⁹

וחימום תת-רצפתי דו-גיד²⁰. בשנים האחרונות, המשרד להגנת הסביבה אסר על

התקנת חימום תת-רצפתי חד-גיד בבתי מגורים. מדוע?

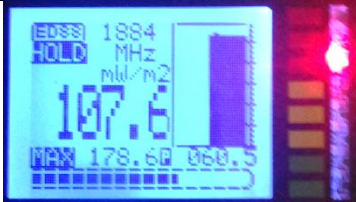
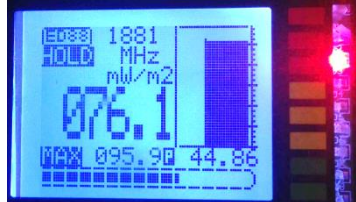
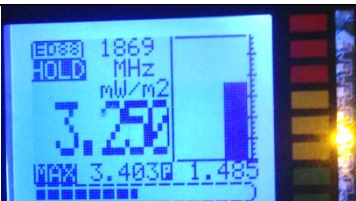
החימום החד-גיד יוצר שדות מאנטיים חזקים, כך שלפי ההמלצות,
הלאן האותר לשהייה על הרצפה המחוממת הוא כחצי שעה ביום.
בתים המחוממים בשיטה זו, קשה מאוד לדיירי לראות את התקן וצ
כן הופסקה התקנת חימום תת רצפתי חד-גיד בתים וכיום כמעט
לא משתמשים בהתקן זה.

¹⁹ בחימום חד-גיד חוט חשמל בודד מעביר זרם מתחת למרצפות כדי לחמם את הבית.

²⁰ בחימום דו-גיד חוטי החשמל עוברים מתחת לרצפה בזוגות, כך שליד כל חוט נושא זרם עובר חוט הנושא זרם בכיוון הפוך. סידור כזה גורם לכך שהשדות המגנטיים שיוצרים החוטים הפוכים בכיוונם ולכן מבטלים זה את זה.

פעילות 5.6: מדידת קרינה

בטבלה שבעמודים הבאים מוצגים צילומי מסך של מד-קרינה במרחקים שונים מתושבת של טלפון אלחוטי ביתי. הטלפון האלחוטי, שאינו מחובר בחוט לתושבת שלו, מעביר אליה וקולט ממנה מידע באמצעות שידור של קרינה אלקטרומגנטית.

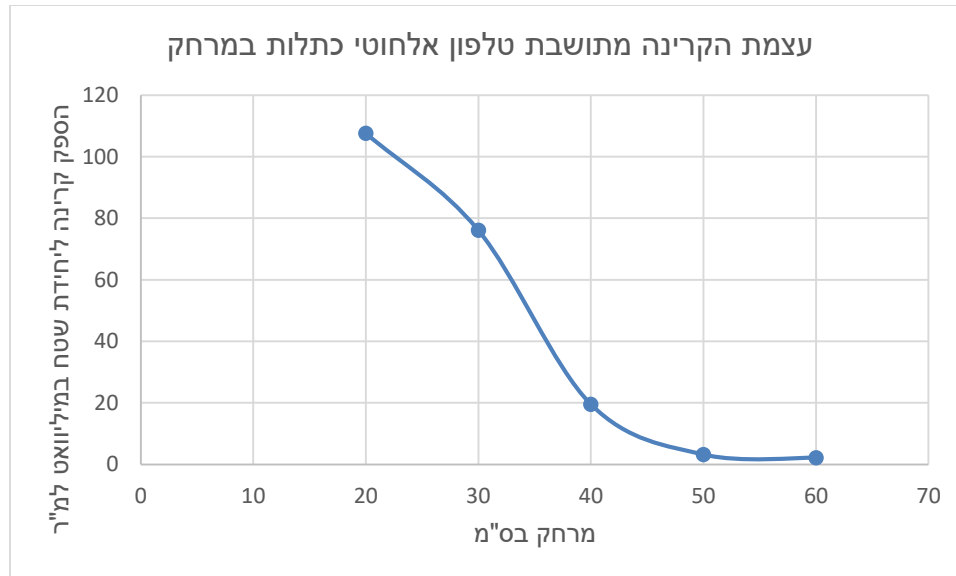
מרחק (סנטימטר)	צילום מסך מד-הקרינה	הספק הקרינה הפוגעת ביחידת שטח (mW/m ²)	התדירות האופיינית ²¹ של הקרינה (MHz)
20		107.6	1884
30		76.1	1881
40		19.58	1878
50		3.25	1869

²¹קחו בחשבון כשאתם ממלאים עמודה זו שערכי התדירות שעליהם מצביע מד-הקרינה גדלים או קטנים בשיעור קטן באופן אקראי כלומר פעם עולים ופעם יורדים. לפיכך, ערכי תדירות קרובים זה לזה, כלומר ערכים השונים בפחות מ-10% זה מזה, יכולים להיות תוצאות מדידה שונות של אותה התדירות. משום כך, אין טעם להתייחס לספרת העשרות והאחדות של מדידת התדר אלא רק לספרות המאות והאלפים ולעגל את התוצאה בהתאם. לדוגמה, במקום 1884 נכתוב 1900.

מרחק (סנטימטר)	צילום מסך מד-הקרינה	הספק הקרינה הפוגעת ביחידת שטח (mW/m ²)	התדירות האופיינית ²¹ של הקרינה (MHz)
60		2.197	1878
500		0.325	1826

טבלה 5.3: מדידות קרינה שפולט טלפון אלחוטי ביתי

- השלימו את הנתונים החסרים בטבלה על-פי צילומי המסך.
- האם תדירות הקרינה משתנה כתלות במרחק? הסבירו.
ערכי התדירות שהצ'י מד-הקרינה השתנו באופן אקראי בין 1826 ל-1884 מ"ה-הרץ. כיוון שהשינוי אקראי (כלומר אינו קטן עם הגדלת המרחק) הסינוויס הקטנים בתדירות הקרינה שמדדנו נובעים ממגבלות הדיוק של המכשיר, ולא מעשה מדובר באותה תדירות (כ-1870 הרץ – הממוצע החשבוני של המדידות). תושבת הטלפון משדרת קרינה בתחום מסוים של תדרים ואילו מד הקרינה מצ'י את התדירות שצבורה נמדדה עצמת קרינה מקסימלית. בכל מדידה מד הקרינה מראה תדר שונה במצט, גם כשאין שינוי אמיתי בתדרים המשודרים.
- שרטטו במחברת גרף המתאר את עוצמת הקרינה כתלות במרחק מתושבת הטלפון. באיזה גרף תשתמשו, גרף עמודות או גרף פיזור XY? הסבירו.



בחנו בארץ מסוג פיזור XY כדי להראות את הקשר שבין המרחק (המשתנה העצמי תלוי) לעוצמת קרינה (המשתנה התלוי).

הערה: ניתן להתעכב ולדבר על בידוד משתנים, משתנה תלוי ובלתי תלוי, ייצוג גרפי של תוצאות בדיאגרמת XY, חשיבות ציון היחידות לצד כל ציר וכד'

4. האם כשמרחקים מהתושבת עוצמת הקרינה עולה או יורדת? הסבירו.

כאשר מתרחקים מהתושבת, עוצמת הקרינה יורדת. ניתן לראות זאת בארץ. תוצאה זו האיונית, כי הקרינה מתפלגת ממקור הקרינה לכל עבר (בדומה לחלקיקי בושם באוויר) ולכן ככל שאנו מתרחקים מהמקור, נחשף לפחות קרינה.

5. עבור תדר הקרינה של הטלפון האלחוטי, המשרד להגנת הסביבה ממליץ להימנע מחשיפה ממושכת לקרינה בעוצמה העולה על 1000 mW/m^2 ²². בהסתמך על המלצה זו ועל הגרף שציירתם, מהו מרחק הביטחון שכדאי לשמור מתושבת הטלפון האלחוטי שמדידות הקרינה שלו מופיעות בטבלה 5.3? נמקו.

ניתן לראות בארץ שבמרחק של 20 ס"מ הקרינה היא מעט יותר מ-100 מיליוואט למ"ר, כלומר, מרחק הביטחון יהיה קטן בהרבה מ-20 ס"מ. סביר לקבוע מרחק ביטחון של סנטימטרים בודדים.

²² על סמך טבלת רמות חשיפה לקרינה בלתי מייננת, המשרד להגנת הסביבה, <http://www.sviva.gov.il/subjectsenv/radiation/radiation/non-ionising/documents/radiation%20exposure%20levels%20chart.pdf>

הערה: כיוון שמכשירי טלפון אלחוטי שונים פולטים קרינה בעוצמות שונות, כדי להימנע מחשיפת יתר לקרינה, מומלץ לשמור על מרחק ביטחון גבוה יותר.

6. כיצד ניתן לבדוק אם הקרינה שמדד מד-הקרינה נפלטה מתושבת הטלפון האלחוטי ולא ממכשירים אחרים המצויים באותו בית?

ניתן לנתק את תושבת הטלפון מהחשמל ולוודא שצרכי הקרינה
הנמדדים יורדים באופן משמעותי.

7. בשאלה זו התייחסו לאחד המכשירים הקורנים שמצוי בביתכם כמו טלפון אלחוטי, נתב אלחוטי (ראוטר) או מכשיר אחר. דוגמה: נתב אלחוטי

- באיזה חדר מוצב המכשיר? חדר עבודה
- כמה שעות ביום נמצאים בני ביתכם בחדר זה? שעה-שעתיים ביום
- האם העברת המכשיר לחדר אחר עשויה לצמצם את החשיפה שלכם לקרינה?
אם כן, לאיזה חדר כדאי להעביר את המכשיר?
לא כדאי להעביר את הנתב האלחוטי לחדר אחר משום ככל
יתר החדרים בבית אנו שוהים זמן ארוך יותר.

פעילות 6.1: סדרי גודל ומשמעותם

בהמשך הפרק, נלמד על מגוון תחומי הקרינה שמרכיבים את הספקטרום האלקטרומגנטי. בתמונה 6.1 אנו רואים, למשל, שאורך גל של 10^2 מטרים מאפיין את קרינת הרדיו שאנו מוקפים בה כמעט בכל מקום ואילו אורך גל של 10^{-13} מטרים מאפיין קרינת גמא שפגיעתה קטלנית. יש הבדל גדול בין שני גלים אלו שהשוני ביניהם הוא בסדרי הגודל של אורך הגל.



1. התבוננו במצגת חזקות של 10²³:

(המשך בעמוד הבא)

²³ <http://moodle.telhai.ac.il/mod/resource/view.php?id=48759> גיורא ריטבו ממכללת תל-חי ונעמה לנדסמן מבית-הספר פסגות_תרגמו את המצגת לעברית. המצגת ממחישה יפה את משמעות סדרי הגודל בעולמנו.

2. כל תחום בספקטרום האלקטרומגנטי מתאפיין בטווח מסוים של אורכי גל. היעזרו במצגת ומתחו קו בין כל תחום אורכי גל בספקטרום לעצמים מוחשיים שמימדיהם הם מאותו סדר גודל²⁴.

