

פרק 3: מחזורים ביוגיאוכימיים

תוכן עניינים

פרק 3: מחזורים ביוגיאוכימיים	1
קישורים לשיעורים	1
3.1 מחזור הפחמן	2
3.2 תהליך הפוטוסינתזה	3
3.3 שיעורים ומשימות	8
3.3.1 שיעור 3: הפחמן שובר את האינטרנט	8
3.3.2 שיעור 4: האם נוצרים חומרים אורגניים בעלה?	9
3.3.3 שיעור 5: פוטוסינתזה - השלב הראשון במחזור הפחמן	10
3.3.4 שיעור 6 - חוקרים את הספקטרום האלקטרומגנטי בעזרת שוקולד	13

קישורים לשיעורים

[שיעור 3: הפחמן שובר את האינטרנט](#)

[שיעור 4: האם נוצרים חומרים אורגניים בעלה?](#)

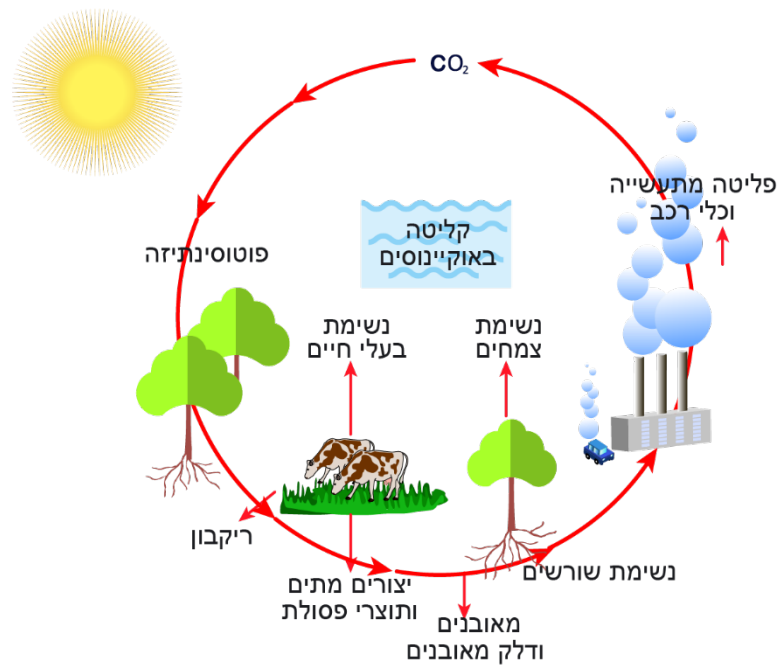
[שיעור 5: פוטוסינתזה - השלב הראשון במחזור הפחמן](#)

[שיעור 6 - חוקרים את הספקטרום האלקטרומגנטי בעזרת שוקולד](#)

מערכות אקולוגיות יבשתיות מהוות מבלע חשוב לגזי חממה כמו פחמן דו-חמצני, מתאן (CH_4), וניטרוסאוקסיד (N_2O). אלה מקובעים בצמחים, ובעלי חיים על ידי מחזורים ביוגיאוכימיים. מחזורים ביוגיאוכימיים מתארים מעברים של חומר מהאטמוספירה - ליצורים חיים - אל הקרקע ובחזרה לאטמוספירה. ולכן מהווים חלק מרכזי במערכת האקלים של כדור הארץ. מחזורים ביוגיאוכימיים קובעים, בין השאר, את הריכוז האטמוספרי של מספר גזי חממה כמו פחמן דו-חמצני, מתאן וניטרוסאוקסיד.

