



ניסוי 1

הנושא: השפעת ריכוז המצע על קצב תהליך אנזימטי

הכיתה: יא, יב / 5 י"ל

הזמן הנדרש: שני שיעורים

הידע הקודם הנדרש: החומרים הבסיסיים מהם בנוי תא; תהליכי הפקת אנרגיה בתאים

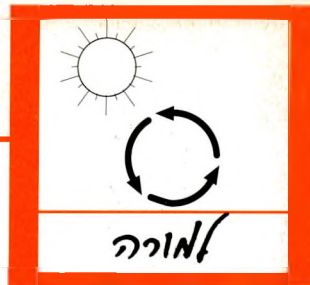
בחלק א של ניסוי זה נבדקת ההשפעה של הוספת תמיסת סוכרוז לתרחיף שמרים. הבדיקה היא איכותית ובהתבסס עליה התלמיד מתכנן ניסוי. בחלק ב של הניסוי נבדקת ההשפעה של ריכוז תמיסת הסוכרוז (הסובסטרט) על נשימת תאי השמרים. תהליך אנזימטי זה נבדק על פי כמות התוצר המתקבלת ביחידת זמן.

א. בניסוי זה אפשר להחליף את תמיסת הסוכרוז במיץ ממותק של פטל או של משמש. אפשר לבצע את חלק א בהדגמה בשיעור, או לבקש מהתלמידים לבצעו (באופן איכותי בלבד) כשיעורי בית.

ב. בחלק א התלמיד יוכל לצפות בפליטת גז במבחנה 1. הסבר אפשרי לפליטת הגז הוא קיום תהליך נשימה בתאי השמרים.

הסוכרוז מפורק על ידי האנזים אינברטז, המצוי על קרום התא. תוצרי פירוק זה חודרים דרך הקרום, ומנוצלים בתהליך הנשימה התאית, אשר אחד מתוצריו הוא הגז CO_2 . במבחנה שלא הוסף לה סוכרוז ייתכן שתתקיים פליטת גז מעטה. הסבר מתאים לכך הוא, שתאי השמרים מנצלים סוכרים אנדוגניים בתהליך הנשימה התאית.

ג. בסעיף 7 מופיעות הוראות להכנת סדרת מיהולים "הנדסיים". אם התלמיד כבר התנסה בעבר בדרך זו של הכנת מיהולים, יוכל המורה להשמיט מדף העבודה את ההוראות לביצוע. אם התלמידים לא התנסו בהכנת מיהולים הנדסיים, כדאי להדגים את דרך העבודה ולהסביר את החישוב (ראה תרגיל מעבדה 3).



ד. המשתנה התלוי בניסוי זה נמדד על ידי בדיקת נפח התוצר לאחר כ-20 דקות. ה- CO_2 הנוצר במבחנות הקטנות וההפוכות, מצטבר בהן וגורם לדחיית הנוזל מתוכן. גם במבחנות הגדולות מתקיים התהליך והגז הנוצר נפלט לסביבה. עובדה זו אינה גורעת מהדיוק בשיטת העבודה, שכן נפח הגז הנפלט נמדד רק במבחנות הקטנות. התלמיד התבקש להקפיד על הוצאת כל האוויר מתוך המבחנות הקטנות (סעיף 9 ב) כדי שהנפח ההתחלתי של הראקציה יהיה שווה.

ה. המשתנה התלוי נמדד בניסוי זה בעקיפין, על פי גובה החלק המלא בגז במבחנה. יש להסב את תשומת לב התלמידים לכך שבמהלך הניסוי שוקעים השמרים במבחנות, ולכן הנוזל נעשה צלול. אין לטעות ולמדוד את הנוזל הצלול כאילו הוא הגז שנוצר.

ו. ריכוז תמיסת הסוכרוז אשר חושב בטבלה (סעיף 7), אינו זהה לריכוז הסוכרוז במבחנות הניסוי. בהוספת 5 מ"ל תרחיף שמרים לכל אחת ממבחנות הניסוי (הכוללות 25 מ"ל תמיסת סוכרוז), מהלנו את תמיסות הסוכרוז פי 5/6. מכאן שבהצגת מערך הניסוי צריך להתחשב במיהול זה, ולכפול כל אחד מריכוזי הסוכרוז המחושבים בטבלה, ב-5/6. המורה יבחר על פי שיקול דעתו אם להתייחס למיהול זה, או לאפשר לתלמיד לבטא את ריכוז הסוכרוז על פי הטבלה שבסעיף 7 ג.

ז. התלמיד יציג את תוצאות הניסוי בעקום, שכן ריכוז הסוכרוז הוא משתנה רציף (שאלה 14). מומלץ להסב את תשומת לב התלמיד לרישום הנתונים בציר X. יש להקפיד על קנה מידה אחיד בציר זה, למרות אי הנוחות היחסית.

ח. כצפוי, עלייה בריכוז הסוכרוז גורמת לקבלת כמות רבה יותר של תוצר באותה יחידת זמן. החל מריכוז סוכרוז מסוים אין הגדלה בכמות התוצר המתקבלת. הסבר מתאים לכך הוא שריכוז הסובסטרט כבר אינו גורם מגביל וקיים גורם מגביל אחר, ייתכן שזהו ריכוז האנזים. מפתיעה העובדה שבריכוזי הסוכרוז הגבוהים חלה ירידה בכמות הגז הנוצרת. הסבר אפשרי הוא, שתאי השמרים המצויים בתמיסה היפרטונית מאבדים מים לסביבתם ולכן חיוניותם נפגעת. מכאן מובן שתהליכי החיים בתאים משתבשים, וגם הפעילות האנזימטית אינה כקודם (שאלה 15).

ט. כדאי להסב את תשומת לב התלמיד לקשיים טכניים במערך הניסוי, הגורמים לכך שזמן תגובת האנזים והסובסטרט אינו זהה בכל המבחנות (שאלה 16). גם דרגת ה- pH משתנה במהלך



הניסוי בכל אחת מהמבחנות, והיא עשויה להשתנות בכל אחת מהן בקצב שונה. הכנת תרחיף השמרים בתמיסת בופר, תתקן שגיאה זו.

י. במהלך הדיון המתקיים לאחר ביצוע הניסוי, כדאי להתייחס לעובדה שבניסוי זה לא זיהינו את הגז שנוצר (שאלה 17).

שיטה איכותית לזיהוי CO_2 היא בנוכחות Ca(OH)_2 (ראה תרגיל מעבדה 5).

יא. במערך הניסוי כלולה בקרה פנימית, שכן אפשר להשוות את כמות התוצר המתקבלת בריכוז סוכרוז כלשהו לזו המתקבלת בריכוז אחר.

פרט לכך היה אפשר להוסיף לכל טיפול מבחנת בקרה שבה חסרים תאי שמרים. בקרה זו תבדוק הסבר חלופי, אשר לפיו נפלט גז מתמיסת סוכר המצויה בטמפרטורה של 30°C (שאלה 18).

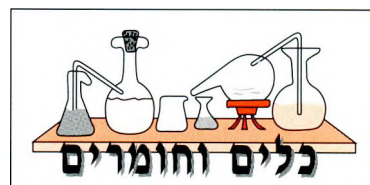
יב. ניתן לדון בשאלה: האם התוצר הוא תוצאה של תהליכי נשימה אארוביים או אנארוביים, שהרי בשני התהליכים משתחרר CO_2 ?

שאלה זו מעניינת במיוחד, שכן ידוע כי תאי השמרים הם אנארוביים פקולטיביים, כלומר בהעדר חמצן הם מבצעים נשימה אנארובית, ובנוכחותו הם מבצעים נשימה אארובית (שאלה 19).

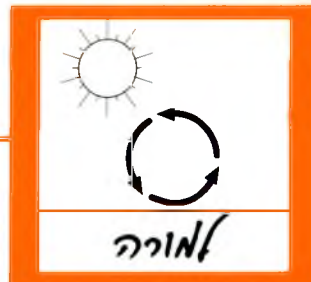
הניסוי מבוצע בכלים פתוחים והמים מכילים חמצן מומס, לכן צפוי שתתקיים בתאים נשימה אארובית. יחד עם זאת ייתכן שבמבחנות ההפוכות יש תנאים אנארוביים.

מכאן שאי אפשר לקבוע בוודאות, אם התהליך המתקיים הוא נשימה אארובית או תסיסה, או שבתחילת הניסוי זהו תהליך של נשימה אארובית ובהמשכו – תסיסה.

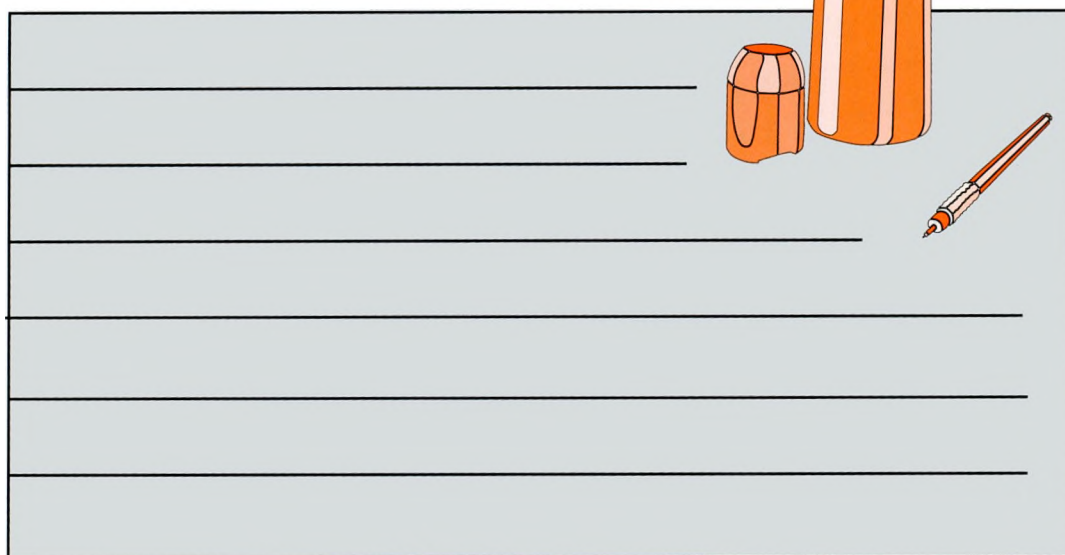
בניסוי דומה, אשר יבוצע בתנאים של העדר חמצן, ייתכן זיהוי הכוהל על ידי תגובת יודופורם.



