



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות
לימודים



מטה מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי
טכנולוגי
על שם עמוס דה-שליט



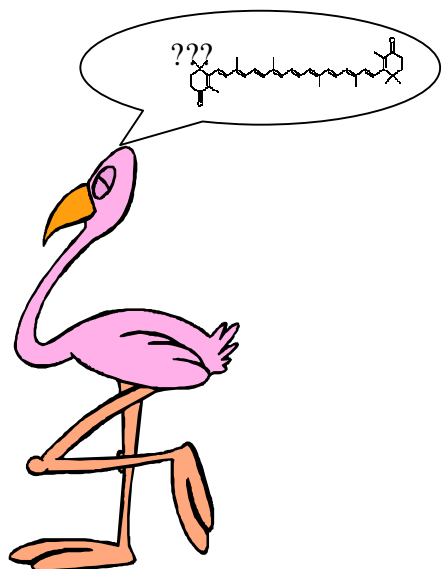
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
המחלקה להוראת הטכנולוגיה
המדעיים, קבוצת הכימיה והסביבה
והפקולטה לכימיה

כימיה מכל וחול –

מננוכימיה

למיקרואלקטרוניקה

מדריך למורה

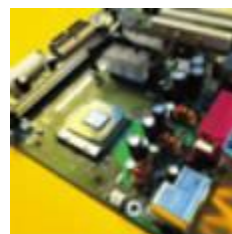


עירית ששון

רותי שטנגר

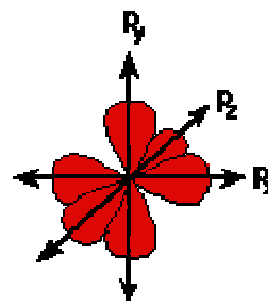
פרופ' יהודית דורי

פרופ' אורי פסקין



טיוטת ניסוי

© כל הזכויות שמורות, תשס"ו 2005



פרק 1: המבנה האלקטרוני של האטום

הפרק הראשון עוסק בנושא המבנה האלקטרוני של האטום סביב מוקד יישומי מרכזי: זיקוקי דינור. הפרק מלווה בביצוע ניסוי מעבדה, צפייה בספקטרום רציף ובדיד של אטומים ופעילויות ממוחשבות. הפעילויות הממוחשבות, בפרק זה ובפרקים אחרים בספר, ממחישים את הרעיונות התיאורטיים על ידי ייצוגים מגוונים ולרוב באמצעות סימולציה דינאמית. בהמשך הפרק ישנו עיסוק בשני מוקדים יישומיים נוספים המתקשרים לשני הפרקים הבאים בספר: תהליך בו מעורבות מולקולות במצב אלקטרוני מעורר - מקלות זוהרים, ותהליך הליתוגרפיה בייצור שבבים בתעשיית המיקרואלקטרוניקה. סביב מוקדים יישומיים אלו נעשית

מושגי מרכזיים	מושגי עזר
קרינה אלקטרומגנטית, צבע, רמות אנרגיה, אורביטלים אטומיים.	קשר בין אורך גל וצבע, ספקטרום בליעה ופליטה של אטומים.

העמקה בתכני הלימוד התיאורטיים המפורטים בטבלה מס' 1.1:

טבלה מס' 1.1 – מושגים מרכזיים ומושגי עזר בפרק הראשון

בפעילות הראשונה בפרק, נחשפים התלמידים למידע המתואר באופן סיפורי על פעולת זיקוקי הדינור. מתוך קריאת המידע עולה השאלה המרכזית בפרק: מה מקנה לזיקוקים את צבעיהם האופייניים? באופן הדרגתי, לאורך הפרק, ניתן מענה לשאלה זו תוך העמקה בתכנים כימיים רלוונטיים.

תשובות לשאלות הפרק

שאלה מס' 1:

א. בחרו שני מושגים המופיעים במידע והציגו אותם באמצעות משפט תוך הוספת מילות קישור מתאימות

ב. בחרו מושג נוסף וציינו כיצד הוא מתקשר למושגים שבחרתם בסעיף א.

שאלה זו נועדה לסייע לתלמיד בארגון המידע שקרא. עליו לקרוא שוב את המידע ולאתר שני מושגים מתאימים. ייתכנו תשובות רבות נכונות. החשוב הוא יצירת קשר לוגי נכון בין המושגים הנבחרים.

