



מזכיר

תרגיל מעבדה 1

הנושא: זיהוי החומרים הבסיסיים הבונים את התא

כיתה: י, יא, יב / 3 או 5 י"ל

הזמן הנדרש: שני שיעורים

הידע הקודם הנדרש: מבנה החומרים הבסיסיים הבונים את התא

בתרגיל זה יכירו התלמידים שיטות לזיהוי פחמימות, חלבונים ושומנים.

א. תגובת בנדיקט מאפשרת זיהוי סוכרים מחזרים מבלי יכולת לקבוע את זהותו הכימית של אותו סוכר.

ראגנט בנדיקט כולל את היון Cu^{2+} , אשר בסביבה בסיסית הופך ל- Cu^+ בהשפעת מולקולות סוכר מחזר. תוצר התהליך, Cu_2O מצטבר כמשקע שכמותו תלויה בריכוז הסוכר המחזר. בריכוז גלוקוז נמוך ביותר צבע המשקע ירוק ובריכוזים גבוהים יותר צבעו צהוב, כתום, אדום. קשה להעריך על פי צבע המשקע את ריכוז הסוכר.

ב. מבחנה 1 כוללת ריאגנט בנדיקט ומים. גם לאחר החימום צבע התמיסה שבה נשאר תכלכל. מבחנה זו היא מבחנת בקרה (בלנק), והתוצאה המתקבלת בה מאפשרת לתלמיד לוודא שאכן הצבע הצהוב-כתום הוא תוצר תגובת הסוכרים (שאלה 4).

ג. ריכוז הגלוקוז במבחנה 3 קטן פי 10 מריכוזו במבחנה 2 (שאלה 6 א), אף על פי כן צבע התמיסות בשתי המבחנות דומה (שאלה 6 ב). אם נפריד את המשקע, נייבש ונשקול אותו, נוכל להפוך שיטה זו לשיטה כמותית (שאלה 6 ד).

ד. אפשר לזהות סוכרים מחזרים גם בשיטות אחרות: על ידי הוספת תמיסות פהלינג א ו-ב או שימוש במקלון לבדיקת גלוקוז.

ה. בסיכום חלקים א-1, א-2, נסיק כי ריאגנט בנדיקט מזהה סוכרים מחזרים, כלומר, את כל החד-סוכרים וחלק מהדו-סוכרים (למשל, לקטוז ומלטוז). בדו-סוכרים אלה, הקשר בין שתי מולקולות החד-סוכר מותיר קבוצה מחזרת אחת חופשית ולכן הם מגיבים חיובית בתגובת בנדיקט. לא כך המצב במולקולת הסוכרוז (שאלה 8).



- ו. הוספת HCl לתמיסת סוכרוז וחימום גורמים לפירוק כימי של הסוכרוז. לתוצרי הפירוק הוסף NaOH, כדי לבטל את הסביבה החומצית, אשר אינה מאפשרת קיום תגובת בנדיקט. בהוספת ריאגנט בנדיקט לתוצרי הפירוק (גלוקוז ופרוקטוז) יתקבל צבע צהוב-כתום, כלומר תגובה חיובית (שאלה 10). יש לזכור כי אין זו שיטת זיהוי מיוחדת ואופיינית לסוכרוז.
- ז. בתרגיל זה לא נערכה בדיקה אופיינית לזיהוי סוכר שבמבנהו קבוצת קטו כמו זו המצויה בפרוקטוז. זיהוי זה אפשרי בעזרת ריאגנט סליבנוב.
- ח. בהוספת תמיסת I_2/KI לעמילן מתקבל צבע כחול-שחור אופייני. בביצוע תגובת ביורט בחלבון מתקבל צבע סגול צלול, שהוא תוצאה של קומפלקס בין יון Cu^{2+} ל-2 מולקולות שבהן לפחות שני קשרים פפטידים. הבדיקה לזיהוי שומנים בעזרת סודן 3 מבוססת על יכולת השומן לספוח באופן סלקטיבי צבעים הנמסים בממיס אורגני.

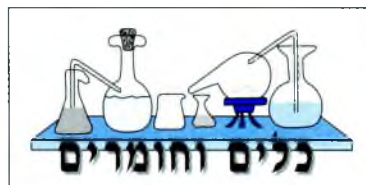
אפשר להשתמש בשיטות זיהוי אלו לבדיקת הרכבם של זרעים, פירות, דבש וחלב.



מידע נוסף לגבי תכולת מזונות שונים, ראה בלומדה: **תזונה מגוונת** – פעילויות מחשב, (1992) הוצאת ת"ל.



זיהוי



- ציוד להכנת אמבט מים
 - כתבן
 - כן למבחנות
 - 11 מבחנות רגילות
 - 6 פיפטות של 5 מ"ל
 - זכוכית נושאת
 - 2 פיסות נייר חום בגודל 5 X 5 ס"מ
 - מים מזוקקים בבקבוק פלסטי וכוס כימית קטנה
 - כ-10 מ"ל מכל אחת מהתמיסות: גלוקוז, פרוקטוז, מלטוז, סוכרוז, בריכוז 0.5M כל אחת בבקבוק או מבחנה
 - כ-5 מ"ל תמיסת HCl בריכוז 0.1 M בבקבוק טפי
 - כ-5 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 0.1 M בבקבוק טפי
 - כ-5 מ"ל תמיסת עמילן בריכוז 1%, בבקבוק או מבחנה בתוספת טפי
 - כ-10 מ"ל תמיסת חלבון (הכנה: השתמש בחלבון ביצה. לכל 10 מ"ל חלבון הוסף 40 מ"ל מים מזוקקים וערבב בעזרת מזלג עד שתתקבל תמיסה).
 - כ-3 מ"ל שמן מאכל במבחנה בתוספת טפי
 - כ-5 מ"ל תמיסת בנדיקט בבקבוק טפי
 - כ-5 מ"ל תמיסת I_2/KI מהול 10:1 בבקבוק טפי
 - כ-5 מ"ל תמיסת $CuSO_4$ בריכוז 2% בבקבוק טפי
 - כ-5 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 10% בבקבוק טפי
 - כ-5 מ"ל תמיסת סודן 3 בבקבוק טפי
- אם ברצונך לבדוק נוכחות חומרים בחלב או בסוגי זרעים ופירות שונים, הוסף כלים וחומרים בהתאם.



חומרים

A large rectangular area with horizontal lines for writing. In the top right corner of this area, there is an illustration of a blue pencil holder containing two pencils, a single pencil lying next to it, and a small blue container.

ולכשיו...





מבחן

תרגיל מעבדה 1

א. זיהוי פחמימות

פחמימות הן תרכובות המכילות את היסודות: פחמן, מימן וחמצן ביחסים כמותיים 1:2:1 ומכאן גם מקור שמן – פחמימות.

אבני הבניין של מולקולות הפחמימות הן מולקולות חד-סוכר. לפיכך ניתן לחלק את הפחמימות לשלוש קבוצות:

1. מולקולות חד-סוכר, לדוגמה: גלוקוז, פרוקטוז.
2. מולקולות דו-סוכר, לדוגמה: סוכרוז, מלטוז, לקטוז.
3. מולקולות רב-סוכר, לדוגמה: עמילן, גליקוגן, תאית.

א – 1. זיהוי חד-סוכר

1. סמן מבחנות בספרות 1–4.

העבר לכל מבחנה את החומרים בהתאם להוראות שבטבלה.

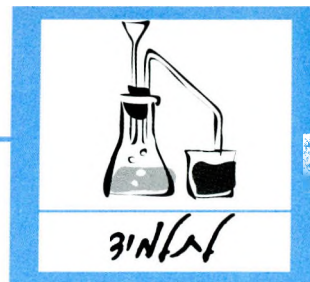
מספר מבחנה	נפח מים, במ"ל	נפח תמיסת גלוקוז, במ"ל	נפח תמיסת פרוקטוז, במ"ל
1	5	—	—
2	—	5	—
3	4.5	0.5	—
4	—	—	5

2. הוסף לכל מבחנה 5–6 טיפות ריאגנט בנדיקט.

3. הכנס את המבחנות לאמבט מים רותחים. לאחר מספר דקות, משחל שינוי בצבע אחת מהתמיסות, הוצא את המבחנות מהאמבט ורשום את הצבע בכל אחת מהתמיסות.

4. הסבר את חשיבות הבדיקה שבוצעה במבחנה 1.

5. אילו חומרים ניתן לזהות על ידי הוספת ריאגנט בנדיקט וחימום? מהו הצבע האופייני המתקבל בתגובה זו?



6. מבחנות 2 ו-3 כוללות תמיסת גלוקוז.

- מהו ההבדל בין התמיסות שבמבחנות אלה?
- האם ניכר שוני בצבע שהתקבל בתגובת בנדיקט בשתי התמיסות הללו?
- דרך זו של שימוש בריאגנט בנדיקט אינה שיטה כמותית. הסבר מדוע.
- כיצד ניתן להפוך שיטה זו לשיטה כמותית?

א-2. זיהוי דו-סוכר

מולקולות דו-סוכר בנויות משתי יחידות של חד-סוכר הקשורות בקשר כימי.

- סמן מבחנות בספרות 5–7.
- למבחנות 5 ו-6 הכנס 5 מ"ל תמיסת סוכרוז.
- למבחנה 7 הכנס 5 מ"ל תמיסת מלטוז.
- הוסף 5 טיפות ריאגנט בנדיקט למבחנות 5 ו-7.
- הכנס את המבחנות לאמבט מים רותחים.
- לאחר מספר דקות, משחל שינוי בצבע אחת התמיסות, הוצא את המבחנות מהאמבט ורשום את הצבע בכל אחת מהמבחנות.

8. מה למדת מהבדיקות שביצעת בסעיף 7?

בבדיקות שערכת עד כה, נמצא כי ריאגנט בנדיקט מתאים לזיהוי סוכר מחזר. בקבוצה זו נכללות כל מולקולות חד-סוכרים וחלק ממולקולות דו-סוכרים. הסוכרוז אינו סוכר מחזר, ולכן לא הגיב בבדיקת בנדיקט.



- למבחנה 6 הוסף 5 טיפות חומצה מרוכזת (HCl) והכנס אותה לאמבט מים רותחים למשך כ-5 דקות.
- הוצא את המבחנה מהאמבט והמתן דקות אחדות לצינון התמיסה שבה.
- הוסף 5 טיפות מתמיסת NaOH בריכוז 0.1M לתמיסה שמבחנה.
- הוסף לתמיסה 5–6 טיפות ריאגנט בנדיקט וחמם באמבט מים רותחים. רשום את שינוי הצבע שנתקבל.

10. הוספת חומצה לתמיסת הסוכרוז וחימומה, גרמה לפירוק כימי של הסוכרוז.

- מהם תוצרי פירוק הסוכרוז?
- הסבר את שינוי הצבע שהתקבל לאחר הוספת בנדיקט.
- פירוק סוכרוז למולקולות של חד-סוכר יתקבל גם כתוצאה מפירוק אנזימטי.



מכניקה

א- 3. זיהוי רב-סוכר

מולקולות רב-סוכר בנויות מיחידות רבות של חד-סוכרים הקשורות בקשר כימי. לדוגמה: מולקולות עמילן או גליקוגן בנויות מאלפי יחידות גלוקוז.

11. טפטף טיפת עמילן על גבי זכוכית נושאת והוסף לה טיפת תמיסת I_2/KI .
מהו הצבע המתקבל כתוצאה מתגובת יוד ועמילן?

ב. זיהוי חלבונים

מולקולות חלבון בנויות מיחידות רבות של חומצות אמינו הקשורות בקשר כימי.

12. א. סמן מבחנות בספרות 8, 9.

ב. למבחנה 8 הכנס 5 מ"ל מים ולמבחנה 9 הכנס 5 מ"ל תמיסת חלבון.

ג. הוסף לכל מבחנה 3–5 טיפות תמיסת $NaOH$ מרוכזת ואותו מספר של טיפות $CuSO_4$.

ד. ערבב את תוכן המבחנות ורשום את הצבע האופייני שהתקבל.



13. א. הסבר את חשיבות הבדיקה שבוצעה במבחנה 8.

ב. התגובה הכימית שהתקיימה בהוספת $NaOH$ ו- $CuSO_4$ לחלבון נקראת תגובת ביורט.
מהו הצבע האופייני המתקבל בתגובת ביורט עם חלבון?

ג. זיהוי שומנים

מולקולות שומנים בנויות מחומצות שומן וגליצרול הקשורות בקשר כימי.

14. א. טפטף טיפת שמן על נייר חום.

ב. טפטף טיפת מים על פיסה אחרת של נייר חום.

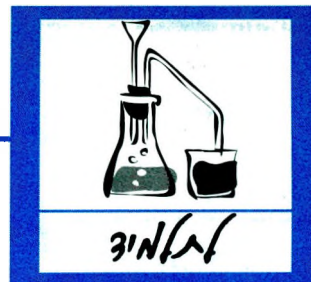
ג. החזק את פיסות הנייר מול האור.

מהו השינוי שחל בנייר לאחר טפטוף השמן?

15. א. סמן מבחנות בספרות 10, 11.

ב. הכנס לכל מבחנה 5 מ"ל מים. למבחנה 11 הוסף טיפות אחדות של שמן מאכל.

ג. טפטף לשתי המבחנות טיפות אחדות של החומר סודן 3 ונער את הנוזל שבמבחנות.
החומר סודן 3 מצטבר בשכבת השומן הצפה מעל המים וצובע אותה באדום.