תחום בספקטרום	סדרי הגודל של אורכי הגל במטרים (לפי תמונה 6.1)	עצם מוחשי בעולמנו
גלי רדיו	10^3 <u>רחוק</u>	עכביש
	10^2 <u>אורך שחקים, מארש כדוראף</u>	כרומוזום בתא
	10^1 <u>בניין מאורים</u>	אטום
גלי מיקרו,	1 <u>אדס</u>	מולקולת גלוקוז
ששייכים	10^{-1} <u>מחברת</u>	חומר תורשתי בתא
לתחום גלי הרדיו	10^{-2} <u>עכביש</u>	מחברת
אינפרא-אדום	10^{-3} <u>כ"נ"ס</u>	רחוב
	10^{-4} <u>צובי שצרה</u>	עובי שצרה
	10^{-5} <u>חידק</u>	חידק
אור נראה	10^{-6} <u>חומר תורשתי בתא</u>	כינים
על-סגול	10^{-7} <u>כרומולוס בתא</u>	אדם
	10^{-8} <u>גאלי (וירוס)</u>	גורד שחקים, מגרש כדורגל
קרינת רנטגן	10^{-9} <u>מולקולת אלוקול</u>	נגיף (וירוס)
	10^{-10} <u>אטום</u>	בניין מגורים

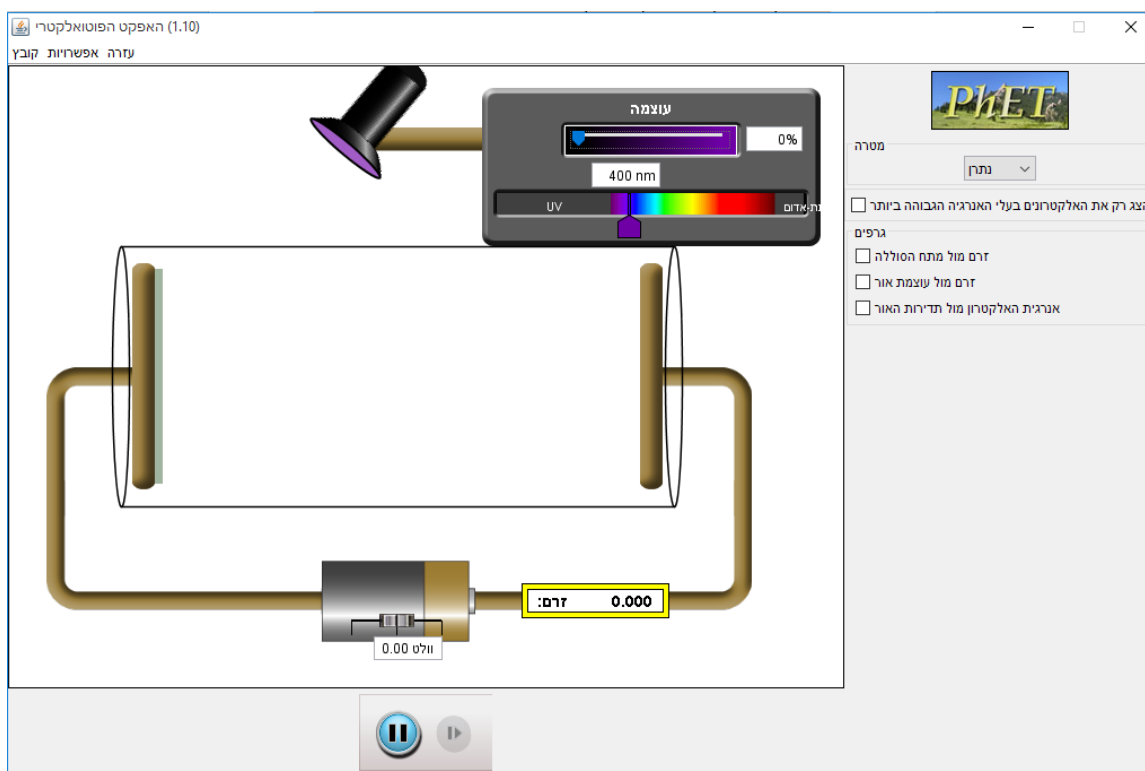
²⁴ קרינת גמא אינה מופיעה בטבלה כי אורכי הגל שלה קצרים ממימדי אטום וקשה להתאים להם עצמים מוחשיים.

פעילות 6.2: קרינה אלקטרומגנטית פוגעת בחומר – שימוש בהדמיה

בפעילות זו נראה מה קורה כשמקרינים חומר ונבין את משמעות המושג קרינה מייננת. פתחו במחשב את ההדמיה הבאה²⁵.

http://phet.colorado.edu/sims/photoelectric/photoelectric_iw.jar

לפניכם תופיע מנורה שמקרינה אור על מטרה שהיא הלוח החום השמאלי. אתם יכולים לשלוט בעוצמת האור בהזזת סמן העוצמה מ-0% ל-100%, באורך הגל בהזזת סמן אורך הגל לאורך הספקטרום בין 100 ל-850 ננומטרים ובסוג המטרה בבחירה מהאפשרויות שמופיעות מצד ימין. בפעילות זו, הקפידו להשאיר את מתח הסוללה קבוע בערך ההתחלתי של 0 וולט, כדי שהמעגל החשמלי לא ישפיע על התוצאות.



תמונה 6.3: הקרנת מטרה – צילום מסך מתוך ההדמיה (מקור: ראו נספח ג')

²⁵ PhET Interactive Simulations, University of Colorado, Boulder, <https://phet.colorado.edu>

1. עבור מטרת נתרן, כווננו את אורך הגל ל- 100nm ²⁶ כלומר למינימום האפשרי והעלו את עוצמת האור מ-0% ל-1%. האם נפלטים אלקטרונים מהמטרה?
כן, רואים צינוריים כחולים שנפלטת מהמטרה. צינוריים אלו מסמלים אלקטרונים.
2. העלו בהדרגה את עוצמת האור עד ל-100%. תארו את ההשפעה של עוצמת האור על פליטת האלקטרונים.
ככל העצמת האור עולה, קצב פליטת האלקטרונים עולה.
3. עצרו את ההדמיה. כווננו את אורך הגל ל- 850nm , כלומר למקסימום האפשרי ואת עוצמת האור ל-0%. הפעילו את ההדמיה והעלו בהדרגה את עוצמת האור. האם נפלטים אלקטרונים? לא.
- מהו אורך הגל המקסימלי שמצליח ליינן את מטרת הנתרן? 539 ננומטרים
4. האם תשובתכם לסעיף 4 תלויה בעוצמת האור? נמקו.
לא. שנינו את עצמת האור ואורך הגל המקסימלי ליינון לא השתנה.
5. החליפו את חומר המטרה. במקום נתרן בחרו אבץ, נחושת, פלטינה או סידן, והשלימו את הטבלה.

חומר	אורך גל מקסימלי ליינון
נתרן	539 ננומטרים
אבץ	288 ננומטרים
נחושת	263 ננומטרים
פלטינה	196 ננומטרים
סידן	427 ננומטרים

מסקנה: לכל חומר יש תדירות סף ליינון. קרינה בתדירות הגבוהה מתדירות הסף ובאורך גל קצר מזה שמתאים לתדירות הסף, תיינן את אטומי החומר. קרינה בתדירות נמוכה מתדירות הסף ובאורך גל ארוך מזה המתאים לתדירות הסף לא תיינן את אטומי החומר, גם אם נגביר את עוצמתה.

²⁶ היחידות nm שבהן נמדד אורך הגל בהדמיה הן ננומטרים. ננומטר אחד הוא מיליונית המילימטר, כלומר 10^{-6} מילימטר או 10^{-9} מטר. ראו נספח יחידות מידה.

פעילות 6.3: איך פועל שלט?

גלי אינפרא-אדום משמשים גם לשידור למרחקים קצרים, למשל, מהשלט לטלוויזיה. צפו בסרטון איך פועל שלט? מתוך מדע בבית בהנחיית ד"ר אבי סאייג ממכון דוידסון לחינוך מדעי.



27

ענו על השאלות הבאות:

1. לאיזה תחום בספקטרום האלקטרומגנטי שייכת הקרינה שיוצאת מהשלט?
קרינה תת-אדומה (אינפרא אדום)
2. מדוע יש צורך לצלם את השלט כדי לראות את הקרינה?
יש צורך לצלם משום שהעין האנושית אינה קולטת קרינה באורכי גל שאינם שייכים לתחום הנראה. המצלמה קולטת גם חלק מהקרינה התת-אדומה ו"מתרגמת" בתמונה את הקרינה הזו לאורך גל שאנו יכולים לראות.
3. כיצד ניתן לתפעל את המזגן בשלט רחוק? מה ההבדל בין הקרינה שפולט השלט כדי להדליק את המזגן לבין הקרינה שהוא פולט כדי לשנות את הטמפרטורה?
השלט שולח קרינה תת-אדומה לעבר המזגן. ההבדל בין פעולות שונות (הדלקה, כיבוי, שינוי טמפרטורה ועוד) הוא במספר ההבהובים ובפרק הזמן שחולף ביניהם.
4. הסבירו כיצד נחש מסוגל להבחין בטרף שמסתתר מאחורי סלע.
הנחשים רואים באורכי הגל התת-אדומים. בגלל חוש גופן, חיות כוללות קרינה באורכי הגל האלו. לכן, עבור הנחש, חיה היא כמו מקור אור והוא רואה את הקרינה של הטרף כמו היפת אור מסביב לסלע. הדבר דומה למה שאנו היינו רואים אם מאחורי סלע הייתה דולקת מנורה רגילה.

<https://www.youtube.com/watch?v=gKI6n0YaO8E&feature=youtu.be>²⁷

5. מדוע בני האדם אינם מסוגלים להבחין בחיות שמסתתרות מאחורי סלעים?

משום שבני אדם לא רואים קרינה תת-אדומה. בני אדם יראו את החיות רק במידה ויגיע לעיניהם אור נראה שהגיע ממקור אור (מש, פנס וכדומה), פגע בחיה והוחזר אל עיניהם. הסלע אטום לאור הנראה ולכן לא יאפשר לו להגיע לעיננו.

פעילות 6.4: הכרת הספקטרום

1. לפניכם טבלה המשווה בין התחומים השונים שבספקטרום האלקטרומגנטי. מלאו את הטבלה על סמך המידע שמופיע בעמודים הקודמים.

קריטריון השוואה	קרינת רדיו	קרינת מיקרו	קרינת תת-אדומה	אור נראה	קרינת על-סמולה	קרינת X	קרינת גמא
אורך גל	מילימטר - 100 קילומטר	1 מילימטר - 1 מטר	0.7 מיקרומטר - 1 מילימטר	380 - 700 ננומטר	380 - 10 ננומטר	5 פיקומטר - 10 ננומטר	אנרגיית אטום קטנים מ-5 פיקומטר
שימוש	תקשורת אלקטרונית, ספקטרום רדיו, מכ"ם	מיקרוגל, טלפון נייד, טלפון אלקטרוני, רנטגן	ראית, חום, שמש, מכשירי כוון מלגות וטליוויזיות	ראיה	חילוף והשחרר חייקנים	צילומים רפואיים וצילומי קניונים.	פצצות גרעין, תחנות כוח גרעיניות
סכנות (אם יש)	עוצמת אפקט גבוהה ארוך פתאי המזל	עוצמת אפקט גבוהה ארוך פתאי המזל	אנו לא חשופים לעוצמות גבוהות של קרינת תת-אדומה ולכן לא נפקדת לנו סכנה מהקרינה הזו.	גורם אנו לא חשופים לעוצמות גבוהות של אור נראה ולכן לא נפקדת לנו סכנה. אור נראה חלק וממקד, כמו גם שפוגע, תלוי, מליק כשהוא פוגע בעין.	פגיעה בעור החשופה ממושכת עדי-פגיעה עוצמת גבוהה מהשמש	קרינת מייננת, עוצמת גבוהה	קרינת מייננת, החשופה אליה עוצמת גבוהה פגיעה קטלנית.

2. שייכו את התמונות הבאות לתחום המתאים להן בספקטרום האלקטרומגנטי.