3.1 מחזור הפחמן

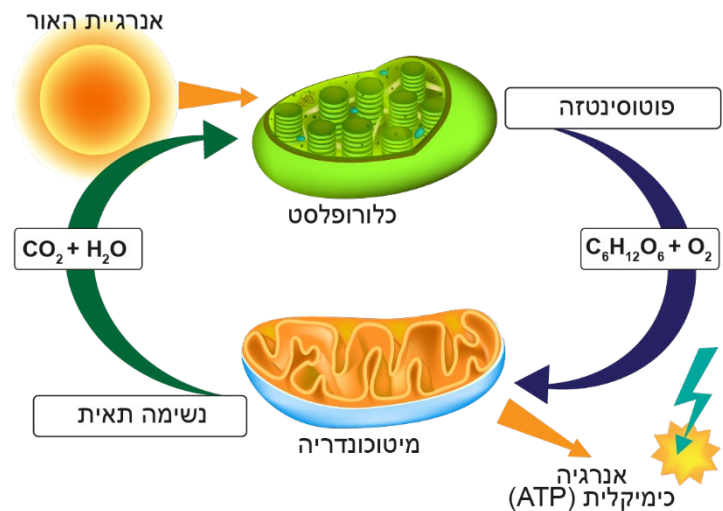
היסוד פחמן מהווה מרכיב מרכזי במולקולות ביולוגיות רבות וככזה הוא גם היסוד הנפוץ ביותר ביצורים חיים. פחמן דו חמצני (CO_2), מוטמע בתהליך הפוטוסינתזה על ידי יצורים אוטוטרופיים ונפלט בחזרה לאטמוספירה בתהליכי הנשימה התאית של יצורים אוטוטרופיים והטרופיים. בקרקע, פחמן דו-חמצני נאגר בצורה של דלק מאובנים או בשכבות קרקע קפואות (permafrost), שם מוצאים לפחות פי 5 פחמן מאשר באטמוספירה. כתוצאה מהמשך תהליך ההתחממות, מערכים כי 25% משכבת הפרמפרוסט תפשיר עד שנת 2100, דבר שישחרר כמות גדולה של חומר אורגני ומתאן לאטמוספירה (Anisimov, 2007). (בחלק מתהליכי פירוק של החומר האורגני אלו נפליטים גזי חממה כמו פד"ח או מתאן). חלק גדול מעודפי הפחמן הדו-חמצני הנפליטים לאטמוספירה נקלטים בהמשך באוקיינוסים. מכאן שתרכובות פחמן ממוחזרות בין הקרקע, האטמוספירה, האוקיינוסים ובין היצורים החיים שחיים שם. ביחד מרכיבים אלו מהווים את מחזור הפחמן העולמי (תמונה 12). היצורים החיים בביוספירה, מהעצים הגדולים ביותר ועד לחיידקים הקטנים ביותר, לכולם תפקיד מרכזי במחזור תרכובות פחמן לצורות חדשות. את מחזור הפחמן ניתן לחלק לשניים. מחזור הפחמן המתרחש בגיאוספירה וזה המתרחש בביוספירה. המחזור הגיאוספרי פועל לאורך מיליוני שנים ובקצב מאד איטי. תהליכים כמו, יצירת סלעי משקע, תנועות טקטוניות, והתפרצויות געשיות הם התהליכים הגיאוספריים המרכזיים. לעומתם, התהליכים בביוספירה פועלים בטווחי זמן של שניות ועד מאות שנים. תהליכים אלה כוללים את הפוטוסינתזה, נשימה תאית ובעירה. תהליכי נשימה תאית של צמחים ובעלי חיים, מחזירים פחמן דו-חמצני לאטמוספירה. פירוק בעזרת חיידקים ופטריות של חומר אורגני מת, מעשיר את הקרקע במולקולות אורגניות. במהלך עידן הפחם למשל, צמחים ענקיים דמויי שרך גדלו בביצות עצומות הפרושות על פני כדור הארץ. החומר הצמחי המת של צמחים אלו הצטבר על רצפת היער אם מכיוון שטרם התפתחו המיקרוארגניזמים שיכלו לפרק חומרים אורגניים אלה, או שפשוט תנאי אקלים ותזוזות טקטוניות קברו את העץ המת ומנעו את פירוקו. במשך מיליוני שנים, שבאו אחר כך, לחץ וטמפרטורות גבוהות הפכו את החומר האורגני המת למרבצי דלק מאובנים (נפט, גז טבעי, פצלי שמן, פחם).



תמונה 12: מחזור הפחמן. פחמן דו-חמצני מקובע בתהליכי פוטוסינתזה לתוך תרכובות אורגניות.

3.2 תהליך הפוטוסינתזה

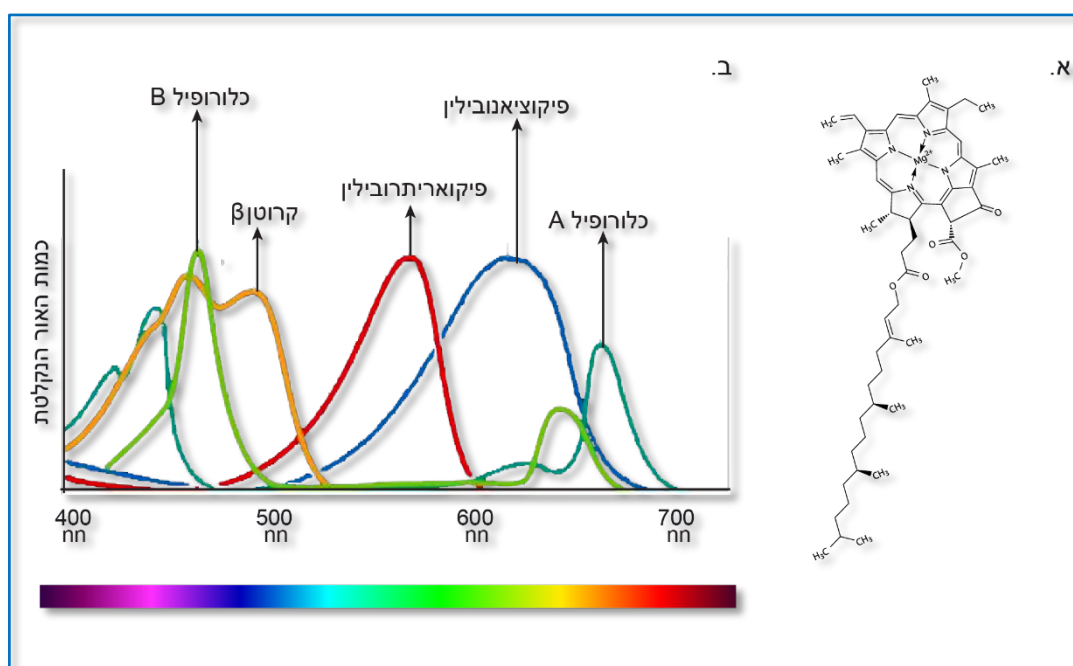
את הדיון שלנו על מחזור הפחמן, נרכז בעיקר בתהליך הפוטוסינתזה, שכן תהליך זה הוא הבסיס לקיום שלנו בכדור הארץ. פוטוסינתזה היא תהליך בעזרתו מנוצלת אנרגיה אור להרכבת מולקולות אורגניות ממולקולות אנאורגניות. התהליך מתרחש בצמחים עילאיים, ברוב מיני האצות ובמספר מינים של חיידקים. יצורים פוטוסינתטיים נקראים גם אוטוטרופיים שכן הם מסוגלים לייצר את החומרים האורגניים שלהם בעצמם מחומרים אי-אורגניים. זאת בניגוד ליצורים הטרוטרופיים – התלויים באספקת חומר אורגני לצורך הפקת אנרגיה. בתהליך הפוטוסינתזה (תמונה 13) מקובעות מולקולות פחמן דו-חמצני למולקולת גלוקוז תוך כדי פליטת חמצן לאטמוספירה. מכאן שהחמצן שאנו נושמים מקורו בתהליכים פוטוסינתטיים עתיקי שנים. בנוסף משמש תהליך הפוטוסינתזה כמקור מבלע חשוב לפחמן דו-חמצני. תהליך הפוטוסינתזה מתרחש בעלים באברונים הנקראים כלורופלסטים. בהם נמצאות מולקולות פיגמנט שאחראיות על קליטת האור.