ד. זיהוי חומרי טבע במאכלים שונים

16. השתמש בשיטות הזיהוי, אשר הכרת בסעיפים הקודמים, לצורך בדיקת הרכבם של מזונות שונים. סכם את ממצאיך בטבלה.



חומצה

תרגיל מעבדה 2

הנושא: א. זיהוי חומצה ובסיס, מדידת דרגת pH בתמיסות חומצה ובסיס

ב. מדידת דרגת pH בתמיסות של חומרים שונים
ג. הכרת תכונות תמיסת בופר

הכיתה: י, יא, יב / 3 או 5 י"ל

הזמן הנדרש: שני שיעורים (רצוי שיעור נוסף בכיתה לסיכום)

הידע הקודם הנדרש: חומצה, בסיס, מולריות

מטרות הניסוי הן:

- ללמוד על תכונות אינדיקטורים שונים בנוכחות חומצה ובסיס ולהכיר תכונות תמיסת בופר.
- לאפשר לתלמיד להשוות שיטות עבודה שונות: שימוש באינדיקטורים לזיהוי חומצה ובסיס, שימוש בנייר pH ובמכשיר מדידה לקביעת דרגת pH.
- לתרגל עבודה בפיפטה, בפיפטת פסטר ובמכשיר pH-מטר.

אם בדעתך לבצע ניסוי נוסף בנושא האינדיקטורים, תוכל לבצע את ניסוי 2 בנושא תהליכים וחילוף חומרים בתא (כולו או חלקו) העוסק באינדיקטורים צמחיים המופקים מעלי כרוב אדום.

א. אינדיקטור לחומצה / בסיס הוא חומר המשנה את צבעו באופן ניכר בהתאם לשינוי בדרגת החומציות בסביבתו. ידועים אינדיקטורים טבעיים המצויים בתאי צמחים מסוימים (כגון אנתוציאנינים) ואינדיקטורים סינתטיים (כגון פנול פתלאין).
בחלק א ייבדקו תכונות האינדיקטורים אדום ניטרלי וקונגו אדום.

ב. המסקנה (שאלה 3) מהבדיקות בחלק א היא, כי לאינדיקטורים השונים יש צבעים שונים בסביבה חומצית ובסביבה בסיסית:

1. לאינדיקטור אדום ניטרלי צבע אדום בסביבה חומצית, וצהוב בסביבה בסיסית.
2. לאינדיקטור קונגו אדום צבע סגול בסביבה חומצית, ואדום-כתום בסביבה בסיסית.

ג. האינדיקטורים שנבחרו לניסוי זה יאפשרו לשרש שגיאה נפוצה, שלפיה צבעה של תמיסת אינדיקטור בנוכחות חומצה הוא אדום, ובנוכחות בסיס — צבעה כחול.
כמובן, שאפשרי שימוש באינדיקטורים אחרים.



ד. בניסוי זה התלמיד בדק את צבע האינדיקטור קונגו אדום בנוכחות תמיסות מרוכזות של חומצה ובסיס. הניסוי אינו מדגים את תחום השינוי של צבע האינדיקטור, אשר ב- $\text{pH} \approx 5$ צבעו אדום וב- $\text{pH} \approx 3$ קטן צבעו כחול. כדי להדגים את תחום שינוי צבעו של קונגו אדום (או של אינדיקטורים אחרים) אפשר להשתמש בתמיסות בדרגות pH מתאימות.

ה. בחלק ב נבדקת דרגת ה- pH של מים מזוקקים וזו של תמיסות חומצה ובסיס בריכוזים שונים. pH הוא מדד למידת החומציות/בסיסיות של תמיסה. סקלת ה- pH המקובלת היא בין 0 (הערך המתאים לחומצה מרוכזת, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1\text{M}$) ל-14 (הערך המתאים לבסיס מרוכז $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-14}\text{M}$). ה- pH של תמיסה ניטרלית הוא 7. H_3O^+ (יון ההידרוניום) נכתב כמקובל כיום במקום H^+ .

ו. בטבלה המסכמת שבחלק ב, מפורטים הטיפולים לא על פי הסדר שבו ביצע אותם התלמיד, אלא באופן שדרגת ה- pH הנמדדת תציג עלייה הדרגתית, החל בחומצה מרוכזת ועד לבסיס מרוכז.

אמנם אין התלמיד יודע מהו ריכוז החומצה והבסיס בכל מדידה, אך ברור כי התמיסה המכילה מים ו-2 טיפות בסיס תהיה בסיסית יותר מזו המכילה רק טיפה אחת. ניתן להכין תמיסות חומצה ובסיס שריכוזן חושב במדויק ולבדוק בהן את דרגת ה- pH .

ז. אם ברשותך מכשיר pH-מטר מומלץ להדגים בפני התלמידים את פעולתו. מכשיר זה יכול לשמש גם בניסויים אחרים. מדידה באמצעות pH-מטר מאפשרת קבלת ערכי pH בדיוק של 0.01 בעוד שבשימוש במקלון או בנייר pH תיתכן סטייה של $\pm$ דרגה אחת.

ח. תמיסת בופר (תמיסה מתריסה) היא תמיסה בה נשמרת דרגת ה- pH קבועה בעת הוספת כמויות לא גדולות של חומצה או של בסיס (שאלה 20). תמיסות בופר מכילות בדרך כלל בסיס חלש ומלח של בסיס זה או חומצה חלשה והמלח של חומצה זו.

אין הכרח להסביר לתלמיד שאינו בקיא בכימיה את האופן שבו נשמרת דרגת החומציות, אך יש חשיבות להכרת תכונתן של תמיסות בופר.



חומרה

תמיסות בופר מצויות בתוך תאי אורגניזמים חיים וכן בנוזלי הגוף. חשיבות הבופר בשמירה על דרגת pH קבועה פחות או יותר כחלק ממנגנוני הומיאוסטאזיס ביצורים חיים. ניסוי 15 בנושא תהליכים וחילוף חומרים בתא, מדגים מערכת בופר בתאי תפוח אדמה.

ט. החיסרון בשימוש באינדיקטור הוא בכך שבאמצעותו אפשר להבחין בדרך כלל בין שני תחומי pH, בעוד שנייר pH מאפשר מדידה של דרגות pH (סיכום, שאלה ד).

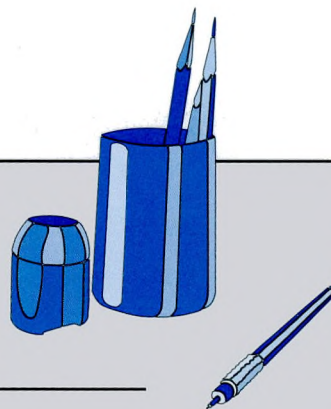


- מכשיר pH — מטר (אם נמצא ברשותך, אם לאו — ותר על חלק ג)
- כתבן
- כן למבחנות
- 8 מבחנות רגילות
- 8 פקקים מתאימים למבחנות
- 2 פיפטות של 10 מ"ל
- 2 פיפטות פסטור עם טפטף
- מקלוניס לבדיקת pH 0–14 לחלקים ב, ד, ה. המספר המדויק הנדרש יקבע על פי מספר הבדיקות שיבצע כל תלמיד בחלק ד
- מים מזוקקים בבקבוק פלסטי, בתוספת כוסית 50 מ"ל
- כ-5 מ"ל תמיסת אינדיקטור אדום ניטרלי בריכוז 0.04%*
- כ-5 מ"ל תמיסת אינדיקטור קונגו אדום בריכוז 0.1% (במים) בבקבוק עם טפי
- כ-20 מ"ל תמיסת בופר פוספט $\text{pH} = 6^*$
- כ-10 מ"ל תמיסת HCl בריכוז 0.1 M בבקבוק פקוק
- כ-10 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 0.1 M בבקבוק פקוק
- תמיסות שונות לבדיקת דרגת pH: מיץ לימון, תמיסת סבון, חלב ועוד

* הוראות ההכנה בנספח: ציוד והכנת תמיסות



לחורף



Lined writing area for notes.

ולכשיו...





מבחנה

תרגיל מעבדה 2

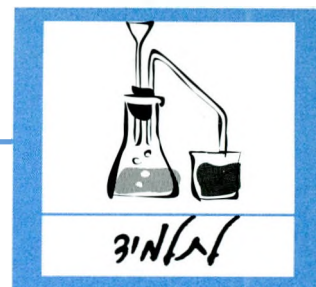
חלק א: הכרת תכונות האינדיקטורים אדום ניטרלי וקונגו אדום

1. סמן 4 מבחנות בספרות 1–4.
הכנס למבחנות את החומרים על פי המפורט בטבלה.
פקוק את המבחנות ונער קלות את התמיסות.
בדוק ורשום את צבע התמיסה בכל אחת מהמבחנות.
2. סכם בטבלה את תוצאות בדיקותיך.

שינוי צבע אינדיקטורים בתמיסות חומצה ובסיס

מספר מבחנה	נפח מים מזוקקים, במ"ל	נפח חומצה, HCl, בטיפות	נפח בסיס, NaOH, בטיפות	סוג האינדיקטור	מספר טיפות אינדיקטור	צבע במבחנה
1	8	3	—	אדום ניטרלי	2	
2	8	3	—	קונגו אדום	2	
3	8	—	3	אדום ניטרלי	2	
4	8	—	3	קונגו אדום	2	

3. מהי המסקנה מהבדיקות שערכת?
 4. החומר H_2SO_4 הוא חומצה. על פי ממצאיך, מה הצבע שיתקבל אם תוסיף לו 2 טיפות של האינדיקטור אדום ניטרלי?
 5. הגדר מהו אינדיקטור לחומצה/בסיס.
- pH הוא, כידוע, מדד למידת החומציות/בסיסיות של תמיסה.
סקלת pH⁻ המקובלת היא בין 0 (הערך המתאים לחומצה מרוכזת) ל-14 (הערך המתאים לבסיס מרוכז).
- pH⁻ של תמיסה ניטרלית הוא 7.
בחלקים ב–ד בתרגיל תבדוק דרגת pH בתמיסות שונות ובאופנים שונים.



חלק ב: מדידת דרגת חומציות (pH) באמצעות נייר pH

6. סמן 2 מבחנות בספרות 5, 6. הכנס לכל מבחנה 8 מ"ל מים מזוקקים. טבול את המקלון לבדיקת pH במים המזוקקים. הוצא אותו וקרא את דרגת ה-pH לפי טבלת הצבעים שעל גבי הקופסה שברשותך. רשום מהו ה-pH של מים מזוקקים.

7. הוסף למבחנה 5 טיפה אחת של HCl בריכוז 0.1M. פקוק את המבחנה וערבב את הנוזל שבה. מדוד את דרגת ה-pH בעזרת מקלון נוסף. רשום מהי דרגת ה-pH של התמיסה.



8. למבחנה 5 הוסף עוד טיפה של HCl בריכוז 0.1M, פקוק את המבחנה וערבב. מדוד ורשום מהי דרגת ה-pH של התמיסה במבחנה לאחר הוספת 2 טיפות חומצה.

9. טפטף טיפת HCl בריכוז 0.1M ישירות על מקלון לבדיקת pH. רשום מהי דרגת ה-pH של התמיסה.



10. חזור על הוראות סעיפים 7, 8, תוך הוספת NaOH בריכוז 0.1M למבחנה 6 באותו אופן שהוספת את החומצה בסעיפים הקודמים. רשום את דרגת ה-pH של 8 מ"ל מים מזוקקים ו-1 טיפת NaOH בריכוז 0.1M. רשום את דרגת ה-pH של 8 מ"ל מים מזוקקים ו-2 טיפות NaOH בריכוז 0.1M.

11. טפטף טיפת NaOH בריכוז 0.1M ישירות על מקלון לבדיקת pH. רשום מהי דרגת ה-pH של הבסיס NaOH בריכוז 0.1M.

בחלק ב בצעת את הפעולות האלה:

- א. מדדת את דרגת ה-pH של מים מזוקקים.
ב. בדקת את דרגת ה-pH של תמיסות חומצה ובסיס בריכוזים שונים.



מחזור

12. סכם את ממצאיך מסעיפים 6–11, בטבלה שלהלן:

דרגת pH בתמיסות חומצה ובסיס בריכוזים שונים*

דרגת pH כפי שנמדדה באמצעות מקלון לבדיקת pH	התמיסה הנבדקת מכילה		
	0.1 M NaOH	0.1 M HCl	מים מזוקקים
	—	+	—
	—	2 טיפות	8 מ"ל
	—	1 טיפה	8 מ"ל
	—	—	8 מ"ל
	1 טיפה	—	8 מ"ל
	2 טיפות	—	8 מ"ל
	+	—	—

* שים לב: סדר הטיפולים המופיע בטבלה אינו כמו זה שבוצעת בניסוי. דייק ברישום התוצאות בטבלה.

13. מהן המסקנות מהמידות שערכת?

חלק ג: הדגמת שימוש במכשיר למדידת דרגת חומציות

מדידה מדויקת של דרגת pH תתקבל על ידי שימוש במכשיר הנקרא pH-מטר.

14. א. מדוד ורשום מהי דרגת החומציות של מי ברז.

ב. מדוד ורשום מהי דרגת החומציות של מים מזוקקים.



ג. מדוד ורשום מהי דרגת החומציות של מים מזוקקים בתוספת 2 טיפות HCl

בריכוז 0.1 M

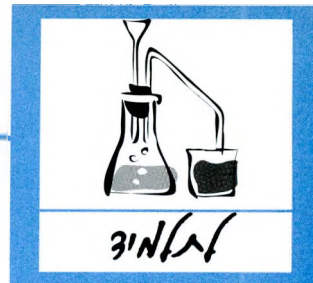


ד. מדוד ורשום מהי דרגת החומציות של מים מזוקקים בתוספת 2 טיפות NaOH

בריכוז 0.1 M

15. השווה את ערכי ה-pH שמדת באמצעות מקלון לבדיקת pH (בחלק ב) לאלו שנמדדו במכשיר.

