

הפקולטה
לחינוך

Faculty of
Education

אוניברסיטת בר-אילן

Bar-Ilan University



משרד החינוך, המזכירות הפדגוגית
הפיקוח על הוראת הביולוגיה



המרכז לפיתוח ותמיכה
במעבדות הביולוגיה
בבתי הספר

תמיסות, ריכוזים ומיהולים



תמיסות

- **תמיסה:** מומס + מַמס
- **מומס:** מוצק, נוזל או גז
- כאשר במערכת סגורה המכילה מים, מתקיים תהליך בו נפלט גז כגון חמצן או פחמן דו חמצני, הגז מתמוסס ונוצרת תמיסה מימית
- **מַמס :** מים הוא הממס ברוב התמיסות שמכינים במעבדה לביולוגיה
- **ריכוז תמיסה:** כמות המומס המצויה בכמות נתונה של תמיסה
- קיימות מספר שיטות לבטא ריכוז תמיסה.
בהמשך נתייחס רק לתמיסות שריכוזן מבוטא באחוזים ובמולריות



ריכוז תמיסה מבוטא באחוזים - % (משקל / נפח)

- ריכוז תמיסה באחוזים מבטא את כמות המומס בגרם ב-100 גרם תמיסה

- במעבדה אנו מכינים בדרך כלל תמיסות מימיות מהולות
100 גרם תמיסה = (בקירוב) ל- 100 מ"ל תמיסה
ולכן למעשה אנו משתמשים בנוסחה הזאת:

- ריכוז תמיסה ב-% = כמות מומס בגרם ב-100 מ"ל תמיסה

- נוסחה לחישוב ריכוז תמיסה ב - %:

$$\text{ריכוז תמיסה ב-}\% = \frac{W \text{ כמות המומס (גרם)} \times 100}{V \text{ נפח התמיסה (מ"ל)}}$$

שימו לב: במהלך הכנת התמיסה מוסיפים למומס מים עד לנפח הסופי הרצוי,
ולא מוסיפים את הנפח הסופי, כי למומס יש גם נפח מסוים.



מול ומסה מולרית

- "מול" – יחידה המבטאת כמות של 6×10^{23} חלקיקים (אטומים/יונים/מולקולות)
- **מסה מולרית** - היא מסה (ביחידות של גרם) של "מול" חלקיקים
- ניתן לחשב מסה מולרית של כל חומר על פי הנוסחה הכימית שלו והנתונים על מסה מולרית של כל אטום

דוגמאות:

- מסה מולרית של גלוקוז $C_6H_{12}O_6 = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180$ גרם.
מול אחד של גלוקוז שוקל 180 גרם
- מסה מולרית של סוכרוז $C_{12}H_{22}O_{11} = 12 \times 12 + 22 \times 1 + 11 \times 16 = 342$ גרם.
מול אחד של סוכרוז שוקל 342 גרם.

השוואה בין תכונות של תמיסות שונות

- כאשר בודקים את ההשפעה של מומסים שונים על קצב אוסמוזה/ דרגת pH / מוליכות חשמלית חשוב להשוות בין תמיסות שיש בהן אותו מספר מולקולות או יונים
- לדוגמה:
בניסוי משווים בין ההשפעה של תמיסות שונות כגון תמיסת **גלוקוז** ותמיסת **סוכרוז** על רקמת תפוח אדמה / על קצב תסיסה
- מכינים תמיסת **גלוקוז** ותמיסת **סוכרוז** בריכוזים שווים
- אם משווים בין תמיסת **גלוקוז** בריכוז 1% לבין תמיסת **סוכרוז** בריכוז 1% מספר המולקולות של הסוכר בכל אחת מהתמיסות שונה (למרות שהריכוז שווה)
- המסה המולרית של **גלוקוז** היא 180 גר', המסה המולרית של **סוכרוז** היא 342 גר'
- בתמיסה של 1% **גלוקוז** יש יותר מולקולות מאשר בתמיסה של 1% **סוכרוז**
- אם בכל אחת מהתמיסות: **גלוקוז וסוכרוז**, מספר מולים של המומס שווה – גם מספר המולקולות של המומס שווה. נוכל להשוות את השפעת סוג הסוכר, בתמיסות בעלות ריכוז מולרי שווה, על קצב אוסמוזה

ריכוז תמיסה במולריות (M)

- ריכוז תמיסה ביחידות מולריות (M) מוגדר כמספר המולים של המומס בליטר תמיסה

- $$\text{ריכוז תמיסה במולריות (M)} = \frac{\text{מספר המולים של המומס (n)}}{\text{נפח התמיסה (ליטר) (v)}}$$