- ציוד להכנת אמבט מים
- שעון בעל מחוג דקות
- כתבן
- כן למבחנות גדולות
- 2 מבחנות רגילות
- 10 מבחנות גדולות (25 X 150 מ"מ)
- 10 מבחנות קטנות (10 X 100 מ"מ)
- 10 פקקים למבחנות גדולות

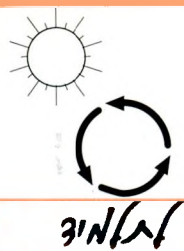


- משורה של 50 מ"ל
- 3 פיפטות של 5 מ"ל
- פיפטה של 10 מ"ל
- כוס כימית של 400 מ"ל
- ארלנמיייר 250 מ"ל ופקק מתאים
- מקל זכוכית
- 70 מ"ל תמיסת סוכרוז בריכוז 0.6M
- 25 גרם שמרים טריים (אם ברשותך סוג שמרים אחר, רצוי לבדוק לפני ביצוע הניסוי, אם יש לשנות את כמות השמרים)
- נייר מילימטרי 1 X 5 ס"מ



ולכשיו...





ניסוי 1

חלק א

בחלק זה תשווה בין תרחיף שמרים אשר הוסף לו סוכר ובין תרחיף שמרים ללא סוכר.

1. הכנס 25 גרם שמרים לבקבוק ארלנמיייר והוסף 75 מ"ל מים.
פקוק את הבקבוק ונער אותו היטב עד לקבלת תרחיף שמרים.

2. א. הכן אמבט מים בטמפרטורה 30°C – 40°C .
ב. סמן שתי מבחנות בספרות 1, 2.
ג. למבחנה 1, הכנס 5 מ"ל תרחיף שמרים ו-5 מ"ל תמיסת סוכרוז.
ד. למבחנה 2, הכנס 5 מ"ל תרחיף שמרים ו-5 מ"ל מים.
ה. נער היטב את המבחנות והכנס אותן לאמבט המים.
ו. רשום את שעת הכנסת המבחנות לאמבט המים.

3. צפה במבחנות במשך 5–10 דקות. סכם את תצפיותך.

4. הצע הסבר אפשרי לתוצאות שהתקבלו.



5. תכנן ניסוי אשר יבדוק את הסברך או היבט כלשהו של הסבר זה.
- א. מהי ההשערה שאותה תבדוק בניסוי?
ב. מהו המשתנה התלוי?
ג. כיצד תמדוד את המשתנה התלוי?
ד. מהו המשתנה הבלתי תלוי?
ה. כיצד תשנה את המשתנה הבלתי תלוי?
ו. מהי הבקרה בניסוי שתכננת? הסבר את חשיבותה במערך הניסוי.
ז. ציין שני גורמים אשר יש לשמורם כקבועים במהלך הניסוי.
הסבר את חשיבות שמירת גורמים אלה כקבועים.



חלק ב

בחלק זה תבדוק את השפעת ריכוז המצע (סוכרוז) על קצב התהליך האנזימטי.

6. ודא שהטמפרטורה באמבט המים שהכינוות בחלק א היא 40°C .

7. א. ברשותך 10 מבחנות גדולות, סמן אותן בספרות 1–10.

במבחנות אלה תכין סדרת מיהולים "הנדסיים" (מיהול 2:1) של סוכרוז מתמיסת אם שריכוזה 0.6M. כלומר, ריכוז הסוכרוז בכל מבחנה קטן פי 2 מהריכוז במבחנה הקודמת. נפח תמיסת הסוכרוז בכל מבחנה הוא 25 מ"ל.

ב. הכנס 25 מ"ל מי ברז לכל אחת מהמבחנות 2–10.

מבחנה 10 מכילה רק מי ברז, כלומר ריכוז הסוכרוז בה הוא 0%.

ג. לצורך הכנת התמיסות השתמש במשורה והיעזר בטבלה שלהלן.
זכור, יש לערבב כל תמיסה לאחר הכנתה!

הכנת מיהולי תמיסות סוכרוז

מספר מבחנה	נפח מים, במ"ל	נפח תמיסה שהוספה, במ"ל	נפח סופי, במ"ל	ריכוז סופי, ב-M
1	—	25 מ"ל תמיסת אם	25	0.6
2	25	25 מ"ל תמיסת אם	25	0.3
3	25	25 מ"ל תמיסת מבחנה 2	25	0.15
4	25	25 מ"ל תמיסת מבחנה 3	25	0.075

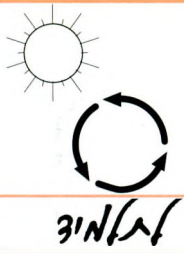
ד. באותו אופן המשך בהכנת המיהולים עד למבחנה 9.

לאחר הכנת התמיסה במבחנה 9, שפוך 25 מ"ל מתמיסה זו.

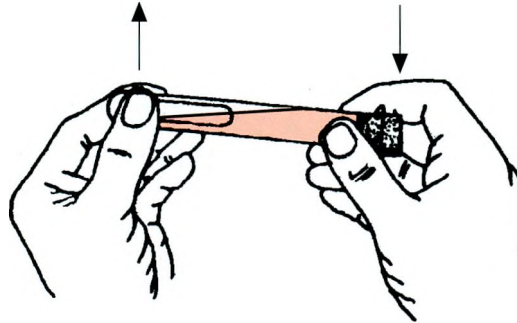
8. א. נער היטב את תרחיף השמרים אשר הכינוות.

הוסף 5 מ"ל תרחיף שמרים לכל אחת מעשר המבחנות.

ב. פקוק את המבחנות וערבב את תכולתן על ידי הפיכת כל מבחנה.



9. א. קח את מבחנה 10 והכנס לתוכה מבחנה קטנה והפוכה.
 ב. פקוק את המבחנה הגדולה, החזק אותה במצב אופקי כך שבהדרגה תחדור התמיסה שבה אל תוך המבחנה הקטנה (ראה איור א).



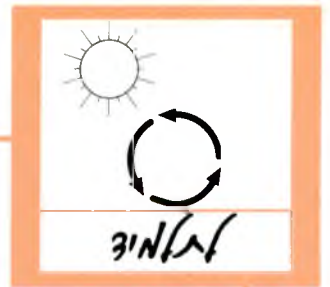
איור א

- לאט לאט החזר את המבחנה הגדולה למצב מאונך. פעולה זו תאפשר לכל האוויר שבמבחנה הקטנה לצאת (ראה איור ב).



איור ב

- באופן זה קיבלת מבחנה קטנה והפוכה, המלאה בתמיסת סוכרוז ושמרים.
 ג. החזר את המבחנה הגדולה לכן המבחנות.
 ד. חזור על הפעולות א–ג עם כל 9 המבחנות הנותרות.



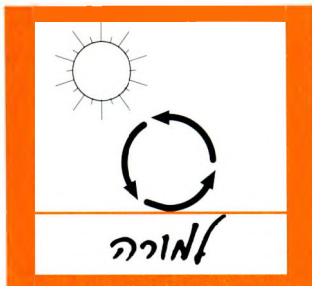
10. א. הוצא בעזרת פיפטה מכל אחת מהמבחנות הגדולות 10 מ"ל תרחיף ושפוך אל הכיור. פעולה זו תאפשר לך לראות את פני הנוזל במבחנה הקטנה וההפוכה.
ב. רשום את השעה, והכנס את כל המבחנות לאמבט המים.
11. דקות אחדות לאחר הכנסת המבחנות לאמבט המים, תיווכח כי באחדות מן המבחנות הקטנות פני התרחיף ירדו.
א. מהו התהליך המתרחש במבחנות הניסוי?
ב. מהם המגיבים והתוצרים בתהליך זה?
ג. מהו המשתנה התלוי בניסוי?
ד. כיצד תמדוד את המשתנה התלוי?
ה. מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי?
ו. כיצד לדעתך ישפיע המשתנה הבלתי תלוי בניסוי על המשתנה התלוי?
ז. מהי הבקרה בניסוי?
12. לאחר 15–20 דקות ממועד הכנסת המבחנות לאמבט המים, בדוק את המבחנות הקטנות ההפוכות.
אם באחת מהן נשאר מעט מאוד תרחיף, הוצא את כל המבחנות וקרא את התוצאות. אם עדיין מצויה כמות גדולה של תרחיף בכל המבחנות הקטנות המתן 5–10 דקות נוספות בטרם תקרא את התוצאות.
במבחנה 1 מדוד בעזרת נייר מילימטרי את אורכו של קטע המבחנה הקטנה אשר התמלא בגז. רשום את התוצאה.
באותו אופן מדוד את הקטע שהתמלא בגז בכל המבחנות האחרות.
13. הכן טבלה לסיכום מערך הניסוי ותוצאותיו.
14. א. מהי ההצגה הגרפית המתאימה להצגת תוצאות הניסוי? נמק קביעתך.
ב. הצג את תוצאות הניסוי בצורה גרפית.
15. מהן המסקנות מהניסוי?
16. במערך הניסוי, מסיבות טכניות, לא כל הגורמים נשמרו קבועים. בחר אחד מהם והסבר כיצד ניתן לשפר את הניסוי.



17. הצע דרך לזיהוי איכותי של אחד מתוצרי התהליך שהתקיים במבחנות הניסוי.

18. בכיתה אחרת נדרשו התלמידים להוסיף מבחנת בקרה לכל אחת ממבחנות הניסוי. כל אחת ממבחנות אלה הכילה תמיסת סוכר בריכוז שונה, אך ללא שמרים. מהו תפקידן של מבחנות בקרה אלה?

19. תלמיד ביצע ניסוי דומה לזה שביצעת, אך דאג לכך שבמבחנות הניסוי לא יהיה חמצן. מה היו תוצאות הניסוי שביצע? נמק קביעתך.



ניסוי 2

הנושא: השפעת הטמפרטורה על קצב הנשימה בזרעים נובטים

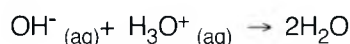
הכיתה: יא/5 י"ל, יא, יב / 3 י"ל

הזמן הנדרש: שני שיעורים

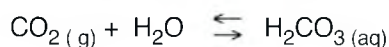
הידע הקודם הנדרש: מאפייני התהליכים בתא; נשימה ברמת האורגניזם; נביטה; סתירה כימית

בחלק א של הניסוי התלמיד יכיר את תכונות האינדיקטור פנול פתלאין, ובחלק ב יבדוק בעזרתו את קצב נשימת זרעי אפונה נובטים בטמפרטורות שונות. בחלק ב יש לשקול שלוש מנות של זרעים. המורה יחליט אם הלבורנט יכין מנות שקולות או התלמידים ישקלו בעצמם.

