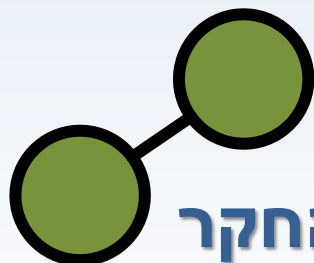
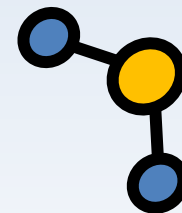




טיהור מים



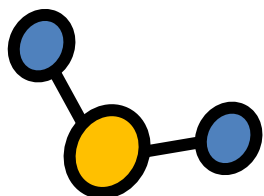
ממוצע, דיוק ומהימנות-מה הקשר למעבדת החקר 

אילו שיטות לטיהור מים קיימות? 



כיצד מתאימים את שיטת הטיהור למזהם? 

אילו מיומנויות מעבדה נדרש לדעת לשם 



טיהור מים וקביעת ריכוז המומסים במים?

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

מבנה מולקולת המים 

סוג קישור תוך ובינמולקולרי, אלקטרושליליות.

תהליכי המסה במים: חומרים קלי וקשי תמס, תגובות

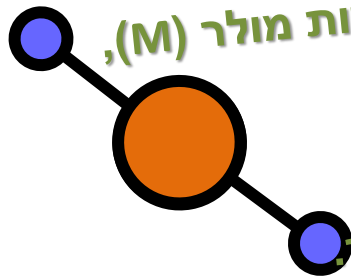
שיקוע

סטויכיומטריה: חישובי ריכוזים, יחידות מולר (M), 

יחידות ריכוז mg/L , יחידות ריכוז ppm .

שיטות אנליטיות: טיטרציה, אינדיקטור 

גרפים: שרטוט, קנה מידה, משנה תלוי ובלתי תלוי 





דיוק (accuracy)

מידת הקרבה של התוצאה הנמדדת או
המחושבת לתוצאה האמיתית.

עד כמה החץ פוגע במרכז המטרה (עד כמה
התוצאה קרובה לתוצאה התיאורטית)



דיוק (accuracy)

מידת הקרבה של התוצאה הנמדדת או המחושבת לתוצאה האמיתית.

עד כמה החץ פוגע במרכז המטרה (עד כמה התוצאה קרובה לתוצאה התיאורטית)

מהימנות (precision)

מידת ההדירות (החזרה של התוצאות) של התוצאות. ככל שהתוצאות יותר הדירות, המהימנות של הניסוי בו נעשתה הבדיקה גבוהה יותר.

מהימנות מתייחסת לשיטה.

אם השיטה מהימנה, התוצאות המתקבלות - הדירות.





דיוק (accuracy)

מידת הקרבה של התוצאה הנמדדת או המחושבת לתוצאה האמיתית.

עד כמה החץ פוגע במרכז המטרה (עד כמה התוצאה קרובה לתוצאה התיאורטית)

מהימנות (precision)

מידת ההדירות (החזרה של התוצאות) של התוצאות. ככל שהתוצאות יותר הדירות, המהימנות של הניסוי בו נעשתה הבדיקה גבוהה יותר.



מהימנות מתייחסת לשיטה.

אם השיטה מהימנה, התוצאות המתקבלות - הדירות.



תוצאות שהן גם מדויקות וגם מהימנות הם תוצאות שהן קרובות אחת לאחרת וגם קרובות לערך המדויק

חישוב ממוצע:

סכום כל הערכים (תוצאות)
חלקי מספר הערכים.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$x = \frac{3015}{10} = 301.5 \text{ mg/L } CaCO_3$$