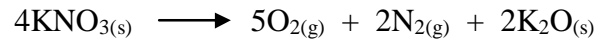
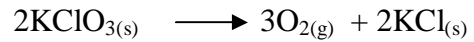
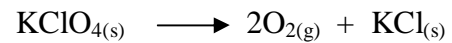
דוגמא לתשובה אפשרית: המושגים הם – קול, חום. משפט מתאים: בפעולת זיקוקי דינור מופיע קול פיצוץ ונפלט חום. מושג שלישי – צבע. בפעולת זיקוקי דינור מופיע קול פיצוץ ונפלט חום ואור צבעוני.

שאלה מס' 2:

2. גם באשלגן כלורתי ואשלגן על כלורתי ($KClO_3$, $KClO_4$) ניתן להשתמש כחומרים המספקים חמצן. בזמן פירוק חומרים אלו מתקבלים חמצן ואשלגן כלורי.

א. נסחו את תגובות הפירוק של: אשלגן חנקתי, אשלגן כלורתי ואשלגן על כלורתי לקבלת חמצן גזי

ב. עבור כל תגובה קבעו מיהו החומר המחמצן ומיהו המחזור. נמקו תשובתכם.



באטומי החמצן בחלקיקים ClO_4^- , ClO_3^- , NO_3^- עלייה בדרגת החמצון ולכן מתנהגים כמחזרים. באטומי הכלור והחנקן ירידה בדרגות החמצון ולכן מתנהגים כמחמצנים.

שאלה מס' 3:

מטרת השאלות 3-6 לסכם את נושא ראיית הצבעים.

ניתן לקבל את כל הצבעים על ידי חיבור של שלושת צבעי היסוד של האור: אור אדום, אור כחול ואור ירוק.



ניתן לסכם זאת ע"י משולש הצבעים:



סכמו את מסקנותיכם מן הפעילות על ידי השלמת המשפטים הבאים:

- בערבוב של אור אדום עם אור כחול מתקבל הצבע _____ מג'נטה – ורוד עז
- בערבוב של אור אדום עם אור ירוק מתקבל הצבע _____ צהוב
- בערבוב של אור כחול עם אור ירוק מתקבל הצבע _____ ציאן – טורקיז
- בערבוב של כל שלושת צבעי היסוד מתקבל אור בצבע _____ לבן

שאלה מס' 4 :

השלימו את הטבלה הבאה:

צבע החפץ	אורכי גל נבלעים (מתוך אדום, ירוק, כחול)	אורכי גל מפוזרים (מתוך אדום, ירוק, כחול)
כחול	ירוק, אדום	כחול
טורקיז	אדום	כחול, ירוק
לבן	-	אדום, ירוק, כחול
שחור	אדום, ירוק, כחול	-

שאלה מס' 5 :

כלורופיל הוא חומר הצבע (צבען) הנמצא בעלים ירוקים ומקנה להם את צבעם. חומר זה אחראי על קליטת האור בתהליך הפוטוסינתזה. האם ניתן לגדל צמחים בחממה שבה מאירים את הצמחים בנורות ירוקות בלבד? הסבירו.

אם כלורופיל הוא צבען המקנה צבע ירוק לעלים, המסקנה היא שאורכי הגל המתאימים לצבע האדום והכחול נבלעים על ידי הצבען ואורכי הגל המתאימים לצבע הירוק מפוזרים. חממה שבה מאירים את הצמחים באור ירוק בלבד לא תאפשר בליעה של אורכי גל המתאימים לתהליך הפוטוסינתזה (אדום וכחול) והצמח לא יתפתח.

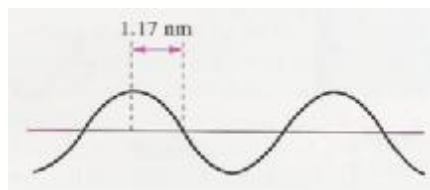
שאלה מס' 6 :

מאירים כדור אדום, הנמצא בחדר חשוך לחלוטין, בעזרת נורה הפולטת אורכי גל המתאימים לצבע הכחול בלבד. באיזה צבע יראה הכדור לעינינו? הסבירו.