א. הוספת חומצה לתמיסת הבסיס והאינדיקטור תגרום להיעלמות הצבע הסגול (שאלה 2). במבחנה מתקיימת תגובת סתירה כימית בהתאם למשוואה:



ב. בשעת הנשיפה לתוך תמיסת אינדיקטור NaOH נעלם הצבע הסגול (שאלה 3). האוויר הנשוף מכיל CO_2 המגיב עם המים לקבלת חומצה פחמתית:



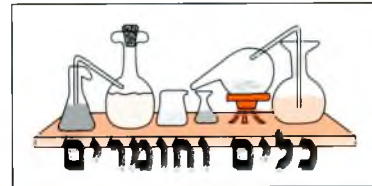
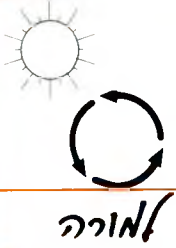
החומצה הפחמתית מגיבה עם NaOH . משהושלמה הסתירה, נעלם צבעו של האינדיקטור.

ג. במהלך הנביטה מתקיימים בזרע תהליכים מטבוליים נמרצים. בתהליכים אלה מפורקים חומרים מסוימים ונוצרים אחרים. האנרגיה המושקעת בתהליכים אלה מקורה בתהליכי נשימת התא.

אפשר לעקוב אחר נשימת הזרעים הנובטים תוך שימוש באינדיקטור פנול פתלאין. נבטים אלה פולטים CO_2 וככל שקצב הנשימה נמרץ יותר, משך הזמן הדרוש להיעלמות צבע האינדיקטור – קצר יותר (שאלה 4).



- ד. קצב נשימת זרעים נובטים מושפע מגורמי סביבה ומגורמים הקשורים לנבט (שאלה 5), לדוגמה: טמפרטורת הסביבה, ריכוז חמצן בקרקע, לחות הקרקע, סוג הזרע, חומרי התשמורת שבו וגיל הנבט.
- ה. התגובה שהתקיימה במבחנות הניסוי היא תגובת סתירה (שאלה 11 א), כמו זו שהתקיימה בשעת נשיפת אוויר המכיל CO_2 . המשתנה התלוי בניסוי הוא קצב נשימת זרעים נובטים, והוא נמדד על פי משך הזמן הדרוש להשלמת הסתירה (שאלה 14). בשאלה זו נדרשת הבחנה בין המשתנה התלוי לדרך מדידתו.
- ו. חישוב משך הזמן הדרוש לשינוי הצבע על ידי גרם אחד של נבט (שאלה 12) יאפשר השוואת קצב הנשימה בטמפרטורות השונות ובמיני זרעים שונים.
- ז. הבקרה בניסוי היא בקרה פנימית. התלמיד משווה את קצב נשימת הזרעים בטמפרטורות שונות (שאלה 15). פרט לכך, מבחנות 2, 4, 6 הן מבחנות בקרה אשר בהן חסרים זרעים, והן הושמו בטמפרטורות שונות. מבחנות בקרה אלה מאפשרות בדיקת הסבר חלופי: חשיפת תמיסות פנול פתלאין בסיסית לאוויר בטמפרטורות שונות, היא הגורמת לאיבוד צבע התמיסות. כדי לדייק בהכנת בקרות אלו, היה עלינו להשתמש במבחנות שבהן נפח כדורי הזכוכית דומה/שווה לנפח הזרעים שבמבחנות הניסוי. בגלל קשיים טכניים, ניתן לוותר על דיוק זה.
- ח. בשעת סיכום התוצאות בכיתה יהיה אפשר לחשב את משך הזמן הממוצע הדרוש לשינוי הצבע על ידי 1 גרם נבט בכל אחת מהטמפרטורות שנבדקו. תלמידי 5 י"ל יוכלו לבצע מבחן סטטיסטי (מבחן t) ולבדוק את מובהקות ההבדל בין קצב הנשימה הממוצע שנמדד בטמפרטורות שונות.



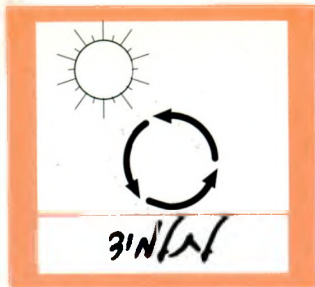
- ציוד להכנת שלושה אמבטי מים
 - שעון בעל מחוג דקות
 - מאזניים
 - כתבן
 - כן למבחנות
 - 3 מבחנות רגילות
 - 6 מבחנות גדולות (20 X 150 מ"מ) בכך מתאים (או בכוס כימית מתאימה)
 - פקקי גומי מתאימים למבחנות גדולות
 - 2 פיפטות פסטר עם טפטף
 - פיפטה של 2 מ"ל
 - כדורי זכוכית בכמות המספיקה למילוי 4 מבחנות גדולות עד לגובה של כ-2 ס"מ
 - 2 קשי שתייה
 - מים מזוקקים בבקבוק פלסטי
 - 5 מ"ל תמיסת פנול פתלאין בבקבוק טפי
 - 10 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 0.1M בבקבוק טפי
 - 10 מ"ל תמיסת HCl בריכוז 0.1M בבקבוק טפי
 - 10 מ"ל תמיסת פנול פתלאין ו-NaOH (המס 1 גרי פנול פתלאין ב-100 מ"ל אתנול 95%. הוסף
 - 5 מ"ל NaOH 1M והשלם את הנפח ל-500 מ"ל עם מי ברז)
 - כ-100 זרעי אפונה ירוקה נובטים
- אופן הכנה:
- השרה את הזרעים במשך 12–24 שעות במים, הנח להנבטה בין שתי שכבות של צמר גפן לח (צמר גפן שהורטב והורחקו ממנו עודפי המים), בטמפרטורה של כ-25°C תהיה נביטה כבר לאחר שלוש יממות, בטמפרטורות נמוכות יותר – יש להאריך את משך ההנבטה.
- הנבטים חייבים להיות חסרי כלורופיל, לכן רצוי להנביט בחושך או להסיר עלעלים ירוקים.



A large rectangular area with horizontal lines for writing, containing illustrations of a pencil holder with pencils, a pencil, and a small jar.

ולכשיו...





ניסוי 2

חלק א

בחלק זה תכיר את תכונות האינדיקטור פנול פתלאין.



1. סמן מבחנה בספרה 1 והכנס לתוכה 4 טיפות של תמיסת החומצה HCl.



סמן מבחנה בספרה 2 והכנס לתוכה 4 טיפות של תמיסת הבסיס NaOH.

טפטף 2 טיפות של האינדיקטור פנול פתלאין לכל מבחנה.

א. רשום את הצבע שהתקבל במבחנות לאחר הוספת האינדיקטור.

ב. מה למדת על תכונות האינדיקטור פנול פתלאין?

2. טפטף בהדרגה תמיסת HCl למבחנה 2 עד שיחול שינוי בצבע התמיסה שבה.

מהי התגובה הכימית שהתרחשה במבחנה?

3. הכנס למבחנה נקייה 2 מ"ל מים מזוקקים והוסף להם 4 טיפות NaOH ו-2 טיפות פנול פתלאין.

נשוף בקש שתייה לתוך המבחנה עד שיחול שינוי בצבע התמיסה.

א. איזו תגובה כימית התרחשה במבחנה בשעת הנשיפה?

ב. אילו מהגזים הכלולים באוויר הנשוף גרם לתגובה זו?

4. בזרעים נובטים מתרחשים מספר תהליכים. אחד התהליכים הוא נשימה תאית. כיצד תוכל

להשתמש באינדיקטור פנול פתלאין כדי לעקוב אחר תהליך הנשימה?

5. ציין 3 גורמים העשויים להשפיע על קצב הנשימה בזרעים הנובטים. הסבר כיצד ישפיע כל אחד

מהגורמים על התהליך.

חלק ב

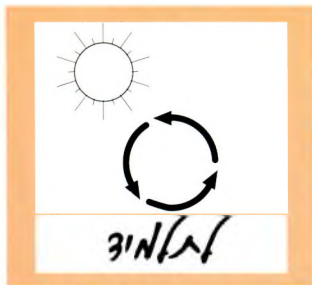
בחלק זה תבדוק את השפעת הטמפרטורה על קצב נשימת זרעים נובטים.

6. הכן שלושה אמבטי מים:

א. אמבט בטמפרטורה של 40°C



- ב. אמבט אליו תכניס מי ברז ותרשום את הטמפרטורה בו
ג. אמבט בטמפרטורה של 5°C (עשה זאת על ידי הוספת מעט מי ברז לקרח)
7. סמן 6 מבחנות גדולות בספרות 1–6.
טפטף בעזרת פיפטת פסטר לתחתית של כל אחת מהמבחנות 6 טיפות מתמיסת האינדיקטור NaOH . הקפד שהנוזל לא יגע בדפנות המבחנה.
הוסף לכל מבחנה כדורי זכוכית עד לגובה של 2 ס"מ .
8. א. שקול 30 זרעי אפונה נובטים ורשום את משקלם בטבלה שבסעיף 13. הכנס זרעים אלה למבחנה 1.
ב. חזור על הוראות סעיף א, והכנס את הזרעים למבחנה 3.
ג. חזור על הוראות סעיף א, והכנס את הזרעים למבחנה 5.
למבחנות 2, 4, 6 אל תוסיף דבר.
9. פקוק את כל המבחנות היטב בפקקי גומי.
הכנס את מבחנות 1 ו-2 לאמבט מים בטמפרטורה של 40°C .
הכנס את מבחנות 3 ו-4 לאמבט מים בטמפרטורה של מי ברז.
הכנס את מבחנות 5 ו-6 לאמבט מים בטמפרטורה של 5°C .
רשום את שעת הכנסת המבחנות לאמבטי המים.
10. התבונן במבחנות עד שתבחין בהיעלמות צבע האינדיקטור.
רשום בטבלה שבסעיף 13 את משך הזמן שחלף עד להיעלמות צבע תמיסת האינדיקטור בכל אחת מהמבחנות.
הפסק את הבדיקה לאחר 25 דקות.
11. א. מה הקשר בין התגובה שהתקיימה במבחנות הניסוי ובין הבדיקה שביצעת בסעיף 3?
ב. מהו התהליך שהתרחש בזרעים וגרם לתגובה זו?
12. חשב את משך הזמן הדרוש לשינוי הצבע על ידי 1 גרם של נבט בכל אחת מהטמפרטורות שבדקת, ורשום את התוצאות בטבלה.
הסבר את דרך החישוב.