3015

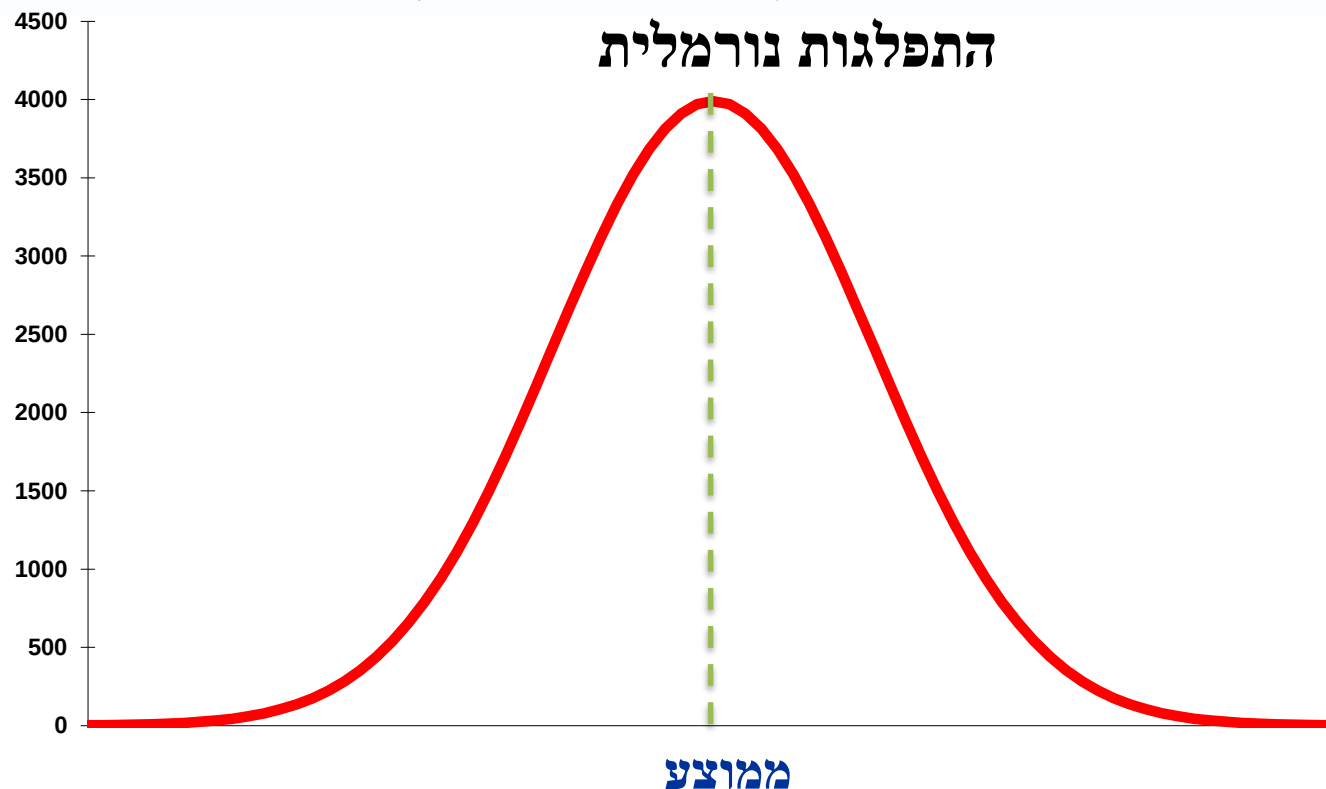
סכום:

10

מספר דגימות:

ריכוז CaCO ₃ mg/L	מספר דגימה
300	1
325	2
275	3
290	4
310	5
340	6
270	7
305	8
285	9
315	10

ההנחה שהתוצאות המתקבלות בניסויים הן בעלות התפלגות נורמלית



- בהתפלגות נורמלית, רוב הנתונים נמצאים במרכז ההתפלגות ומיעוטם בקצוות.
- ההתפלגות הינה סימטרית.