תמונה 13: תהליך הפוטוסינתזה והנשימה התאית. יצורים פוטוסינתטיים, קולטים פחמן דו-חמצני מהאוויר, מים מהקרקע, ובעזרת אנרגיית אור השמש מייצרים בכלורופלסט גלוקוז. תוצר לוואי של התהליך הוא חמצן, שמשמש את התא בתהליך הנשימה התאית המתרחש במיטוכונדריה, ליצירת אנרגיה על ידי חמצון גלוקוז.

הפיגמנטים הפוטוסינתטיים

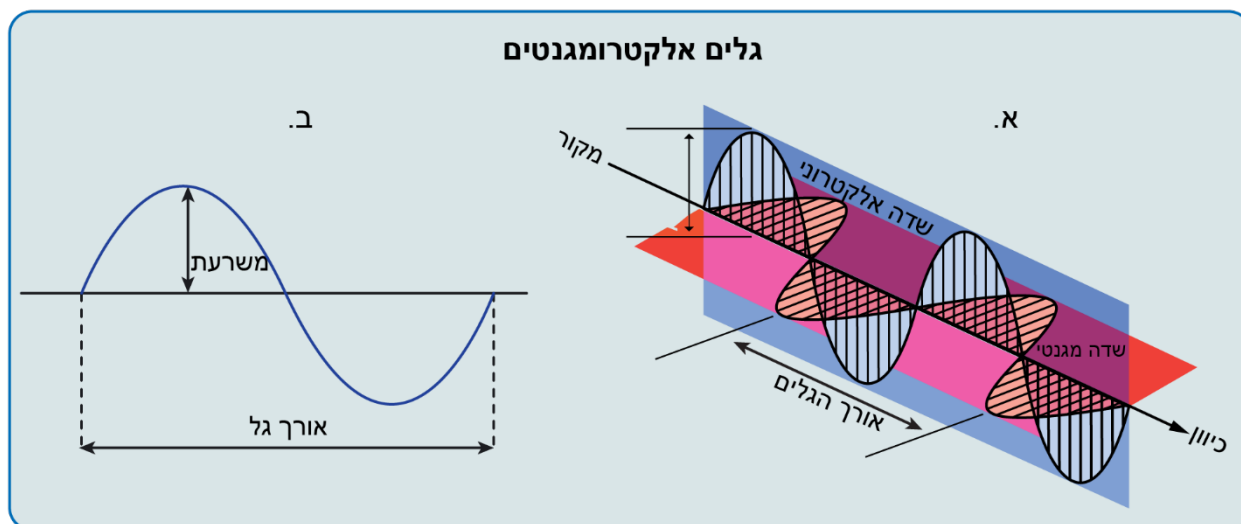
חומר המסוגל לקלוט אור בטווח אורכי הגל של ספקטרום התחום הנראה 400-700nm מכונה פיגמנט (תמונה 14 א'). הפיגמנט קולט אורכי גל מסוימים ומחזיר את אורכי הגל אותם הוא אינו מסוגל לקלוט. רוב התהליכים הפוטו-ביולוגים מתחוללים בתחום האור הנראה. כאשר פוטונים מתחום האור הנראה פוגעים במולקולת פיגמנט, הם גורמים בה לשינויים מבניים (קונפורמטיבים) הפיכים. פוטונים בעלי אורכי גל קצרים מ- 400nm, עלולים להרוס את מולקולת הפיגמנט ע"י יצירת שינויים בלתי הפיכים בשל כמות האנרגיה הגבוהה שבהם. לעומת זאת, פוטונים בעלי אורכי גל ארוכים מ- 700nm, הנם דלי אנרגיה ועל כן אינם מסוגלים להביא לשינוי כלשהו במולקולת הפיגמנט. לצמחים העילאיים ישנם מספר סוגי פיגמנטים (תמונה 14 ב'). רוב הפיגמנטים של הצמח הם פיגמנטים ירוקים הקרויים כלורופיל a ו-b. כלורופילים אלו, בולעים אור בעיקר בתחום הכחול (400-460nm) והאדום (630-680nm). פיגמנטים נוספים הם הקרוטנואידים אשר בולעים אור בתחום הכחול, והפיקובילינים אשר בולעים אור בתחום הצהוב - כתום (520-560nm) צבעם המוחזר של שני פיגמנטים אלו הוא אדום-כתום. הפיכת אנרגיית האור לאנרגיה כימית מתבצעת רק ע"י חלק ממולקולות כלורופיל a. הפיגמנטים האחרים קרויים פיגמנטים משניים או פיגמנטי עזר. לפיגמנטים אלו שני תפקידים: א) להעביר את האנרגיה שקלטו למולקולות הכלורופיל המשתתפות ישירות בריאקציה הפוטוכימית. ב) להגן על הצמח מפני קרינה בעוצמות אור גבוהות ע"י הפיכת האנרגיה העודפת לחום. פיגמנטי העזר, ביחד עם חלבונים, מסודרים על פני ממברנת התילקואיד, במבנה הקרוי קומפלקס אנטנה.