הכדור הנראה אדום מכיל חומר צבע הבולע אורכי גל המתאימים לצבעים הכחול והירוק. אורכי גל המתאימים לצבע האדום מפוזרים. כאשר מאירים את הכדור באור כחול בלבד, יבלעו אורכי הגל על ידי חומר הצבע והכדור לא יראה כלל לעינינו.

שאלה מס' 7 :

לפניכם ציור היפותטי של גל אלקטרומגנטי, חשבו את אורך הגל המתואר ואת תדירותו.



אורך הגל הוא המרחק בין שתי נקודות דומות במסלול המחזורי של הגל, למשל שתי "פסגות עוקבות" של השדה בכיוון ההתקדמות של הגל. המרחק המסומן באיור הוא רבע מאורך הגל ולכן:

$$\lambda = 4 \cdot 1.17 = 4.68 \text{ nm}$$

בשימוש בנוסחא: $n = \frac{c}{l}$ כאשר $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$ ואורך הגל שחושב:

$$n = 3 \cdot 10^8 / 4.68 \cdot 10^{-9} = 6.41 \cdot 10^{16} \text{ HZ}$$

שאלה מס' 8:

שידורי הרדיו של תחנת "גלי צהל" משודרים בתדירות של 96600 Hz . מה אורך הגל בקילומטרים של גלי רדיו אלו?

$$\lambda = c / \nu = 3 \cdot 10^8 / 96600 = 3.1 \text{ Km}$$

שאלה מס' 9:

תחום האור הנראה הוא בין $300\text{-}700 \text{ nm}$. מהו תחום התדירויות של האור הנראה?

$$n_1 = 3 \cdot 10^8 / 300 \cdot 10^{-9} = 1.0 \cdot 10^{15} \text{ HZ} \quad \lambda_1 = 300 \text{ nm}$$

$$n_2 = 3 \cdot 10^8 / 700 \cdot 10^{-9} = 4.28 \cdot 10^{14} \text{ HZ} \quad \lambda_2 = 700 \text{ nm}$$

שאלה מס' 10:

א. הפיגמנט כלורופיל המצוי בעלים קולט אור באנרגיה של $3.056 \cdot 10^{-19} \text{ J/Photon}$ לאיזו תדירות מתאימה כמות אנרגיה זו?

ב. מהו אורך הגל המתאים לערך התדירות שחישבת בסעיף א'?

ג. היעזרו בטבלת הצבעים הבאה וקבעו האם ניתן לגדל צמחים ירוקים המכילים כלורופיל תחת מנורה אדומה בלבד?

צבע	אורך גל (nm)
סגול	390-440
כחול	440-500
ירוק	500-560
צהוב	560-590
כתום	590-640
אדום	640-740

$$E = h \cdot \nu$$

כאשר,

E = אנרגיה של מנת קרינה (פוטון) הנמדדת בג'אול J

h = קבוע פלנק אשר ערכו $6.63 \cdot 10^{-34} \text{ JSec}$

ν = תדירות הקרינה אשר יחידותיה $1/\text{Sec}$

$$n = E/h = 3.056 \cdot 10^{-19} / 6.63 \cdot 10^{-34} = 4.6 \cdot 10^{14} \text{ HZ}$$

$$\lambda = c / \nu = 3 \cdot 10^8 / 4.6 \cdot 10^{14} = 6.5 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 650 \text{ nm}$$

אורך גל זה, הנבלע לצורך תהליך הפוטוסינתזה, על פי טבלת הצבעים מתאים לאור האדום ולכן ניתן יהיה לגדל צמחים ירוקים תחת מנורה אדומה.

שאלה מס' 11:

- א. קבע מיהו החומר המספק חמצן בכל אחת מששת התערובות
ב. קבע בדיוק מירבי מיהו החומר הגורם להופעת כל אחד מהצבעים: כתום, כחול ואדום.
ג. מה משותף לחומרים אלו?

בניסויים 1, 3, ו-6 החומר המספק חמצן לתגובה הוא אשלגן חנקתי – KNO_3 .

בניסויים 2, 4, ו-5 החומר המספק חמצן לתגובה הוא אשלגן כלורתי $KClO_3$.