מהי המסקנה מהשוואה זו?



חלק ד: מדידת pH של תמיסות שונות

16. ברשותך תמיסות אחדות של חומרים המוכרים לך: חלב טרי, מיץ לימון ותמיסת סבון. בדוק את דרגת ה-pH של כל אחת מן התמיסות ורשום תוצאותיך. תוכל לבדוק בביתך סוגים שונים של סבון, סודה לשתייה, חלב מקולקל, מוצרי חלב כגון יוגורט ועוד.

חלק ה: הכרת תכונת תמיסת בופר (תמיסה מתריסה)

17. א. בדוק את דרגת ה-pH בתמיסת הבופר ורשום את התוצאה.
 ב. סמן 2 מבחנות בספרות 7, 8.
 ג. הכנס 8 מ"ל תמיסת בופר למבחנה 7 ואותו נפח למבחנה 8.
18. א. הוסף 2 טיפות HCl לתמיסת הבופר שבמבחנה 7. ערבב היטב.
 הוסף 2 טיפות NaOH לתמיסת הבופר שבמבחנה 8. ערבב היטב.
 בדוק את דרגות ה-pH במבחנות ורשום את התוצאות.
 ב. הכנס 2 טיפות נוספות של החומצה למבחנה 7 ו-2 טיפות נוספות של בסיס למבחנה 8.
 ערבב היטב. בדוק את דרגות ה-pH ורשום את התוצאות.
 ג. אם ה-pH לא השתנה, הוסף עוד 4–6 טיפות של חומצה ובסיס בהתאם לכל אחת מהמבחנות.
 בדוק שוב את דרגות ה-pH במבחנות ורשום את התוצאות.
19. סכם את תוצאות הבדיקות בטבלה שלהלן:
 (הוסף את הנתונים הדרושים מהטבלה שבסעיף 12)



למדידה

דרגת ה- pH בתמיסות שונות

דרגת pH כפי שנמדדה באמצעות מקלון לבדיקת pH	התמיסה הנבדקת מכילה		
	0.1 M NaOH	0.1 M HCl	
	—	—	8 מ"ל מים
	—	2 טיפות	8 מ"ל מים
	2 טיפות	—	8 מ"ל מים
	—	—	8 מ"ל בופר
	—	2 טיפות	8 מ"ל בופר
	—	4 טיפות	8 מ"ל בופר
	—	8 טיפות	8 מ"ל בופר
	2 טיפות	—	8 מ"ל בופר
	4 טיפות	—	8 מ"ל בופר
	8 טיפות	—	8 מ"ל בופר

20. על פי תוצאות בדיקותיך, קבע מהי תכונת תמיסת הבופר.

סיכום

- מהו השימוש האפשרי באינדיקטור לחומצה/בסיס?
- מהו השימוש האפשרי במקלון לבדיקת pH ?
- בסדרת תמיסות נמדדו דרגות pH בין 2–6.
מה ניתן ללמוד על תמיסות אלו ועל ריכוזן?
- מהו היתרון של שימוש במקלון לבדיקת pH על פני שימוש באינדיקטור?



מזכרה

תרגיל מעבדה 3

הנושא: א. תרגול בהכנת סדרת מיהולים עשרוניים
ב. הכרת הקשר בין ריכוז חומצה לדרגת ה- pH

הכיתה: יא, יב / 5 י"ל

הזמן הנדרש: שיעור אחד

הידע הקודם הנדרש: אופן הכנת מיהולים עשרוניים

הכרת המושגים: חומצה, בסיס, pH , אינדיקטור

אחת ממיומנויות המעבדה הנדרשות מהתלמיד היא הכנת תמיסות מהולות מתמיסה נתונה אשר ריכוזה ידוע.

לאחר שהנושא נלמד בכיתה, כדאי לתרגל הכנת מיהולים עשרוניים במעבדה.

כאשר התלמיד מכין סדרת מיהולים, קשה בדרך כלל להעריך את מידת הדיוק בעבודה. לכן בניסוי זה מוצע למהול תמיסת חומצה ואחר כך למדוד את דרגת ה- pH . מומלץ שימוש בפרופיטה להכנת מיהולי החומצה.

א. בסעיף 1 נדרש התלמיד לתכנן הכנת מיהולים מתמיסת אם שריכוזה 0.1 M. טבלה לדוגמה:

הכנת מיהולים עשרוניים של חומצה

מספר מבחנה	נפח מים, במ"ל	נפח תמיסת חומצה, במ"ל	נפח סופי – לאחר ההעברה, במ"ל	ריכוז סופי, M^{-1}
1	0	4.5 מתמיסת אם	4.5 (אין העברה)	0.1
2	4.5	0.5 מתמיסת אם	4.5	0.01
3	4.5	0.5 ממבחנה 2	4.5	0.001
4	4.5	0.5 ממבחנה 3	4.5	0.0001
5	4.5	0.5 ממבחנה 4	4.5	0.00001
6	4.5	0.5 ממבחנה 5	4.5 (לשפוך 0.5 מ"ל)	0.000001



מומלץ להציג את דרך הכנת המיהולים באיור מתאים (ראה איור בפרק: תמיסות, ריכוזים ומיהולים, עמוד 40).

ב. ערבוב התמיסה לאחר כל שלב בהכנת המיהולים הכרחי להצלחת הניסוי (סעיף 2). מומלץ לפקוק את המבחנה לאחר הכנת כל מיהול, לערבב היטב, ולהחליף פיפטה בכל העברה. רצוי להדגים לתלמידים את דרך הערבוב.

ג. דרגת ה-pH הצפויה של תמיסת HCl בריכוז 0.1M היא 1.

HCl היא חומצה חזקה ובמים מתפרקת כולה ליונים.

$$\text{בתמיסה זו } [\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1\text{M}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log 0.1 = 1 \quad \text{ולכן}$$

במיהולים עשרוניים ריכוז התמיסה יורד בכל מיהול פי 10, ולכן דרגת ה-pH עולה ביחידה אחת.

לדוגמה: כשריכוז HCl הוא 0.01M

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01\text{M}$$

$$\text{pH} = -\log 0.01 = 2 \quad \text{ולכן}$$

חישוב זה נכון עד לריכוז 10^{-7}M HCl, שבו ה-pH = 7.

אם נמשיך למהול, ה-pH לא יעלה, אלא יתייצב על pH=7.

הוספת תמיסה שבה ריכוז היונים 10^{-7}M , למים שגם בהם ריכוז היונים הוא 10^{-7}M אינה משמעותית ולכן ה-pH איננו משתנה.

ד. אי דיוק קל בהעברת נפח מסוים של תמיסה, או ערבוב לא מספיק, יגרמו לסטיות ניכרות בדרגת ה-pH. שגיאה זו תתבטא באופן משמעותי יותר בריכוזים הנמוכים של החומצה (שאלה 6). שגיאות אלו הן שגיאות **מקריות**. צפוי שחזרה על הניסוי תוך הקפדה על עבודה מדויקת תשפר את התוצאות.

ייתכן שבניסוי תהיינה גם שגיאות **שיטתיות**:

1. מידת דיוק של נייר pH. גלילי נייר pH מאבדים את אמינותם באחסון ממושך, לכן עדיף השימוש במקלוני pH, אם כי גם בשימוש במקלוניים צפויה שגיאת ניסוי. במעבדה שיש בה pH-מטר, כדאי להשתמש בו.



חומצה

2. יתכן שהמים, המשמשים למיהול, הם חומציים. בריכוזים גבוהים של החומצה אין לחומציות המים השפעה רבה. אך ככל שמוהלים וריכוז החומצה יורד, השפעת המים החומציים גדלה באופן יחסי. אם בחרת לדון עם התלמידים בשגיאה שיטתית זו, הוסף גם מדידת pH של המים המזוקקים.

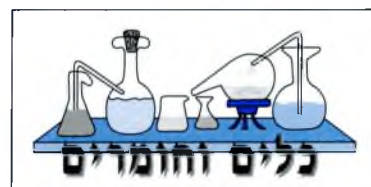
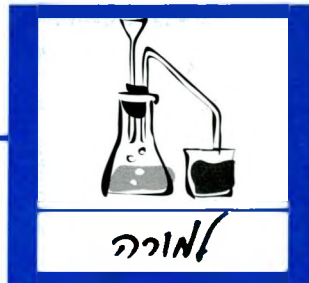
ה. שימוש באינדיקטור תימול כחול (שאלה 7), מדגים שיש אינדיקטורים המשנים את צבעם בתחום החומצי ובתחום הבסיסי. ב- $pH > 2.8$ – צבע האינדיקטור אדום. בטווח $pH > 2.8$ ו- $pH < 8.0$ צבע האינדיקטור צהוב, וב- $pH > 8.0$ צבעו כחול.

ו. אם התלמידים למדו את הנושא: סתירה בין חומצה לבסיס וטיטרציה, ועומד לרשותך די זמן, כדאי לבצע סעיף 9.

בסעיף זה, מוצע לטטר שתי תמיסות על ידי תמיסת NaOH בריכוז 0.1M, עד לקבלת צבע כחול. מתוך השוואת מספר הטיפות הדרוש לטיטרציה, נוכל להסיק על ריכוז החומצה במבחנה.

אם התלמידים שולטים בנושא חומצות, בסיסים, pH – ניתן לחלק את הכיתה לשתי קבוצות. האחת תבצע את מיהולי החומצה והשנייה תבצע מיהולים של תמיסת בסיס. לרשימת החומרים יש להוסיף 10 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 0.1M ומקלוני לבדיקת pH בתחום הבסיסי (7–14). יש לשנות את שאלות 1, 4, 9 בהתאם.





- כתבן
- כן למבחנות
- 6 מבחנות רגילות
- 6 פקקי גומי מתאימים למבחנות
- כוס כימית (או כוס חד פעמי) של 50 מ"ל
- 2 פיפטות של 5 מ"ל
- 5 פיפטות של 1 מ"ל
- פיפטור מתאים לפיפטות (פרופיפטה)
- מקלונים לבדיקת pH בתחום החומצי (1–7) המדידה במקלונים מדויקת יותר מאשר בנייר pH. כדי לחסוך במקלונים ניתן לחתוך במספריים נקיים כל מקלון לאורכו
- מים מזוקקים בבקבוק פלסטי בתוספת כוסית 50 מ"ל
- 10 מ"ל תמיסת HCl בריכוז 0.1 M בכלי המאפשר הכנסת פיפטה של 1 מ"ל
- 5 מ"ל תמיסת אינדיקטור תימול כחול בריכוז 0.5% בבקבוק עם טפי

לפי בקשת המורה:

- 10 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 0.1 M בכלי קטן או במבחנה פקוקה
- פיפטת פסטר עם טפטף





מבחן

תרגיל מעבדה 3

בניסוי זה תתרגל הכנת סדרת מיהולים עשרוניים של חומצה, ותבדוק את דרגת ה- pH בכל אחד מהמיהולים.

1. לפניך תמיסת חומצה HCl בריכוז 0.1M . תמיסה זו מכונה "תמיסת אם".

מתמיסת אם זו עליך להכין סדרה של 5 מיהולים עשרוניים – כך שבמבחנה 1 הריכוז של החומצה יהיה 0.1M ובמבחנה 6 הריכוז יהיה 10^{-6}M . הנפח הסופי בכל המבחנות יהיה (לאחר ההעברה) 4.5 מ"ל .



למבחנה 1 הכנס רק 4.5 מ"ל מתמיסת HCl בריכוז 0.1M (תמיסת אם).
במבחנה 2 יתבצע המיהול הראשון (ריכוז 0.01M), וכך עד למבחנה 6.
רשום בטבלה או באיור מתאים את מהלך הכנת המיהולים.

2. קבל את אישור המורה לתוכניתך ובצע אותה.

שים לב: לאחר הכנת המיהול במבחנה 2, פקוק את המבחנה ונער את התמיסה. להכנת המיהול הבא – השתמש בפיפטה נקייה.
חזור על הוראות העבודה שבסעיף זה להכנת שאר המיהולים.

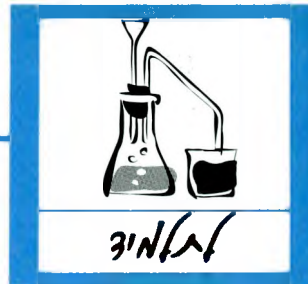
3. pH הוא מדד לחומציות/בסיסיות התמיסה. מהו טווח ה- pH הצפוי ב-6 המבחנות שהכנת?

4. כאשר מוהלים פי 10 תמיסת חומצה אשר דרגת ה- pH שלה היא 1, ריכוז החומצה יורד פי 10 ודרגת ה- pH עולה ביחידה אחת.
מה הן התוצאות הצפויות במדידת ה- pH במבחנות השונות?

5. א. מדוד את ה- pH בכל המבחנות בעזרת מקלון לבדיקת pH .
ב. הכן טבלה מתאימה, שבה תרשום את ריכוז החומצה בכל מבחנה ואת תוצאות בדיקת ה- pH .

6. האם תוצאות המדידות שביצעת תואמות את הצפוי על פי תשובתך לסעיף 4?
אם לא – נסה לשער אילו שגיאות גרמו לכך? כיצד ניתן לשפר את דרך הביצוע?