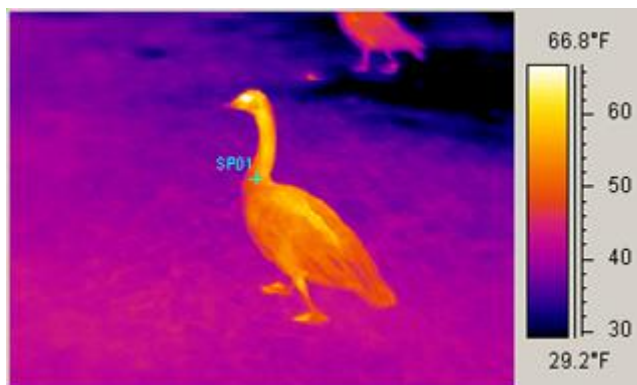
תמונה 6.4: מערך של טלסקופים בניו-מקסיקו, ארה"ב. הטלסקופים קולטים קרינה מהחלל באורכי גל של 0.6-4.1 מטרים (מקור: ראו נספח ג')

תחום אורכי הגל שמתאים לתמונה: קרינת רדיו



תמונה 6.5: מזון מתחמם במכשיר מיקרוגל (מקור: ראו נספח ג')

תחום אורכי הגל שמתאים לתמונה: קרינת מיקרו



תמונה 6.6: אווז; התמונה צולמה במצלמה תרמית וטמפרטורת האווז במעלות פרנהייט מצויינת במקרא מימין (מקור: ראו נספח ג')

תחום אורכי הגל שמתאים לתמונה: קרני תת-אדומה



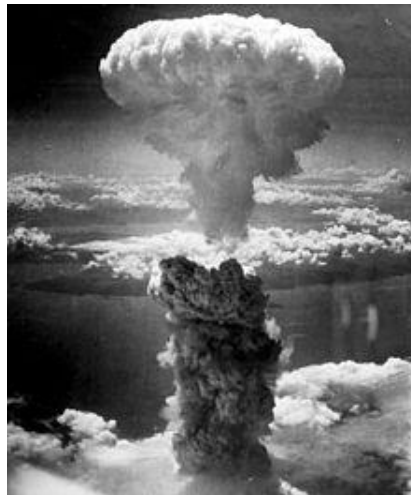
תמונה 6.7: כשמאירים כרטיס ויזה ישן באור שתדירותו מעט גבוהה יותר מתדירות האור הנראה, נחשפת תמונת ציפור ש"הוחבאה" בו כדי למנוע זיופים. בכרטיסי אשראי של חברות שונות, יופיעו אותיות או סמלים שונים בחשיפה לקרינה על-סגולה (מקור: ראו נספח ג')

תחום אורכי הגל שמתאים לתמונה: קרני על-סגולה



תמונה 6.8: צילום רנטגן של כף יד; שבר באחת העצמות מסומן בחץ (מקור: ראו נספח ג')

תחום אורכי הגל שמתאים לתמונה: קרנית כנפון



תמונה 6.9: ענן שנוצר כתוצאה מהטלת פצצה גרעינית על העיר נגסקי שביפן במלחמת-העולם השנייה (מקור: ראו נספח ג')

תחום אורכי הגל שמתאים לתמונה: קרנית אנא

פעילות 6.5: הספקטרום בחדשות

יעקב חדש: אנחנו מחפשים כתב מדעי חדש לעיתון שלנו. לאחר שבחנו קורות חיים של כמה מועמדים, אנחנו מתלבטים בין שלושה. ביקשנו מהמועמדים לשלוח דוגמה לכתבה פרי עטם שעוסקת בנושא מדעי. האם תוכלו לעזור לנו לבחור כתב מביניהם?

- קראו את הכתבות ששלחו המועמדים (מופיעות בספר)
- השוו ביניהן תוך שימוש בטבלה הבאה.
- ערכו הצבעה ודיון בכיתה. איזה כתב תרצו לקבל לעבודה בעיתון? מדוע?

טבלה להשוואה בין כתבות

כתבה	פופקורן סלולרי – האמת	צופים בחשיכה: הכירו את התרמופון	השמדת חיידקים
1. התחומים בספקטרום שבהם עוסקת הכתבה	קרִינת מִיקְרוֹ	קרִינת תת-אדומה	קרִינת על-סגולה קרִינת אמא

כתבה	פופקורן סלולרי – האמת	צופים בחשיכה: הכירו את התרמופון	השמדת חיידקים
2. מהו המידע המדעי כגון, עובדות, שאלות או הסברים המדווח בכתבה?	א'ק מכשיר מיקרוגל מחמם מלון? מה גורם לארטר תירס להפוך לפופקורן? תדרי הקרינה של מכשירי מיקרוגל וטלפונים סלולריים הם בסביבות 2,450 מאה-הרץ עצמת הקרינה של מיקרוגל חזקה בהרבה מלג של טלפון סלולרי	אורק הגל של קרינה הנפלטת מאוף תלוי בטמפרטורת האוף. בני אדם פולטים קרינה תת-אדומה השמש, שהטמפרטורה על פניה 5,500 מעלות צלזיוס פולטת בעיקר אור נראה. ישנם מכשירים המסוגלים לקלוט את הקרינה התת-אדומה ולזהיר אותה לאור נראה.	קרינה מייננת משמשת בתעשייה לחיטוי. קרינה על-סאלפה משמשת לטיהור מים וחיטוי חדרי ניתוח. קרינת אמא משמשת לציקור תבלינים וציד רפואי. חיידקים פחות רגישים לקרינה מבני האדם, לכן יש צורך בקרינה מאוד עוצמתית כדי לפגוע בהם
3. באיזו מידה המידע מוצג באופן בהיר גם למי שאינו מומחה בתחום?	בהיר מאוד	בהיר מאוד	בהיר, אך נעשה שימוש במושג "תדר" מבלי להסביר את משמעותו.

כתבה	פופקורן סלולרי – האמת	צופים בחשיכה: הכירו את התרמופון	השמדת חיידקים
4. מהי הרלוונטיות של הכתבה לחיי היום-יום? הסבירו.	הכתבה מאוד רלוונטית, כי היא מאמדת על עצמת הקרינה של הטלפונים הסלולריים	הכתבה עוסקת במזלמה שרובנו לא נתקלים בה בחיי היום יום. יחד עם זאת הכתבה רלוונטית בשל העניין שהציבור מאלה לציתים באדג'יטיב.	הכתבה רלוונטית, כי מתווחסת למזריט המצויים בשימוש יומיומי כאן מוצרי מלון, מסנני מיט ועוד. יש גם התווחסות לשאלה אקטואלית – האט עדיף לטהר מי שופכין באמצעות כלור או באמצעות הקרנה?
5. האם הכתבה מסתמכת על מקורות אמינים? הסבירו.	כן, הכתבה מסתמכת על הסבר של אבי שטרית, מהנדס חמל, ועל פרסומים של שני כותבים בעלי השכלה במדעים – ד"ר אריה מלמד כץ ואורן פרבר. היה כדאי לציון מקורות נוספים.	קשה לשפוט, כי מקורות המידע אינם מצויינים בכתבה.	כן, הכתבה מסתמכת על פרסומים בכתבי-עת מדעיים גליףאו Science.

כתבה	פופקורן סלולרי – האמת	צופים בחשיכה: הכירו את התרמופון	השמדת חיידקים
6. האם הכתבה אובייקטיבית? הסבירו.	כן, הכתבה מציגה עובדות ולא מביעה דעות.	לא, הכתבה מציגה מציאות של יצרנית אחת בלבד. אין סקר שוק ואין התייחסות למזרים נוספים לראיית ליפה או ציילוס קרינה תת- אדומה.	חלקית. מוצג בכתבה מידע אובייקטיבי, אך אין התייחסות לסכנות הכרוכות בשימוש בקרינה מייננת. בסולייט טיהור מ-השופכין לא מוצגת עמדתם של אלו המזדקרים בשימוש בכלור.
7. מהי, לדעתכם, עמדת הכתב ביחס לנושא שעליו הוא מדווח?	לדעתי הכותב סקרן בקשר לנושא הכתבה. הכתבה כתובה באופן ראשון ונראה שהאלף האט ניתן להכין פופקורן במצעות טלפונים סלולריים באמת מטרידה של הכותב.	לדעתי הכותב נלהב מהשימוש במציאות	הכותב מאלף עניין בנושא וניכר כי ערך סקר- ספרות והתעמק בנושא לצורך הכנת הכתבה. נראה שהכותב נלהב מהשימוש בקרינה בתעשייה ואינו חושש מהסכנות הנלוות לשימוש זה.

כתבה	פופקורן סלולרי – האמת	צופים בחשיכה: הכירו את התרמופון	השמדת חיידקים
8. כיצד ניתן, לדעתכם, לשפר את הכתבה?	כדאי להוסיף תמונות ו/או קישור לסרטונים בהם מכינים פופקורן באמצעות טלפונים סלולריים. ניתן להרחיב ולדון ב"ניסויים" נוספים שמינים ברשת.	ניתן להרחיב את הכתבה ולהשוות בין מצלמות של חברות שונות בצילום. כדאי לציין גם מחירים. מומלץ להוסיף ראיון עם אדם שרכש את המצלמה ותמונות שצולמו באמצעות המצלמה.	מומלץ לכתוב על מאוון הדעות בנוגע לשימוש בקרינה בתעשייה.

אין תשובה חד משמעית לאלה "איזו כתבה היא הטובה ביותר?", המטרה היא
לצודד דיון כיתתי ולבחור יחד כתב לעיתון בהסתמך על נימוקים מבוססים.

פעילות 7.1: העברה, החזרה ובליעה

תארו את התופעות הבאות במונחים של העברה, החזרה ובליעה של גלים. התייחסו גם למקור הקרינה.

דוגמה: כביש מתחמם בצהרי יום קיץ.

קרינת השמש **שמועברת** דרך האטמוספירה, פוגעת בכביש, **נבלעת** בו ומחממת אותו.

א. טלפון נייד בתוך הבית קולט שידורים מאנטנה בחוץ.

אנטנה בחוץ משדרת קרינת מיקרו שצוברת דרך האוויר וקירות הבית אל הטלפון הנ"ד. הטלפון פולט חלק מהקרינה וממיר אותה לאות חשמלי.

ב. אדם מתבונן במראה ורואה את דמותו.

מנורה פולטת אור שצובר דרך אויר בחלל החדר ומאיץ אל אדם המתבונן במראה. האור מוחזר (בחלקו) מהאדם, מוצבר דרך האוויר לכיוון המראה, מוחזר מהמראה וצובר דרך האוויר אל עיני האדם. בעיניים, האור נבלע ע"י העין ו"מתורגם" לדמות האדם המשתקפת במראה.

ג. קרינה אלקטרומגנטית פוגעת בגוף וגורמת ליינון, כמו בפעילות 6.2.

קרינה ממקור כלשהו צוברת דרך האוויר ונבלעת באוזן.

ד. אדם צועק במערה ושומע הד.

האדם יוצר גל קול שצובר באוויר, מוחזר מקירות המערה, צובר דרך חלל המערה ונבלע (בחלקו) בעור התוף ומרעיד אותו. לא

כל הקול מוחזר מקירות המערה. חלקו נפלצ בהם ולכן ההד חלש יותר.

ה. חיטוי תבלינים באמצעות קרינה.

חומר רדיואקטיבי פולט קרינה שצוברת דרך האוויר וארצות התבלינים, נפלצת בחידקים המצויים בתבלינים ומשמדה אותם.
ו. מזון מתחמם במכשיר מיקרוגל.

קרינה נפלטת ממכשיר המיקרוגל, וצוברת דרך האוויר בחלל המכשיר אל המזון (או שמוחזרת מקירות המכשיר ואחר כך פולצת במזון). הקרינה צוברת דרך החלקים היבשים שבמזון ונפלצת בחלקים הרטובים שלו.

ז. סככה מצלה על מגרש משחקים.

אור השמש צובר דרך האוויר, ופולצ בסככה. חלק מהאור נפלצ בגג הסככה ולכן היא מתחממת, וחלקו מוחזר מהגג.

שאלה למחשבה: כיצד אנו מסוגלים לראות גם בצל, במצב שבו העצם שאנו מתבוננים בו אינו מואר ישירות באור השמש? אור השמש מוחזר בחלקו מהקרקע, מקירות בניינים ומאופים אחרים כך שהוא מניצ גם לאזורים מוצלים שאינם חשופים באופן ישיר לקרינת השמש.

פעילות 7.2: התקדמות גלי קול – טלפון כוסות

ציוד:

- שני גביעי גבינה או כוסות פלסטיק קשיח חד-פעמיות
- חוט תפירה / רקמה באורך מטר
- סיכה / מברג לחירור הכוס. קל יותר לחורר את הכוס באמצעות מחט חמה.