שאלה מס' 12:

השלם את המשפט: זיקוק המכיל סידן גופרתי ($CaSO_4$), וחומרי דלק יפיץ אור בצבע – כתום.

שאלה מס' 13:

נסח תשובה לשאלה: מהו המרכיב הכימי הקובע את צבעו של זיקוק דינור?
יוני המתכות בזיקוקי הדינור הם האחראים על הופעת הצבע. מתכות שונות פולטות אור בצבעים שונים.

שאלה מס' 14:

א. היעזרו בנוסחה לחשוב תדירות קווי הפליטה באטום המימן בסדרת בלמר וחשבו את תדירות הקו המתקבל במעבר אלקטרון מרמת אנרגיה חמישית לשנייה.

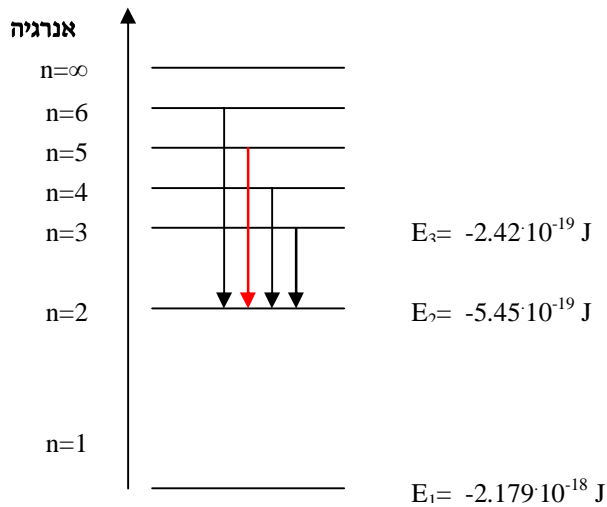
ב. מהו אורך הגל המתאים לקו זה?

$$h\nu = E_{n_a} - E_{n_b} = R\left(\frac{1}{n_b^2} - \frac{1}{n_a^2}\right) = 2.18 \cdot 10^{-18} (1/4 - 1/25) = 4.57 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$n = E/h = 4.57 \cdot 10^{-19} / 6.63 \cdot 10^{-34} = 6.89 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda = c / \nu = 3 \cdot 10^8 / 6.89 \cdot 10^{14} = 4.35 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 435 \text{ nm}$$

ג. צבעו באיור מס' 1.3 את החץ המתאים לקו הפליטה המופיע בסעיפים הקודמים.



שאלה מס' 15:

כאמור רמות האנרגיה באטום המימן מוגדרות היטב. האם תתכן רמת אנרגיה באטום המימן בעלת אנרגיה של $1.00 \cdot 10^{-20} \text{ J}$? (בתשובתכם היעזרו בנוסחה מס' 4).

נתבסס על הנוסחה לחישוב רמות האנרגיה באטום: $E_n = -\frac{R}{n^2}$ בערכה המוחלט. נניח שקיימת

רמת אנרגיה של $1.00 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ באטום. רמת אנרגיה זו תחושב על פי הנוסחה:

$$N = \sqrt{R/E} \quad \text{הביטוי תחת השורש הוא } 14.76 = 1.00 \cdot 10^{-20} / 2.18 \cdot 10^{-18} \text{ שורש מספר זה אינו מספר שלם. מאחר ו- } n \text{ הוא מספר שלם וחיובי, ניתן להסיק שההנחה שקיימת רמת אנרגיה}$$

באטום בעלת ערך אנרגיה $1.00 \cdot 10^{-20}$ היא שגויה.

שאלה מס' 16:

הסבירו את מגוון הצבעים השונים המתקבל עקב הוספת מלחי מתכות שונות ללהבה תוך התייחסות למבנה האלקטרוני של האטום.

האלקטרונים במתכת מאכלסים רמות אנרגיה בדידות. הכנסת מלחי מתכות ללהבה גורמת לעירור אלקטרונים באטומי מתכות (או יוני מתכות) ופליטה של אור בצבע האופייני למבנה רמות האנרגיה הספציפי למתכת מסוימת. חום הלהבה גורם לעלייה במצב האנרגטי של האלקטרון ומעבר לרמות אנרגיה גבוהות יותר. מצב מעורר זה אינו יציב. כאשר האלקטרון חוזר לרמות אנרגיה נמוכות יותר, נפלט עודף האנרגיה בצורה של פוטונים.