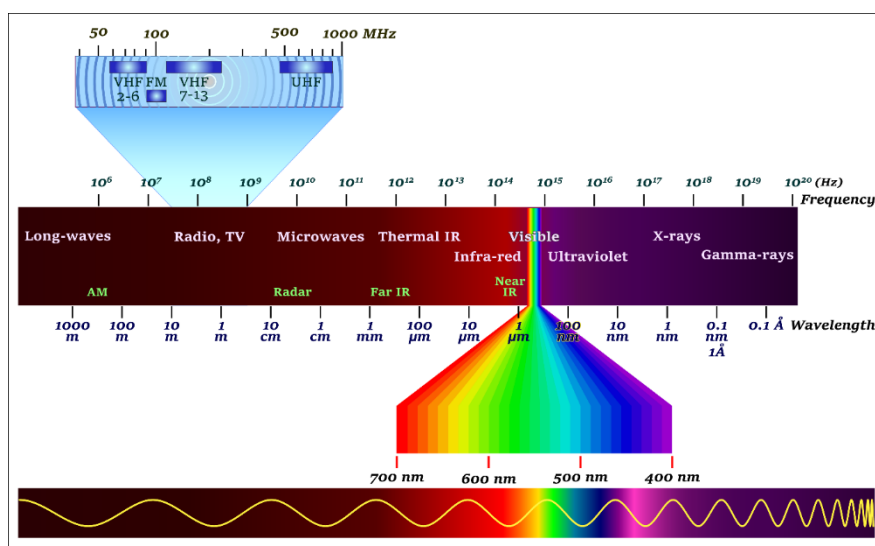
תמונה 14: א') מולקולת כלורופיל. במרכז המולקולה, אטום מגנזיום הקשור לארבעה אטומי חנקן. בקצה השני קיים זנב אלקוהולי של 20 אטומי פחמן ב) ספקטרום הבליעה של פייגמנטים שונים.

האור מרכיב הכרחי בתהליך הפוטוסינתזה

האור הנראה הוא קרינה המהווה חלק מהקרינה האלקטרומגנטית שמקורה מהשמש. הספקטרום האלקטרומגנטי מתאר סוגים שונים של קרינה אלקטרומגנטית (קרינה היא סוג של אנרגיה) שנעה בחלל בצורה של גלים ומקורה הוא השמש. כל סוגי הקרינה האלקטרומגנטית הם גלים הנעים בחלל בזמן ובשני שדות: שדה מגנטי ושדה חשמלי- שדות אלו מאונכים זה לזה ומשתנים בצורה מחזורית (תמונה 15 א'). נהוג לתאר את הגל בעזרת שני פרמטרים, אורך הגל ותדירות. אורך הגל המסומן באות λ הוא המרחק בין שני שיאים עוקבים. התדירות המסומנת באות V מתארת את מספר המחזורים בשנייה. מכאן שאנחנו יכולים לתאר את הקשר בין תדירות לאורך גל, כאשר c מסמל את מהירות האור בריק $c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$ (תמונה 15 ב'). תחום אורכי הגל משתרע על פני 16 סדרי גודל. בקצה האחד של הסקאלה נמצא את גלי הרדיו בעלי אורך גל ארוך ותדירות נמוכה המכילים מעט אנרגיה, ובקצה השני את קרינת הגמא המייננת, בעלת אורך גל קצר ותדירות גבוהה, המכילים אנרגיה רבה (תמונה 16).



תמונה 15: א) קרינה האלקטרומגנטית נעה בגלים הנעים בחלל בזמנית בשני שדות: שדה מגנטי ושדה חשמלי-שדות אלו מאונכים זה לזה ומשתנים בצורה מחזורית. **ב)** נהוג לתאר את הגל בעזרת שני פרמטרים, אורך הגל ותדירות. אורך הגל המסומן באות λ הוא המרחק בין שני שיאים עוקבים. התדירות המסומנת באות V מתארת את מספר המחזורים בשנייה. מכאן שאנחנו יכולים לתאר את הקשר בין תדירות לאורך גל בנוסחה: $c = \lambda V$.