7. לכל אחת מהמבחנות, הוסף 2 טיפות אינדיקטור תימול כחול.
רשום בטבלה שהכנת בסעיף 5 את צבע התמיסה בכל אחת מהמבחנות.



8. מה תוכל להסיק מתוצאות הבדיקה, על תכונות האינדיקטור תימול כחול?

בצע את סעיף 9 רק לאחר הוראת המורה:



9. על שולחן תמיסת בסיס NaOH בריכוז 0.1 M.

א. בעזרת פיפטת פסטר הוסף למבחנה 6 טיפה אחר טיפה מתמיסת הבסיס **תוך כדי**

ספירת הטיפות, עד להופעת צבע כחול. רשום את מספר הטיפות שהוספת למבחנה 6.

ב. הסבר את התהליך שהתרחש במבחנה ואת הסיבה לשינוי הצבע.

ג. חזור על התהליך במבחנה 3 (או מבחנה אחרת לפי הוראת המורה).

רשום את מספר הטיפות שהוספת למבחנה 3.

ד. הסבר את ההבדל בין התוצאות בשתי המבחנות.



לחורפה

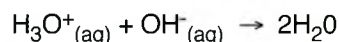
תרגיל מעבדה 4

הנושא: הכרת תהליך סתירה כימית וביצוע טיטרציה

הכיתה: י, יא, יב 3/ או 5 י"ל
 הזמן הנדרש: שיעור אחד או שני שיעורים
 הידע הקודם הנדרש: תכונות חומצה, בסיס ואינדיקטור; ריכוזי תמיסות

בתרגיל זה התלמיד יכיר שני אינדיקטורים לחומצה/בסיס ויבצע תגובת סתירה.

א. לאינדיקטורים פנול אדום וברומתימול כחול צבע צהוב בסביבה חומצית. בסביבה בסיסית לברומתימול כחול – צבע כחול ולפנול אדום – צבע אדום. מבחנות 1 ו-2 מכילות חומצה. כאשר לחומצה הוסף בסיס, התרחשה תגובת סתירה כימית (שאלה 2). משוואת התהליך:



H_3O^+ (יון הידרוניום), נכתב כמקובל כיום במקום H^+ .

היונים $\text{Na}^+(\text{aq})$ ו- $\text{Cl}^-(\text{aq})$ אינם משתתפים בתגובה.

תגובת הסתירה מתרחשת החל מהוספת הבסיס, אלא שכל עוד יש עודף חומצה צבע התמיסה אינו משתנה. ברגע שהחומצה הגיבה בשלמות ונותר מעט בסיס בעודף, חל שינוי בצבע התמיסה. האינדיקטור מצביע על סביבה בסיסית (שאלה 4). אינדיקטורים שונים נבדלים זה מזה בתחום ה- pH בו משתנה צבעם.

ב. אפשר שהתלמיד יבחין כי לכל מבחנה (1 ו-2) הוסיף 6 טיפות חומצה והשינוי בצבע האינדיקטור (בסעיף 1 ו) התקיים לאחר הוספת 6 טיפות בסיס (שכן ריכוז החומצה והבסיס היה שווה – 0.1 M).

בהתאם לכך יסיק, כי אם הוספה רק טיפה אחת של חומצה בריכוז 0.1 M יהא צורך רק בטיפה אחת של בסיס באותו ריכוז – עד לקבלת שינוי בצבע התמיסה (שאלה 5).

ג. הטיטרציה המבוצעת בחלק ב היא טיטרציית טיפות. דרך זו נוחה לביצוע בהשוואה לטיטרציה בעזרת ביורטה (אשר תבוצע בתרגיל מעבדה 5). יש לשים לב להנחה שנפח הטיפה הוא קבוע, ולכן אפשר לבסס את החישוב על מספר הטיפות ולא על נפח החומצה או הבסיס.



חומצה

בנקודת סיום הטיטרציה מתרחשת סתירה מלאה, לפיכך מספר המולים של החומצה שווה למספר המולים של הבסיס.

בחומצות ובסיסים חד פרוטיים מספר המולים = ריכוז החומר בתמיסה (במולר) X נפח התמיסה.

בחומצה דו פרוטית, לדוגמה H_2SO_4 , מספר המולים של החומצה = ריכוז החומצה (במולר) X 2 X נפח החומצה. כנ"ל גם בבסיס דו ערכי, כגון $Ca(OH)_2$.



- כתבן
- כן למבחנות
- 3 מבחנות רגילות
- 4 פיפטות פסטר עם טפטף
- פיפטה של 5 מ"ל
- מים מזוקקים בבקבוק פלסטי וכוס כימית קטנה
- כ-5 מ"ל תמיסת HCl בריכוז 0.1 M בבקבוק או במבחנה פקוקה
- כ-5 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 0.1 M בבקבוק או במבחנה פקוקה
- (למען הדיוק, התלמיד ישתמש בפיפטת פסטר בכדי להוסיף חומצה ובסיס)
- כ-5 מ"ל תמיסת HCl בריכוז 0.02 M במבחנה פקוקה, רשום "תמיסת HCl בריכוז X"
- כ-5 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 0.01 M, רשום "תמיסת בסיס — לחלק ב".
- כ-5 מ"ל תמיסת ברומתימול כחול בריכוז 0.04%, בבקבוק טפי*
- כ-5 מ"ל תמיסת פנול אדום בריכוז 0.04%, בבקבוק טפי*

ואכליו...



* הוראות ההכנה בנספח: ציוד והכנת תמיסות



מבחן

תרגיל מעבדה 4

חלק א

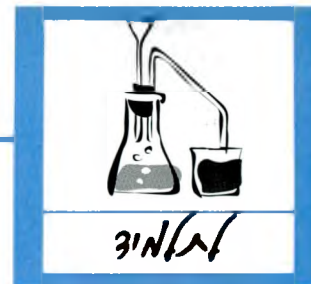
בחלק זה תבצע תגובת סתירה כימית.



1. א. סמן שתי מבחנות בספרות 1, 2.
ב. הכנס לכל מבחנה 5 מ"ל מים מזוקקים ו-6 טיפות HCl בריכוז 0.1M.
ג. ערבב קלות את תוכן המבחנות.
ד. למבחנה 1 הוסף 2–3 טיפות אינדיקטור ברומתימול כחול. רשום את זהותה הכימית של התמיסה ואת צבעה.
ה. למבחנה 2 הוסף 2–3 טיפות אינדיקטור פנול אדום. רשום את זהותה הכימית של התמיסה ואת צבעה.
ו. קרא את הוראות הסעיף כולו בטרם תבצע:
טפטף למבחנה 1, **טיפה אחר טיפה** של NaOH בריכוז 0.1M, תוך כדי ספירת הטיפות.
לאחר כל טיפת בסיס שתוסיף נער את המבחנה בעדינות.
הפסק להוסיף בסיס ברגע שיהיה שינוי בצבע הנוזל שבתמיסה ושינוי זה יישמר במשך דקה אחת. רשום את צבע התמיסה לאחר השינוי.
רשום את מספר הטיפות של הבסיס אשר נדרשו לשינוי צבע התמיסה.
ז. חזור במדויק על הוראות סעיף ה לגבי התמיסה שבמבחנה 2.
רשום מהו צבע התמיסה לאחר השינוי.
ספור את מספר הטיפות של הבסיס אשר נדרשו לשינוי צבע התמיסה ורשום אותן.



2. מהי התגובה הכימית שהתקיימה בכל אחת מהמבחנות בשעת הוספת NaOH?
רשום את משוואת התגובה.
3. על מה מעיד השינוי בצבע שהתקבל במבחנות?
אילו חומרים, פרט לאינדיקטור, היו בכל אחת מהמבחנות לאחר שינוי בצבע התמיסות?
4. מה תפקידו של האינדיקטור שהוספת?



5. בניסוי שביצעת הוספו 6 טיפות HCl בריכוז 0.1 M ל-5 מ"ל מים. בניסוי אחר הוספה רק טיפה אחת של חומצה HCl בריכוז 0.1 M לאותו נפח מים. האם לדעתך מספר הטיפות של בסיס, שנדרשו לשינוי בצבע התמיסה במקרה זה, שווה למספר הטיפות שנדרשו בסעיף 1? ה? נמק.

חלק ב

תהליך הטיטור מבוסס על תגובת הסתירה שהכרת בחלק א. בתהליך זה מוסיפים בהדרגה כמויות מדודות של תמיסת חומר אחד בריכוז ידוע לתמיסה אחרת שנפחה ידוע ואת ריכוזה עלינו למצוא. נקודת סיום הטיטרציה היא הנקודה שבה חל שינוי חד ב-pH של התמיסה. בנקודה זו נסתר (הגיב בשלמות) החומר המטוטר (אותו חומר שאליו טפטנו) ונמצא בעודף החומר המטטר (החומר שאותו הוספנו). במהלך ביצוע הטיטרציה נאתר את נקודת הסיום בעזרת השינוי בצבע האינדיקטור.

- בחלק זה עליך לחשב את ריכוזה של תמיסת HCl. 6. למבחנה שתסמנה בספרה 3, הוסף 10 טיפות תמיסת HCl בריכוז X. (זו התמיסה אשר ריכוזה נעלם). הוסף למבחנה 2–3 טיפות ברומתימול כחול. מהו הצבע שהתקבל?

7. טטר את תמיסת החומצה שריכוזה אינו ידוע, עם תמיסת NaOH בריכוז 0.01 M, על פי ההוראות:

- טפטף טיפה אחר טיפה של בסיס תוך כדי ספירת הטיפות. ערבב קלות את התמיסה תוך כדי טפטוף.
- הפסק להוסיף בסיס ברגע שיחול שינוי בצבע התמיסה, ושינוי זה יישאר יציב במשך כדקה.
- רשום כמה טיפות בסיס נדרשו להשלמת הטיטרציה.
- מהו צבע התמיסה בנקודת סיום הטיטרציה? מדוע השתנה צבע התמיסה?



כימיה

8. בנקודת סיום הטיטרציה, מכפלת ריכוז החומצה בנפחה שווה למכפלת ריכוז הבסיס בנפחו. בהנחה שנפח הטיפה הוא קבוע, תוכל להשתמש במספר הטיפות כמדד לנפח התמיסות. כלומר, מכפלת ריכוז החומצה (X) במספר הטיפות שהגיבו (10) שווה למכפלת ריכוז הבסיס (0.01) במספר הטיפות שהוספו (התוצאה שקיבלת בסעיף 7 ב). חשב את ריכוז תמיסת HCl שטיטרת (התמיסה אשר ריכוזה נעלם).
9. קבל מהמורה את ריכוז תמיסת הנעלם.
- א. השווה את התוצאה שקיבלת לתוצאות חבריך בקבוצה ולנתון שקיבלת מהמורה.
- ב. אם ישנם הבדלים בין התוצאות, הצע להם הסבר.



מאזנה

תרגיל מעבדה 5

הנושא: א. שיטה איכותית לזיהוי פחמן דו-חמצני בתמיסה
ב. שיטה כמותית לקביעת ריכוז פחמן דו-חמצני בתמיסה

הכיתה: י, יא, יב / 3 או 5 י"ל

הזמן הנדרש: שני שיעורים

הידע הקודם הנדרש: חומצות ובסיסים; טיטרציה

מומלץ לבצע ניסוי זה לאחר ביצוע תרגיל מעבדה 4. בתרגיל מעבדה 4 התלמיד למד על תהליך הסתירה הכימית וביצע טיטרציית טיפות. בתרגיל זה ביצע טיטרציה באמצעות ביורטה ויחשב את ריכוז החומצה הפחמתית במים. בתרגיל זה נתייחס לריכוז החומצה הפחמתית בתמיסה **כמבטא** את כמות ה-CO₂ אשר ננשפה לתוכה, אף כי ייתכן שלא כל ה-CO₂ הננשף נקלט בתמיסה.

א. מבין כלל הגזים שבאוויר הנשוף רק ה-CO₂, המומס במים, גורם לתגובה החומצית. שימוש באינדיקטור לחומצה/בסיס אינו מהווה שיטה ייחודית לזיהוי CO₂, שכן הוספה של כל חומצה אחרת תגרום לאותם שינויי צבע (שאלה 3).

ב. על פי התוצאות בסעיף 4, ייווכח התלמיד כי שימוש בבסיס הסידן מאפשר זיהוי איכותי של CO₂. לבדיקה כמותית של CO₂ נוכל להשתמש בשיטת הטיטרציה המתוארת בסעיפים 6–11 להלן.

ג. בסעיפים 6–11 ייקבע ריכוז החומצה הפחמתית במים שנשפו לתוכם. כדי להקל על התלמיד, נתעלם מהפחמן הדו חמצני המומס במי ברז. אם בכל זאת החלטת לחשב כמות CO₂ זו, תוכל לטטר 50 מ"ל מי ברז.

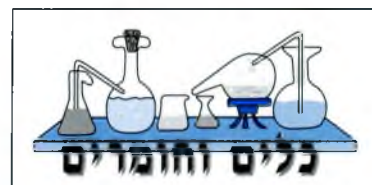
ד. לפני ביצוע חלק ב, כדאי להדגים בפני התלמידים את אופן העבודה בביורטה.

ה. חישוב מספר המולים של חומצה ובסיס (סעיף 10) מתאים לחומצה ובסיס חד פרוטיים. אם לתלמידים רקע כימי מתאים ניתן לתקן את הנוסחה לחישוב מספר המולים בהתאם לערכיות חומצה / בסיס.