13. סיכום מערך הניסוי ותוצאותיו:

מספר מבחנה	טמפ' מים ב-°C	משקל זרעים, בגרמים	משך הזמן הדרוש להיעלמות צבע פנול פלתיאין בסיסי, בדקות	משך הזמן הדרוש להיעלמות צבע ע"י 1 גרם נבט, בדקות/גרם
1				
2		—		—
3				
4		—		—
5				
6		—		—

הוסף לטבלה כותרת מתאימה.

14. מהו המשתנה התלוי בניסוי?

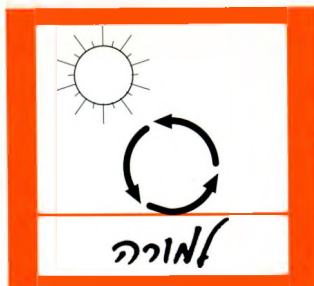
15. מהן הבקורות בניסוי? הסבר את חשיבותן במערך הניסוי.

16. מהי המסקנה מהניסוי?

17. מה לדעתך תהא תוצאת ניסוי שבו יוחלפו הזרעים הנובטים בזרעים יבשים? הסבר.

18. האם לדעתך תתקבלנה תוצאות זהות לאלה שקיבלת, בניסוי אחר שבו ייבדקו זרעי מינים אחרים? נמק.

19. ציין גורמים אחרים פרט לטמפרטורה העשויים להשפיע על התהליך שצפית בו. הסבר כיצד ישפיע כל אחד מהם על התהליך.



ניסוי 4

הנושא: מדידת קצב פוטוסינתזה בעוצמות אור שונות

הכיתה: יא, יב / 5 י"ל

הזמן הנדרש: שני שיעורים

הידע הקודם הנדרש: ידע בסיסי בתהליך הפוטוסינתזה

בחלק א התלמיד יצפה בפליטת בועות גז ממחטי אורן (או מגבעולי אלודיאה), ידווח על התצפית ובהתאם לכך יתכן ניסוי.

בחלק ב ייבדק קצב הפוטוסינתזה באותה רקמה צמחית בעוצמות אור שונות. הצבת המערכת בהתאם להוראות העבודה כרוכה בקושי טכני מסוים לתלמיד, לכן מוצע להציב מערכת ניסוי על שולחן המורה. אפשר להשתמש במערכת זו כבקרה ללא צמח (ראה סעיף ו למורה).

א. התצפית בחלק א היא איכותית ולכן אין חובה לציין את מספר הבועות הנפלטות ביחידת זמן. מטרת התצפית להסב את תשומת הלב לתהליך הפוטוסינתזה המתקיים באור, ובו נפלטות בועות גז.

ב. בתנאים אלה של נוכחות צמח ואור מתקיים תהליך הפוטוסינתזה (שאלה 3). ההנחה היא כי הגז הנפלט בניסוי הוא חמצן (שאלה 4).

ג. בשעת הכנת מערכת הניסוי יש להקפיד על הידוק פקקי המבחנות (סעיף 10 א). החמצן הנוצר בתהליך הפוטוסינתזה, מסיסותו במים נמוכה ולכן הוא מצטבר במבחנות כגז. אם המבחנות סגורות היטב, הגז ידחה את הנוזל אל הפיפטה, וכך יהיה אפשר למדוד את נפחו (סעיף 12 א, ב). הגז CO_2 מתמוסס היטב במים ולכן השפעתו על נפח המערכת זניחה.

ד. המשתנה הבלתי תלוי בניסוי הוא עוצמת האור. הדרך בה נשנה את עוצמת האור היא על ידי שינוי מרחק הצבת הצמח ממקור האור. כידוע עוצמת האור נמצאת ביחס הפוך לריבוע המרחק ממקור האור.

עוצמת אור הנורה קבועה, ונקבע שרירותית כי היא שווה 1. נסמן את מרחק מבחנות 1, 2, 3 ממקור האור באותיות X_1, X_2, X_3 .

לפיכך, עוצמת האור המגיעה למבחנות הניסוי תהיה $\frac{1}{x_1^2}$, $\frac{1}{x_2^2}$, $\frac{1}{x_3^2}$, ואפשר לבטאה ולחשבה



ביחידות של $\frac{1}{\text{סמ"ר}}$ (שאלה 16).

בדרך זו ניתן להציג בגרף על ציר X עוצמות אור הולכות וגדלות, והשינוי בנפח החמצן הנפלט (ציר Y) יהיה בהתאם (מגמת העקום תהיה הפוכה אם יוצב המרחק ממקור האור בציר X). במקום חישוב זה (או בנוסף לו) אפשר למדוד בעזרת מד אור את עוצמת האור בסמוך לכל אחת מהמבחנות.

ה. בין המבחנות שבהן הצמחים ובין מקור האור מוצב אמבט מים המשמש כמסנן חום. מדדת טמפרטורת המים באמבט בראשית הניסוי ובסיומו תדגיש את חשיבות הצבת האמבט.

ו. במערך הניסוי כלולה בקרה פנימית – השוואתית בין עוצמות האור השונות (שאלה 13 ד). כדי שלא להקשות על התלמיד אין לדרוש הכנת בקרות נוספות, אך כדאי שהמורה יציגן על שולחנו וידון בחשיבותן.

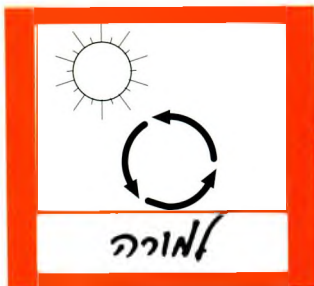
1. בקרה הכוללת את כל מרכיבי הניסוי, פרט למשתנה הבלתי תלוי.
בקרה זו היא מערכת המכילה צמח ותמיסת NaHCO_3 ומכוסה ברדיד אלומיניום, כלומר עוצמת האור בה היא 0.

חשיבותה של מערכת זו בכך, שבתנאים אלה מתקיים בתאי הצמח רק תהליך נשימה. אם נתעלם מההבדל בין שיעור הנשימה באור ובחושך, נוכל להשתמש במערכת זו לתיקון הערכים שהתקבלו במבחנות הניסוי.

2. בקרה הכוללת את כל מרכיבי הניסוי, פרט לגורם הקבוע – הצמח.
במערכת זו ייבדק ההסבר החלופי, שעל פיו שינויי הנפח אינם קשורים לתהליכים המתרחשים בצמח. אם במערכת זו יחולו שינויים בנפח, הערכים שיתקבלו ישמשו לתיקון תוצאות הניסוי.

ז. הכנסת הרקמה הצמחית לתמיסת NaHCO_3 מאפשרת את קיום תהליך הפוטוסינתזה בסביבה עשירה יחסית ב- CO_2 (סעיף 7).
מצב זה מאפשר את קיום תהליך הפוטוסינתזה בכל אחת מעוצמות האור, כאשר ה- CO_2 אינו מהווה גורם המגביל את קצב התהליך (שאלה 13 א).

ח. בשאלה 13 ב, ג התלמיד מזהה את מרכיבי הניסוי שביצע.
כדאי להתייחס להבדל שבין הגדרת המשתנה התלוי ובין הדרך בה נמדד בניסוי. כך גם לגבי ההבדל בין הגדרת המשתנה הבלתי תלוי והדרך בה משנים אותו בניסוי.

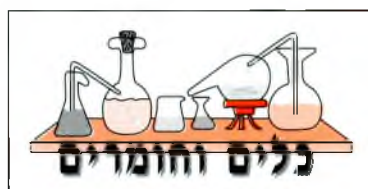


ט. קצב הפוטוסינתזה בניסוי (שאלה 17) מבוטא ביחידות של מ"ל חמצן/20 דקות / 1.5 גרם מחטי אורן (או גודל גבעול אלודיאה).
ניתן לחשב את הקצב ביחידות של מ"ל חמצן / 1 שעה / 1 גרם מחטי אורן.

י. המסקנות מהניסוי (שאלה 19) בהתאם לתוצאות המתקבלות:

- עוצמת האור משפיעה על קצב תהליך הפוטוסינתזה.
- בעוצמות אור נמוכות, ככל שעולה עוצמת האור כך גדל קצב התהליך, כלומר האור הוא גורם מגביל. בעוצמות אור גבוהות עליית עוצמת האור אינה משפיעה על קצב התהליך, כלומר קיים גורם מגביל אחר לתהליך.
- (ייתכן שבעוצמות האור שבניסוי לא יושג שלב זה).

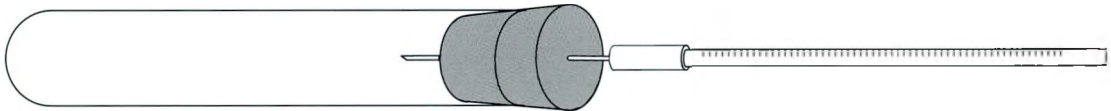
יא. אחת המגבלות בניסוי (שאלה 20) היא עליית הטמפרטורה בעקבות ההארה. השימוש באמבט מים כמסנן חום מצמצם במידה רבה את אי הדיוק הנובע משינוי זה.
פרט לכך יש להזכיר כי בצמח מתקיימת כל העת גם נשימה ובתהליך זה החמצן נצרך. בכל אופן בעוצמות אור גבוהות קצב פליטת החמצן בפוטוסינתזה גבוה מקצב קליטתו בנשימה (התעלמנו מהבדלים בנשימת הצמח באור ובחושך).