• או:

$$\text{ריכוז תמיסה ב-M} = \frac{\text{כמות החומר המומס (גרם)}}{\text{מסה מולרית (גרם/מול) X נפח התמיסה (ליטר)}}$$

דוגמאות להכנת תמיסות בריכוזים שונים (M⁻)

ריכוז תמיסה ב-M⁻ = $\frac{\text{כמות החומר המומס (גרם)}}{\text{מסה מולרית (גרם/מול)} \times \text{נפח התמיסה (ליטר)}}$

- כמה גרם NaCl יש להמיס במים עד לנפח של 1 ליטר תמיסה, כדי לקבל תמיסה בריכוז 1M?
- 1M = $\frac{\text{משקל המומס (בגרם)}}{58.5 \text{ גרם} \times 1 \text{ ליטר}}$

משקל המומס הוא 58.5 גרם

- מהו ריכוז התמיסה אותה הכינו כך: ל-90 גרם גלוקוז הוסיפו מים עד לקבלת נפח של 500 מ"ל תמיסה?
- המסה המולרית של גלוקוז = 180 גרם

ריכוז התמיסה M = $\frac{90 \text{ גרם}}{180 \text{ גרם} \times 0.5 \text{ ליטר}}$

ריכוז התמיסה הוא 1M



מיהול תמיסות

C_1 = ריכוז תמיסת האם (המרוכזת)

C_2 = ריכוז התמיסה המהולה

V_1 = נפח תמיסת האם

V_2 = נפח סופי של התמיסה מהולה

(V_1 + נפח המים שהוספנו כדי למהול)

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \quad \text{או:} \quad \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

בנוסחה זו ניתן להשתמש ביחידות שונות של נפח (מ"ל, ליטר) ושל ריכוז (% או M).
חשוב להשתמש בשני אגפי המשוואה באותן יחידות.

דוגמה לחישוב ריכוז של תמיסה מהולה (1)

מהו ריכוז התמיסה המהולה שהוכנה על ידי הוספת 150 מ"ל מים ל-50 מ"ל תמיסה שריכוזה 2M ?

$$2M = C_1$$

$$C_2 = \text{ריכוז התמיסה המהולה}$$

$$V_1 = 50 \text{ מ"ל}$$

$$V_2 = 200 \text{ מ"ל} = (150 + V_1 \text{ מ"ל})$$

$$200 \times C_2 = 50 \times 2$$

ריכוז התמיסה המהולה הוא 0.5M

שימו לב – כאשר מוהלים תמיסה הריכוז תמיד יורד

דוגמה להכנת תמיסה מהולה (2)

כמה מים יש להוסיף ל-100 מ"ל תמיסה שריכוזה 5%, כדי לקבל תמיסה מהולה שריכוזה 1%?

$$5\% = C_1$$

$$1\% = C_2$$

$$100 = V_1 \text{ מ"ל}$$

$$V_2 = ? \text{ מ"ל}$$

$$V_2 \times 1 = 100 \times 5$$

$$V_2 = 500 \text{ מ"ל}$$

ל-100 מ"ל תמיסה מרוכזת, יש להוסיף 400 מ"ל מים, כדי לקבל 500 מ"ל תמיסה מהולה



דוגמה מתוך שאלה בבחינת מעבדה תשפ"ב 2022

נתון: תלמיד קיבל כלי ובו 10 מ"ל תמיסת מלח בריכוז 10%. התלמיד הוסיף לכלי 30 מ"ל מים מזוקקים. מהו ריכוז התמיסה שהתקבלה? פרטו את החישוב.

- ריכוז תמיסת המלח שהתקבלה: 2.5%
- פירוט החישוב
 $X = 10:4$ או $10 \cdot 10 = X \cdot 40$
- דוגמאות לשגיאות:
- הציב נכון בנוסחה וטעה בחישוב
- רשם במחשבון את הריכוז ב - % , תוצאת החישוב קטנה פי 10
- חילק בנפח המים במקום בנפח הכולל (3.3)
- חישב את המיהול ולא התייחס לריכוז תמיסת האם ($1/4$ או 0.25)
- התייחס לריכוז תמיסת האם כ- 100% (25% אחרי המיהול)
- חילק את נפח התמיסה בנפח המים וגם לא התחשב בריכוז תמיסת האם (0.33)