לחורף

הטיטריציה בחלק ב מבוססת על ההנחה שבזמן הסתירה מגיבים 1 מול NaOH עם 1 מול H_2CO_3 על פי הנוסחה בסעיף 9, כלומר החומצה H_2CO_3 מגיבה בתהליך כחומצה חד פרוטית.



כלים וחומרים

- שעון עצר
- כן למבחנות
- 2 מבחנות רגילות
- פיפטה של 5 מ"ל
- פיפטת פסטר עם טפטף
- ביורטה, מעמד מתכת ותפס מתאים
- ארלנמייר של 100 מ"ל
- משפך קטן
- 3 קשיות שתייה
- מים מזוקקים בבקבוק פלסטי וכוס כימית קטנה
- כ-5 מ"ל תמיסת ברומתימול כחול בריכוז 0.04% בבקבוק טפי*
- כ-5 מ"ל תמיסת פנול פתלאין בריכוז 0.5% בבקבוק טפי*
- כ-40 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 0.01M
- כ-10 מ"ל תמיסת Ca(OH)_2 רוויה (ערבב היטב 2 גרם בתוך ליטר מים. הנח את התמיסה, כך ששקע עודף המוצק והתמיסה שמעליו היא בריכוז הרוויה).

ולכליו...



* הוראות ההכנה בנספח: ציוד והכנת תמיסות



למבחן

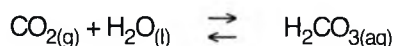
תרגיל מעבדה 5

חלק א

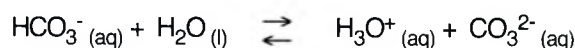
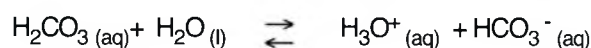
בחלק זה תכיר שיטה לזיהוי איכותי של CO_2 בתמיסה.

1. ברומתימול כחול הוא אינדיקטור לחומצה/בסיס. צבעו של האינדיקטור כחול בסביבה בסיסית וצהוב – בסביבה חומצית.
א. הכנס למבחנה 5 מ"ל מים מזוקקים ו-2 טיפות אינדיקטור ברומתימול כחול. אם צבע התמיסה אינו כחול, טפטף מתמיסת NaOH בעזרת פיפטת פסטר, עד הופעת צבע כחול.
ב. נשוף דרך קש אל תוך המים, עד שיחול שינוי בצבע התמיסה.
מהו צבע התמיסה לאחר השינוי?
התבסס על תכונות האינדיקטור, וקבע את טיבו של החומר שנוצר בתמיסה כתוצאה מהנשיפה.

2. CO_2 הכלול בהרכב האוויר הנשוף, מגיב עם המים לקבלת חומצה פחמתית, כמפורט במשוואה הזאת:

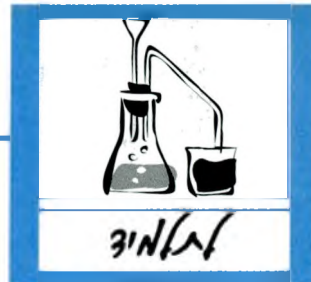


החומצה H_2CO_3 מתפרקת בשלבים ליונים, כמפורט במשוואות האלה:

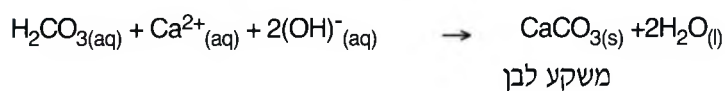
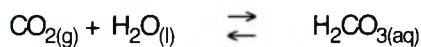


3. האם שימוש באינדיקטור לחומצה/בסיס, היא שיטה ייחודית לזיהוי CO_2 ?
(רמז: חשוב על אפשרות לגרום לאותו שינוי בצבע תמיסת ברומתימול כחול באופן אחר.)

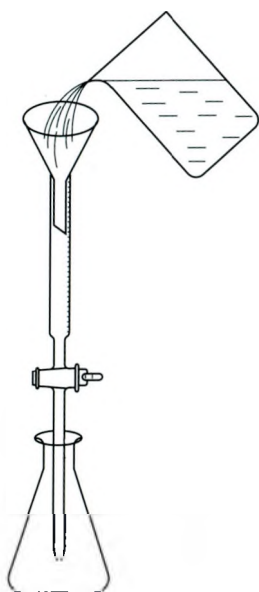
4. א. הכנס למבחנה 5 מ"ל תמיסת בסיס הסידן – Ca(OH)_2 . שים לב התמיסה צלולה.
ב. נשוף דרך קש לתוך תמיסת בסיס הסידן.
ברגע שיחול שינוי בצבע התמיסה או/ו בצלילותה, הפסק לנשוף ורשום את השינוי.



5. רצף התהליכים הכימיים במבחנה הוא:



חלק ב



איור 1

בחלק זה תכיר שיטה לקביעה כמותית של CO_2 בתמיסה.

6. א. הכנס לתוך הארלנמייר 50 מ"ל מי ברז.

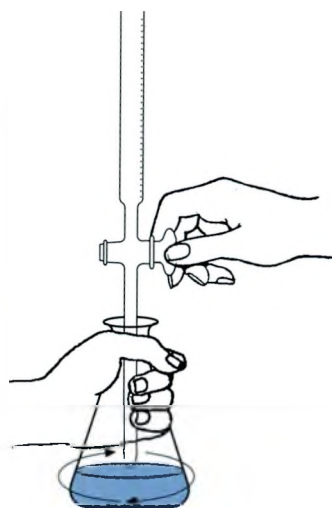
הוסף למים 3 טיפות פנול פתלאין.

ב. קבע את הביורטה במעמד מתאים, ומלא

אותה עד לקו ה-0 בתמיסת NaOH בריכוז 0.01M (איור 1).

ג. נשוף ברציפות באמצעות קש במשך

15 שניות אל תוך התמיסה שבארלנמייר.



איור 2

7. עליך לטטר **מיד** את התמיסה על ידי הוספת נפח מדוד של NaOH.

א. החזק את הארלנמייר מתחת לביורטה ופתח את הברז, כך תעביר אל התמיסה שבו טיפה אחר טיפה מתמיסת הבסיס.

ב. נער מדי פעם בצורה אופקית את הנוזל שבארלנמייר (איור 2).

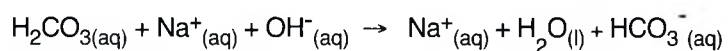
ג. המשך והוסף תמיסת בסיס עד שיחול שינוי בצבע התמיסה, שינוי אשר יהא יציב במשך 30 שניות.



כימיה

8. רשום את נפח תמיסת NaOH אשר נדרש לשינוי צבע התמיסה שבארלנמייר.

9. התגובה הכימית שהתקיימה היא **סתירה כימית**.



10. בתרגיל 4 למדת כי בשעת סיום הטיטרציה מספר המולים של החומצה שווה למספר המולים של הבסיס.

מספר המולים של החומצה שווה למכפלת נפח החומצה בריכוזה, ומספר המולים של הבסיס שווה למכפלת נפח הבסיס בריכוזו.

ריכוז הבסיס שבו השתמשת לטיטרציה הוא 0.01 M.

א. רשום מהו נפח הבסיס הדרוש לסיום הטיטרציה.

ב. חשב את מספר המולים של הבסיס המטטר.

11. נפח תמיסת החומצה הוא 50 מ"ל.

חשב מהו ריכוז החומצה הפחמתית בתמיסה.

ריכוז החומצה הפחמתית בתמיסה מבטא את כמות ה- CO_2 אשר הוכנסה אליה.



מחזור

תרגיל מעבדה 6

הנושא: הכרת תהליך החיזור הכימי של מתילן כחול על ידי גלוקוז והשוואה בין גלוקוז לסוכרוז

הכיתה: יא, יב / 5 י"ל

הזמן הנדרש: שיעור אחד

הידע הקודם הנדרש: הכרת המושגים חמצון חיזור

הניסוי המוצע פשוט ביותר, ניתן לבצעו בהדגמה בכיתה במשך כ-15 דקות. בהמשך השיעור יוסבר תהליך חימצון-חיזור, ויושווה מבנה הסוכרים ותכונותיהם. מומלץ לבצע ניסוי זה כהכנה לניסויים העוסקים בנשימה תאית, שבהם נעשה שימוש במתילן כחול.

א. תהליך חימצון-חיזור הוא תהליך של קבלה – מסירה של אלקטרונים. ניתן להתייחס לחימצון-חיזור גם כאל תהליך של קבלה – מסירה של אטומי מימן. רצוי לבחור בהגדרה על פי הידע הכימי הקודם של התלמידים. בהתאם לכך ניתן לשנות את נוסח ההסבר בתחילת התרגיל.

ב. בגלוקוז הקבוצה הפונקציונלית היא אלדהיד, לקבוצה זו יש יכולת חיזור. סוכרוז (דו-סוכר הבנוי מגלוקוז ופרוקטוז) אינו מחזר מפני ששתי הקבוצות הפונקציונליות שבחד-סוכרים מחוברות זו לזו. מתילן כחול מאבד את צבעו כאשר הוא מתחזר (מחמצן). תהליך זה יכול להתבצע על ידי סוכר מחזר בסביבה בסיסית ובטמפרטורה גבוהה. ההרתחה אינה גורמת להיעלמות הצבע של המתילן הכחול (מבחנה 3).

ג. טעות נפוצה היא שכל חומר שצבעו משתנה, הוא אינדיקטור לחומצה/בסיס. בניסוי זה ניתן להדגים שינויי צבע שאינם קשורים לשינוי ה-pH. תהליך חיזור מתילן כחול על ידי גלוקוז הוא תהליך כימי.

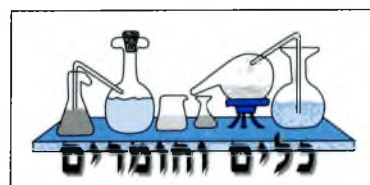
ד. טיטול המבחנה (סעיף 11) גורם להחדרת חמצן לתמיסה. החמצן מחמצן שוב את המתילן כחול המחוזר (חסר הצבע) לחומר בעל צבע. החזרת המבחנה לאמבט החם תזרז את תהליך החיזור והעלמות צבעו של מתילן כחול.



אלורה

ה. בניסויים אחרים יבדקו התלמידים חיזור מתילן כחול באמצעות תאי שמרים, או חיידקי חלב. תהליך זה הוא אנזימתי, מתרחש ב-pH ניטרלי ובטמפרטורה אופטימלית של 40°C . רצוי להסב את תשומת לבם של התלמידים להבדל שבין התנאים הדרושים לתהליך החיזור בנוכחות אנזים מתאים ובהעדרו.

ניתן לבדוק תמיסות של סוכרים אחרים, כגון: פרוקטוז, גלקטוז.



- אמבט מים רותחים
- מד חום
- כתבן
- כן למבחנות
- 5 מבחנות
- 2 פיפטות של 5 מ"ל
- 2 פיפטות פסטר עם טפטף
- נייר pH
- 20 מ"ל תמיסת גלוקוז בריכוז 1%
- 10 מ"ל תמיסת סוכרוז בריכוז 1%
- 5 מ"ל תמיסת Na_2CO_3 בריכוז 10%
- 5 מ"ל תמיסת כחול מתילן בריכוז 0.1%, במים

ואיך...?





מבחן

תרגיל מעבדה 6

מתילן כחול הופך לחסר צבע כאשר הוא מחמצן – מקבל אטומי מימן מחומר אחר. החומר המוסר אטומי מימן – הוא המחזור. בניסוי זה תבדוק מה הם התנאים הדרושים לחיזור מתילן כחול על ידי שני סוכרים.

1. לפניך תמיסות סוכרים (גלוקוז וסוכרוז), מים ותמיסת Na_2CO_3 .

2. הכן מבחנות 1–5 על פי ההוראות בטבלה:

מספר טיפות	נפח תמיסה, במ"ל			מספר מבחנה
	Na_2CO_3	מים	סוכרוז	
3	—	—	5	1
3	—	5	—	2
3	5	—	—	3
—	—	—	5	4
3	—	—	5	5

3. בעזרת נייר pH בדוק מהו ה-pH בכל אחת מהמבחנות.

רשום את התוצאה בטבלת התוצאות (בעמוד הבא).

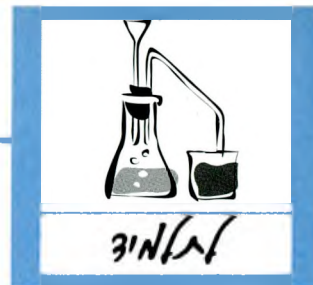
איזו תמיסה גרמה לדעתך, להיווצרות תנאים בסיסיים?

4. הוסף 5 טיפות מתילן כחול לכל אחת מהמבחנות.

5. הכנס מבחנות 1–4 לאמבט מים רותחים עד לשינוי הצבע בחלק מהן.

השאר מבחנה 5 בטמפרטורת החדר.

6. בדוק את צבע התמיסות במבחנות ורשום את התוצאות בטבלה (בעמוד הבא).



השפעת גורמים שונים על שינוי הצבע של מתילן כחול

מספר מבחנה	סוג הסוכר	pH	הרתחה	צבע לאחר הרתחה
1	גלוקוז		+	
2	סוכרוז		+	
3	—		+	
4	גלוקוז		+	
5	גלוקוז		—	

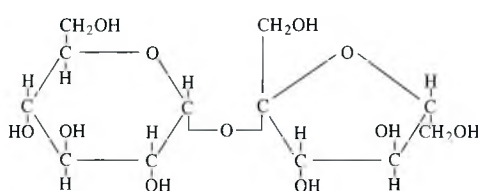
7. איזה חומר חיזר את המתילן הכחול?