שלבי העבודה:

- היעזרו במחט כדי ליצור חור בתחתית כל גביע.
- השחילו את החוט דרך חור באחד הגביעים וקשרו את הקצה שבתוך הגביע.
- באופן דומה השחילו את קצהו השני של החוט דרך הגביע השני וקשרו.
- בקשו מחבר או חברה לאחוז באחד הגביעים, ואתם אחזו בשני, ומתחו את החוט. אחד מכם יניח את הגביע על אוזנו והשני ילחש לתוך הגביע שבידו. החליפו תפקידים ונהלו שיחה בטלפון.



תמונה 7.2: טלפון כוסות (מקור: ראו נספח ג')

כיצד עובד טלפון הכוסות? קראו בספר!

1. האם ניתן לשוחח בטלפון הכוסות כשהחוט אינו מתוח (בדקו!)?

לא, כאשר החוט אינו מתוח, הוא לא נושא ולא מעביר את גל

הקול.



תמונה 7.3: האם ניתן לשוחח בטלפון כוסות כשהחוט אינו מתוח? (מקור: ראו נספח ג')

2. האם ניתן להשתמש בטלפון הכוסות כאשר תלמיד שלישי אוחז בחוזקה בחוט (בדקו!)?

לא, התלמיד שאוחז בחוט מונע ממנו לרטוט ומשקש את התקדמות
הגל.

3. מדוע גל הקול מתקדם בטלפון הכוסות טוב יותר מאשר באוויר?

באוויר, הגל מתפזר לכל הכיוונים. טלפון הכוסות ממקד את הגל
לצבר חוט שכאשר הוא מתחיל לרטוט, עשוי להעביר את הגל
למרחק גדול מבלי לפזר אותו בחלל החדר.

פעילות 7.3: שיבוש קליטה בטלפון הסלולרי

בפעילות זו ננסה לשבש את התקשורת בין טלפון נייד לאנטנה שמשדרת אליו. לשם כך, נכניס את אחד ממכשירי הטלפון לעטיפות או למיכלים שונים, נחייג אליו מטלפון אחר ונבדוק אם השיחה נקלטה במכשיר העטוף כלומר, אם הטלפון העטוף מצלצל. לפניכם רשימה של מיכלים ועטיפות מומלצים. ניתן להוסיף מיכלים ועטיפות לרשימה.

- קופסת פלסטיק
- שלוש מעטפות נייר
- שלוש שכבות של רדיד אלומיניום המצוי בכל מטבח (נייר כסף)
- קופסה במילוי צמר גפן
- סיר בישול מתכתי עם מכסה מתכתי
- קופסת עץ
- שמיכה מקופלת
- מיכל זכוכית
- כפות ידיים

1. אילו מבין המיכלים והעטיפות חוסמים מעבר קרינה בתחום האור נראה? מה הסיבה לחסימה?

מצטבות נייר, רדיד אלומיניום, קופסה במילוי צמר גפן, סיר בישול מתכתי, קופסת עץ, שמיכה מקופלת וכפות ידיים חוסמים מעבר קרינה בתחום האור הנראה. הסיבה לכך היא שהם בולעים או מחזירים את הקרינה.

2. שער באילו חומרים כדאי לעטוף את הטלפון הנייד כדי לשבש את הקליטה. הסבירו את השערתכם.

בדומה לאור הנראה, גם קרינה מאנטנת הטלפון היא גם אלקטרומגנטית, אך בניגוד לאור הנראה, אנו יודעים מניסיונו שקרינת הטלפון הנ"ל לא נחסמת על ידי בדים וניירות לבנים. הרי הטלפון הנ"ל קולט את שידורי האנטנה ומצלצל גם כשהוא בתוך

תיק. לכן, כדאי לנסות לשבש את הקליטה באמצעות החומרים

המתכתיים.²⁸

3. בדקו אילו מבין המיכלים והעטיפות חוסמים מעבר קרינה בתחום גלי המיקרו בין

האנטנה למכשיר הטלפון.

סיר המתכת וכדיד האלומיניום חוסמים את מעבר הקרינה.

4. מה משותף לכל המיכלים והעטיפות שהצליחו לחסום את מעבר הקרינה אל הטלפון
הנייד?

הם עשויים מתכת

5. אורך הגל של קרינה במכשיר מיקרוגל דומה לאורך הגל שבו קולט ומשדר טלפון נייד.
הנייר העוטף את רוב חבילות החמאה מכיל מתכת. שערך מה יקרה אם תנסו לחמם
חבילת חמאה מבלי להסיר את העטיפה. האם החמאה תתחמם? שערך, הסבירו את
השערתכם ובדקו בבית.²⁹

חמאה ארוכה לא תתחמם במיקרוגל, כי גלי המיקרוגל לא יצליחו
לחדור את העטיפה המתכתית שלה, בדומה לגלי המיקרו מהאנטנה
לא חדרו את נייר האלומיניום ולא הכיעו אל הטלפון הנייד.

²⁸ ברוב הכיתות, הנטייה הראשונית של תלמידים תהיה להפסיק את צלצול הטלפון באמצעות חסימת גלי הקול תוך שימוש בצמר גפן ו/או בדים. כדאי לנסות בכיתה ולהיווכח שעטיפה בצמר גפן מחלישה את עוצמת הצלצול (כלומר בולעת חלק מגלי הקול שהטלפון פולט) אך לא מפסיקה אותו – צמר הגפן אינו חוסם את הגלים האלקטרומגנטיים. לכן הוא אינו משפיע על הקליטה בטלפון, הוא רק חוסם חלק מגלי הקול שהמכשיר פולט.

במידה והתלמידים מציעים להשתמש בשילוב של כמה עטיפות, כדאי תחילה לנסות את מה שהם מציעים ואחר כך לנסות כל עטיפה בנפרד כדי לבדוק איזו עטיפה היא זו שחסמה את הגל.

²⁹ באופן כללי מומלץ לא להפעיל את מכשיר המיקרוגל כשיש בתוכו מתכת שכן מתכות מחזירות את הקרינה והחזרים שמגיעים למשדר שבתנור המיקרוגל (מגנטרון) עשויים לקלקל אותו. אם אתם בוחרים לבצע את הניסוי בבית, הכניסו למיקרוגל גם ספל מלא במים (המים יבלעו חלק מהקרינה) והימנעו מחימום העולה על שלושים שניות.

פעילות 8.1: כניסת אור לעין דרך האישון

ציוד: פנס

הביטו בעיניו של אחד מחבריכם לכיתה.

1. העריכו את קוטר האישון.

כ 3 מילימטרים

כבו את האור והחשיכו את הכיתה ככל האפשר.

2. האם קוטר האישון גדל / קטן? הקוטר גדל

פעילות 8.2: שבירת אור בקרנית ובעדשה - ניסוי בזכוכית מגדלת

ציוד: זכוכית מגדלת ונייר עיתון. ניתן גם להשתמש בגפרורים.
זכוכית מגדלת היא זכוכית קמורה שמשנה את כיוון ההתקדמות של קרני האור העוברות דרכה כך שהעצמים שאנו מסתכלים עליהם ייראו לנו קרובים יותר ולכן גדולים יותר. לשינוי בכיוון ההתקדמות של קרני האור אנו קוראים שבירה.

אפשר להדגים את יכולתה של זכוכית המגדלת לשבור קרני האור בניסוי:

- צאו לחצר בית-הספר ביום שטוף שמש. המורה יחזיק את זכוכית המגדלת מעל נייר עיתון.
- המורה ישנה את גובה זכוכית המגדלת מעל הנייר עד שקרנית השמש שעוברת דרך הזכוכית תתרכז לנקודה קטנה ביותר.
חכו כמה דקות. אם קוטר זכוכית המגדלת שלכם גדול דיו והצלחתם למקד את האור לנקודה אחת, הנייר יתחיל להיחרך. אפשר לרכז את קרני השמש גם לראש גפרור ולראות שהוא נדלק. בהדלקת גפרור, **הקפידו על כללי זהירות באש!**

הסבר: זכוכית המגדלת הטתה את כל קרני האור שפגעו בה כך שיתרכזו בנקודה קטנה. עוצמת האור בנקודה זו הייתה כה חזקה עד שהנייר נחרך.



תמונה 8.3: שריפת נייר באמצעות זכוכית מגדלת

פעילות 8.3: פעולת הקנים והמדוכים

ציוד: ניירות צבעוניים בארבעה צבעים שונים, מספריים
בפעילות זו נבחן את יכולתנו להבחין בין צורות לבין צבעים באפלה. לפניכם ניירות בארבעה צבעים שונים.

- גזרו מכל צבע של נייר ארבע צורות שונות כך שתקבלו 16 צורות צבעוניות (למשל משולש, מלבן, עיגול וריבוע בצבעים: אדום, כחול, ירוק וצהוב).
- החשיכו את הכיתה עד שתתקשו לראות ומיינו את גזירי הנייר על-פי צורתם.
- הדליקו את האור ובדקו אם המיון שלכם ושל חבריכם לכיתה נכון.
- כמה תלמידים הצליחו למיין את גזירי הנייר ללא שגיאות? 60%
- החשיכו שוב את הכיתה והפעם מיינו את גזירי הנייר על-פי צבעם.
- הדליקו את האור ובדקו אם המיון שלכם ושל חבריכם לכיתה נכון.

כמה תלמידים הצליחו למיין את גזירי הנייר ללא שגיאות? 20%

מה תוכלו להסיק מההתנסות?

נסיק שבאפלה קל יותר להבחין בין צורות מאשר בין צבעים. ההסבר לכך הוא שבאפלה הקנים (שאננם ראשיים לצבע) פועלים הרבה יותר מהמדוכים (שראשיים לצבע).

הערות:

- הפעילות הזו תתבצע כהלכה רק בכיתה חשוכה. אם אין באפשרותכם ליצור בבית הספר תנאי חושך מוחלט, עדיף להשתמש בפעילות כמטלת בית עבור התלמידים. ניתן לבקש מהם לבצע את הפעילות בקבוצות או עם בני משפחתם.
- התוצאות המופיעות כאן (60% הצלחה במיון צורות, 20% הצלחה במיון צבעים) מתאימות לתנאי תאורה מסוימים. כל שינוי בתאורה יוביל לשינוי בתוצאות וסביר שבכיתתכם יתקבלו אחוזי הצלחה שונים. אין משמעות למספרים המדויקים, מה שחשוב הוא להמחיש לתלמידים שבחשכה קל יותר לזהות צורה מאשר צבע.
- יש להימנע מזיהוי הצורה על ידי מישוש. לשם כך, ניתן למשל להדביק את הצורות הצבעוניות על ריבועי נייר לבנים.

פעילות 8.4: מבנה העין: בדקו את עצמכם

1. סדרו את חלקי העין לפי הסדר שבו האור עובר דרכם:

א. קרנית, אישון, עדשה, רשתית

ב. אישון, קרנית, עדשה, רשתית

ג. רשתית, קרנית, אישון, עדשה

ד. קרנית, אישון, רשתית, עדשה

2. כשנכנסים לחדר חשוך, יש לחכות מעט עד שהעין "תתרגל לחושך" ותראה היטב.