סדרות מיהולים

- מבחינה מתמטית מבחינים בין שתי סדרות מיהולים:
- א. הריכוזים של התמיסות המהולות הם סדרה "חשבונית" לדוגמה: 0.9M, 0.7M, 0.5M וכו' או 5%, 4%, 3% וכו'
- ב. הריכוזים של התמיסות המהולות הם סדרה "הנדסית"
- 1. הריכוזים של התמיסות המהולות קטנים בכל פעם פי 2 (מיהול כפול)
- 2. הריכוזים של התמיסות המהולות קטנים בכל פעם פי 10 (מיהול עשרוני)
- לחישוב הריכוזים ניעזר בנוסחה $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$



חישוב ריכוז של תמיסות מהולות

נתונה תמיסת אנזים (תמיסת אם) בריכוז 0.5%

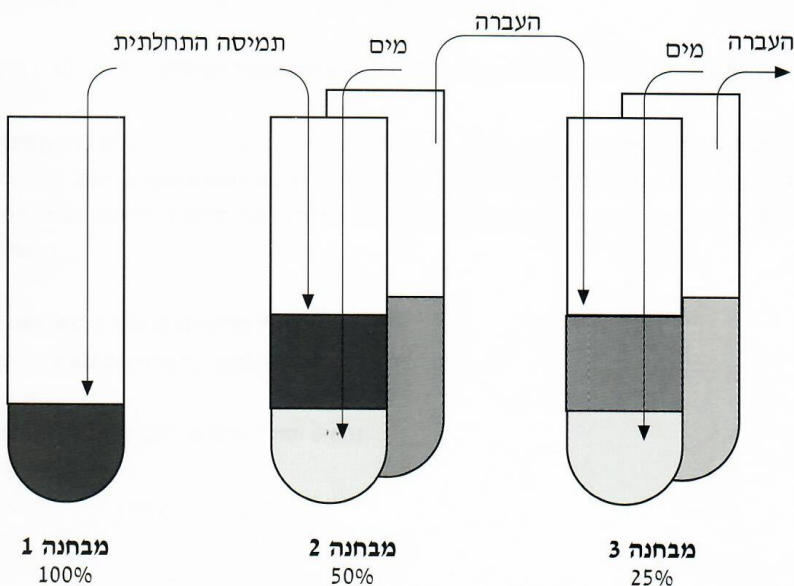
ריכוז תמיסת אנזים (%)	נפח תמיסת סובסטרט (מ"ל)	נפח מים (מ"ל)	נפח תמיסת אנזים (מ"ל)
	5	10	0
	5	9	1
	5	7	3
	5	3	7
	5	0	10

(V_2) הנפח הסופי של תמיסה מהולה כולל גם את נפח המים וגם נפח תמיסות נוספות = הנפח הכולל

הכנת סדרות של מיהולים (1)

- שלב 1: מכינים סדרת מבחנות שבהם נפח מסוים וקבוע של נוזל מיהול (בדרך כלל מים)
- שלב 2: מוסיפים את התמיסה ההתחלתית, ומערבבים היטב
- שלב 3: מעבירים נפח קבוע של תמיסה ממבחנה למבחנה
- חשוב להקפיד: לערבב היטב את התמיסה לאחר כל העברה

בסדרת מיהולים כפולים: הנפח שמעבירים הוא מחצית מנפח התמיסה



הכנת סדרות של מיהולים (2)