סטיית תקן ומהימנות

- סטיית תקן הינה ביטוי סטטיסטי למהימנות של שיטה ולהדירות של תוצאה.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

סטיית התקן

גודל המדגם

הנתון של הנבדק

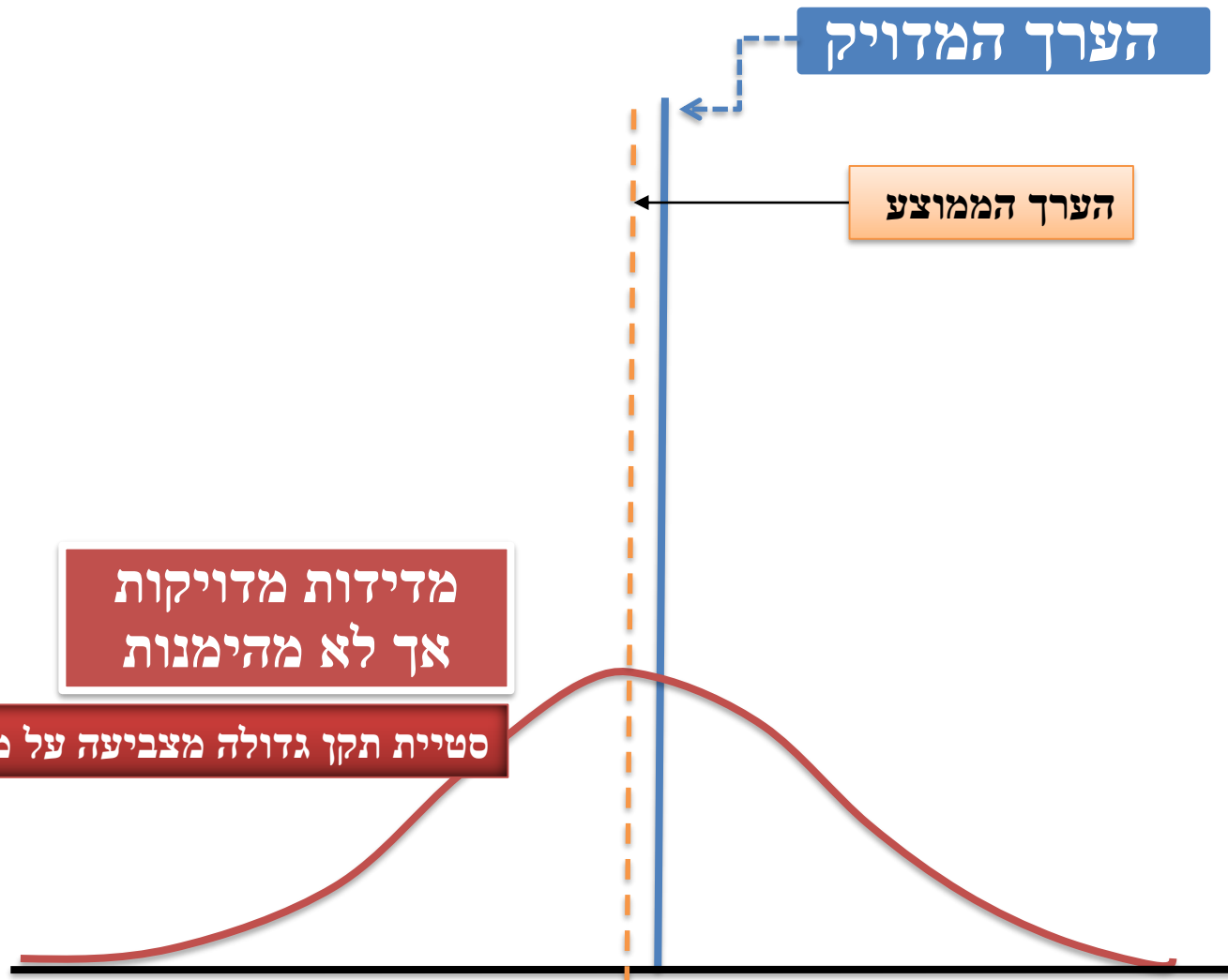
ממוצע המדגם

- מדד זה משקף את ממוצע הפערים של הסטיות מהממוצע.
- סטיית תקן היא מדד המושפע מהערכים הקיצוניים וממספר הערכים.