הסיבה לכך היא:

א. לוקח לקשתית זמן להרחיב את האישון

ב. לוקח זמן לייצר רודופסין בקנים

ג. לוקח לעדשה זמן להתקמר לצורה מיטבית

ד. כל התשובות נכונות

3. תפקידם הבריאותי של משקפי שמש הוא

א. להגן על עדשת העין מקרינה על-סגולה שהופכת אותה לעכורה

ב. להגן על שרירי הקשתית מפני התכווצות יתר

ג. להפחית את כמות האור הנראה שנכנסת לעין

ד. להגן על עדשת העין מפני קרינה תת-אדומה

4. באפלה אנו רואים

א. באמצעות הקנים ולכן מבחינים בצורות אך לא בצבעים

ב. באמצעות המדוכים ולכן מבחינים בצורות אך לא בצבעים

ג. באמצעות הקנים ולכן מבחינים בצבעים אך לא בצורות

ד. באמצעות המדוכים ולכן מבחינים בצבעים אך לא בצורות

פעילות 8.5: צבעים – שאלות למחשבה ולדין

1. ביום קיץ שטוף שמש, מה יהיה חם יותר, כביש אספלט שחור או האדמה שסביבו? הסבירו.
הכביש השחור יהיה חם יותר מהאדמה שסביבו. הכביש בולע כמעט את כל הקרינה שפוגעת בו ולכן נראה לנו שחור, הוא לא מחזיר אור לעינינו. לעומתו, האדמה, מחזירה חלק מהאור הפוגע בה (אינה שחורה) ולכן בולעת פחות ומתחממת פחות.

2. מניחים דף נייר כחול בחדר אחד המואר באור לבן, ודף כחול נוסף בחדר אחר המואר באור אדום בלבד. תלמידה נכנסת לכל אחד משני החדרים. באיזה צבע יראה לתלמידה הנייר בכל חדר? הסבירו.

בחדר המואר באור לבן, שמכיל את כל צבעי הקשת, הדף הכחול יחזיר לעינינו אור כחול ויראה לנו כחול. לעומת זאת, בחדר המואר באדום אין אור כחול שיכול לחזור מהדף ולכן הדף יבלע את כל האור ויראה לנו

שחור.³⁰

3. עלים ירוקים מנצלים את אור השמש כדי להפיק גלוקוז שהוא סוג של סוכר בתהליך הפוטוסינתזה. מה יקרה אם נאיר צמח באור ירוק בלבד? האם הוא יוכל לבצע פוטוסינתזה? נמקו.

אם נאיר עלים באור ירוק בלבד, לא תתרחש פוטוסינתזה. העלים מחזירים אור ירוק, לכן הם נראים לנו ירוקים. כדי שתתבצע פוטוסינתזה, עלינו להאיר את העלים באורכי הגל שהם בולעים ולא באורכי הגל שהם מחזירים.

³⁰ בפועל, אם ננסה לבצע את הניסוי, קרוב לוודאי שהדף יראה כחול בכל מקרה. הסיבה לכך היא שמקור האור האדום לרוב מכיל גם מעט אור באורכי הגל הכחולים שמוחזרים מהדף. יתכן גם שהדף יראה אדום, כי רוב הדפים הכחולים אינם כחולים לגמרי ומחזירים גם מעט מהאור האדום הפוגע בהם. אם למשל נאיר על דף כחול באמצעות לייזר אדום (לייזר פולט אורך גל יחיד ולכן הוא באמת מקור אור אדום), הוא יראה לנו אדום.

פעילות 8.6: סביבון הצבעים של ניוטון

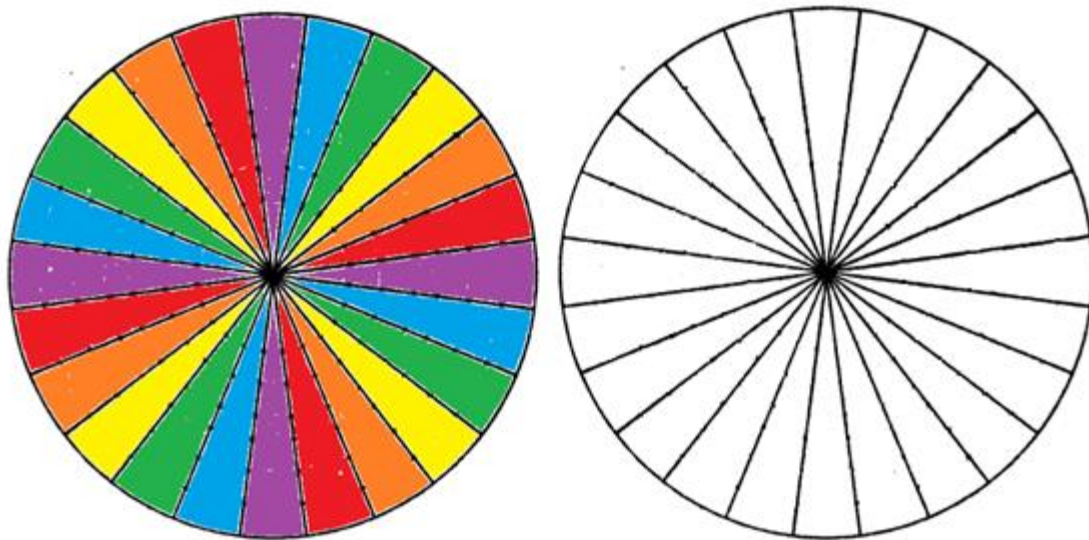
בפעילות זו נראה כיצד תערובת של צבעים נתפשת במוחנו כצבע לבן.

ציוד:

- קרטון לבן או קרטון בצבע כלשהו שמודבק עליו נייר לבן
- מספרים
- קיסם שיניים
- פסלטינה
- צבעי עפרון או צבעי פסטל בצבעים סגול, כחול, ירוק, צהוב, כתום ואדום

שלבי העבודה:

- א. גזרו מהקרטון עיגול בקוטר של כ-8 ס"מ.
- ב. חלקו את העיגול ל-24 גזרות שוות וצבעו אותן כמתואר בתמונה 8.8. מומלץ להשתמש בצבעי עפרון או גירים אך לא בטושים. הקפידו על סדר הצבעים שמופיע בתמונה.
- ג. נעצו קיסם שיניים במרכז הקרטון וקבעו אותו למקומו באמצעות מעט פלסטינה.



תמונה 8.8: מימין, עיגול הקרטון מחולק ל-24 גזרות; משמאל, הגזרות צבועות בצבעי הקשת

1. סובבו את הסביבון שבניתם במהירות. מה צבעו? 3 הצבעים לבן.

2. מדוע יש הבדל בין צבע הסביבון במנוחה לצבע הסביבון בעת שהוא מסתובב?

כשהסביבון מסתובב מהר, הצ'ין לא מצליחה לעקוב אחרי קצב שינוי הצביע וקולטת את כל הצביעים שצ' הסביבון יחד. חיבור אור בכל צביעי הקשת מתפרש באוחנו כצבע לבן.

פעילות 8.7: ראיית צבעים – שימוש בהדמיה

פתחו את ההדמיה³¹ שבקישור הבא במחשב ולא בטלפון הנייד.

https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_iw.html

בחרו באפשרות **נורות אדום-ירוק-כחול**.

על המסך יופיעו שלושה פנסים בצבעים אדום, ירוק וכחול. בהזזת סרגל הגלילה מימינו של כל פנס, ניתן לשלוט על עוצמת ההארה שלו. שלושת הפנסים מתאימים לשלושת סוגי המדוכים ברשתית. כשמאירים בפנס כחול, למשל, מעוררים תגובה אצל המדוכים שרגישים לצבע כחול. על-ידי קביעת עוצמת האור בפנסים, ניתן לשלוט ברמת התגובה של המדוכים. בצד שמאל, בסמוך לציור הראש, מצוירות אליפסות הצבועות בגוון שהאדם רואה. גוון זה הוא פירוש שהמוח נותן לאותות המגיעים משלושת סוגי המדוכים. במצב ההתחלתי של ההדמיה, אף אחד מהפנסים אינו מאיר והאיש רואה צבע שחור. שנו את תאורת הפנסים ומלאו את הטבלה בעמוד הבא. השורות האחרונות בטבלה ריקות כדי לאפשר לכם "לשחק" ולבדוק מקרים כרצונכם.

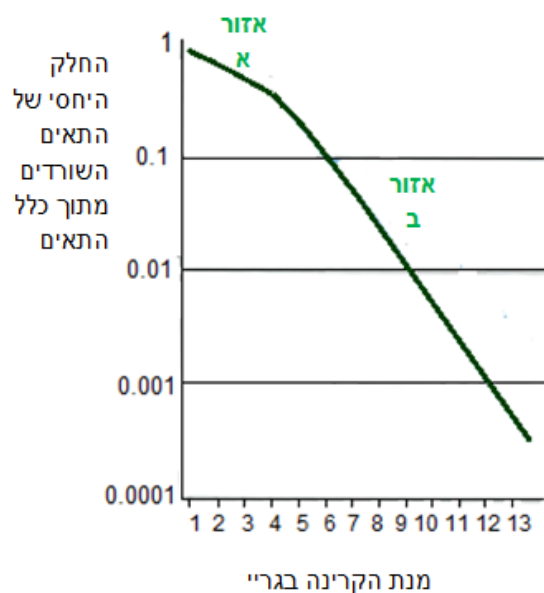
³¹ PhET Interactive Simulations, University of Colorado, Boulder, <https://phet.colorado.edu>

הגוון שרואה האיש	מצב הפנס הכחול	מצב הפנס הירוק	מצב הפנס האדום
	דולק כרבע העוצמה	דולק במחצית העוצמה	דולק כרבע העוצמה

פעילות 9.1: הקרנה ממושכת של תאים בקרינה מייננת

בתרשים שלפניכם מוצגות באופן סכמטי תוצאות ניסוי שבו הקרינו בקרינת רנטגן תרבית תאים של יונקים במשך זמן מסוים ומדדו את אחוזי ההישרדות של אוכלוסיית התאים כתלות במנת הקרינה שהתאים ספגו. מנת הקרינה מוגדרת ככמות האנרגיה לכל קילוגרם מהגוף המוקרן ונמדדת ביחידות גריי. 1 גריי מייצג ספיגה של 1 ג'אול של אנרגיית קרינה על-ידי 1 קילוגרם של חומר. ראו **נספח יחידות**.

ציר X בתרשים מייצג את מנת הקרינה שהתאים ספגו במשך ההקרנה וציר Y מייצג את אחוז התאים השורדים, כאשר 1 מציין 100% תאים שורדים, 0.1 משמעו 10% תאים שורדים וכולי.



תמונה 9.1: עקומת הישרדות של תאי יונקים שנחשפו לקרינת רנטגן כתלות במנת הקרינה הנספגת (מקור: ראו נספח ג')

- האם ייתכן שהקו המופיע בתרשים מורכב כולו ממדידות שבוצעו בניסוי? נמקו. רמז: נסו לראות אם תוכלו לומר כמה מדידות בוצעו בפועל.
לא יתכן. הקו חלק ולכן זהו תיאורטי שלא הוסק על סמך מדידות
אמיתיות, או שלו התאמה של קו מאמה לנתונים של מספר
מדידות. ככל מקרה, מאחר ולא רואים נקודות בתרשים ואם לא
מופיעה אף סטייה מהקו, הכרז בתמונה 9.1 אינו הצגה של מדידות
ניסיוניות.

2. תארו את השפעת ההקרנה על התאים.

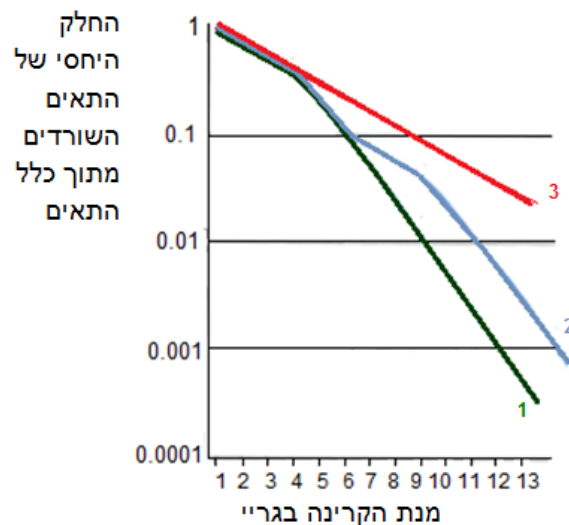
ההקרנה פועלת בתאים. ככל שמנת הקרינה גדלה, מספר התאים השורדים קטן. קצב הירידה במספר התאים מתון עבור מנות קטנות של קרינה ותלול יותר עבור מנות גדולות של קרינה.