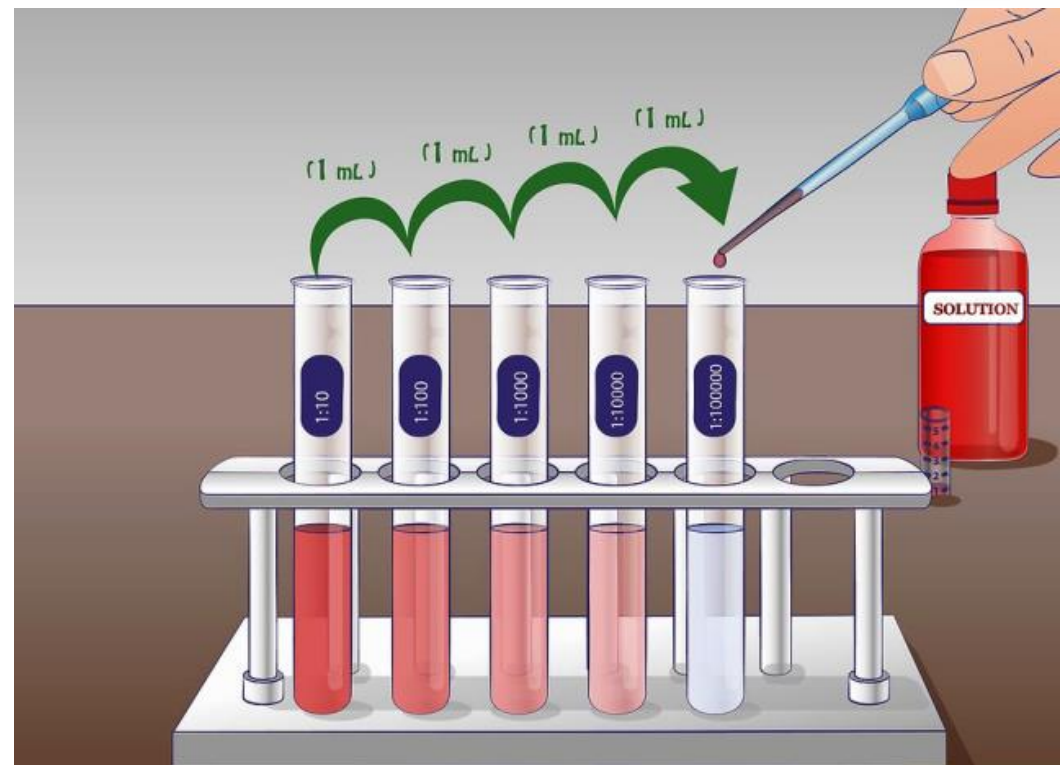
בסדרת מיהולים עשרוניים: הנפח שמעבירים הוא עשירית מנפח התמיסה

דוגמה 1:

- בכל אחת מהמבחנות יש 9 מ"ל מים
- בכל העברה מוסיפים 1 מ"ל תמיסה ל-9 מ"ל מים (מיהול 1:10)
- לאחר ערבוב מעבירים שוב 1 מ"ל מהתמיסה המהולה ל-9 מ"ל מים

דוגמה 2:

- בכל אחת מהמבחנות יש 4.5 מ"ל מים
- בכל העברה מוסיפים 0.5 מ"ל תמיסה ל-4.5 מ"ל מים (מיהול 1:10)
- לאחר ערבוב מעבירים שוב 0.5 מ"ל מהתמיסה המהולה ל-4.5 מ"ל מים



Grasso Luigi, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

נפח וריכוז

מומלץ
להדגים
בכיתה
באמצעות
תמיסה
צבעונית את
ההבדל בין
נפח ובין
ריכוז

- המסה של כמות מסוימת של מומס **בנפחים** שונים של תמיסה משפיעה על **ריכוז** התמיסה
- **ריכוז** סובסטרט משפיע על קצב תגובה אנזימטית
- **ריכוז** תמיסה משפיע על קצב תהליך אוסמוזה
- **האם נפח** תמיסה שבה נמצא אורגניזם (לדוגמה: קוביית תפוז"א) משפיע על קצב תהליך אוסמוזה?
- קוביית תפוז"א מושרית במים. האם נפח המים משפיע על קצב תהליך אוסמוזה?
- קוביית תפוז"א מושרית בתמיסה סוכרוז מהולה (שריכוז המומסים בה נמוך מריכוז המומסים בתא).
- האם נפח התמיסה משפיע על קצב תהליך אוסמוזה?
- בתחילת התהליך? לאחר פרק זמן ארוך מאד?

נפח וריכוז

- האם נפח תמיסת סובסטרט משפיע על קצב תהליך אנזימטי?

ניסוי 4 תשפ"ד 2024

בתסנין שמרים יש
אנזים אינברטאז המזרז
פירוק סוכרוז

מבחנה	נפח תסנין (מ"ל)	נפח מים (מ"ל)	נפח תמיסת סוכרוז (מ"ל)
1	0.5	0	0.5
2	0.3	0.2	0.5
3	0.1	0.4	0.5
4	0	0.5	0.5

- נפח הסובסטרט משפיע על הריכוז הסופי שלו – הוא משפיע על קצב התהליך



נפח וריכוז

- האם יש מצב שבו נפח הסובסטרט אינו משפיע על הריכוז הסופי שלו ולכן אינו משפיע על קצב התהליך האנזימטי?
- דוגמה בעיה 1, תשפ"ב