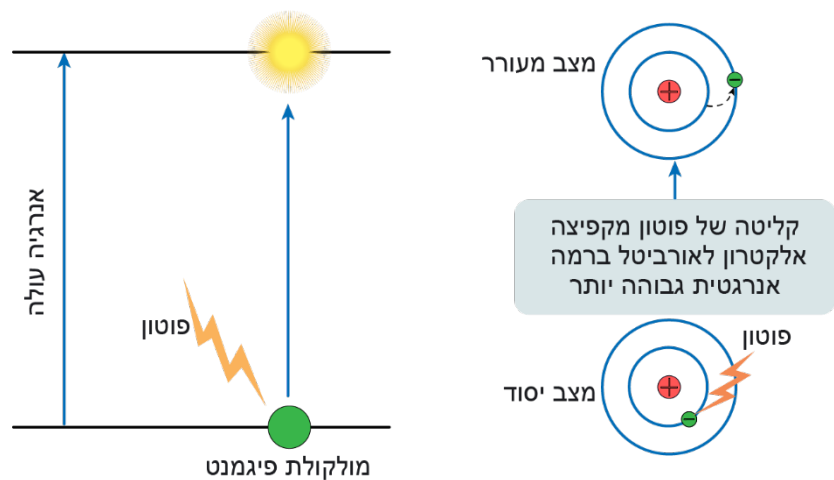
תמונה 16: אורך גל מתאר את המרחק בין שני שיאים עוקבים בגל. ניתן לראות בתמונה גלים מאד צפופים כלומר בעלי אורך גל קצר מאד ועל כן מאד אנרגטיים. וגלים ארוכים יותר להם אנרגיה נמוכה יותר.

ההתנהגות החלקיקית של האור

לצד ההתנהגות של האור כגל, הוא מתנהג גם כחלקיק. חלקיקי האור מכונים פוטונים, שהם חלקיקי אנרגיה חסרי מסה ומטען. לכל פוטון שי תכולת אנרגיה E התלויה בתדירות הקרינה לפי הנוסחה:

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

כאשר h הוא קבוע פלאנק והוא שווה $h=6.6262 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$. קבוע פלאנק מתאר את הקשר בין האנרגיה של פוטון והתדירות של הגל האלקטרומגנטי אותו הוא יוצר. ההתנהגות החלקיקית של האור באה לידי ביטוי באינטראקציה שלו עם חומר. האלקטרונים באטומים של יסודות או מולקולות מסודרים ברמות אנרגיה אטומיות (אורביטלים) או מולקולריות בהתאמה. הפרשי האנרגיה בין רמות אנרגיה שונות הם קבועים ומאפיינים את היסוד או התרכובת. בליעת פוטון על ידי מולקולה מסוימת גורמת לעליה במצב האנרגטי של אחד האלקטרונים שבמולקולה. האלקטרון נמצא בדרך כלל במצב יציב ברמת אנרגיה נמוכה, מצב יסוד (ground state). לאחר בליעת הפוטון עולה האלקטרון לרמת אנרגיה גבוהה יותר, למצב מעורר (excited state). מיד לאחר מכן אלקטרונים יורדים חזרה לרמת האנרגיה הנמוכה תוך פליטת אנרגיה של אור (איבוד אנרגיה) (תמונה 17) לא כל הפוטונים נבלעים על ידי חומר מסוים, אלא רק אלה בעלי התדירות המתאימה, המקיימת את הקשר לפיו אנרגיית הפוטון הנבלע שווה להפרש האנרגיות בין מצב מעורר למצב יסוד. מכאן שכל חומר בולע אור באורכי גל האופייניים לו ומשקפים את מבנה רמות האנרגיה שלו.



3.3 שיעורים ומשימות

3.3.1 שיעור 3: הפחמן שובר את האינטרנט

השיעור מתאים גם להוראה מרחוק

מטרות השיעור

בתחום התוכן: הכרת המגוון העצום של תרכובות פחמן ושימושיהן
בתחום התוכן: הכרת קבוצות פונקציונליות שונות של תרכובות הפחמן
בתחום המיומנויות: פיתוח מיומנויות של חיפוש מושכל באינטרנט
בתחום המיומנויות: פיתוח מיומנות של מיזוג מידע ממקורות שונים
בתחום הפדגוגיה: שימוש במשחק טריוויה כדרך לעודד תלמידים ללמוד מעבודותיהם של אחרים

חלק א - עבודה בקבוצות – 4 תלמידים בקבוצה, 20 דקות

לפניכם כרטיסיה ובה נוסחת מבנה של תרכובת פחמן.

1. חשבו כיצד ניתן לחפש מידע ברשת לפי נוסחת המבנה. האם תוכלו לתרגם אותה לייצוג אחר?
2. חפשו מידע ברשת לגבי התרכובת שקיבלתם, בנו פוסטר וירטואלי בגודל A3 ובו הסבר על תרכובת הפחמן בכרטיס שברשותכם

מה צריך לכלול הפוסטר?