מהם התנאים הדרושים לחיזור זה, על פי תוצאות הניסוי?

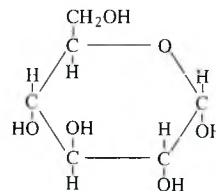
8. הסבר את תפקידן של כל אחת ממבחנות הניסוי.

9. האם התהליך כימצון-חיזור שהתרחש במבחנות, הוא תהליך אנזימטי? נמק.

10. סכם את ההבדלים בין שני הסוכרים מבחינת מבנה וכושר חיזור.



סוכרוז



גלוקוז

11. הוצא מן האמבט את המבחנה שאיבדה את צבעה הכחול וטלטל אותה עד שישתנה צבעה. הסבר מדוע גרם הטילטול לשינוי הצבע?

12. החזר את המבחנה לאמבט המים הרותחים והמתן עד שישתנה צבעה. סכם את התהליכים הגורמים לשינוי הצבע של מתילן כחול מחומר בעל צבע כחול לחומר חסר צבע וההפך.



מאזנה

תרגיל מעבדה 7

הנושא: אומדן גודלם של תאים על פי הסתכלות במיקרוסקופ

הכיתה: י, יא, יב / 3 או 5 י"ל
היזע הקודם הנדרש: הכרת המיקרוסקופ ואופן השימוש בו
הזמן הנדרש: שיעור אחד

אפשר לבצע תרגיל זה אגב חזרה על מיומנויות עבודה במיקרוסקופ או תוך כדי ביצוע ניסוי המלווה בעבודה מיקרוסקופית.

א. אל ההוראות המופיעות כאן אפשר לצרף הנחיות כלליות לעבודה במיקרוסקופ או תזכורת על חלקי המיקרוסקופ במידת הצורך.

(בנושא יחידות אורך, ראה: ברנהולץ, ח' (1985), **פרקים במיקרוביולוגיה**, המרכז להוראת המדעים האוניברסיטה העברית בירושלים, עמ' 20).

ב. דוגמאות לחומר חי המתאים לעבודה מיקרוסקופית ולאומדן מידות תאים: גרגרי אבקה של צמחים שונים (אורן, היביסקוס ואחרים), תאי וליסנריה, אפידרמיס של בצל, צינורות הובלה צבועים בכחול מתילן (מדידת קוטר), תאי סגירה של פיונית באפידרמיס של יהודי נודד ואחרים.

ג. ההסבר והדוגמאות שבדף העבודה לתלמיד מתאימים ללימוד עצמי.

חישוב מספר פיוניות באפידרמיס עליון ותחתון בעלים שונים: רצוי שבין העלים הנבדקים יהיו עלים שווי צדדים (אקליפטוס, צמחים ממשפחת דגניים) ושוני צדדים (דורנטה, סביון תרבותי, פיקוס, היביסקוס ואחרים). בעזרת לק שקוף ניתן להכין תדפיס של אפידרמיס עליון ותחתון של העלים.

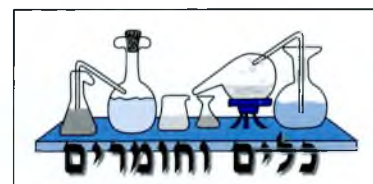
בהגדלה, אשר בה נראים הפרטים טוב ביותר, יספור התלמיד את מספר הפיוניות בשדה ראייה. הוא יחזור ויספור בארבעה שדות ראייה נוספים, את מספר הפיוניות ויחשב את הממוצע.





אפשר לחשב את מספר הפיוניות בממ"ר, ולהשוות את תוצאות החישוב לנתונים המופיעים בספרות. ראה: אמיר, ר. (1993) **הוראת הפוטוסינתזה למורה**, המרכז הישראלי להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים, עמ' 54. שטח שדה הראייה בכל אחת מהגדלות יחושב על פי קוטר שדה הראייה שנמצא (ראה סעיף 4).

אם כל קבוצת תלמידים תבדוק אפידרמיס עליון ותחתון של עלים שונים, יהיה אפשר לקבץ את התוצאות ולערוך דיאגרמת עמודות מסכמת.



- מיקרוסקופ
- ציוד לעבודה מיקרוסקופית
- ריבוע נייר מילימטרי 1 X 1 ס"מ
- חומר חי לפי בחירת המורה





מכשיר

תרגיל מעבדה 7

בתרגיל זה תאמוד את גודלם של תאים על פי הסתכלות במיקרוסקופ.

הגדלה של כל עצם במיקרוסקופ היא מכפלת הגדלת עדשת העצם (האובייקטיב) בהגדלת עדשת העין (האוקולר).

1. פי כמה מגדילה ההגדלה הקטנה במיקרוסקופ שברשותך?
הנח על זכוכית נושאת פיסת נייר מילימטרי, כסה בזכוכית מכסה ובדוק בהגדלה הקטנה.
מדוד ורשום מהו קוטר שדה הראייה בהגדלה זו (במילימטרים).
חשב את הקוטר במיקרונים (מיקרון = אלפית המילימטר).
2. עבור להגדלה הבינונית במיקרוסקופ. פי כמה מגדילה הגדלה זו?
בהגדלה זו ייתכן שלא תוכל להבחין אפילו ביחידת מידה אחת בנייר המילימטרי. הסיבה לכך היא, שבמעבר מהגדלה קטנה לגדולה יותר הצטמצם שדה הראייה באופן יחסי.
3. ידוע כי היחס בין קוטר שדות הראייה הוא הפוך ליחסי ההגדלות.
לדוגמה: אם ההגדלה הקטנה היא $10 \times$ וההגדלה הבינונית היא $40 \times$, קוטר שדה הראייה בהגדלה הבינונית קטן פי 4 מקוטר שדה הראייה בהגדלה קטנה.
4. חשב מהו קוטר שדה הראייה בהגדלה בינונית ובהגדלה גדולה.
5. סכם בטבלה את שלמדת על הגדלות המיקרוסקופ שברשותך.

הגדלה גדולה	הגדלה בינונית	הגדלה קטנה	
			מגדילה פי (אובייקטיב X אוקולר)
			פי כמה גדולה מההגדלה הקטנה
			קוטר שדה הראייה במ"מ



למדי

6. נתונים אלה יאפשרו לך לאמוד את גודלו של תא אשר בו הינך מתבונן.
אמוד את ממדי התא (אורך ורוחב) בהגדלה בה אתה רואה את פרטיו טוב ביותר. אם התא
תופס חלק מקוטר שדה הראייה, אמוד את גודלו ביחס לקוטר הידוע של שדה הראייה (העזר
בטבלה).



תרגיל מעבדה 8

הנושא: הפרדה בין צבענים (פיגמנטים) על ידי המסה בממיסים שונים

הכיתה: י, יא 3/ או 5 י"ל

הזמן הנדרש: שיעור אחד

הידע הקודם הנדרש: ממש, מומס, חומרים הידרופיליים, חומרים הידרופוביים

מטרת התרגיל היא להכיר את אפשרות ההפרדה בין צבענים בעזרת הבדלים במסיסותם בממיסים שונים.

בתרגיל תיבדק תכונת המסיסות של נוזלים שונים זה בזה (אצטון, פטרול אתר ומים) ומסיסות חומרים שונים בממיסים שונים.

א. תמיסה היא תערובת אחידה (הומוגנית) של שני מרכיבים או יותר המהווים שכבה (פאזה) אחת. המסיסות של חומרים זה בזה מושפעת מסוג הקשרים הכימיים שבחומר ואופי הכוחות הבין-מולקולריים.

בתרגיל מעבדה זה ניתן להדגים שבערבוב נוזלים אשר אינם מסיסים זה בזה, מתקבלות שתי שכבות.

חומרים הידרופיליים (כגון חומרים יוניים וכוהלים) מסיסים במים, וחומרים הידרופוביים (כגון מולקולות פחמימנים ושומנים) מסיסים בממיסים אורגניים הידרופוביים. יש חומרים, כגון אצטון, המתמוססים גם במים וגם בממיסים אורגניים.

לתלמידים בעלי רקע מתאים בכימיה אפשר להסביר על קשרי המימן בין מולקולות המים. בין מולקולות הפחמימנים (כגון פטרול אתר) אין קשרי מימן אלא כוחות משיכה חלשים יחסית (קשרי ון-דר-וולס).

ב. חומרי הצבע מתילן כחול וסודן 3 נבחרו בשל ההבדל הבולט בצבעם ובמסיסותם במים ובפטרול אתר. להדגמת העיקרון אפשר לבחור בשני חומרים אחרים הנבדלים זה מזה בכוח המסיסות.

מתילן כחול מסיס במים אך לא בפטרול אתר, ואילו סודן 3 אינו מסיס במים אך מסיס טוב בפטרול אתר. כאשר מוסיפים את שני החומרים לתערובת של שני הממיסים, נוצרות שתי שכבות צבעוניות, שכבה מימית כחולה ושכבת פטרול אתר שצבעה כתום.



למורה

ג. כדי למצות צבענים מתאי צמחים (שאלה 5) יש לפגוע בקרומי התאים והפלסטידות השונות. פעולה זאת מתבצעת על ידי ריסוק מכני וכן על ידי ממס אורגני הממיס את הקרומים שבתאים. הרתחה במים אינה מאפשרת מיצוי של כל החומרים שאינם מסיסים במים.

ד. בחלק ב משתמשים באצטון כדי למצות את הצבענים מעלי הצמח. אצטון ממיס גם חומרים הידרופוביים (כגון כלורופיל) וגם הידרופיליים (כגון אנתוציאנינים). בהמשך הניסוי (סעיף 7) תופרדנה שתי קבוצות הפיגמנטים על ידי שימוש בפטרוֹל אתר.

הפרדה זו בין הפיגמנטים מבוססת על עיקרון של הפרדה בין חומרים לפי מידת התחלקותם בין שתי שכבות הנמצאות במגע זו עם זו. בשלב הראשון (סעיף 6ב), מתקבלת רק שכבה אחת של נוזל הכוללת אצטון ומיצוי צמחי המכיל מים שמקורם בתאי הצמח.

פטרוֹל אתר אינו מסיס במים ועל כן בהוספתו לתערובת נוצרות שתי שכבות (סעיף 6ב). השכבה התחתונה של תמיסה מימית והעליונה של תמיסת פטרוֹל אתר. אצטון מתמוסס גם במים וגם בחומרים אורגניים ולכן הוא מתחלק בין שתי השכבות. פיגמנטים צמחיים שמסיסותם בפטרוֹל אתר רבה מזו שבמים, מתמוססים בתוכו, ועוברים בהדרגה לשכבה זו. בשכבה המימית נמצאים החומרים שמסיסותם במים טובה יותר מאשר מסיסותם בפטרוֹל אתר.

ה. אתרים הם תרכובות שבמבנם כלול C-O-C, ואילו **פטרוֹל אתר** המכיל תערובת של פחמימנים (C-H), הוא תוצר זיקוק של נפט ואינו פולרי, וממיס שמנים ושומנים. חומר זה מכונה "אתר" למרות שמבחינת מבנהו הכימי אינו שייך לקבוצה זו, כיוון שתכונות ההמסה וטמפרטורת הרתחה שלו דומות לאתר. בחיי היום-יום הוא מוכר כ"בנזין לבן". כלורופילים וקרוטנואידים מסיסים בפטרוֹל אתר.

ו. בתאי צמחים מצויים פיגמנטים שונים, קצתם מסיסים במים וקצתם אינם מסיסים במים. **הקרוטנואידים** – פיגמנטים בגוני אדום, כתום וצהוב, אינם מסיסים במים, ונחלקים לשתי קבוצות: קרוטנים (פחמימנים) וקסנתופילים (כוהלים). ברקמות פוטוסינתטיות הקרוטנואידים נמצאים בכלורופלסטים, וברקמות לא פוטוסינתטיות הם נמצאים בכרומופלסטים. הקרוטנואידים בצמח קולטים אור באורכי גל שונים מזה של הכלורופיל, ומעבירים את אנרגיית האור לכלורופיל, ובכך מתאפשר ניצול יעיל של אורכי גל שונים בתהליך הפוטוסינתזה. בעצים המצויים בשלכת ובעלים שאינם חשופים לאור פוחת ריכוז הכלורופיל, וניתן להבחין בקרוטנואידים. באחדים מהצמחים יש במקרים אלו סינתזה של קרוטנואידים נוספים. קבוצת הפלונואידים כוללת את **האנתוציאנינים** שהן תרכובות פנוליות מסיסות במים וצבען אדום, ורוד, סגול וכחול. הם מצויים בעלים, בפרחים ובפרות וכן ברקמות צעירות כגון בנבטים,



אלורה

בניצני עלים ובעלים צעירים. צבעם של האנתוציאנינים משתנה בהתאם למצב החמצון ומספר הפחמנים שבמולקולות. שינויים בצבע יכולים להגרם גם בעקבות שינויים ברמת ה-pH, במספר היונים של הברזל או האלומיניום ובמטענם החשמלי.

האנתוציאנינים נמצאים בחלולית התא וצבעם מושך מאביקים או בעלי חיים המפיצים פרוות. פיגמנטים אחרים מקבוצת האנתוציאנינים קולטים קרינת UV ומגנים על הרקמות מפני נזק של קרינה זו (כגון פגיעה ב-DNA), אור חזק מזרז את ייצורם, ורקמות צעירות מוגנות על ידיהם עד לשלב שבו נוצרים פיגמנטים נוספים.