ניסוי 1 תשפ"ב 2022

שינוי בנפח הסובסטרט
(מי חמצן)
משפיע בניסוי זה על
שיטת המדידה

תוצאות: החישוב: ממוצע משך זמן הציפה (שניות)	תוצאות: משך זמן ציפת הדסקית (שניות)			מי חמצן במבחנת הבדיקה (- / +)	ריכוז תמיסת המלח שבה הונבטו העדשים (%)	
	מדידה III	מדידה II	מדידה I			
28	31	25	27	+	0	א
32	30	32	33	+	2	ב
36	34	40	35	+	4	ג



טיטרציה

- תהליך קביעה כמותית של חומר אחד (שריכוזו לא ידוע) על ידי הוספת חומר אחר בעל ריכוז ידוע בצורה מבוקרת והדרגתית ומעקב אחר התהליך הכימי שביניהם עד להשלמתו.
- מדידה של נפח החומר המוסף עד לסיום הטיטרציה נעשית באמצעות ביורטה או בספירת טיפות.
- כיצד יודעים מתי הושלם התהליך (הסתיימה הטיטרציה)?
 - שינוי צבע של אינדיקטור
 - הופעה או העלמות הצבע של אחד המגיבים



תהליכים ביולוגיים שאפשר לבדוק על ידי טיטרציה בנוכחות אינדיקטור

- כל תהליך שבו מתרחשים שינויים בדרגת החומציות בסביבה החוץ תאית: נשימה תאית, תסיסה, פוטוסינתזה (בסביבה מימית)
- התהליך: נשימה או תסיסה
 - פנול אדום: $\text{pH}=6.8$ צהוב, ומעל $\text{pH}=8.2$ אדום ורוד, בטווח $6.8 - 8$ צבעי ביניים
 - פנול פתלאין: מתחת ל $\text{pH}=8.3$ חסר צבע, מעל $\text{pH}=8.3$ ורוד סגול



שיקולים אחרים בבחירת האינדיקטור

- האם שינוי טמפרטורה ישפיע על צבע האינדיקטור?
- האם נוכחות מומסים כמו מלחים, דטרגנט, אתנול משפיעה על צבע האינדיקטור?
- האם צבע/סוג האורגניזם הנבחר עשוי ליצור בעיות בפענוח הצבע בנוכחות האינדיקטור?
- לפני השימוש במים מזוקקים כדאי לבדוק את חומציות המים



תמיסות בופר

- בדרך כלל, כשמוסיפים לתמיסה חומצה חזקה או בסיס חזק, משתנה ה- pH
- בופר הוא תמיסה ה"מתנגדת" לשינוי בדרגת ה- pH שלה
- יש תמיסות בופר שדרגת ה- pH שלהן בטווח החומצי ואחרות בטווח הבסיסי
- לכל בופר יש "קיבול בופר": טווח מסוים של pH שבו הוא מתפקד ו"מתנגד" לשינוי של pH . "קיבול בופר" תלוי בהרכבה של התמיסה ובריכוז מרכיביה.
- חשיבות הבופר בתהליכים ביולוגיים (הומיאוסטאזיס)
- **המלצה לניסוי:** אוגדן, ניסוי 15, עמ' 120 (חלק ג)



• בדיקת תכונות הבופר של תסנין תפוח אדמה

אוגדן, ניסוי 15, עמ' 120 (חלק ג')

מספר טיפות חומצה שנדרשו לטיטרציה	צבע אינדיקטור תימול כחול	נפח בופר pH 7 (מ"ל)	נפח מים מזוקקים (מ"ל)	נפח תסנין (מ"ל)
	צהוב	-	4	1
	צהוב	-	3	2
	צהוב	-	2	3
	צהוב	-	5	0
	צהוב	5	0	0

תימול כחול – צהוב בסביבה ניטרלית ואדום בסביבה חומצית



ריכוזים ביחידות ppm

- מושג זה מבטא: מספר חלקיקים של חומר במיליון חלקיקים של תמיסה או תערובת.
- דוגמה: מליחות מים ביחידות ppm היא מספר חלקיקי המלח במיליון חלקים של התמיסה כולה.
- המרה של יחידות ppm ליחידות של מ"ג / ליטר תלויה בצפיפות הממס.
- אם משתמשים בתמיסות מימיות ומהולות.
- צפיפות המים היא 1 גרם / סמ"ק וכך גם צפיפות התמיסה.
- בהתייחס לתמיסות מימיות $1 \text{ ppm} = 1 \text{ מ"ג} / \text{ליטר}$.
- לדוגמה הכנת תמיסת ג'יברלין לבדיקת השפעתו על נביטה - ממיסים 10 מ"ג ג'יברלין ב 100 מ"ל מים 100 ppm

<https://www.omnicalculator.com>