קראו בשימת לב את ההסברים המופיעים בספר לאחר סעיף 2 של פעילות זו

תמונה 9.3 מתארת ניסוי אחר שבו התאים נחשפו לקרינת רנטגן בשלושה אופנים שונים המיוצגים בתמונה בצבעים שונים:

1. ירוק – חשיפה רצופה לקרינה חזקה בדומה לניסוי המתואר בתמונה 9.1.
2. כחול – חשיפה לקרינה חזקה באופן הבא: כאשר מנת הקרינה שספגו התאים הגיעה ל-6.5 גריי, ההקרנה הופסקה למשך שמונה שעות והתחדשה לאחר מכן.
3. אדום – חשיפה רצופה לקרינה חלשה מאוד במשך זמן ארוך מאוד.

בכל אחד מהניסויים, כמות הקרינה הכוללת שנספגה בתאים עד תום הניסוי הייתה זהה, בעוד שההבדלים בין הניסויים היו במשכי הזמן של החשיפה. בגרף שלפניכם מתוארות עקומות ההישרדות של התאים בשלושת המקרים. צבע הקו מציין את אופן החשיפה על-פי המקרא שמופיע למעלה.



תמונה 9.3: עקומת ההישרדות של תאים כתלות במנת הקרינה הנספגת בשלושה ניסויים שונים (מקור: ראו נספח ג')

3. הסבירו את ההבדלים באחוז התאים השורדים בין הניסויים השונים.

עבור מנות קרינה הקטנות מ-4.5 גריי, קצב תמותת התאים למה ככל אופני החשיפה. עבור מנות גדולות יותר של קרינה, ניתו לראות שקצב התמותה הנמוך ביותר מתקבל באופן חשיפה 3 (קו אדום) שבו ההקרנה איטית וניתו לתאים די זמן כדי לנסות לתקן את הנזקים. באופן חשיפה 2 (קו אדום), ההפסקה בהקרנה לאחר חשיפה ל-6 גריי, הובילה לשיפור ביכולת התיקון של התאים במנות קרינה 6-9 גריי וניתו לראות שאחרי ההפסקה, קצב תמותת התאים קטן בהשוואה לאופן חשיפה 1.

כאשר תאים סופגים קרינה בקצב איטי, בהפסקות או על פני פרק זמן ארוך, מנאנוני התיקון שלהם מסוגלים לתקן את המוטציות המזיקות בצורה טובה יותר מאשר במקרה של הקרנה מרוכזת.

4. נגה, יעל ורות יצאו החוצה לשמש קיץ ושלושתן ספגו מנות זהות של קרינה.

- נגה יצאה לריצת בוקר והייתה חשופה לקרינת שמש חלשה בין 8:00 ל-9:30.
 - יעל יצאה לעבוד בגינה בצוהריים והייתה חשופה לקרינה בין 12:00 ל-12:30.
 - רות הלכה למכולת בצוהריים והייתה חשופה לקרינה בדרכה אל המכולת בין 12:00 ל-12:15 ובדרך חזרה הביתה בין 13:00 ל-13:15.
- קבעו בעזרת הגרף שבתמונה 9.3 לאיזו מהבנות החשיפה לשמש תזיק יותר ולאיזו מהן היא תזיק פחות. נמקו.
- החשיפה למש תזיק ליציל במידה הרבה ביותר, כי יציל היתה חשופה לקרינה מרוכזת וספגה את כל מנת הקרינה במרוכז, על פני פרק זמן קצר (בדומה לאופן חשיפה 1 בתמונה 9.3). רות, שהייתה חשופה לאותה מנה של קרינה כמו יציל, אך "זכתה" להפסקה בהקרנה בעת שהייתה במכולת, תיפגע פחות מיציל (בדומה לאופן חשיפה 2

בתמונה 9.3). נזה, שספדה את מנת הקרינה בקצה איטי, על פני
פרק זמן ארוך (בדומה לאופן חשיפה 3 בתמונה 9.3) תיפגע במידה
המוצטה ביותר.

5. אילו מסקנות תוכלו להסיק מפעילות זו בנוגע לחשיפה לקרינה בחיי היום-יום?
עדיף להחשיף לקרינת השמש בשעות הבוקר או הערב בהן הקרינה
חלשה ולא בשעות הצהריים שבהן הקרינה חזקה. כמו כן, כאשר אנו
חשופים לקרינת השמש, מומלץ להפסיק מדי פעם את החשיפה על
ידי כניסה לבניין או לאזור מוצל.

6. אילו מההרגלים שלכם כדאי לשנות כדי להימנע מחשיפה ממושכת לקרינה?
במהלך נישוש עשבים באינה, כדאי להקפיד להיכנס הביתה מדי פעם
כדי לא להיות חשופים לקרינה ברציפות. לפי מה שלמדנו, משך
תיקון נזקי הקרינה הוא מסדר גודל של דקות – שעות. להערכתו,
הפסקות של רבע שעה בחשיפה יספיקו כדי לשפר את יכולת
ההתמודדות של הגוף.
במידת האפשר, הכי טוב לבצל את העבודה על פני כמה ימים. אם
ניתן עדיף לבצע את העבודה כוללה בשעות הבוקר המוקדמות
כשהקרינה חלשה. כך גם נותנים לגוף הפסקה ארוכה (של יום שלם
כמעט) בין חשיפה לחשיפה.

פעילות 9.2: השוואה בין הקרינה הנפלטת מטלפונים ניידים שונים

1. האם יש ברשותכם או ברשות בני משפחתכם טלפון נייד? רשמו את שם הדגם של הטלפון שברשותכם.

ברשותי טלפון סלולרי מדגם Huawei P9 lite 2017, PRA-LX1.

2. חפשו באינטרנט מהם נתוני ה-SAR של הטלפון שלכם, ומלאו את הטבלה.

סוג המדידה	ראש	גוף
SAR אירופי	0.36 W/kg	0.93 W/kg
SAR אמריקאי	0.89 W/kg	1.34 W/kg

3. בישראל אסור למכור טלפונים שמדד ה-SAR האמריקאי שלהם עולה על 6.1 ואט לקילוגרם או שמדד ה-SAR האירופי שלהם עולה על 2 ואט לקילוגרם. האם הטלפון הנייד שלכם עומד בתקן הזה?

כן

4. ערכו דיון בכיתה: מהם ערכי ה-SAR הגבוהים והנמוכים ביותר שמצאתם? עבור אילו מכשירים הם התקבלו?

הערה: תשובה זו נכתבה על סמך חיפוש אקראי של מספר מכשירים בגוגל. סביר להניח

שבכיתה תקבלו תוצאות שונות לפי המכשירים שהתלמידים יציגו.

למכשיר Xiaomi Mi A1 ערכי ה-SAR הגבוהים ביותר מבין המכשירים שנבדקו – 1.75 W/kg במדידת ראש לפי השיטה האירופית ; 0.76 W/kg במדידת אף לפי השיטה האירופית ; 1.26 W/kg במדידת ראש לפי השיטה האמריקאית ; 0.17 W/kg במדידת אף לפי השיטה האמריקאית.

למכשיר Samsung Galaxy Note8 ערכי ה-SAR הנמוכים ביותר מבין המכשירים שנבדקו – 0.173 W/kg במדידת ראש לפי השיטה האירופית ; 1.29 W/kg במדידת אף לפי השיטה האירופית ; 0.61 W/kg במדידת ראש לפי השיטה האמריקאית ; 0.56 W/kg במדידת אף לפי השיטה האמריקאית.

הערה: בתשובה התייחסנו בעיקר למדידות SAR ראש, כי זה מה שהטריד את המשתתפים בדיון בו יצא לנו להשתתף. אם היינו חוזרים על הפעילות בקרב קבוצה של נשים הרות למשל, סביר שהן היו מתעניינות יותר במדידות SAR גוף ולפי מדד זה, דווקא מכשיר Xiaomi Mi A1 פולט פחות קרינה ממכשיר Samsung Galaxy Note8.

5. האם בהכרח טלפון שמדד ה-SAR שלו נמוך יותר הוא בטוח יותר לשימוש? נמקו.
לא בהכרח. ראשית, שמנו לב בדיון שליווה את שאלה 4 כי מכשירים שצברו צרכי SAR במדידת ראש גבוהים במיוחד, לאו דווקא מתאפיינים בצרכי SAR גבוהים לפי מדידת האוזן. לכן, המונח "בטוח לשימוש" אינו מוגדר היטב, כל אחד ראוי לבחור איזו מדידה (SAR ראש, SAR אוזן או שקלול של שתיהן) תדיר עבורו את בטיחות השימוש בטלפון. זאת ועוד, עצמת הקרינה תלויה בתנאי השידור. יתכן שיש טלפונים שבתנאי שידור מסוימים (כאשר הקליטה חלשה במיוחד) יפלטו קרינה רבה ולכן מדד ה-SAR שלהם גבוה ועם זאת בתנאי שידור אופייניים יפלטו פחות קרינה מדגמים אחרים. מדד ה-SAR מדגם את פליטת הקרינה מהטלפונים בתנאים של פליטת קרינה מרבית ולכן אינו משקף בהכרח את פליטת הקרינה מהטלפונים בסביבה שבה אנו משתמשים בהם.

פעילות 9.3: חרוזי שמש משתזפים

בפעילות זו נשתמש בחרוזי שמש כדי לבחון את יעילותם של אמצעי הגנה מפני קרינת UV, קרינה בתחום העל-סגול.

ציוד:

- מקור לקרינת UV כמו מרחב החשוף לקרני השמש או פנס UV
- **זהירות!!!** אם משתמשים בפנס UV אין לכוון אותו לעיניים!!!
- שני חרוזי שמש לפחות. חשוב שהחרוזים יהיו בעלי אותו גוון בחשיפה ל-UV.
- קרם הגנה
- משקפי שמש
- מפית / נייר מגבת / נייר טואלט לניקוי החרוזים

1. חשפו את החרוזים לקרינת UV. תארו את השינוי שחל בהם במהלך החשיפה לקרינה.

החרוזים שינו את צבעם מאבן לבחול/סגול/ורוד/כתום (תלוי בסוג

החרוז).

2. שער מה השינוי שיחול בהם בעת החשיפה לקרינה, אם נמרח את החרוזים בקרם הגנה

לפני החשיפה לקרינת UV? מהי ההשפעה של מקדם SPF של הקרם שבו משמשים?

לדעתי חרוזים מרוחצים בקרם הגנה לא ישינו את צבעם במשך פרק זמן

ארוך, אולי אפילו שעות.³² ככל שמקדם ה-SPF גדול יותר, יתארך משך

הזמן שבו החרוזים ישארו לבנים.

כעת, נרצה לבצע סדרת ניסויים שבמהלכם נחשוף את החרוזים לקרינת UV ונעקוב אחרי קצב

שינוי הצבע שלהם כשהם מוגנים מקרינה על-ידי קרם הגנה, משקפי שמש ואמצעים אחרים.

3. עבור כל אמצעי הגנה שברצונכם לבדוק, בצעו את הפעולות הבאות:

א. ודאו שברשותכם חרוז שמש לבנבן. אם גוון החרוז צבעוני בשל חשיפה קודמת לקרינת

UV, עליכם למקם אותו במקום מוגן מקרינה ולהמתין כשתי דקות עד שצבעו יהיה לבן.

³² בפועל, קרם ההגנה לא עד כדי כך יעיל. הוא מעכב את שינוי צבע החרוז בדקות ולא בשעות, אך קשה לשער זאת מראש.