- כוס כימית בנפח של 2 ליטר או כלי שקוף אחר שרוחבו כ-15 ס"מ וגובהו כ-20 ס"מ (רצוי כלי מרובע, אך לא הכרחי), להכנת אמבט מים
- שעון בעל מחוג דקות
- מאזניים
- מד אור (רצוי – לא הכרחי)
- מספריים
- מנורת שולחן ובה נורה בת 100 וואט
- סרגל 30 ס"מ
- כתבן
- כן למבחנות

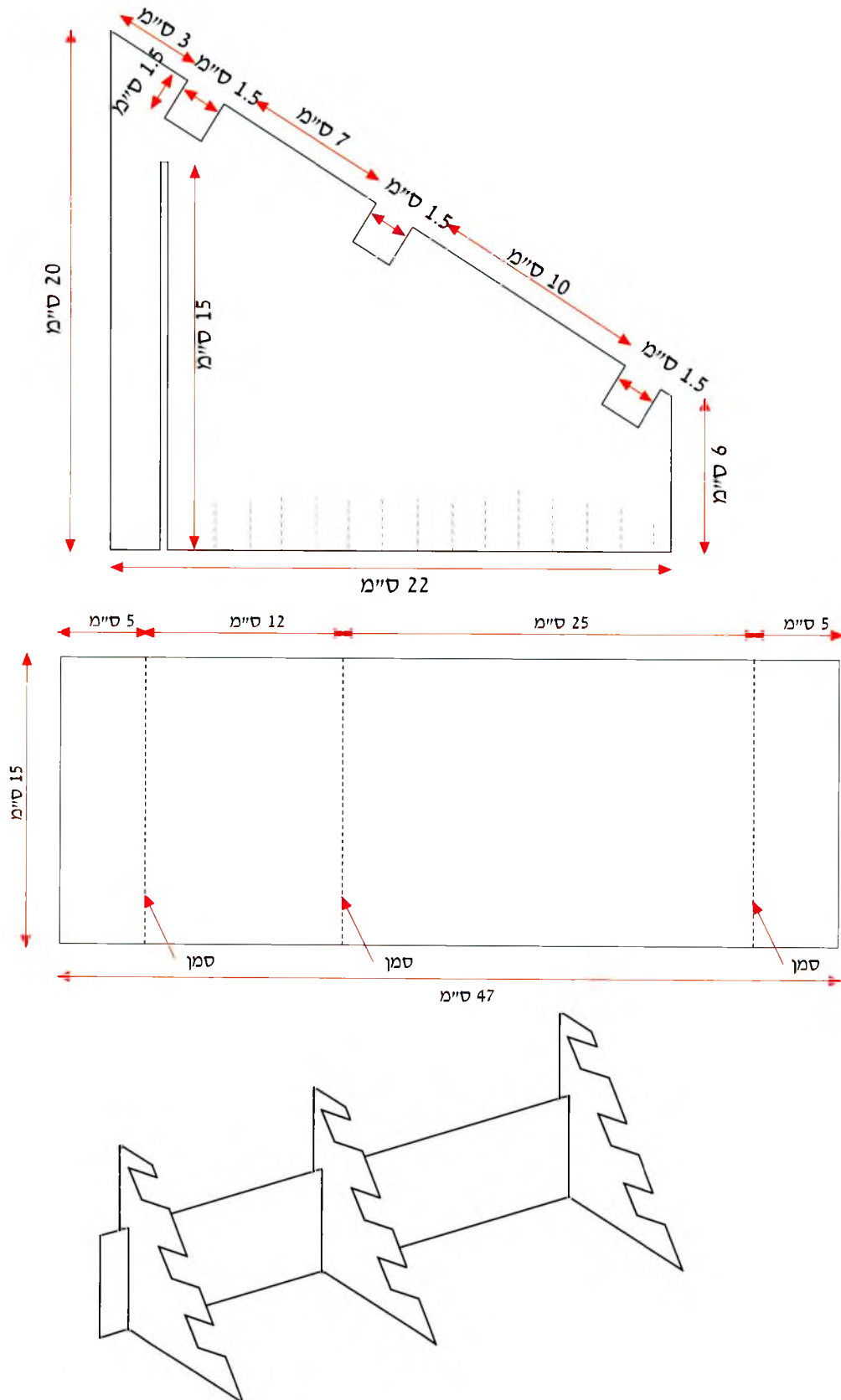
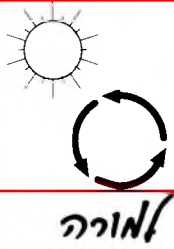


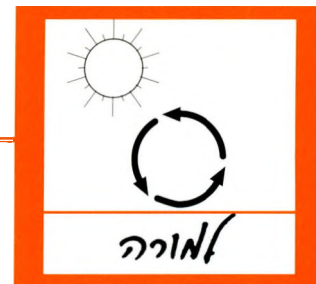
- 3 מבחנות רגילות*
- מבחנה רגילה
- 3 פקקי גומי בגודל המתאים למבחנות *
- כוס כימית או ארלנמייר בנפח של כ-200 מ"ל – לחלק א
- 3 פיפטות של 1 מ"ל, אשר קוטרן אחיד לכל אורכן *
- 3 מחטי מזרק גדולות מספר 18 או 16 (ניתן להשיג מחטים לשימוש חד פעמי בבית מרקחת) *
- 3 צינוריות גומי גמישות, אורך כל צינורית כ-4 ס"מ הקוטר הפנימי שלה – 4 מ"מ. יש לבדוק התאמת קוטר הצינורית לפיפטה ולפלסטיק של מחט המזרק*
- הוראות להכנת מערכת כמודגם באיור (הכלים הנדרשים מסומנים ב-*):



לכל פקק יש להכניס מחט מזרק כך שהקצה החד של המחט יבלוט 0.5–1 ס"מ בצדו הצר של הפקק. העברת המחט דרך פקק הגומי גורמת בדרך כלל לסתימתה. מומלץ לחבר את המחט למזרק מלא במים ולבדוק את תקינותה על ידי התזת מים. אם המחט אינה מאפשרת מעבר מים, יש להוציא את הגומי הסותם אותה בעזרת מלקט, צינור מתכת דק או מחט נוספת. לצידה האחר של המחט (הצד המתחבר בדרך כלל למזרק), יש לחבר פיפטה של 1 מ"ל בעזרת צינורית גומי. הצינורית חייבת להיות צמודה היטב גם למחט וגם לפיפטה – כדי למנוע נזילות. כדי להקל על הרכבת הצינורית על המחט והפיפטה, כדאי להרטיב את הקצוות במים. שים לב – הקצה **המחודד** של הפיפטה מחובר לצינורית

- מתקן להנחת מבחנות ופיפטות, אפשר להכינו מקרטון קשיח או מפוליגל בהתאם להוראות האלה:
- מלבן פוליגל בהתאם לתרשים. הקווים מסמנים מיקום הצבת הטרפזים. חלק זה יהא ניצב לשולחן העבודה ועליו ייקבעו 3 הטרפזים. בכל טרפז יש לחתוך מגרעות (ראה איור) אשר בתוכן יונחו המבחנות והפיפטות.





— כ-100 מ"ל תמיסת NaHCO_3 בריכוז 0.5% בבקבוק עם פקק

— כ-20 מחטי אורן לחלק א

— כ-5 גרם מחטי אורן לחלק ב

רצוי לשטוף את המחטים מאבק ולהניחן על מגבת נייר. יש לחתוך ולהסיר את החלק המעוצה המחובר כל זוג מחטים.

הערה: במקום מחטי אורן אפשר להשתמש ב-3 גבעולי אלודיאה באורך של כ-10 ס"מ כל אחד. יש לבחור בגבעולים אשר צפיפות העלים שלהם דומה, ולשמרם בכוס כימית (200 מ"ל) ובה מי ברז. אפשר לשמור גבעולי אלודיאה למשך כמה שבועות כשהם שרויים במי ברז ומוארים היטב (רצוי באור שמש). יום לפני ביצוע הניסוי רצוי לשמור את הגבעולים באור, אך לא בהארה ישירה.

היתרון של השימוש במחטי האורן הוא הדיוק בכמות הרקמה הצמחית המוכנסת לכל מבחנה.

ולכשיו...





ניסוי 4

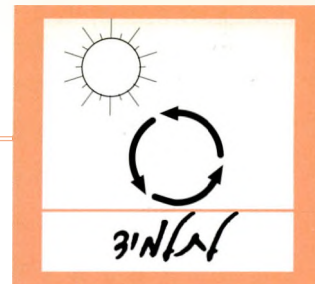
חלק א

בחלק זה תצפה בתגובת צמח להארה.

1. א. ברשותך מחטי אורן.
חתוך בעזרת המספרים את הקצה המעוצה המחבר בין זוג מחטים.
הכנס למבחנה כ-20 מחטי אורן והוסף תמיסת NaHCO_3 בריכוז 0.5%. הקפד שהתמיסה תכסה את פני החתך.
ב. העמד את המבחנה בכוס כימית קטנה והצב מנורה דולקת במרחק של 10–15 ס"מ מהכוס.
ג. צפה במתרחש במשך כ-5 דקות. שים לב ליציאת בועות מהמחטים.
2. תאר בקצרה את תצפיתך.
3. הצע הסבר לתצפיתך.
4. מהי ההנחה שהתבססת עליה?



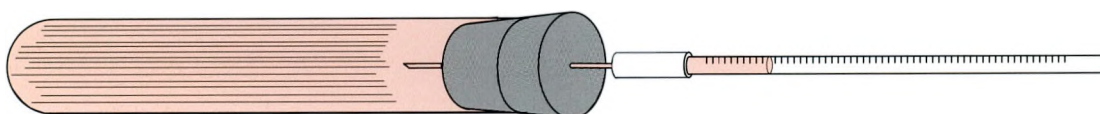
5. תכנן ניסוי שיבדוק את הסברך או היבט כלשהו של הסבר זה.
תאר את מהלך הניסוי על פי הסעיפים האלה:
א. מהי ההשערה שאותה תבדוק בניסוי?
ב. מהו המשתנה התלוי?
ג. כיצד תבדוק את המשתנה התלוי?
ד. מהו המשתנה הבלתי תלוי?
ה. כיצד תשנה את המשתנה הבלתי תלוי?
ו. האם חשוב לשמור על טמפרטורה קבועה בניסוי שהצעת? נמק.