הרכב מולקולרי, קבוצות פונקציונליות, השפעת הקבוצות הפונקציונליות על תכונות החומר (מסיסות במים או בנוזלים אחרים, מצב צבירה בטמפ' החדר ועוד), מקור החומר (טבעי, סינטטי), גילוי (היכן? מתי? על ידי מי?) שימושים, עובדות מעניינות נוספות, מקורות מידע
הפוסטר צריך להראות יפה ויזואלית, כולל תמונה אחת לפחות.

חלק ב – 20 דקות

עברו בין כל הפוסטרים הוירטואליים של כל הקבוצות וכתבו בגיליון 4-5 שאלות שונות שהתשובות עליהן נמצאות בפוסטרים. אין לכתוב שאלות על הפוסטר שלכם! שלחו את השאלות והתשובות למורה

חלק ג – 20 דקות, בשיעור העוקב

משחק טריוויה המבוסס על השאלות ששאלו התלמידים.

לפניכם פלטפורמות להכנת משחקים מקוונים:

פליפיטי Flippity.net

[קישור לדוגמא](#) למסמך שיתופי המאפשר עריכה:

Kahoot: [קישור לדוגמא](#) לחידון

פלטפורמות נוספות ליצירת חידונים:

[triventy](#)

[quizizz](#)

[fyrebox](#)

[flipquiz](#)

[יו-יו טריוויה](#)

[nara view](#)

[quizalize](#)

[socrative](#)

3.3.2 שיעור 4: האם נוצרים חומרים אורגניים בעלה?

הנחיות למורה:

הצג לתלמידים את הניסוח הכימי של תהליך הפוטוסינתזה ושאל אותם:

1. כיצד לדעתכם ניתן להוכיח כי נוצרים חומרים אורגניים בעלה?

חלקם יזכור אולי כי גלוקוז נאגר בצמח בצורה של עמילן ובהתאם יציע לבדוק את נוכחותו בעזרת לוגול.

הכנות לניסוי:

- את החלק של המיצוי המורה יבצע בהדגמה.
- את החלק של כיסוי העלים כדאי לעשות עם התלמידים. לשם כך, מומלץ לצאת עם התלמידים לחצר למצוא שיח גרניום (Geraniaceae), ולבקש מהתלמידים להביא מחוררי נייר בצורות יפות (כאלה שניתן בעזרתם לחורר צורות כמו, לב, כלב, כוכב ועוד). לאחר מכן צריך לדאוג שהחור יהיה בצד העליון של העלה.
- בימים של אמצע הקיץ, מספיק לכסות את העלים ליום-או ימיים. אפשר גם להאיר את העלים בעזרת מקור אור חזק במעבדה ולבדוק מהו משך הזמן המומלץ.

פרוטוקול הניסוי:

1. לפניך עלה גרניום שכוסה בנייר אלומיניום למספר ימים, אך מספר חלקים בעלה נותרו חשופים לאור.
2. הכנס את העלה למים רותחים למשך 2 דקות (התהליך הורס את קרום התא ומרכך את העלה).
3. העבר את העלה לכוס כימית המכילה 100% אתנול.
4. הכנס את הכוס לכלי עם מים חמים כך שטמפרטורת האתנול תהיה 60 מעלות צלסיוס, והדגר למשך 15 דקות.
5. שטוף את העלה במי ברז כדי שיתרכך והעבר לצלחת פטרי עם תמיסת לוגול ($0.2g\ I + 5gr\ KI$) בתוך 100 מ"ל מים), למשך 10 שניות.
6. שפוך בזהירות את תמיסת הלוגול והוסף מים נקיים.
7. צלם את העלה לפני ולאחר הוספת היוד.
8. תאר והסבר את תוצאות הניסוי.

עמילן נוצר בחלקים הירוקים של העלה, החשופים לאור.



תמונה 4: היווצרות עמילן בחלקים הירוקים בעלה. (א) מערכת המיצוי של הכלורופיל. (ב) עלה שהיה חשוף לאור בשבוע חורפי במיוחד. ג, ד) עלים שהיו חשופים לאור וכוסו באופן חלקי. (ה) עלה עטוף בנייר אלומיניום. ניתן לראות את הצורות היפות שהשאיר העמילן בחלקים שהיו חשופים לאור.

3.3.3 שיעור 5: פוטוסינתזה - השלב הראשון במחזור הפחמן.

מטרת השיעור:

1. התלמיד ידע להסביר את הקשר בין ספקטרום הבליעה של הכלורופיל לצבע שלו.
2. התלמיד ידע להסביר מדוע תהליך הפוטוסינתזה יכול להתקיים רק בתחום אורכי גל מסוימים.

דרישות מקדימות:

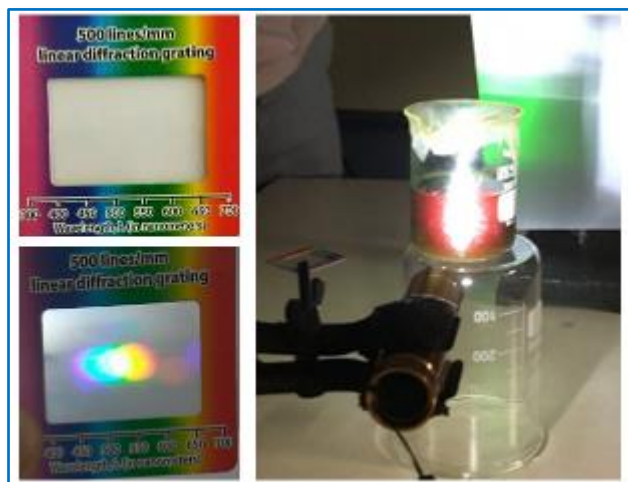
1. התלמיד למד על תהליך הפוטוסינתזה ומכיר את הגורמים המשפיעים על התהליך.
2. התלמיד למד על פיגמנטים הפוטוסינתטיים.
3. התלמיד למד על הספקטרום האלקטרומגנטי.