סטיית תקן ומהימנות-מקרה 1



סטיית תקן ומהימנות-מקרה 1



סטיית תקן ומהימנות- מקרה 1 כולל



סטיית תקן ומהימנות- מקרה 2 כולל

הערך המדויק

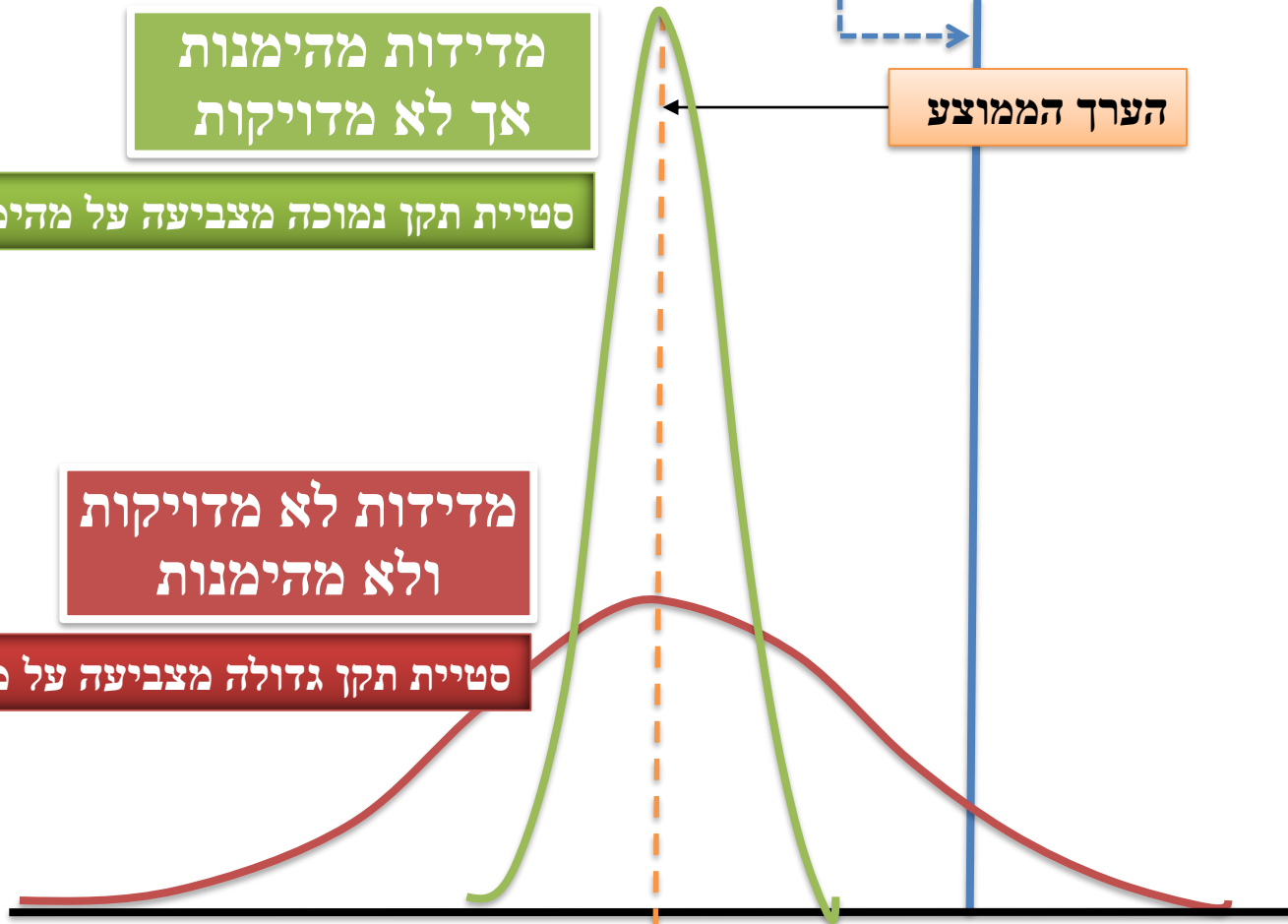
מדידות מהימנות
אך לא מדויקות

סטיית תקן נמוכה מצביעה על מהימנות גבוהה

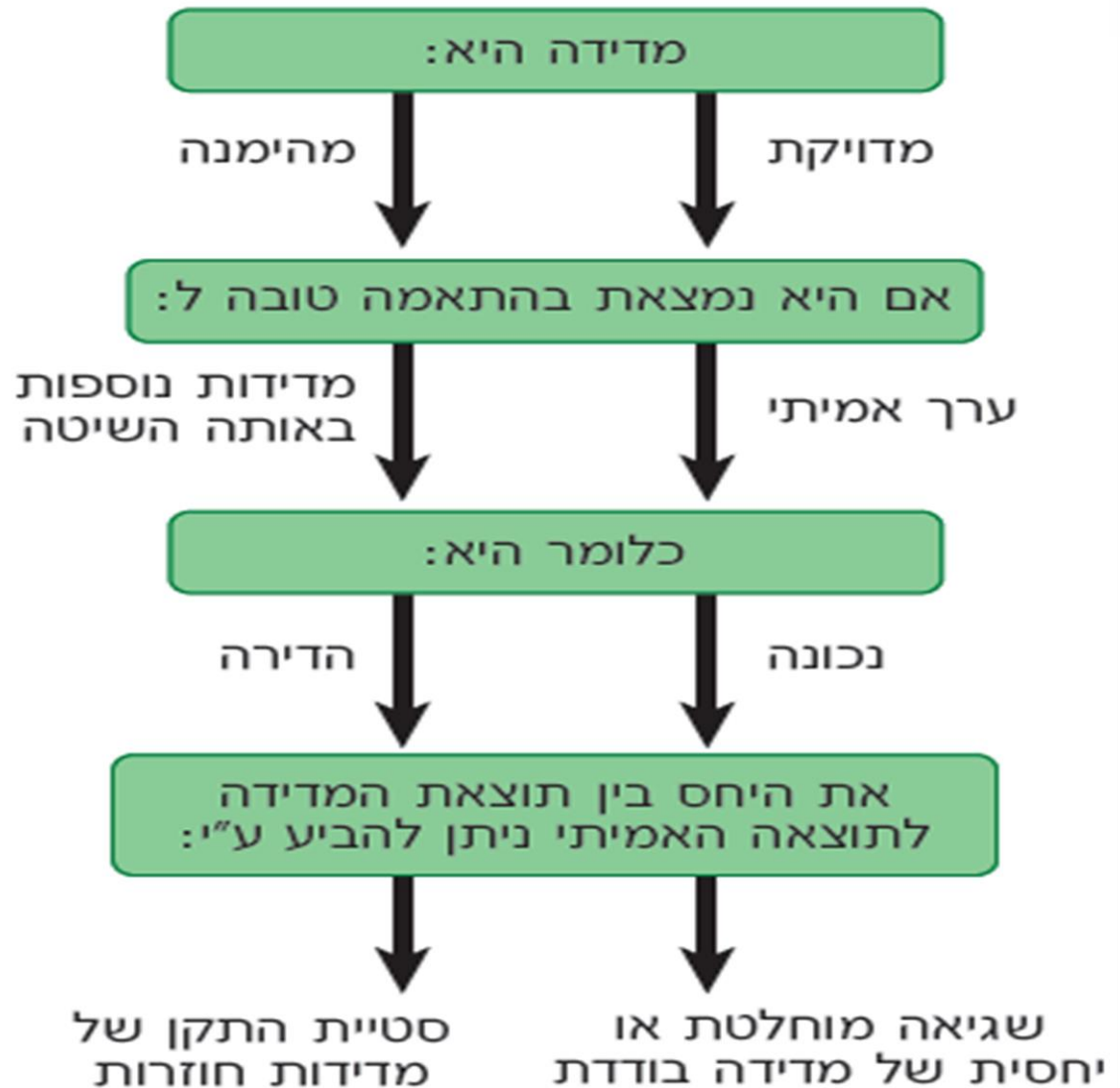
הערך הממוצע