שאלה מס' 17:

ערכו השוואה בין תהליך הופעת הצבע בניסוי בעירת המלחים לבין פעולת זיקוקי דינור. התייחסו לנקודות הדימיון והשוני.

נקודות דמיון: פליטת הצבע היא תוצאה של עירור אלקטרונים. גם בבעירת מלחים וגם בפעולת זיקוקי דינור פליטת הצבע האופייני למבנה רמות האנרגיה של יוני מתכות.

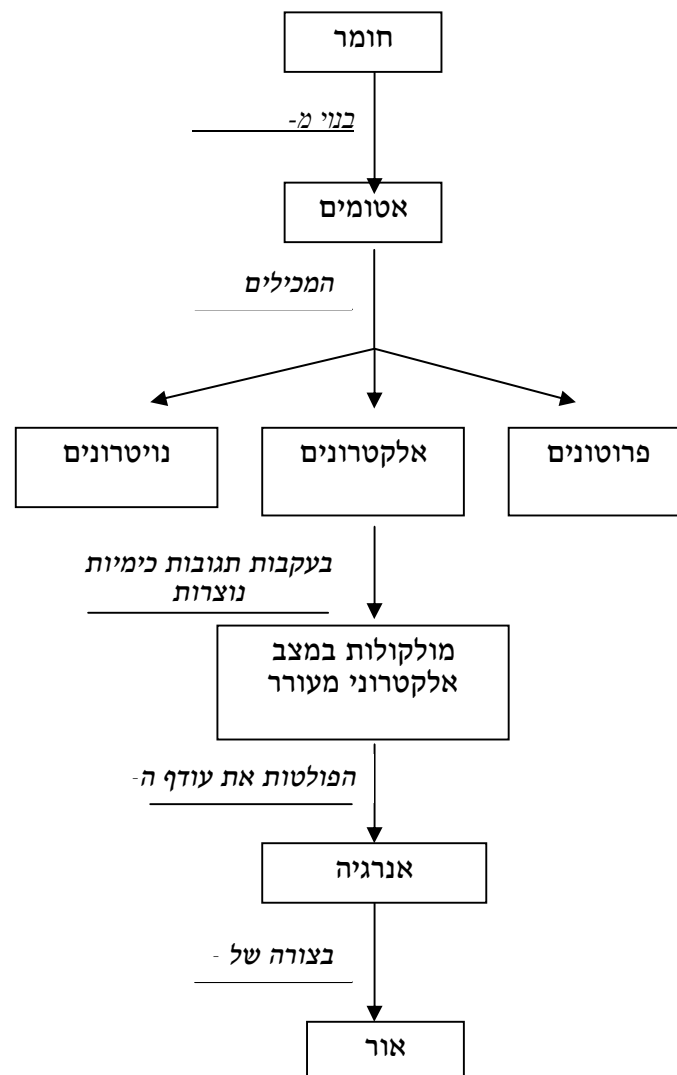
נקודות שוני: בבעירת מלחים האנרגיה מנוצלת ישירות מן הלהבה בעוד שבזיקוקי הדינור האנרגיה נפלטת כתוצאה מתהליך אקסותרמי. בעירת מלחים בלהבה מלווה בחום וצבע בעוד שפעולת זיקוקי הדינור מלווה בחום, צבע וקול פיצוץ.

שאלה מס' 19:

לפניך מספר מושגים ומספר משפטי קישור. השלם את המושגים במלבנים הריקים במפת המושגים הבאה ואת הקשרים בין המושגים המופיעים על החצים.

רשימת מושגים: אנרגיה, פרוטונים, נויטרונים

רשימת מילות קישור: בצורה של, המכילים, בעקבות תגובות כימיות נוצרות, פולטות את עודף ה-



שאלה מס' 20:

בלימודיכם הקודמים למדתם כי מספר האלקטרונים בכל רמת אנרגיה באטום תלוי במספר הרמה (n) ומחושב על פי הנוסחה הבאה $Ne^- = 2n^2$. התבססו על חוק האיסור של פאולי והשלימו את הטבלה הבאה:

מספר האורביטלים	מספר האלקטרונים	מספר רמת האנרגיה (n)
1	2	1
4	8	2
9	18	3
16	32	4

שאלה מס' 21:

הציגו דיאגרמות אכלוס והיערכות לאלקטרוני האטומים הבאים: חמצן (O), פלואור (F) ומגנזיום (Mg).