קבוצה אחרת של צבענים מסיסים במים הם הבטאלינים שצבעם דומה לאנתוציאנינים. ניתן להבחין בין השניים בתנאי מעבדה: אנתוציאנינים משנים את צבעם בסביבה בסיסית, ואילו הגוון של הבטאלינים אינו משתנה בתנאים אלה.

ז. הוספת ממיסים שונים למיצוי מאפשרת הפרדה בין חומרים המצויים בתאי הצמח (שאלה 10). הכרומוטוגרפיה היא שיטה יעילה ביותר להפרדה בין צבענים (תרגיל מעבדה 9). ההפרדה מאפשרת לנו לראות צבעים אחדים המוסתרים מעינינו על ידי צבע אחר.



- מיקרוסקופ
- ציוד להכנת תכשיר מיקרוסקופי
- כתבן
- מספרים
- כן למבחנות
- מבחנה ריקה עם פקק מתאים
- פיפטת פסטר עם טפטף
- 5 מבחנות **פקוקות** המכילות את החומרים האלה:
 - 2 מ"ל פטרול אתר במבחנה מסומנת ב"1"
 - 5 מ"ל פטרול אתר במבחנה מסומנת "פטרול אתר-ב"
 - 5 מ"ל אצטון (אם משתמשים בעלי אקליפה יש להשתמש ב-7 מ"ל אצטון)
 - מספר גרגרים של מתילן כחול
 - מספר גרגרים של סודן 3



- פיפטה של 2 מ"ל או 5 מ"ל
- עלי ומכתש
- משפך
- 4 שכבות של גזה בגודל מתאים למשפך
- כ-10 מ"ל מים בכלי המאפשר הכנסת פיפטה של 2 או 5 מ"ל
- כ-1 מ"ל תמיסת HCl בריכוז 0.1M בבקבוק עם טפי
- כ-1 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 0.1M בבקבוק עם טפי
- 2 גרם עלי אקליפה או 2 גרם עלי יהודי נודד

בניסוי זה משתמשים בפטרול אתר ואצטון שהם חומרים דליקים ונדיפים. יש למלא את המבחנות במנדף ולפקוק אותן. אין להדליק אש במעבדה בזמן ביצוע הניסוי.

לקריאה נוספת:

גלעד, ב', פרח, שי (1999) כימיה בתהליכי החיים – תגובות בפעולה, הוצאת המרכז להוראת המדעים, פרק א3, עמ' 35–39.

מאיר, א"מ (1979) צבעי פרחים, עלון למורי הביולוגיה מס' 69, חוברת ה.



צומח וצמחים (1996), יחידה 6, האוניברסיטה הפתוחה, תל-אביב, עמ' 20–21.

הורוביץ א', עברי י', ליבנה מ' (1988) האדומים (על צבעי הכלנית), טבע וארץ, חוברת 306.



תרגיל מעבדה

תרגיל מעבדה 8

בתרגיל זה משתמשים בשני חומרים נדיפים ודליקים: פטרול אתר ואצטון.
יש להקפיד על **סגירת המבחנות בפקק**. אין להדליק אש בחדר המעבדה בכל מהלך הניסוי.

חלק א

1. א. המבחנה הפקוקה המסומנת "1" מכילה כ-2 מ"ל פטרול אתר. הוסף למבחנה זו כ-2 מ"ל מים, פקוק את המבחנה ונער.
 ב. פתח את הפקק כדי לאפשר שחרור אדי פטרול אתר ופקוק שנית.
 ג. התבונן בנוזל שבמבחנה ובדוק האם נוצרו שתי שכבות? מה ניתן להסיק מהתוצאה על מסיסות שני הנוזלים זה בזה? שמור את מבחנה "1" להמשך הניסוי.
2. במבחנות שלפניך שני חומרי צבע: מתילן כחול וסודן 3.
 א. בדוק את מסיסותם של מתילן כחול וסודן 3 במים על ידי הוספת כ-1 מ"ל מים לכל אחת מהמבחנות.
 ב. רשום את תוצאות הבדיקה.
3. א. העבר את תכולת המבחנה המכילה סודן 3 למבחנה 1.
 ב. פקוק את המבחנה ונער.
 ג. באיזו שכבה ניתן להבחין בצבעו של סודן 3?
4. א. העבר את תכולת המבחנה המכילה מתילן כחול למבחנה 1. באיזו שכבה ניתן להבחין בצבע הכחול?
 ב. איזה ממס נמצא, לדעתך, בשכבה התחתונה ואיזה נמצא בשכבה העליונה? נמק.
 ג. מה ניתן להסיק על התמוססות חומרי הצבע בשני הממסים (מים ופטרול אתר)?
5. בתאי צמחים מצויים צבענים שונים, קצתם מסיסים במים ואחרים מסיסים בממסים אורגניים. כיצד תוכל להשתמש בשיטת ההפרדה שהודגמה לעיל כדי להפריד בין צבענים שבתאי צמחים?



חלק ב

בחלק זה תפריד בין צבענים (פיגמנטים) צמחיים על ידי המסתם בממיסים שונים.

6. הכנת מיצוי צמחי:

- א. גזור במספריים כ-2 גרם עלי יהודי נודד (או אקליפה) אל תוך מכתש. הוסף את תכולת המבחנה המכילה אצטון וכתוש היטב בעזרת עלי במשך מספר דקות.
- ב. הנח על פי המבחנה (שהכילה אצטון) משפך המרופד ב-4 שכבות גזה וסנן את המיצוי. בסיום הסינון פקוק את המבחנה. ציין במחברתך את צבעו של המיצוי.

7. הפרדת המיצוי למרכיבים שונים:

- א. הוסף למיצוי את הפטרול אתר שבמבחנה המסומנת "פטרול אתר ב", נער את המבחנה הפקוקה.
- הוצא את הפקק לשחרור האדים, פקוק שנית ונער שוב. חזור שוב על פתיחת הפקק והניעור.
- ב. הנח את המבחנה בכן למשך מספר דקות עד להפרדת המיצוי לשתי שכבות. ציין את צבעה של כל אחת מהשכבות.

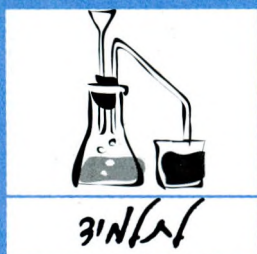


הפרדה זו בין הצבענים מבוססת על עיקרון של הפרדה בין חומרים לפי מידת התחלוקתם בין שתי שכבות הנמצאות במגע זו עם זו.

בשלב הראשון (סעיף 6ב) התקבלה רק שכבה אחת של נוזל. שכבה זו מכילה אצטון וגם מיצוי צמחי המכיל מים שמקורם בתאי הצמח.

פטרול אתר אינו מסיס במים ועל כן בהוספתו לתערובת נוצרות שתי שכבות (סעיף 7): השכבה התחתונה של מים והעליונה של פטרול אתר. אצטון מתמוסס גם במים וגם בחומרים אורגניים ולכן מתחלק בין שתי השכבות.

צבענים צמחיים שמסיסותם בפטרול אתר רבה מזו שבמים, מתמוססים בתוכו, ועוברים בהדרגה לשכבה זו. בשכבה של המים נשארים החומרים שמסיסותם במים רבה יותר ממסיסותם בפטרול אתר.



8. הפרדת השכבות:

- א. השתמש בפיפטת פסטר ושאב בזהירות את שכבת הנוזל העליונה והעבר אותה למבחנה ריקה. השאר את שכבת הנוזל התחתונה במבחנה.
- ב. טפטף לכל אחת מהמבחנות 4 טיפות מתמיסת NaOH וציין אם חלו שינויים בצבע המיצוי בכל אחת מהמבחנות.
- ג. טפטף לכל אחת מהמבחנות 8 טיפות מתמיסת HCl וציין אם חלו שינויים בצבע.
- ד. מה ניתן להסיק מהבדיקה שערכת בסעיף זה?

9. הסתכלות בתכשירים מעלי יהודי נודד:

- א. הכן תכשיר להסתכלות מיקרוסקופית מהאפידרמיס של עלה מצמח יהודי נודד. חומרים הנקראים אנתוציאנינים מקנים לתאים צבע סגול. באיזה חלק של התא נמצאים האנתוציאנינים?
- ב. הכן תכשיר להסתכלות מיקרוסקופית מהרקמה הפנימית של עלה היהודי הנודד. התבונן בתאים שצבעם ירוק וקבע באיזה חלק של התא נמצאים הצבענים (הפיגמנטים) הירוקים?

10. בתאי צמחים מצויים צבענים נוספים פרט לאלו שהבחנת בהם בהסתכלות המיקרוסקופית. הצע דרך אפשרית לבדוק נוכחותם של צבענים אלה.





מורה

תרגיל מעבדה 9

הנושא: הפרדת צבענים (פיגמנטים) צמחיים על ידי כרומטוגרפיה

הכיתה:

י, יא, יב

הזמן הנדרש:

שיעור אחד

הידע הקודם הנדרש: מומס, ממס, גורמים המשפיעים על מסירות, חומרים הידרופיליים והידרופוביים

בתרגיל מעבדה 8 התנסו התלמידים בהפרדה בין צבענים על פי מסירותם בממסים שונים. בתרגיל זה יכירו התלמידים את שיטת הכרומטוגרפיה על רובד דק (Thin layer chromatography - TLC) כשיטת הפרדה כללית שמאפשרת גם הפרדת צבענים. בכרומטוגרפיה זו תוצאות ההפרדה ברורות יותר מאשר בכרומטוגרפיה על נייר סינון.

א. בכרומטוגרפיה יש שתי פזות: אחת קבועה והאחרת ניידת. הפזה הקבועה בניסוי זה היא סיליקה גיל המונח על פלטת אלומיניום והפזה הניידת היא הנוזל המריץ. תכונות הצבען כגון מבנה כימי ומסה מולרית משפיעות על מידת ספיחתו למשטח (הפזה הקבועה) ומידת מסירותו בנוזל המריץ.

במיצוי הצמחי יש מספר צבענים, והם יופרדו על פי תכונותיהם הכימיות. הנוזל המריץ מתקדם לאורך המשטח; הצבענים המסיסים בו יימצאו במרחק גדול מנקודת ההתחלה, המסיסים פחות ינועו למרחק קטן, וצבענים שאינם מסיסים כלל בנוזל זה יישארו ספוחים למשטח בנקודת ההתחלה.

ב. הערות על מיצוי צבענים מהצמח קרא בתרגיל מעבדה 8 באוגדן, הערות למורה סעיף ד. מידע על הפיגמנטים הצמחיים אפשר למצוא בתרגיל הני"ל, הערות למורה סעיף ו.

ג. נבדקו צמחים שונים ונמצא שהכרומטוגרפיה של מיצוי מהצמח אקליפה¹ שעליו מגוונים, ברורה ביותר.

ניתן להוסיף מיצויים מפירות, מפרחים ומעלים שונים. אפשר להשוות עלים ירוקים לעלי שלכת וכן לצמח כשות² (צמח טפיל חסר כלורופיל).

1 אקליפה מגוונת, משפחת החלבוביים, שיח נוי בגובה עד 4 מטר, עליה אדומים ארגמניים ואורכם כ-10 ס"מ, הטרפים דמויי ביצה או אליפסה משוננים בשפתם.

מידע נוסף ותצלום של הצמח ראה באנציקלופדיה חי וצומח בא"י, כרך 12, עמ' 161–162.

2 כשות, משפחת החלבוביים, צמח טפיל שגבעוליו ושרידי עליו חסרי כלורופיל.

מידע נוסף ותצלום של הצמח ראה באנציקלופדיה חי וצומח בא"י, כרך 11, עמ' 40–41.



למורה

ניתן גם להשתמש במיצוי מבראיניה³ או יהודי נודד.

ד. בהשוואה בין תוצאות כרומטוגרפיה של עלים צעירים ובוגרים של אקליפה נמצא שכמות האנתוציאנינים בעלים צעירים גדולה יותר. אור חזק מזרז ייצור אנתוציאנינים ורקמות צעירות מוגנות על ידי אנתוציאנינים עד לשלב שבו נוצרים פיגמנטים נוספים.

ה. המלצה למורה: אפשר לחלק לשניים את המיצוי (לאחר ביצוע סעיף 3ב) על ידי העברת חלק ממנו למבחנה המכילה פטרול אתר. יש לפקוק את המבחנה ולנער מספר פעמים. ניתן לבצע כרומטוגרפיה של המקטע הירוק שמתקבל לאחר הוספת המיצוי לפטרול אתר, ולהשוות את התוצאה לזו המתקבלת בכרומטוגרפיה של התערובת במבחנה האחרת. תערובת הצבענים מהעלה הצעיר מכילה כלורופילים, קרוטנואידים ואנתוציאנינים ואילו המקטע המתמוסס בפטרול אתר אינו מכיל את האנתוציאנינים. אם בחרת לבצע המלצה זאת, יש להוסיף לרשימת הציווד: מבחנה פקוקה ובה כ-3 מ"ל פטרול אתר, צינור נימי ומשטח כרומטוגרפיה.

ו. ניתן להשוות תוצאות כרומטוגרפיה בנוזל מריץ המכיל ממיסים אורגניים (הקסן, אתר, אצטון) לכרומטוגרפיה שבה משתמשים במים כנוזל מריץ. כשהמריץ הוא מים, תוצאות הכרומטוגרפיה אינן כה ברורות וחדות, אך ניתן להבחין שהמקטע של האנתוציאנינים מתקדם לאורך המשטח, ואילו הכלורופילים והקרוטנואידים אינם מתקדמים מנקודת המוצא.