מדידות לא מדויקות
ולא מהימנות

סטיית תקן גדולה מצביעה על מהימנות נמוכה

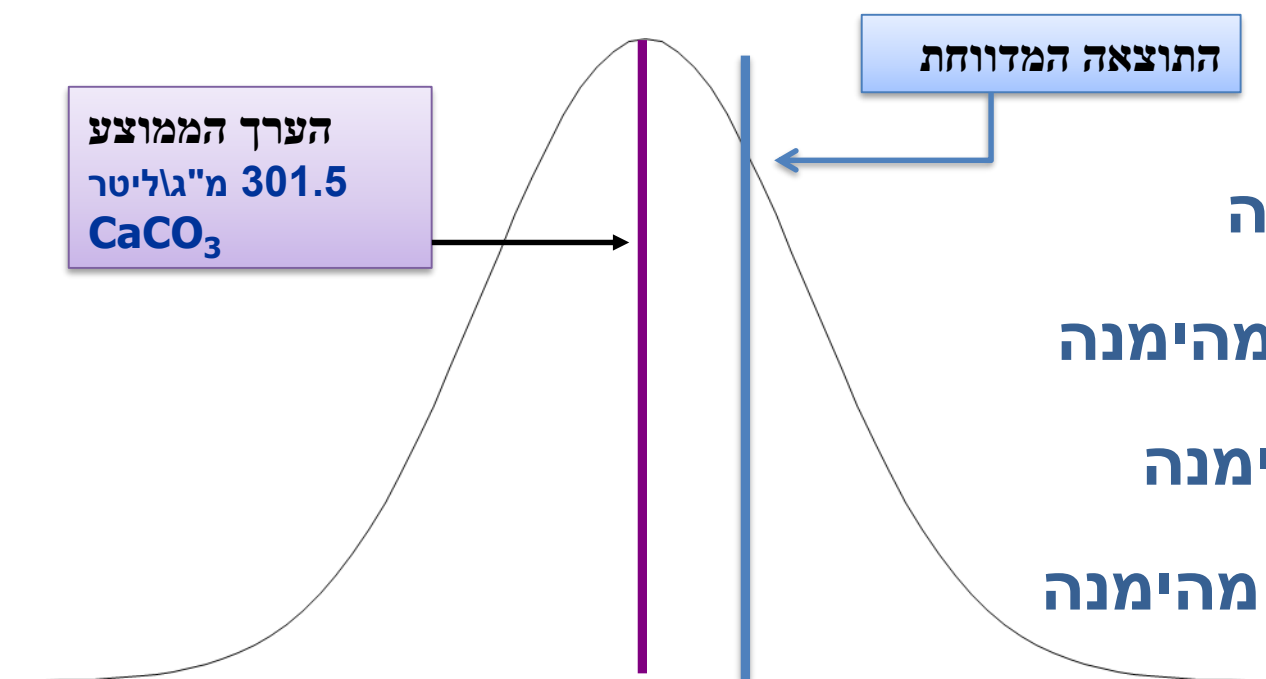


מדידות מהימנות ומדויקות



שאלה 1:

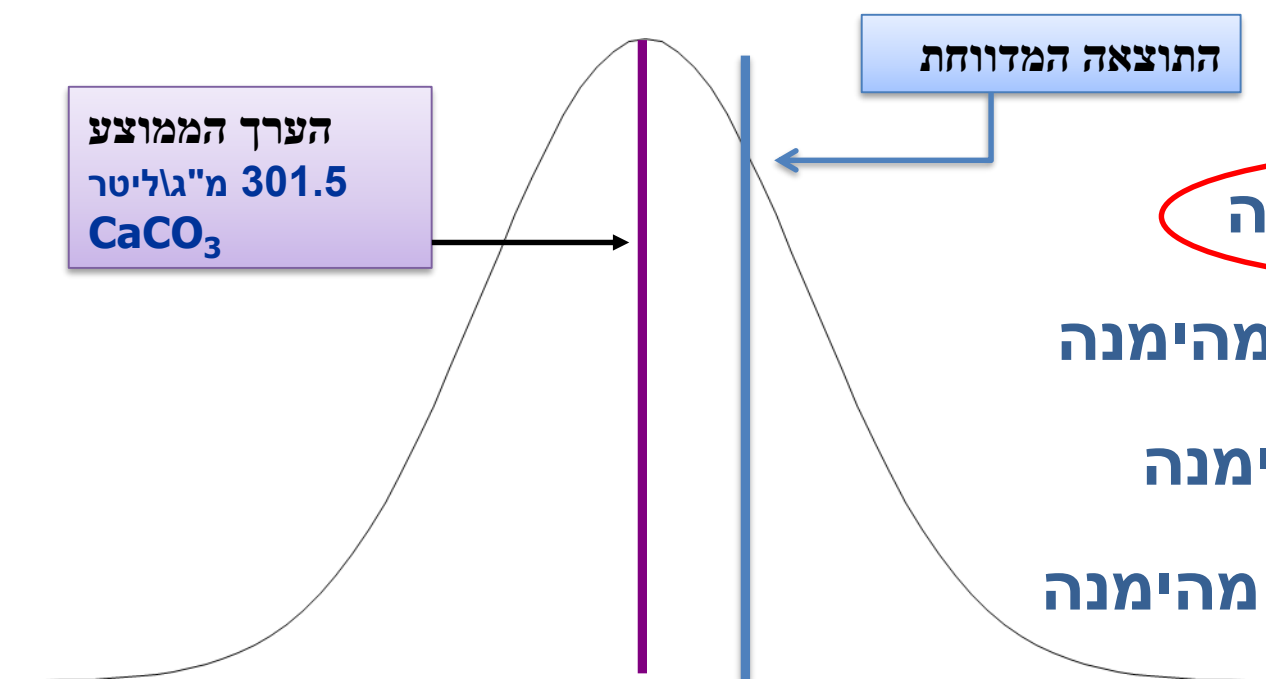
בתאריך 7.1.16 נלקח מדגם מים על ידי חברת מקורות בסביבות עכו. התוצאה המדווחת: 306 מ"ג/ליטר CaCO_3 .
התוצאה היא:



- א. מדויקת ומהימנה
- ב. לא מדויקת אך מהימנה
- ג. מדויקת ולא מהימנה
- ד. לא מדויקת ולא מהימנה

פתרון לשאלה 1:

בתאריך 7.1.16 נלקח מדגם מים על ידי חברת מקורות בסביבות עכו. התוצאה המדווחת: 306 מ"ג/ליטר CaCO_3 .
התוצאה היא:



א. מדויקת ומהימנה

ב. לא מדויקת אך מהימנה

ג. מדויקת ולא מהימנה

ד. לא מדויקת ולא מהימנה

שאלה 2:

במעבדה בצעו כמה בדיקות לקביעת ריכוז יוני נתרן בחלב.
לפניכם התוצאות שהתקבלו:

מס' הבדיקה	ריכוז יוני הנתרן, ppm
1	502.1
2	493.8
3	511.4
4	489.7



התוצאה הן:

א. מדויקות

ב. מהימנות

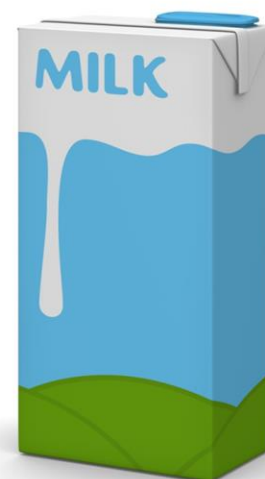
ג. מדויקות ומהימנות

ד. לא מדויקות ולא מהימנות

פתרון לשאלה 2:

במעבדה בצעו כמה בדיקות לקביעת ריכוז יוני נתרן בחלב.
לפניכם התוצאות שהתקבלו:

מס' הבדיקה	ריכוז יוני הנתרן, ppm
1	502.1
2	493.8
3	511.4
4	489.7



התוצאה הן:

א. מדויקות

ב. מהימנות

ג. מדויקות ומהימנות

ד. לא מדויקות ולא מהימנות

אי אפשר לדעת אם התוצאות מדויקות כי לא נתון הערך האמיתי של ריכוז יוני הנתרן בחלב.
התוצאות מהימנות שכן הן קרובות זו לזו.