- ב. מגנו את החרוז מפני השפעת הקרינה תוך מריחתו בקרם הגנה או הצבתו מאחורי מחסום כגון עדשת משקפיים או בד.
- ג. חשפו את החרוז הממוגן לקרינת UV ושימו לב לקצב שינוי הצבע שלו. אם אתם משתמשים בפנס, הקפידו שהמרחק בין הפנס לחרוז יהיה קבוע בכל המדידות.
- ד. חזרו על כל מדידה שלוש פעמים או כתבו גם את התוצאות שקיבלו שניים מחבריכם לכיתה. **דונו בכיתה מדוע חשוב לחזור על מדידות בניסוי.**

סכמו את ממצאיכם בטבלה. ניתן לצלם את החרוזים במצלמת הטלפון הנייד ולהכניס את התמונות או להשתמש בסימני + שיתארו את עוצמת הצבע (למשל: כחול, כחול+, כחול+++), (כחול+++).

שתי השורות האחרונות בטבלה ריקות כדי לאפשר לכם לבדוק אמצעי מיגון נוספים לפי רצונכם, למשל, קרם במקדם SPF שונה, קרם הגנה של יצרן אחר, תכשירי איפור וטיפוח, עדשת משקפי ראייה, שמשת חלון, מים או נייר.

סוג המיגון	צבע החרוז לאחר חשיפה בת שניה אחת	צבע החרוז לאחר חשיפה בת 3 שניות	צבע החרוז לאחר חשיפה בת 10 שניות	צבע החרוז לאחר חשיפה בת 60 שניות
ללא מיגון				
קרם במקדם 30 SPF בשכבה דקה				
קרם במקדם 30 SPF בשכבה עבה				
עדשת משקפי שמש				
בד (למשל בד חולצתכם)				
עדשת משקפי ראייה ³³				
מים				

טבלה 9.1: חשיפת חרוזי שמש במיגונים שונים לקרינה

מסקנות

- האם קרם הגנה יעיל כמו בגד בהגנה על העור מפני נזקי השמש? נמקו.
לפי תוצאות המדידות בחרוטי שמש, ואם צל סמך ניסיוננו, קרם הגנה יציף פחות מאשר בחסימת קרינה צל-סאלה והגנה צל הצור.
- האם ישנה משמעות לעובי שכבת קרם ההגנה שאנו מורחים? מה דעתכם, האם מקדם ה-SPF על אריזת הקרם מתייחס למריחה בשכבה עבה או דקה?

³³ השתמשנו כאן במשקפי ראייה ישנים, שהציפו שלהם התקלף. רוב משקפי הראיה החדשים מצופים בשכבת מגן כנגד קרינה על-סגולה ומצליחים לחסום קרינה בדומה למשקפי השמש.

בהקשר זה, כדאי לקרוא את ההנחיות למריחת מסנן קרינה של האגודה למלחמה בסרטן.



34

לפי תוצאות המדידות, קרם בשכבה צבה מאן הרבה יותר טוב על החרוץ מאשר קרם בשכבה דקה. כשמרחנו את הקרם בשכבה דקה, השפעתו היתה מועטה. לכן, מקדם SPF שמצוין על אריזת הקרם מתייחס ככל הנראה למריחה בשכבה צבה.

6. האם משקפי השמש שלכם יעילים בהגנה על העיניים מפני קרינת UV? נמקו.
המשקפיים שנבדקו יציגים מאוד, החרוץ שמונח באמצעות משקפי השמש כמעט ולא שנה את צבעו בחשיפה לקרינה על-סלולה.

שימו לב: משקפי שמש שאינם מגינים ביעילות מפני קרינת UV, לא רק שאינם מועילים לבריאותנו, הן אפילו מזיקות! הסיבה לכך היא שמשקפי שמש כאלו חוסמות חלק מהאור הנראה, ולכן כשאנו מרכיבים אותם העין מרגישה שאנו נמצאים באפלה והאישון מתרחב, ראו הסבר בפרק 8. התרחבות האישון גורמת לכניסה רבה יותר של קרינת UV (שאינה נחסמת על-ידי המשקפיים) אל העין ולפגיעה בעדשת העין.

7. מהן מסקנותיכם מהמדידות המתועדות בשתי השורות האחרונות של הטבלה?
אין וצדעות משקפי ראייה אינם חוסמים קרינה על-סלולה.
הערה: רבים ממשקפי הראייה הנמכרים כיום, בניאוד למשקפיים שהתמשנו בהם במדידה, מצופים בשכבה החוסמת קרינה על-סלולה ומתפקדים באופן דומה למשקפי-ene.

8. על סמך מה שלמדתם בפעילות, נסחו המלצות לצמצום מרבי של החשיפה לקרינת UV בעת שהייה בחוץ.

- הדרך הטובה ביותר להגן על האור מפני קרינה היא לכסות אותו בבגדים.
- את חלקי האור החשופים לקרינה מומלץ למרוח בקרט האנה בשכבה עבה.
- מסקי שמש טובים יכולים לחסום קרינה על-סאלה ביציאות והשימוש בהם מומלץ מאוד. לא כל מסקי השמש חוסמים קרינה באותה מידה ויש לבדוק אותם לפני השימוש כי מסקיים שאינם תקינים יכולים לערום נזק.
- שהיה במים כמעט ולא חוסמת את הקרינה העל-סאלה, לכן יש למרוח קרט האנה לפני רחצה בים או בבריכה.

פעילות 9.4: בדקו את עצמכם

1. כאשר קרינה פוגעת בגוף
א. תמיד נגרם נזק לגוף.
ב. עלולים להיווצר שינויים מזיקים בתאי הגוף שחלקם בלתי הפיכים.
ג. ייגרם נזק רק אם הקרינה מייננת.
ד. הגוף תמיד מתקן את נזקי הקרינה.
2. כאשר קרינה יוצרת בגוף נזקים הניתנים לתיקון
א. מנגנוני התיקון של הגוף יתקנו את התא מיד.
ב. מנגנוני התיקון של הגוף יתקנו את התא תוך כמה דקות או שעות.
ג. מנגנוני התיקון של הגוף יתקנו את התא תוך עשרות שנים.
ד. אין נזקים הניתנים לתיקון.
3. מה הקשר בין קרינה למחלת הסרטן?
א. חשיפה לקרינה מעלה את הסיכויים לחלות בסרטן.
ב. חשיפת התאים הסרטניים לקרינה עשויה להשמיד אותם וכך לרפא את המחלה.
ג. תשובות א' וב' נכונות.
ד. אין קשר בין קרינה למחלת הסרטן.
4. מדוע חשוב להגן על ילדים מפני חשיפה לקרינה?
א. מנגנוני התיקון שלהם אינם מפותחים והם אינם יודעים להתמודד עם נזקי הקרינה.
ב. התאים שלהם מתחלקים בקצב מואץ ולכן רגישים יותר לקרינה.
ג. כל החיים לפניהם ולכן יש להיזהר גם מפני מחלות שיבואו לידי ביטוי רק בעוד עשרות שנים.
ד. תשובות ב' ו-ג' נכונות.

5. מדידת קצב הבליעה הסגולית (SAR) בטלפונים ניידים מאפיינת את

א. כמות האנרגיה הנספגת בשנייה בקילוגרם גוף בתנאים של שידור בעוצמה

מרבית של הטלפון הנייד.

ב. כמות האנרגיה הנספגת בשנייה בקילוגרם גוף בתנאי שידור אופייניים של הטלפון הנייד.

ג. כמות האנרגיה המקסימלית שפולט הטלפון הנייד בשנייה.

ד. כמות אנרגיה אופיינית שפולט טלפון נייד בשנייה.

6. מהי משמעות המספר של מקדם ה-SPF שרשום על-גבי קרם ההגנה מפני השמש?

א. המספר הוא מספר הדקות שבהן אנו מוגנים מקרינה לאחר מריחת התכשיר בתנאים אידיאליים.

ב. המספר מציין פי כמה יתארך הזמן עד להופעת כוויות על עורנו בעת חשיפה

לשמש כשאנו מרוחים בתכשיר בתנאים אידיאליים.

ג. המספר מציין רמת הגנה מפני קרינת UVA.

ד. אף תשובה אינה נכונה.

פעילות 10.1: השוואת בדיקות רנטגן, סי-טי, MRI ורדיואיזוטופים

1. מלאו את הטבלה בהסתמך על קטעי המידע שקראתם.

בדיקה	רנטגן	סי-טי	MRI	רדיואיזוטופים
מטרה רפואית	זיהוי שברים, חורים בשנייים ודלקות	זיהוי פציעות בעצם, דימום פנימי, אידולמים	דימום רקמות רכות – המוח, חוט השדרה והשרירים	מיסוי איבר מטרה באופן – עצמות, ריאות, כליות, בלוטת התריס, לב, ועוד.
סוג הקרינה	קרינת נטאן	קרינת נטאן	קרינת רדיו	קרינת גמא בעצמה נמוכה
ספיגת קרינה	0.03 מיליסיוורט (מאית מספיקת הקרינה השנתית ממקורות טבעיים)	1-10 מיליסיוורט, מסדר גודל של ספיגת הקרינה השנתית ממקורות טבעיים	מדובר בקרינה לא מייננת, לכן הנזק מחשיפה לקרינה במהלך הבדיקה זניח.	סדר גודל של 8 מיליסיוורט, תלוי איזה איבר בודקים.
עלות	עשרות שקלים	מאות שקלים	אלפי שקלים	אלפי שקלים
יתרונות בהשוואה לבדיקות האחרות	חשיפה נמוכה לקרינה, בדיקה זולה ולמינה.	מספקת מידע מדויק	אין חשיפה לקרינה מייננת, מספקת מידע מדויק	מספקת מידע על תפקוד איברים (גדילה, חיפוף חומרים וכדומה).

בדיקה	רנטגן	סי-טי	MRI	רדיואיזוטופים
חסרונות	פחות	חשיפה	לא	חשיפה
בהשוואה	מדוייקת,	גבוהה	מתאימה	גבוהה
לבדיקות	מתאימה	פקרנה	לזיהוי	פקרנה,
האחרות	לפחות		פסאית	בדיקה
	מטרות		בעצמות,	יקרה.
	מיתר		יקרה ולא	
	הבדיקות		כל כך	
			למינה. משק	
			הבדיקה	
			ארוך והיא	
			לא נוחה	
			לנמדק.	

טבלה 10.1: השוואה בין בדיקות דימות

פעילות 10.2: התייעצות רפואית – איזו בדיקה מתאימה לנו?

לפניכם שאלות המציגות את סיפוריהם של חולים שונים. עליכם לקבוע אילו בדיקות עשויות לאבחן את מצבם ואילו שאלות כדאי לשאול את הרופא כדי לקבל החלטה בנוגע לסוג הבדיקה הרצויה. דונו בכיתה בתשובותיכם.

ניתן לסמן כמה תשובות נכונות בכל שאלה.

1. קרן נפלה בחצר ביתה ומאז סובלת מכאבים עזים בכף רגל ימין. אמה חושדת שמדובר בשבר ומעוניינת שקרן תיבדק. אילו בדיקות יכולות לעזור באבחון שבר ברגל? בחרו ונמקו את בחירתכם.

א. צילום רנטגן

ב. אולטרהסאונד

ג. סי-טי

ד. MRI

נימוק: בדיקות רנטגן וסי-טי מספקות תמונה של העצמות.

אולטרהסאונד ו MRI לא.

2. הרופא המליץ לקרן על צילום רנטגן. מדוע לדעתכם ההפניה היא לרנטגן ולא לסי-טי?

א. תוצאות צילום הרנטגן מדויקות יותר

ב. צילום רנטגן חושף את החולה לכמות קרינה פחותה בהשוואה לסי-טי

ג. זמן ההמתנה לצילום רנטגן קצר בהשוואה לסי-טי

ד. עלות צילום רנטגן נמוכה בהשוואה לסי-טי

נימוק: צילום רנטגן פחות מדויק מסי-טי, אך במקרים פשוטים הוא

עדיף בזכות החשיפה הנמוכה לקרינה והזמינות הגבוהה של

הבדיקה.

3. מתושלח, בן 90, הגיע לחדר מיון עם שטף דם במוח כשהוא נתון בסכנת חיים. אילו בדיקות יעזרו לרופאים לזהות את מקור הבעיה? בחרו ונמקו.