משך השיעור: 90 דקות.

כבר בשנת 1883 הוכיח תיאודור אנגלמן, בניסוי אלגנטי, כי אורכי הגל האפקטיביים ביותר להנעת הפוטוסינתזה, נמצאים בתחום האדום והכחול של ספקטרום האור הנראה. אמנם מדובר בניסוי מאד אלגנטי, שהתבצע לפני שנים רבות, אבל אפילו היום קשה לשחזר אותו במעבדה ממוצעת. ובכל זאת, כדי להמחיש לתלמידים, מהו ספקטרום האור הנראה, ומהם אורכי הגל החשובים לפוטוסינתזה אנו מציעים לבצע את הניסוי הבא.

ניסוי 1: זיהוי ספקטרום הבליעה של כלורופיל

1. הכנס בדחיסות (לפחות 100 גרם), עלי תרד לכוס כימית המכילה 200 מ"ל של אתנול 100%.
 2. שמור את הכוס במקרר, מכוסה לגמרי באלומיניום, למשך שלושה ימים. בתום שלושה ימים, ניתן יהיה לראות כי צבע התמיסה הוא ירוק כהה.
- חלק ראשון**
3. חבר פנס לד המאיר באור לבן למעמד בעזרת אטב.
 4. למעמד נוסף שימוקם מול המעמד הראשון ובמרחק של כ- 50 ס"מ ממנו, חבר דף נייר לבן.
 5. בין שני המעמדים הנח את מיצוי הכלורופיל.
 6. הדלק את הפנס ותאר את צבע האור שהתקבל על גבי כוס הזכוכית שהכילה את מיצוי הכלורופיל ועל גבי הנייר הלבן.



למורה

חלק זה הוא פשוט, על התלמיד להגיד שבנקודת המגע של האור בכוס היא נראתה בצבע אדום, ודף הנייר נראה היה ירוק.

חלק שני

בחלק השני של הניסוי נרצה להדגים את השינוי בספקטרום האור הלבן לאחר המעבר דרך מיצוי הכלורופיל. לשם כך נעשה שימוש בסריג עקיפה. סריג עקיפה מאפשר להפריד את האור לאורכי הגל ממנו הוא מורכב בדומה למנסרה.

1. הנח את סריג העקיפה מול הפנס ותאר את ספקטרום האור המתקבל.
2. הנח את סריג העקיפה מאחורי הכוס עם מיצוי הכלורופיל, האר את הכוס, ותאר את ספקטרום האור המתקבל.
3. הסבר מדוע הכוס נראית בצבע אדום? מדוע הנייר נראה ירוק? מדוע הכוס לא זוהרת באור כחול?

חלק שלישי – ניסוי הדגמה

המורה ייקח ציין לייזר ויאיר על הכוס עם מיצוי הכלורופיל. סביר להניח שאור לא יעבור דרך המיצוי. עכשיו אפשר לבקש מהתלמידים לבדוק מה צפוי להיות אורך הגל של קרן הלייזר בציין.

דף רקע למורה

אור וקרינה אלקטרומגנטית הם נושאים מאד מופשטים עבור התלמידים. כיצד אם כך ניתן להסביר את התוצאות? פגיעה של פוטון באורך הגל המתאים גורמת להקפצת אלקטרון לרמה אנרגטית גבוהה יותר. בעת חזרתו לנקודת היסוד נפלטת אנרגיה שנמצא ביחס ישר לאורך הגל שעורר את האלקטרון. מכאן שאם כדי להקפיץ אלקטרון במולקולת כלורופיל דרוש אורך גל אדום הרי כאשר האלקטרון יחזור לנקודת היסוד יתקבל צבע אדום. למה אם כן, לא ראינו זהירה באור כחול? אחת האפשרויות היא שהאור הכחול הוא הרבה יותר אנרגטי וקצר יותר והוא עובר מיסוך על ידי נוכחות האור האדום. מצד שני צריך לבדוק מהו היחס בין האור האדום והכחול בפנס הלבן שהשתמשנו בו. יתכן שהאור הלבן בפנס מכיל יותר אורכי גל אדומים ופחות כחולים. במצב זה ההסתברות שאלקטרון יעורער על ידי אור כחול היא קטנה יותר. האור הירוק שהתקבל על גבי הנייר הלבן הוא עדות לכך שאורכי גל אלה לא הגיבו עם מולקולות הכלורופיל.