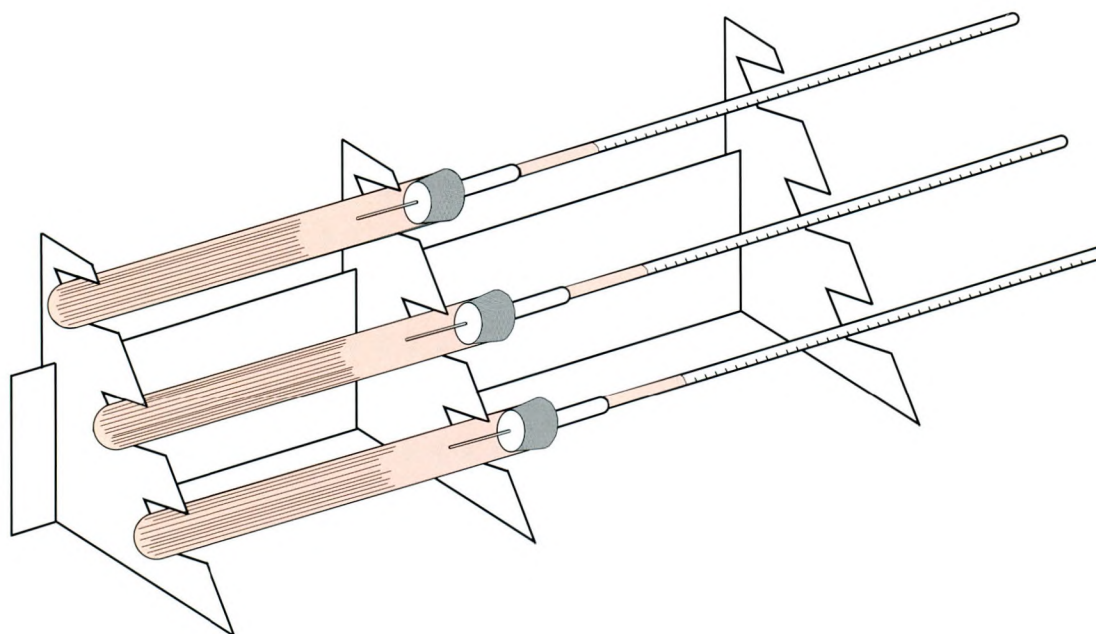
חלק ב

בחלק זה תבדוק את קצב הפוטוסינתזה במחטי אורן בעוצמות אור שונות.

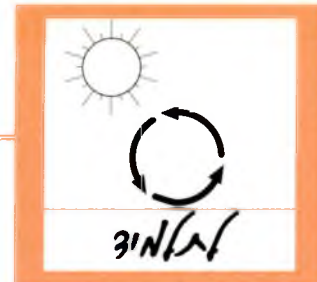
6. חתוך את הקצה המעוצה המחבר בין זוג מחטי אורן.
שקול 3 מנות של מחטי אורן, כל אחת במשקל 1.5 גרם.
7. סמן מבחנות בספרות 1–3. הכנס לכל אחת מהמבחנות 1.5 גרם מחטי אורן. העמד את המבחנות בכך.
מלא כל אחת מהמבחנות בתמיסת NaHCO_3 כך שתהא מלאה עד גדותיה.
8. ברשותך שלושה פקקים, ובכל אחד מהם נעוצה מחט המחוברת בעזרת צינורית גומי לפיפטה.
א. פקוק היטב את מבחנה 1 כך שמעט מן התמיסה שבה תעבור דרך המחט אל הצינורית וממנה אל הפיפטה (ראה איור).
הנח את המבחנה הפקוקה על השולחן.



- ב. אם הינך רואה בפיפטה את קו המים (או בועת אוויר שתסמן את קו המים), המערכת שהכנת מוכנה לניסוי.
- אם אינך רואה את קו המים, שחרר את הפקק מהמבחנה, מלא אותה שוב בתמיסה, וחזור על הוראות סעיפים א–ב.
- ג. פקוק באותה דרך את מבחנות 2 ו-3.
9. ברשותך מעמד מפוליגל.
א. הנח את מבחנה 1 והפיפטה המחוברת אליה על גבי המעמד, כשהיא נשענת על המגרעות שבלוח הפוליגל, ראה איור בעמוד הבא.
- ב. באופן דומה הנח את שתי המבחנות האחרות.

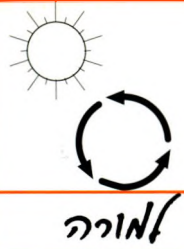


10. א. הדק שוב את פקקי המבחנות.
 ב. מלא כוס כימית גדולה במי ברז והצב אותה לפני ובצמוד למבחנות שבמעמד.
 ג. לפני אמבט המים הצב מנורה דולקת, והמתן כ-5 דקות להתייצבות המערכת.
11. שים לב, במערכת הניסוי מצויים מחטי אורן בשלושה מרחקים ממקור האור. מדוד ורשום את מרחקה של כל מבחנה ממקור האור.
 במהלך הניסוי תבדוק את שינוי הנפח שיחול בכל אחת מהמבחנות.
12. א. סמן בעזרת כתבן את מיקומו של קו המים (או את מיקומה של בועת האוויר) על כל אחת מהפיפטות. במהלך הניסוי תעקוב אחר מיקומו של קו המים.
 אם סימנת בועת אוויר בפיפטה רשום לפניך אם התייחסת לקצה העליון או לתחתון של הבועה. אם בפיפטה יש יותר מבועת אוויר אחת, רשום לפניך איזו מהן סימנת.
 רשום את השעה.
 ב. לאחר 20 דקות תבדוק את מיקום קו המים בכל אחת מהפיפטות. בפרק הזמן העומד לרשותך ענה על שאלה 13.



13. א. החומר NaHCO_3 מתפרק במים ליונים:

$$\text{NaHCO}_3(s) \rightarrow \text{Na}^+(aq) + \text{HCO}_3^-(aq)$$
היון HCO_3^- משמש מקור ל- CO_2 הדרוש לקיום תהליך הפוטוסינתזה.
במי ברז מצויה כמות קטנה של CO_2 . מדוע לדעתך הוסף חומר זה למבחנות הניסוי.
ב. מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי? באיזה אופן שינית משתנה זה?
ג. מהו המשתנה התלוי בניסוי? כיצד מדדת משתנה זה?
ד. האם במערך הניסוי כלולה בקרה? הסבר.
ה. אילו גורמים נשמרו קבועים במהלך ניסוי זה? הסבר את חשיבות השמירה על קביעות הגורמים הללו.
14. כעבור 20 דקות ממועד הצבת הניסוי סמן את מיקום קו המים בכל אחת משלוש הפיפטות.
חשב את נפח המים שנדחו ממערכת הניסוי אל תוך הפיפטה. נפח זה שווה לנפח החמצן שנפלט במבחנת הניסוי במשך 20 דקות.
15. סכם את מערך הניסוי ותוצאותיו בטבלה.
16. בניסוי שינית את מרחק הצמח ממקור האור. ידוע כי קיים יחס הפוך בין עוצמת האור ובין ריבוע המרחק ממקור האור. אם נקבע שרירותית כי עוצמת האור של הנורה שהשתמשת בה היא 1, כיצד תוכל לבטא את עוצמות האור במבחנות 1–3? הסבר.
בטא את עוצמות האור במבחנות השונות על פי ההסבר שהצעת, והוסף נתונים אלה לטבלה המסכמת.
17. באילו יחידות מבוטא קצב הפוטוסינתזה?
18. א. מהי הדרך הגרפית המתאימה להצגת תוצאות הניסוי? נמק.
ב. הצג את תוצאות הניסוי בדרך גרפית זו.
19. מהן המסקנות מהניסוי שערכת?
20. הסבר מהן מגבלותיו של ניסוי זה.
21. א. הסבר בקצרה מהו תפקיד האור בתהליך הפוטוסינתזה.
ב. מנה מספר גורמים העשויים להיות מגבילים בתהליך הפוטוסינתזה.



ניסוי 5

הנושא: מדידת קצב פוטוסינתזה בנוכחות ריכוזים שונים של פחמן דו חמצני

הכיתה: יא, יב / 5 י"ל

הזמן הנדרש: שני שיעורים

הידע הקודם הנדרש: ידע בסיסי בתהליך הפוטוסינתזה

בחלק א מתבצעת השוואה בין מחטי אורן במבחנה חשוכה ובין אלה המוכנסים למבחנה מוארת. בחלק ב נבדק קצב הפוטוסינתזה בריכוזי NaHCO_3 שונים. הצבת המערכת בהתאם להוראות העבודה כרוכה בקושי טכני מסוים לתלמיד, לכן מוצע להציב מערכת ניסוי על שולחן המורה. אפשר להשתמש במערכת ניסוי זו כבקרה ללא צמח (ראה ניסוי 4 גלגולי אנרגיה, הערות למורה סעיף ו).

א. במבחנה החשוכה (סעיף 3) אין פליטת בועות, מכיוון שלא מתבצע תהליך פוטוסינתזה. לעומת זאת במבחנה המוארת שפע בועות גז שהן תוצר של התהליך. ההנחה היא כי אלה הן בועות חמצן.

ב. כדי להקל על ביצוע חלק א, אין הנחיה להציב אמבט מים כמסנן חום, אף כי קרינת המנורה גורמת לעליית טמפרטורת הנוזל שבמבחנות (זמן החשיפה קצר יחסית – ולכן השגיאה פחות משמעותית).

ג. המלח NaHCO_3 מתפרק במים ומשחרר את האניון HCO_3^- . אניון זה משמש לצמח מקור ל- CO_2 הדרוש לקיום הפוטוסינתזה. ריכוזי NaHCO_3 הדרושים לניסוי (סעיף 7) יוכנו בשיטת מיהולים הנדסיים (ראה תמיסות, ריכוזים ומיהולים עמ' 39).

ד. בשעת הכנת מערכת הניסוי יש להקפיד על הידוק הפקקים במבחנות (סעיף 11). החמצן הנוצר בתהליך הפוטוסינתזה המתקיים במבחנות, מסיסותו במים נמוכה ולכן הוא מצטבר במבחנות כגז. אם המבחנות סגורות היטב, הגז ידחה את הנוזל אל הפיפטה, וכך יהיה אפשר למדוד את נפחו (סעיף 14).



פחמן דו חמצני מתמוסס במים היטב ולכן השפעתו על נפח המערכת זניחה.

ה. מערכת הניסוי מוצבת כך שמרחקן של כל המבחנות ממקור האור הוא שווה, כלומר עוצמת האור בניסוי קבועה (שאלה 11 ד).

ו. עקום הוא הדרך הגרפית המתאימה להצגת תלות קצב הפוטוסינתזה בריכוז NaHCO_3 , מפני שהריכוז הוא משתנה רציף (שאלה 17). קצב הפוטוסינתזה מבוטא ביחידות של מ"ל חמצן / 15 דקות / 1.5 גרם מחטי אורן.

ז. על פי תוצאות הניסוי המוצגות בגרף, ברור כי בריכוזים נמוכים מהווה NaHCO_3 גורם מגביל (שאלה 19). בריכוזים גבוהים של החומר צפוי כי יהיה גורם מגביל אחר, למשל עוצמת האור.