- א. MRI
- ב. סי-טי
- ג. רנטגן
- ד. רדיואיזוטופים

נימוק: MRI מראה באופן מדויק רקמות רכות ונותנת תמונה תלת-ממדית ולכן יכולה לאתר דימום במוח, ואם בדיקת סי-טי יכולה לספק מידע על דימום במוח בזכות הדימום התלת-ממדית.

4. הרופא הפנה את מתושלח בדחיפות לבדיקת סי-טי אך ילדיו חוששים כי הקרינה תזיק לו. הם מתלבטים אם להסכים לביצוע הבדיקה. מה תמליצו למתושלח ולילדיו לשאול את הרופא?

ניתן לשאול: כמה מתושלח הופנה לבדיקת סי-טי ולא MRI?
מהם הסיכונים הכרוכים בביצוע הבדיקה?
מהם הסיכונים הכרוכים באי ביצוע הבדיקה?

5. בסופו של דבר מתושלח עבר בדיקת הסי-טי והאבחון המוקדם הציל את חייו. מהן לדעתכם הסיבות לכך שמתושלח הופנה לסי-טי ולא ל-MRI?

- א. עלות הבדיקה
- ב. דיוק הבדיקה
- ג. זמינות הבדיקה
- ד. משך הבדיקה

6. טל, אישה בהיריון, נפגעה בתאונת דרכים ונחבלה בראשה. אילו בדיקות יכולות לגלות אם נגרם לה נזק מוחי בעקבות התאונה? בחרו ונמקו.

- א. סי-טי
- ב. MRI

ג. רדיואיזוטופים

ד. אולטרהסאונד

נימוק: בדיקות סי-טי וMRI יכולות לזהות פגיעות במוח. בדיקת אולטרסאונד אינה מתאימה משום שהמוח מוגן בצלעות האלגולות ולפי אולטרסאונד אינם חודרים עצמות. בדיקת רדיואייזוטופים אינה מתאימה שכן היא בודקת תפקוד ולא מבנה. כמו כן טל בהריון והזרקת חומרים רדיואקטיביים תסכן את העובר כק שהבדיקה לא מתאימה בכל מקרה.

7. הרופא הפנה את טל לבדיקת MRI. מדוע לדעתכם טל הופנתה ל-MRI מוח בעוד שמתושלח הופנה לסי-טי מוח?

- א. טל בהריון ולכן אין לחשוף אותה למנת קרינה מייננת גבוהה מחשש לפגיעה בעובר שתאיו מתחלקים במהירות ולכן חשופים יותר לקרינה.
- ב. מתושלח מבוגר מאוד ולכן נזקי קרינה לטווח ארוך לא ישפיעו עליו, ככל הנראה.
- ג. הרופא של מתושלח ניסה לחסוך בעלות הבדיקה.
- ד. במקרים דחופים, נעדיף בדיקת סי-טי כי היא מהירה.

פעילות 11.1 צפייה חוזרת בכתבה איך אנחנו הורגים את עצמנו:

קרינה של אברי גלעד בערוץ השידור רשת

בתחילת המבנית ביקשנו מכם לצפות בכתבה של אברי גלעד איך אנחנו הורגים את עצמנו: **קרינה**. בחרנו בכתבה זו משום שמצאנו אותה מעמיקה ומעניינת. הכתבה גם מדגימה יפה את ההבדלים בין השיח המדעי לשיח היום-יומי באמצעי התקשורת.



צפו שוב בכתבה³⁵. ענו באופן עצמאי על השאלות ודונו בהן בכיתה.

1. האם ניתן להסיק מדברי המדענים המרואיינים שהם חושבים ש"אנו הורגים את עצמנו" בגלל שימוש בקרינה לא מייננת? אם לא, מה בעצם אומרים המדענים המרואיינים? ציינו במפורש מי המדענים בכתבה.

אף אחד מהמדענים לא אמר שאנו הורגים את עצמנו. המדענים
המראיינים הם ד"ר סיגל סדצקי, פרופ' אליהו ריכטר, פרופ' דיויד
קרפנטר וד"ר סטיליאן גלברג. כל המדענים תמימי דעים ואומרים
שאף על פי שהאופן שבו קרינה גורמת מייננת משפיעה על הגוף
עדיין אינו מובן, מחקרים סטטיסטיים מצביעים על כך שהיא עשויה
להיות מסוכנת ואל כן יש לנקוט בעקרונות הזהירות המונעת ולמצמצם
את החשיפה לקרינה הזו. ד"ר סיגל סדצקי וד"ר סטיליאן גלברג
מביעים חשש מכך שהתקן בנוגע לחשיפה לקרינה אינו מספק. הם
אומרים שלהו תקן ישן, המתייחס רק להשפעות התרמיות המידיות
(חימום הגוף) של הקרינה ולא לנזקים לטווח ארוך.

<http://reshet.tv/item/news/documentary/season-01/episodes/zbuid-468588/>³⁵

2. על אילו סוגי ראיות נשענים בעלי העניין שרואיינו בכתבה ושאינם מדענים? עם אילו

מהמסקנות שלהם אתם מסכימים ועם אילו לא?

לירן רז (מהנדס) טוען שהקרינה מסוכנת משום שהיא גורמת לחלק

מהאנשים לכאבים ובעיות שונות. אכן מרואיינים בכתבה אנשים

שמספרים שהקרינה גורמת להם תחושת חול'י אולם מדובר

באנקדוטות אישיות, לא באיסוף מידע שיטתי ומקיף.

צו"ד דפנה טחור גם היא מתריעה מפני סכנות הקרינה. היא מצטטת

דו"ח שטוען שבשנת 2017 מחצית האוכלוסיה תסבול מרעישות לקרינה

וגם מספרת שקרינה מסוגלת לפתוח את מחסום דם-מוח. גורמת

הדין אינה רופאה או מדענית החוקרת את התחום, אלא משפטנית.

כדאי לשים לב ששנת 2017 חלפה והאוכלוסיה הרעושה לקרינה היא

צדיין מיעוט קטן.

צמיר בורנשטיין (הנדסאי אלקטרוניקה ורעיש לקרינה) מספר מניסיונו

האישי ולא מסיק מסקנות כוללניות.

ג'ניפר ווד מסיקה מניסיונה האישי שחשיפה לקרינה עלולה להרוג. כיוון

שהיא נשענת רק על ניסיונה שלה, אין הצדקה להצג הכללה לכלל

הציבור. ניתן לומר שיש אנשים שמדווחים על רעישות לקרינה (העדר

סביבות לשדות אלקטרומגנטיים כפי שמנסח זאת פרופ' דיויד קרפנטר)

והנושא נחקר.

נספח: תכנית הלימודים (מרץ 2017)³⁶

מטרות

- התלמידים יכירו סוגים של קרינה אלקטרומגנטית ומאפייניהם.
- התלמידים יבינו, יזהו ויתארו פעולות גומלין בין קרינה אלקטרומגנטית לחומר (חימום, הטיית/שינוי זווית קרינה בעקבות פגיעה בחומר).
- התלמידים יכירו שימושים שונים של קרינה.
- התלמידים יכירו היבטים בריאותיים הקשורים בקרינה.

רעיון מרכזי	מפרט תכנים	דוגמאות לשילוב מיומנויות ותכנים	הערות ודוגמאות להקשרים בהוראה
קרינה אלקטרומגנטית מתפשטת כגלים המאופיינים באורך גל, משרעת (אמפליטודה), ואנרגיה.	- טווח הקרינה האלקטרומגנטית משתרע מגלי רדיו בעלי אורך הגל הארוך ביותר, דרך גלי מיקרו, גלי אינפרא אדום, האור הנראה, גלי על סגול (UV), קרני רנטגן (x) ועד קרני גמא בעלי אורך הגל הקצר ביותר. - קרינה אלקטרומגנטית מתפשטת בתווך חומרי ובריק. מהירות התפשטות הקרינה בריק היא קבועה - 300,000 ק"מ לשנייה. - הקרינה מתפשטת בקווים ישרים. - קיים קשר בין אורך הגל לאנרגיה שלו. - לקרינה אלקטרומגנטית שימושים רבים.	- איתור, איסוף והערכה של מידע הנוגע לסוגי הקרינה השונים, לסכנות ולשימושים. - ייצוג מידע/ידע בדרכים שונות (בתרשים/טבלה/מפת מושגים/גרף) בנושא מאפייני הקרינה האלקטרומגנטית לסוגיה. - השוואה בין קרינת רנטגן לבין קרינת גמא. - הסקת מסקנות לגבי בחירת סוג הקרינה לצילום השלד במקרה של חשש לשבר. - בחינה והערכה של נימוקים לטענות בדבר הסכנות של שיזוף באמצעות מכונות שיזוף.	- FM AM בשימוש ברדיו - גלי רדיו בתקשורת (רדיו, טלוויזיה) - גלי מיקרו בתקשורת סלולרית, במכ"ם ובבישול (תנור, מיקרוגל). - גלי אינפרא אדום באמצעים לראיית לילה. - קרינת אור לחימום (דוד שמש), להפקת חשמל (תאים סולריים).
קרינה אלקטרומגנטית וחומר פועלים זה על זה. כאשר קרינה אלקטרומגנטית	- קיימים חומרים מחזירי קרינה, מעבירי קרינה ובולעי קרינה. - קרינה הנבלעת בחומרים גורמת להתחממותם. לתופעה	- הערכת מידע אודות נזקים של קרינת טלפונים ניידים. - הצעת פתרונות לחימום או לקירור גופים שפוגעת בהם קרינה (צביעת גג בלבן כדי למנוע	

³⁶ מפרט התכנים בקרינה מתוך תכנית הלימודים במוט"ל:

http://meyda.education.gov.il/files/Mazkirut_Pedagogit/Motav/tl_madatechnologicalachol2018.docx

רעיון מרכזי	מפרט תכנים	דוגמאות לשילוב מיומנויות ותכנים	הערות ודוגמאות להקשרים בהוראה
פוגעת בחומר, חלק ממנה מוחזר מפני החומר, חלק עובר דרכו וחלק נבלע בו.	זו שימושים רבים ביניהם חימום מים בדודי שמש. - קרינה על סגולה (UV), וקרינת רנטגן ברמה מבוקרת מנוצלות לאבחון רפואי (קרני רנטגן) לריפוי (קרינת גמא במחלות ממאירות) ולעיקור (סטריליזציה), (קרינה על סגולה וקרינת גמא). - ראיית האדם רגישה לטווח מצומצם של אורכי גל אלקטרומגנטי - האור הנראה. - האדם קולט גלים בעלי אורכי גל שונים (בטווח האור הנראה) כצבעים שונים. - לקרינה יש השפעה על תהליכים שונים ביצורים חיים: • פוטוסינתזה, שיזוף - לקרינה אלקטרומגנטית השפעות שליליות. • קרינה על סגולה, וקרינת רנטגן עלולות לגרום נזק ליצורים הנחשפים להן. ככל שעוצמת הקרינה גדולה יותר וזמן החשיפה ממושך יותר כך ייגרם נזק גדול יותר. - קיימות דרכים שונות להתגוננות מפני קרינה. • מסנני קרינה כגון - עופרת נגד קרינת רנטגן, קרם הגנה ומשקפי שמש נגד קרינה על סגולה.	התחממות, צביעת קולטי שמש בשחור כדי לחמם מים). מתן הסבר מדעי לתופעת התגברות אפקט החממה בעשורים האחרונים. - תהליך תיכון לניצול מירבי של אנרגיית השמש לחימום מים בדוד שמש. - תהליך תיכון של תנור שמש (הבנוי ממראות) - תהליך חקר מדעי הבודק השפעת הקרינה על תהליכי גדילה והתפתחות בצמחים מסוגים שונים.	- חיטוי תבלינים באמצעות קרינה על סגולה - תגובות בין אור נראה לחומר בתהליך הראיה בעין. - מוטציות ומחלות הנגרמות ע"י קרינה על סגולה, וקרינת רנטגן כמו מחלות ממאירות.