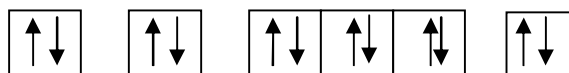
אטום חמצן O: היערכות אלקטרוניים - $1S^2 2S^2 2P^4$
דיאגרמת איכלוס -



אטום פלואור F: היערכות אלקטרוניים - $1S^2 2S^2 2P^5$



אטום מגנזיום Mg: היערכות אלקטרוניים - $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2$



שאלה מס' 22:

א. התבוננו בהיערכות האלקטרוניים בקבוצת האטומים: מימן (H), ליתיום (Li), בריליום (Be), נתרן (Na) ומגנזיום (Mg). מה משותף להם?

בכל אטומים אלו היערכות האלקטרונים היא כזו שאלקטרוני הערכיות (האלקטרונים המרוחקים ביותר מהגרעין המאכלסים רמת אנרגיה גבוהה ביותר) מאכלסים אורביטל מסוג s.

ב. התבוננו בהיערכות האלקטרונים בקבוצת האטומים: בור (B), פחמן (C), חנקן (N), חמצן (O), פלואור (F) וניאון (Ne). מה משותף להם?

בכל אטומים אלו היערכות האלקטרונים היא כזו שאלקטרוני הערכיות מאכלסים אורביטל מסוג p.

ג. נסהו לשער מהו הקשר בין היערכות האלקטרונים של האטומים ומקומם במערכת המחזורית

מספר השורה הוא מספר רמת האנרגיה הגבוהה ביותר באטום המאוכלסת באלקטרונים. לאטומי היסודות הנמצאים באותו טור במערכת המחזורית מספר שווה של אלקטרונים באורביטל הגבוה ביותר באנרגיה. אלקטרוני הערכיות של יסודות באותו טור מאכלסים אורביטלים דומים (אך ברמת אנרגיה שונה).

שאלה מס' 24:

הסבירו מדוע מסיסותו במים של החומר האורגני הרגיש לאור (חומר A) נמוכה בין מולקולות חומר A קשרים בין מולקולריים מסוג ואן דר ולס (דו קוטב קבוע). בין מולקולות המים קשרי מימן. אין השתלבות בין הכוחות הבין מולקולריים של שני חומרים אלו ולכן הם אינם מתמוססים זה בזה.

שאלה מס' 25:

רשמו ניסוח לתגובה המתרחשת בין החומר האורגני שנחשף לאור (חומר B) לתמיסת

NaOH

מתרחשת תגובת סתירה בין תמיסה חומצית לתמיסה בסיסית לפי הניסוח הבא:



מקורות אינטרנט להעשרה:

מקורות בנושא זיקוקי דינור:

http://www.snunit.k12.il/heb_journals/chimia/53004.html

<http://people.howstuffworks.com/fireworks.htm>

מקור בנושא מקלות זוהרים:

<http://science.howstuffworks.com/light-stick.htm>

מקור בנושא ספקטרוסקופיה וכוכבים:

<http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=10170>

מקורות בנושא תהליך הליתוגרפיה:

<http://computer.howstuffworks.com/euvl.htm>

http://chemistry.beloit.edu/Chip/pages/photo_.html

פעילות בנושא סוגי קרינה אלקטרומגנטית

התבוננו בתרשימים המצורף וענו על השאלות הבאות:

1. איזה סוג של קרינה אלקטרומגנטית בעלת אורך גל הקצר ביותר? איזה סוג בעלת אורך גל הארוך ביותר?
2. איזה סוג של קרינה אלקטרומגנטית מתאימה ל"ראיית" מולקולות? איזה סוג מתאימה ל"ראיית" וירוס שפעת? נמקו.
3. מדוע לא ניתן להשתמש באור הנראה ל"ראיית" מולקולות?
4. חרקים מסוימים, כגון הדבורה, "רואים" אור בעל אורך גל קצר מזה שעין האדם רואה. איזה סוג של קרינה לדעתכם "רואים" הדבורים? נמקו.

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