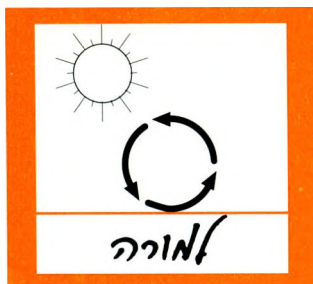
ח. אחת המגבלות בניסוי (שאלה 21) היא עליית הטמפרטורה בעקבות ההארה. השימוש באמבט מים כמסנן חום מצמצם במידה רבה את אי הדיוק הנובע משינוי זה.

בחלק ב לא נבדקה זהותו הכימית של החומר שנוצר בתהליך אשר התרחש במבחנות. בהסתמך על ידע קודם קבענו כי נוצר חמצן, ולכן ניתן למדוד את קצב הפוטוסינתזה לפי נפח החמצן הנפלט ביחידת זמן.

פרט לכך יש להזכיר כי בצמח מתקיימת כל העת גם נשימה ובתהליך זה החמצן נצרך. בכל אופן בעוצמות אור גבוהות קצב פליטת החמצן בפוטוסינתזה גבוה מקצב קליטתו בנשימה (התעלמנו מהבדלים בנשימת הצמח באור ובחושך).

ט. בניסוי נבדקת השפעת ריכוזים אחדים של NaHCO_3 על קצב הפוטוסינתזה. אילו בוצע הניסוי בתאורת החדר (שאלה 20), היה קצב התהליך איטי בכל הטיפולים. במקרה זה עוצמת האור הייתה הגורם המגביל, ולכן לא צפוי הבדל משמעותי בקצב הפוטוסינתזה בריכוזי NaHCO_3 .

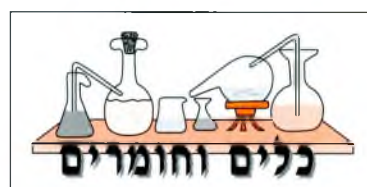
ביצוע הניסוי בעוצמת אור גבוהה יחסית מאפשר לנו לאתר את התחום שבו ריכוז ה- CO_2 הוא גורם מגביל.



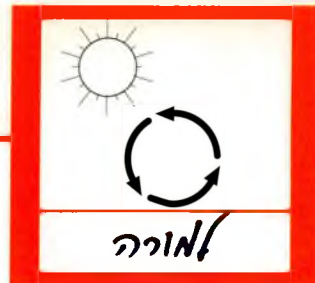
א. בדיקת השפעת הטמפרטורה על קצב פוטוסינתזה.
לשם ביצוע הניסוי יש להכניס צמחי אלודיאה או מחטי אורן
שווי גודל לשלוש מבחנות, שבכל אחת מהן NaHCO_3 בריכוז
0.5%.

כל מבחנה תוכנס לאמבט מים אחר: 5°C – 7°C , 20°C – 22°C , 30°C – 40°C . בכל אמבט
יש להוסיף מערכת בקרה ללא צמח.
מבחנות הניסוי והבקרה יישארו באמבטים במשך כמחצית השעה לפני תחילת הניסוי
(להשגת שוויון טמפרטורות). לאחר פרק זמן זה יוצבו כל אמבטי המים באותו מרחק
ממקור האור, ואל כל מבחנה תחובר פיפטה וצינורית גומי (ראה חלק ב להלן). יש
לשמור על טמפרטורות קבועות באמבטים.
לאחר כ-30 דקות יש לצפות להבדלים בנפח הגז במבחנות הניסוי.

ב. בדיקת השפעת אורך הגל על קצב הפוטוסינתזה.
אפשר להכין 3 מבחנות כמפורט בסעיף א, ולעטוף כל אחת מהן בנייר צלופן כפול:
מבחנה 1 בנייר כחול, מבחנה 2 בנייר ירוק ומבחנה 3 בנייר אדום.
שני קשיים צפויים בניסוי:
1. ייתכן שעיטוף המבחנות בניירות הצלופן משפיע בצורה שונה על עוצמת האור בכל
אחת מהן. כלומר אפשר שהוכנס לניסוי משתנה נוסף פרט לאורך הגל שהוא
הגורם הנבדק בניסוי.
2. מצויים בשוק ניירות צלופן הנבדלים זה מזה בעוביים ובגווי צבעיהם. לפיכך ייתכן
שניירות שונים אשר צבעם אדום יעבירו אורכי גל שונים.



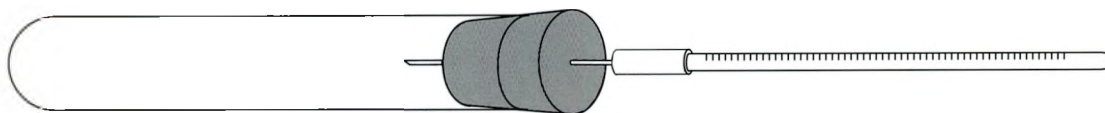
- כוס כימית בנפח של 2 ליטר, או כלי שקוף אחר שרוחבו כ-15 ס"מ וגובהו כ-20 ס"מ (רצוי כלי מרובע, אך לא הכרחי) להכנת אמבט מים
- שעון בעל מחוג דקות
- מאזניים
- מספרים



- מנורת שולחן ובה נורה בת 100 וואט
- כתבן
- כן למבחנות
- 2 מבחנות רגילות
- 2 פקקי גומי מתאימים למבחנות
- משורה של 50 מ"ל

ציוד להכנת מערכת כמודגם באיור:

- 4 מבחנות רגילות*
- 4 פקקי גומי בגודל המתאים למבחנות*
- 4 פיפטות של 1 מ"ל, אשר קוטרן אחיד לכל אורכן. ראה איור *
- 4 מחטי מזרק גדולות מספר 18 או 16 (ניתן להשיג מחטים לשימוש חד פעמי בבית מרקחת)*
- 4 צינוריות גומי גמישות באורך 3–4 ס"מ. הקוטר הפנימי של הצינורית 3–4 מ"מ. יש לבדוק התאמת הצינורית לפיטה ולחלק הפלסטי של מחט המזרק.*

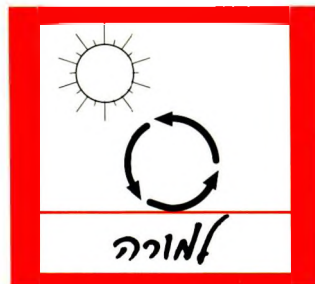


הוראות להכנת מערכת כמודגם באיור (הכלים הנדרשים מסומנים ב-*):

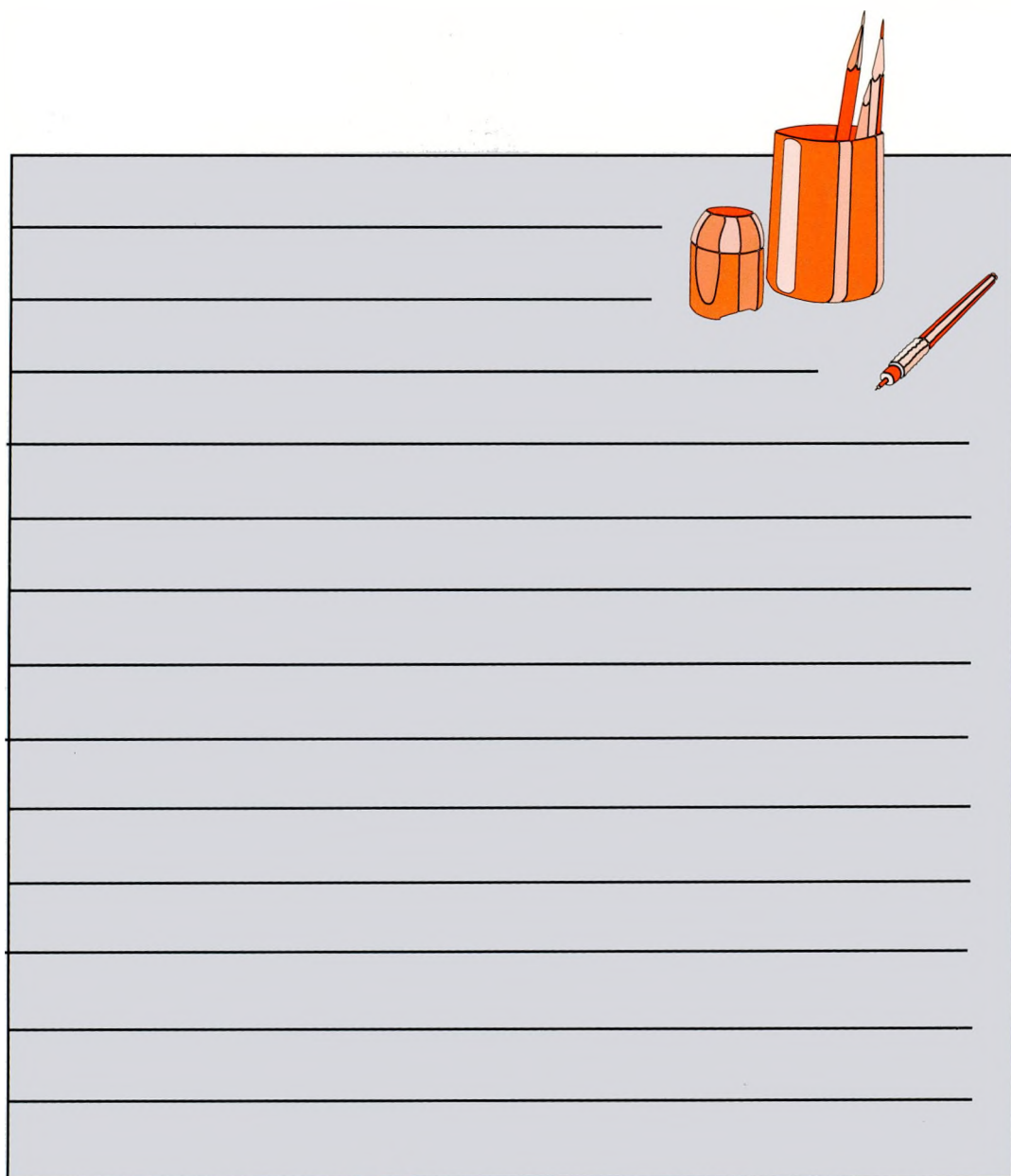
לכל פקק יש להכניס מחט מזרק כך שהקצה החד של המחט יבלוט 0.5–1 ס"מ בצדו הצר של הפקק. העברת המחט דרך פקק הגומי גורמת בדרך כלל לסתימתה. מומלץ לחבר את המחט למזרק מלא במים ולבדוק את תקינותה על ידי התזת מים. אם המחט אינה מאפשרת מעבר מים, יש להוציא את הגומי הסותם אותה בעזרת מלקט, צינור מתכת דק או מחט נוספת. לצידה האחר של המחט (הצד המתחבר בדרך כלל למזרק), יש לחבר פיטה של 1 מ"ל בעזרת צינורית גומי. הצינורית חייבת להיות צמודה היטב גם למחט וגם לפיטה כדי למנוע נזילות. כדי להקל על הרכבת הצינורית על המחט והפיטה, כדאי להרטיב את הקצוות במים. (שים לב

— **הקצה המחודד** של הפיטה מחובר לצינורית).