לקריאה נוספת:

גולדין א' (1996), שיטות הפרדה בביולוגיה ובביוכימיה, **עלון למורי הביולוגיה** מס' 147, חוברת ג'.
ערן-צורן, י' (1995), חוקרים את הצבע, **עלון למורי הביולוגיה** מס' 142, חוברת ב'.
גרוס ז', איקן ר' (1988), נחמד למראה וטוב למאכל, **מדע**, כרך ל"ב, 3.



3 בראיניה לבנה (פילנתוס), משפחת החלבוביים, שיח נוי בעל עלים אדומים, עלים דמויי ביצה או אליפסה, בדרך כלל אורכם 2.5–5 ס"מ, העלים בגוני לבן, ירוק ואדום. מידע נוסף ותצלום ראה באנציקלופדיה (לעיל הערה 1).



חומרים



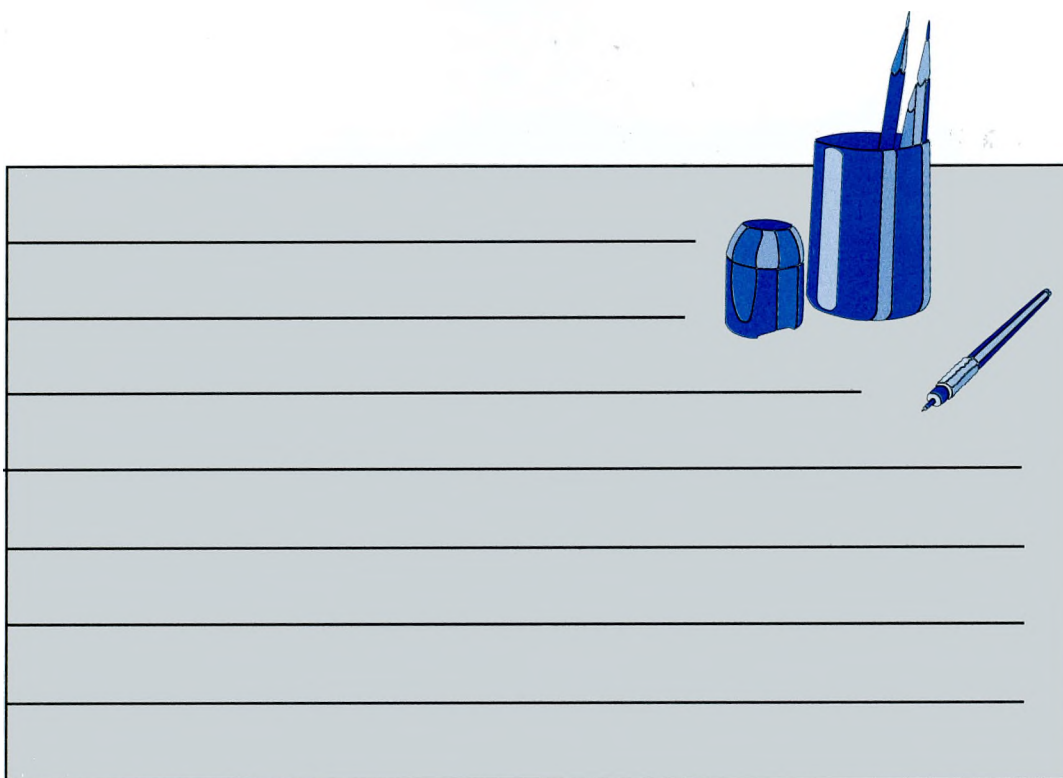
- מספריים
- סרגל
- עיפרון
- כתבן
- כן למבחנות
- עלי ומכתש
- משפך
- 2 צלחות פטרי עם מכסה (לא חשוב הגודל)
- מכל עם מכסה לכרומטוגרפיה — רצוי מכל מלבני שגודלו יתאים לגודל משטח הסיליקה ג'ל, ניתן להשתמש בכוס כימית ולכסות במכסה כל שהוא או ברדיד אלומיניום.
- 2 צינורות נימיים (קפילרות)
- (לא רצוי להשתמש בפיפטת פסטר כי מתקבלות טיפות די גדולות. אם אין אפשרות להשיג קפילרות אפשר להשתמש בפיפטת פסטר ולהקפיד שהקצה יהיה שלם)
- 2 מבחנות פקוקות המכילות כל אחת כ-7 מ"ל אצטון
- כ-10 מ"ל נוזל מריץ⁴
- אופן ההכנה:
- לערבב הקסן, אתר, אצטון ביחס נפחים של 6 (הקסן): 3 (אתר): 2 (אצטון).
- להעביר את הנוזל המריץ למכל בו תתבצע הכרומטוגרפיה, להקפיד שגובה פני הנוזל לא יעלה על 1 ס"מ ולכסות את הכלי.
- יש להניח את המכל במנדף והתלמידים יעבירו את משטח הכרומטוגרפיה למכל שבמנדף.
- 2 X 4 שכבות גאזה בגודל 5 ס"מ X 5 ס"מ

4 הקסן אתר ואצטון הם חומרים דליקים ונדיפים. יש למלא את המבחנות במנדף ולפקוק אותן. מכל הכרומטוגרפיה יישאר במנדף. להקפיד לא להדליק אש במעבדה בזמן ביצוע הניסוי.



אלורה

- משטח של סיליקה גיל בגודל 5 ס"מ X 10 ס"מ, תוצרת MERCK.
- מחיר חבילה של 50 משטחי TLC (Silica gel, TLC – aluminium sheets) כ-100 ש"ח. על כל משטח שרוחבו 5 ס"מ אפשר להניח שתי טיפות.
- כ-2 גרם עלי אקליפה צעירים (צבעם חום, ובשוליהם צבע אדמדם)
- כ-2 גרם עלי אקליפה בוגרים (ירוקים, בשוליהם צבע אדמדם)





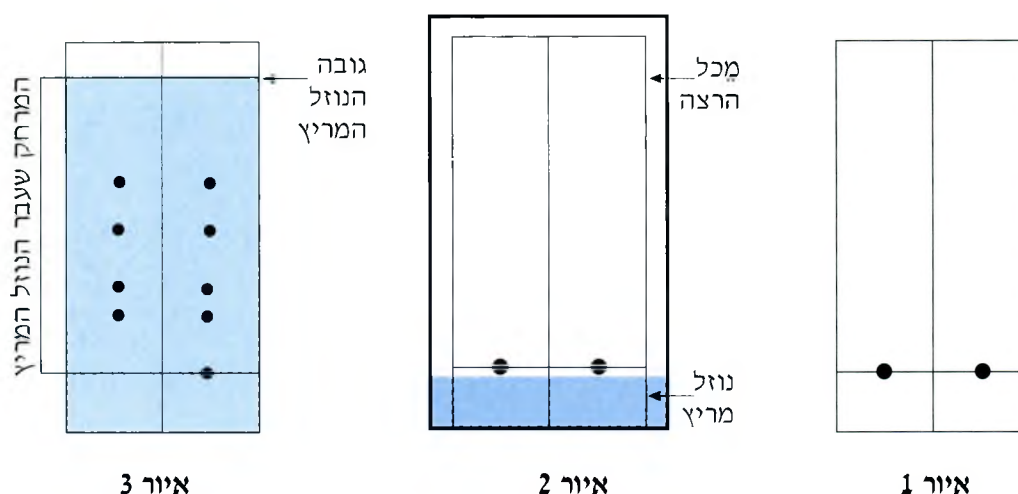
תרגיל מעבדה 9

תרגיל מעבדה 9

בתרגיל מעבדה זה תמצה צבענים מעלי צמח, ובשיטה הקרויה **כרומטוגרפיה** תפריד את תערובת הצבענים למרכיביה.

הסבר שיטת העבודה:

במהלך העבודה תניח את תערובת הצבענים המיועדת להפרדה בקצות המשטח (איור 1) ואת המשטח תעביר לכלי המכיל תערובת ממסים הקרויה "נוזל מריץ" (איור 2). הנוזל יתחיל "לנוע" לאורכו של המשטח מכוח הנימיות, ויחד אתו ינועו הצבענים (איור 3). תנועתו של כל צבען במשטח מושפעת משני כוחות מנוגדים: האחד – מידת הספיחה למשטח והאחר – מידת התמוססות בנוזל המריץ. כל צבען יתקדם במשטח בקצב שונה האופייני לו, וכך תופרד התערובת למרכיביה.



איור 3

איור 2

איור 1

על שולחןך כמויות שקולות של עלים צעירים ועלים בוגרים של הצמח אקליפה מגוונת.

1. התבונן בעלים השונים והשווה את צבעם. באילו צבעים ניתן להבחין?

2. א. הרחק את הפטוטורות ואת העורק הראשי של העלים **הצעירים**. העזר במספריים וגזור את העלים לתוך מכתש.

ב. הוסף למכתש את תכולת אחת המבחנות המכילה אצטון, וכתוש במשך כ-2 דקות.

3. א. סמן את המבחנה הריקה (שהכילה אצטון) באות "צ".

קבע משפך על פי המבחנה ורפד אותו ב-4 שכבות גזה.

ב. סנן את המיצוי לתוך המבחנה. פקוק אותה.

ג. שטוף את העלי, המכתש והמשפך.



איור

4. חזור על סעיפים 2–3 עם העלים **הבוגרים**, וסנן את המיצוי לתוך מבחנה שתסומן באות "ב".
5. המשטח שעליו תבצע את ההפרדה הוא לוח דק של אלומיניום ועליו שכבה דקה של "סיליקה גיל" – חומר הסופח מומסים. **אל תיגע** באצבעותיך במשטח הלבן אלא רק בשוליו.
 - א. סמן **בעיפרון קו אורך** המחלק את המשטח לשניים. בקצה העליון של אחד המשטחים רשום בעיפרון "צ", ובשני רשום "ב".
 - ב. סמן **בעיפרון קו רוחב** במרחק 1.5 ס"מ מהקצה התחתון של הלוח. במרכזו של קו זה סמן נקודה (ראה איור 1).
6.
 - א. העבר חלק מהמיצוי שבמבחנה המסומנת "צ" לצלחת פטרי. חזור ופקוק את המבחנה.
 - ב. בעזרת צינור נימי העבר טיפה מהמיצוי אל הנקודה שסימנת על המשטח. רצוי שהטיפה תהיה קטנה ככל האפשר (קוטר כ-0.3 ס"מ).
 - ג. לאחר שהאצטון התנדף והטיפה התייבשה, חזור על הוראות סעיף ב עוד כ-20 פעמים.
7. השתמש בצינור נימי נקי וחזור על הוראות סעיף 6 עם המיצוי שבמבחנה "ב".
8. במנדף שבמעבדה הונח מכל סגור המכיל את הנוזל המריץ. נוזל זה הוא תערובת שבה יחס קבוע של ממיסים אורגניים: הקסן, אתר, אצטון.

הכנס בזהירות את המשטח לתוך המכל. פני הנוזל המריץ צריכים להיות מתחת לקו הרוחב שעליו הנחת את הטיפות (ראה איור 2). לאחר הכנסת המשטח לכלי אין לטלטל אותו עד לסיום ההרצה.

התבונן בעליית הנוזל המריץ לאורך המשטח.
9.
 - א. כאשר הנוזל המריץ יגיע קרוב לקצה העליון של המשטח (לאחר כ-7–8 דקות), הוצא את המשטח מהכלי.
 - ב. סמן מיד בעזרת עיפרון את הגובה שאליו הגיע הנוזל המריץ (איור 3). הנח את המשטח לייבוש.
10. התבונן בתוצאת ההפרדה:
 - א. אילו צבענים נמצאים במיצוי של כל אחד מהעלים?
 - ב. האם יש צבענים שאינם מסיסים בנוזל המריץ? הסבר כיצד קבעת זאת.
 - ג. השווה בין תוצאת ההפרדה של המיצוי מעלים צעירים ובוגרים. התייחס להבדל איכותי או כמותי בין הצבענים של העלים שבדקת.



מריץ

11. כדי לאפיין כל אחד מהחומרים על פי מידת התקדמותו בנוזל המריץ, יש לחשב את היחס בין המרחק שעבר החומר מנקודת התחלה לבין המרחק שעבר הנוזל המריץ. גודל זה נקרא R_f , והוא אופייני לכל חומר (במשטח מסוים ובנוזל מריץ מסוים).

$$R_f = \frac{\text{המרחק (בס"מ) שעבר החומר מנקודת ההתחלה עד למקומו בסיום ההרצה}}{\text{המרחק (בס"מ) שעבר המריץ מנקודת ההתחלה (של המיצוי) עד חזית הנוזל}}$$

- א. מדוד בעזרת סרגל את המרחק שעבר הנוזל המריץ (סעיף 9 ב) והמרחקים שעברו כל אחד מהצבענים שהופרדו מהתערובת. חשב את ה- R_f של כל אחד מהצבענים.
 ב. סכם בטבלה את תוצאות ההפרדה של המיצוי מעלים צעירים ובוגרים.

12. הנוזל המריץ שבו השתמשת הוא נוזל המכיל תערובת של ממיסים אורגניים. הקסן אינו מסיס במים, אתר בעל מסיסות קטנה במים ואצטון מסיס במים. שלושת הממיסים מסיסים זה בזה. התבסס על התוצאות וקבע אלו מבין הצבענים שהופרדו מסיסים במידה רבה יותר בממס האורגני, ואלו מביניהם מסיסים במידה רבה במים (ואינם מסיסים בממס אורגני)?

13. בניסוי זה בדקת צמח שעליו הצעירים מכילים צבענים שונים מאלו שבעליו הבוגרים. מה עשוי להיות היתרון האקולוגי לצמח זה?