בדרך כלל אנו משתמשים בדוגמה זו כדי להגיד לתלמידים שהצבע של חומר הוא מה שהוא מחזיר. כלומר, עלה הוא ירוק בגלל שהוא לא קולט את אורכי הגל הירוקים. אבל ראינו שהכלורופיל בכלל זוהר באור אדום, אז למה העלה הוא ירוק? נקודה זו קשורה לריכוז הגדול של מולקולות הכלורופיל כאשר הן נמצאות בתמיסה. בהשוואה למצבן בתוך העלה. כשאלת הרחבה לתלמידים ניתן לשאול אותם, מדוע השמיים כחולים ולמה הם לא אדומים?

למורה

התבוננות באור הלבן מבעד לסריג העקיפה חשפה את כל ספקטרום האור. לעומת זאת התבוננות באור שעבר דרך מיצוי הכלורופיל מבעד לסריג העקיפה הראתה שחלק מהספקטרום האדום וכל הספקטרום של האור הכחול נעלם.

3.3.4 שיעור 6 - חוקרים את הספקטרום האלקטרומגנטי בעזרת שוקולד.

בעזרת הדגמה קצרה זו, נחקור עם התלמידים את ההתנהגות הגלית של האור. לשם כך נרצה לחשב את מהירות האור בעזרת שוקולד ומיקרוגל. שיעור זה יכול להתבצע גם בצורה של למידה מרחוק.

דרישות מקדימות:

1. התלמיד צריך להכיר את מאפייני הספקטרום האלקטרומגנטי.
2. התלמיד צריך להכיר את הנוסחה המקשרת בין תדירות, אורך גל ומהירות האור.

משך השיעור: 40 דקות.

מטרת השיעור

1. התלמיד ידע להסביר את הקשר בין אורך הגל לתדירות.

ציוד נדרש

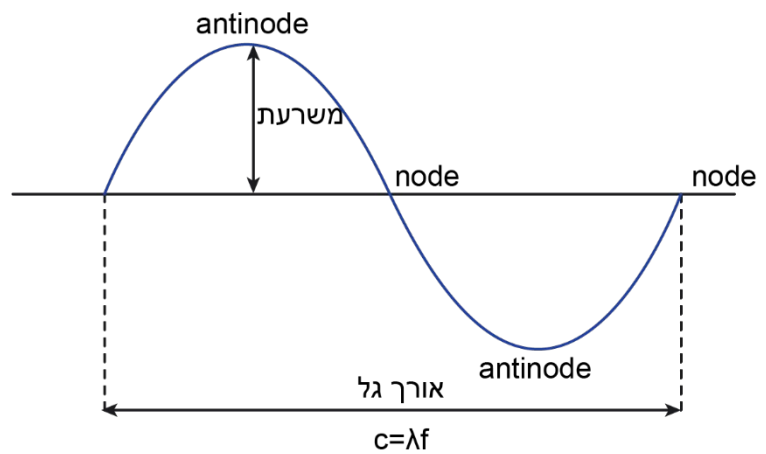
- מיקרוגל ללא הצלחת המסתובבת
- שוקולד (אפשר גם נקניקיה).
- סרגל

מהלך הניסוי

1. הוצא את הצלחת המסתובבת מהמיקרוגל.
2. בדוק את תדירות הפעילות של המיקרוגל בו אתה משתמש (תמצא זאת כתוב על המדבקה בגב המכשיר).
3. הנח את השוקולד במרכז המיקרוגל והפעל אותו למשך 20 שניות בעוצמה מקסימאלית.
4. מדוד בעזרת סרגל את המרחק בין שתי נקודות צריבה ברורות על השוקולד. מרחק זה מייצג מחצית אורך גל (ראה הסבר בהמשך).
5. תדירות מכשיר המיקרוגל בדרך כלל נתונה בערכים של מגה הרץ, נכפיל ב 10^6 כדי לקבל את הערכים ביחידות של הרץ.
6. נציב בנוסחה: $c = \lambda f$ את הנתונים שחישבנו ומדדנו ונקבל בקירוב טוב את מהירות האור.

הסבר

- א. צפה ב**סרטון הסבר**
- ב. למדנו כבר שמהירות האור (c) היא מכפלת אורך הגל (λ) בתדירות (f). בתוך המיקרוגל, גלי המיקרו נעים בצורה קבועה. כאשר האזורים החמים ביותר, כלומר עם האנרגיה הגבוהה ביותר, יהיו השיאים של הגל (antinode) והאזורים עם מעט אנרגיה יהיו האזורים הנמוכים ביותר (node). מכאן שהחימום של המיקרו הוא לא אחיד וזו גם הסיבה מדוע חשוב לחמם את המזון בצורה סיבובית כדי לקבל חימום אחיד של המזון. כאשר מוציאים את הצלחת המסתובבת, השוקולד שבתוך המיקרו מתחמם בצורה לא אחידה ובמיוחד בנקודות השיא של גלי המיקרו. מרחק זה מייצג חצי אורך גל. עכשיו יש לנו את כל מה שאנחנו צריכים כדי לחשב את מהירות האור.



ראינו כי חנקן הוא יסוד מרכזי במולקולות ביולוגיות רבות. למרות חשיבותו לעולם החי, חנקן אטמוספרי (N_2) אינו זמין לרוב היצורים החיים. חפשו במרשתת מידע ונסחו בפסקה קצרה של עד 5 משפטים, מדוע חנקן לא זמין ליצורים חיים, וכיצד בכל זאת, משולב חנקן במולקולות של יצורים חיים.