- 3 כוסות כימיות של 100 מ"ל
- 1 כוס כימית של 400 או 500 מ"ל (לחלקים א-ו-ב)

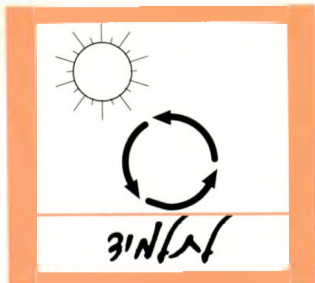


- רדיד אלומיניום בגודל 5X20 ס"מ
- מים מזוקקים בבקבוק פלסטי וכוסית קטנה
- כ-50 מ"ל תמיסת NaHCO_3 בריכוז 0.5% בבקבוק (לחלק א)
- כ-60 מ"ל תמיסת NaHCO_3 בריכוז 2% (לחלק ב)
- כ-8 גרם מחטי אורן



...ועכ"ל...





ניסוי 5

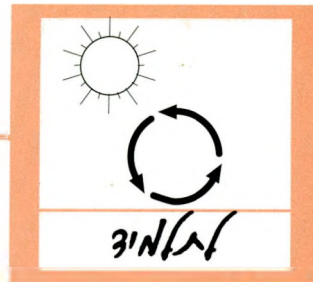
חלק א

בחלק זה תבדוק את השפעת האור על מחטי אורן.

1. א. קח 20 מחטי אורן (כפולות), חתוך את הקצה המעוצה של כל זוג מחטים. הכנס לכל אחת משתי המבחנות שברשותך כמות שווה של מחטים.
ב. הכנס את המבחנות לכוס כימית. הוסף לכל אחת מהמבחנות תמיסת NaHCO_3 בריכוז 0.5% עד שתכסה את המחטים.
ג. פקוק היטב כל אחת מהמבחנות.
2. עטוף את אחת המבחנות ברדיד אלומיניום.
3. הדלק מנורה, והצב לפניך במרחק של כ-10 ס"מ את הכוס הכימית ובה שתי המבחנות. עקוב במשך כ-10 דקות אחר המתרחש במבחנה המוארת. הסר את נייר האלומיניום מהמבחנה המכוסה, והשווה את מצבן של שתי המבחנות. סכם את תצפיותיך.
4. הצע הסבר לתופעה שצפית בה.

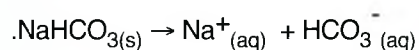


5. תכנן ניסוי שיבדוק את הסברך או היבט כלשהו של הסבר זה.
 - א. מהי ההשערה שאותה תבדוק בניסוי?
 - ב. מהו המשתנה התלוי?
 - ג. כיצד תבדוק את המשתנה התלוי?
 - ד. מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי?
 - ה. כיצד תשנה את המשתנה הבלתי תלוי?
 - ו. מהי הבקרה בניסוי שתכננת?
 - ז. ציין 3 גורמים קבועים החשובים למערך הניסוי. הסבר את חשיבותם.



חלק ב

בחלק זה תבדוק את השפעת ריכוזים שונים של המלח NaHCO_3 על קצב הפוטוסינתזה. מלח זה מתפרק במים על פי הנוסחה הזאת:



האניון HCO_3^- המשתחרר, משמש לצמח כמקור ל- CO_2 הדרוש לפוטוסינתזה.

6. סמן מבחנות בספרות 1–4.

חתוך את הקצוות המעוצים של מחטי אורן.

שקול 1.5 גרם של מחטים והכנס אותן למבחנה 1. אותו משקל של מחטים הכנס לכל אחת מהמבחנות.

העמד את המבחנות בכך.

7. ברשותך תמיסת NaHCO_3 בריכוז 2%.

עליך להכין תמיסות NaHCO_3 בריכוזים של 1%, 0.5% ו-0.25%, כל תמיסה בנפח של 30 מ"ל.

רשום במדויק כיצד תכין את התמיסות בריכוזים הנדרשים.

לאחר קבלת אישור מהמורה, הכן את התמיסות בכוסות כימיות. זכור יש לסמן על כל כוס את ריכוז התמיסה שבה.

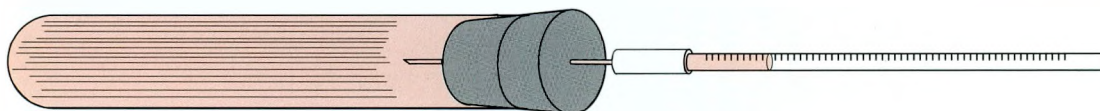
8. ברשותך 4 פקקים, אשר בכל אחד מהם נעוצה מחט המחוברת בעזרת צינורית גומי לפיפטה.

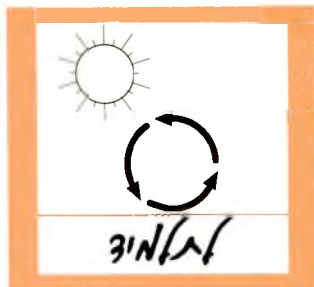
בפקקים אלה תפקוק את המבחנות.

א. מלא את מבחנה 1 בתמיסת NaHCO_3 2% כך שתהא מלאה עד גדותיה.

פקוק היטב את מבחנה 1 כך שמעט מהתמיסה שבה תעבור דרך המחט אל הצינורית וממנה אל הפיפטה (ראה איור).

הנח את המבחנה הפקוקה על השולחן.



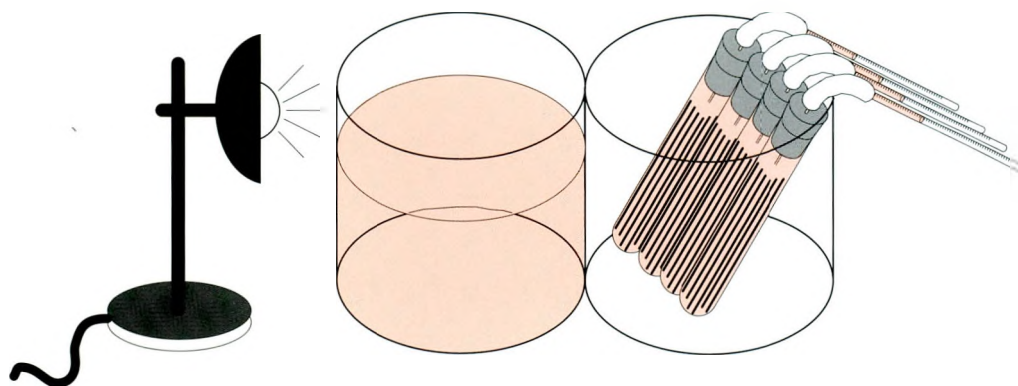


- ב. אם **הינך רואה** בפיפטה את קו המים (או בועת אוויר שתסמן את קו המים), המערכת מוכנה לניסוי.
- ג. אם **אינך רואה** את קו המים, שחרר את הפקק מהמבחנה, מלא אותה שוב בתמיסה, וחזור על הוראות סעיפים א–ב.

9. מלא את מבחנה 2 בתמיסת NaHCO_3 שריכוזה 1% כך שתהא מלאה עד גדותיה. באותו אופן מלא את מבחנה 3 בתמיסה שריכוזה 0.5% ואת מבחנה 4 בתמיסה שריכוזה 0.25%. חזור על הוראות סעיף 8 לגבי מבחנות 2–4.

10. הכנס את מבחנות 1–4 לכוס כימית. וודא שאין מחסום למעבר הנוזל מהמבחנות לפיפטות (צינוריות הגומי אינן מקופלות).

11. א. הדק שוב את פקקי המבחנות.
- ב. מלא כוס כימית גדולה במי ברז והצב אותה לפני הכוס שבה המבחנות וצמוד אליה.



- ג. לפני אמבט המים הצב מנורה דולקת והמתן כ-5 דקות להתייצבות המערכת (ראה איור).
- סדר את המבחנות בכוס באופן שכולן תהיינה **במרחק שווה** מהמנורה.
- ד. הסבר מדוע חשוב להקפיד על כך שכל המבחנות תהיינה במרחק שווה ממקור האור.

12. א. סמן על כל אחת מהפיפטות את מיקום הנוזל (או את המקום של בועת אוויר הלכודה בנוזל, אם בפיפטה יש כמה בועות אוויר – ציין לעצמך את מקומה של איזו מהן סימנת).
- ב. רשום את השעה. לאחר 15 דקות תבדוק את מיקום קו המים בכל אחת מהפיפטות. בפרק הזמן העומד לרשותך המשך לענות על השאלות בסעיף 13.



13. א. מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי? באיזה אופן שינית אותו?
 ב. מהו המשתנה התלוי בניסוי? כיצד נמדד משתנה זה?
 ג. האם במערך הניסוי כלולה בקרה? הסבר.
 ד. בניסוי דומה נכללו 2 מערכות נוספות:
 1. מערכת ובה מים מזוקקים וצמח.
 2. מערכת ובה תמיסת NaHCO_3 בריכוז 2% ללא צמח.
 הסבר את תפקידן של מערכות אלה.
 ה. ציין את המרכיבים הקבועים בניסוי והסבר מדוע יש לשומרם קבועים.
14. לאחר 15 דקות ממועד הצבת הניסוי, סמן את מקום קו המים בכל אחת מארבע הפיטות.
 חשב את נפח הגז שנוצר בכל אחת ממערכות הניסוי.
15. באילו יחידות יש לבטא את קצב הפוטוסינתזה בניסוי? הסבר.
16. סכם את מערך הניסוי ותוצאותיו בטבלה.
17. הצג את תוצאות הניסוי בדרך גרפית מתאימה.
18. מהי המסקנה מהניסוי שערכת?
19. האם ריכוז הפחמן הדו חמצני היווה גורם מגביל בניסוי שביצעת? נמק על פי תוצאות הניסוי.
20. מהן התוצאות הצפויות בניסוי שבו ריכוזי NaHCO_3 זהים לאלו שבניסוי זה, אך עוצמת האור נמוכה?
21. הסבר מהן מגבלותיו של ניסוי זה.