שאלה 3:

על התווית של אריזת החלב שנבדק, מסומן שריכוז יוני הנתרן הוא 500ppm. האם התוצאות שניתנו הן מדויקות?

התוצאה הן:

מס' הבדיקה	ריכוז יוני הנתרן, ppm
1	502.1
2	493.8
3	511.4
4	489.7

א. מדויקות

ב. מהימנות

ג. מדויקות ומהימנות

ד. לא מדויקות ולא מהימנות

פתרון לשאלה 3:

על התווית של אריזת החלב שנבדק, מסומן שריכוז יוני הנתרן הוא 500ppm. האם התוצאות שניתנו הן מדויקות?

מס' הבדיקה	ריכוז יוני הנתרן, ppm
1	502.1
2	493.8
3	511.4
4	489.7

התוצאה הן:

א. מדויקות

ב. מהימנות

ג. מדויקות ומהימנות

ד. לא מדויקות ולא מהימנות

התוצאות מדויקות מכיוון שהן קרובות לערך האמיתי המצוין על התווית

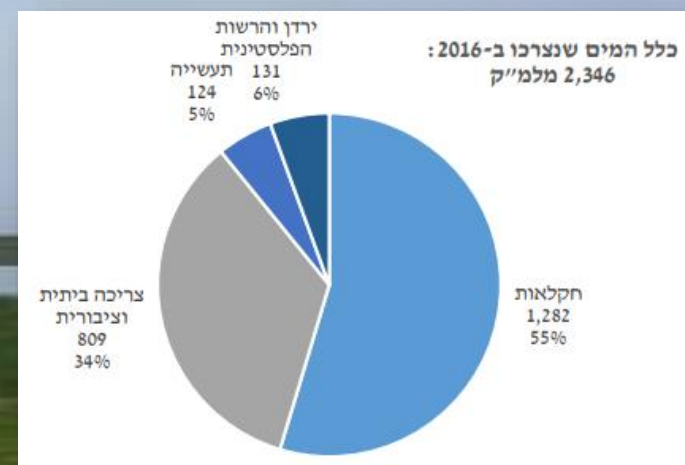
- שיטות לשיפור טעמים וריחים של המים ידועות כבר משנת 4000 לפנה"ס.
- כתבים עתיקים ביוונית ובסנסקריט המליצו על סינון המים בפחם, על חשיפתם לשמש ועל הרתחה.
- במאה ה-18 החלו לבצע באופן קבוע סינון מים איטי דרך חול.
- ב-1908 התחילו להשתמש בארה"ב בכלור לחיטוי (ובאירופה גם באוזון).
- ב-1914 נקבעו תקנים למי שתייה שהורחבו עם השנים עד לתקנה של "מי שתייה בטוחים" ב-1974.

מקורות המים בישראל



- ❖ אקוויפרים, מאגרים תת קרקעיים- מספקים את מי הבארות (מים שאובים)
- ❖ כינרת- מספקת את מי המוביל הארצי (שאיבה)
- ❖ מי שיטפונות (מים עיליים)

- ישראל נמצאת באזור מדברי למחצה
- גירעון מים הולך ומחמיר (ההתפלה שינתה את המצב)
- הגידול בצריכה התעשייתית – עלתה ב- 5% בין השנים 1993-2016.
- הגידול בצריכה הביתית – עלתה ב- 43% יותר מהגידול באוכלוסייה.
- הצריכה החקלאית – עלתה ב-14% בין השנים 1993-2016.



דרכים להתגבר על מחסור המים בישראל

❖ צמצום השאיבה ימנע חדירת זיהום למקורות המים ויחזיר את

הבארות לשימוש

❖ טיהור קולחין משקי הבית ותעשייה לרמה שתאפשר שימוש חקלאי

ותעשייתי, יוסיף לכמות המים הזמינה ויקטין את זיהום מי התהום,

הנחלים והים (פתרון יקר אבל הכרחי).

❖ אכיפת חוקי איכות הסביבה על התעשייה וחיובה להשתמש בשפכים

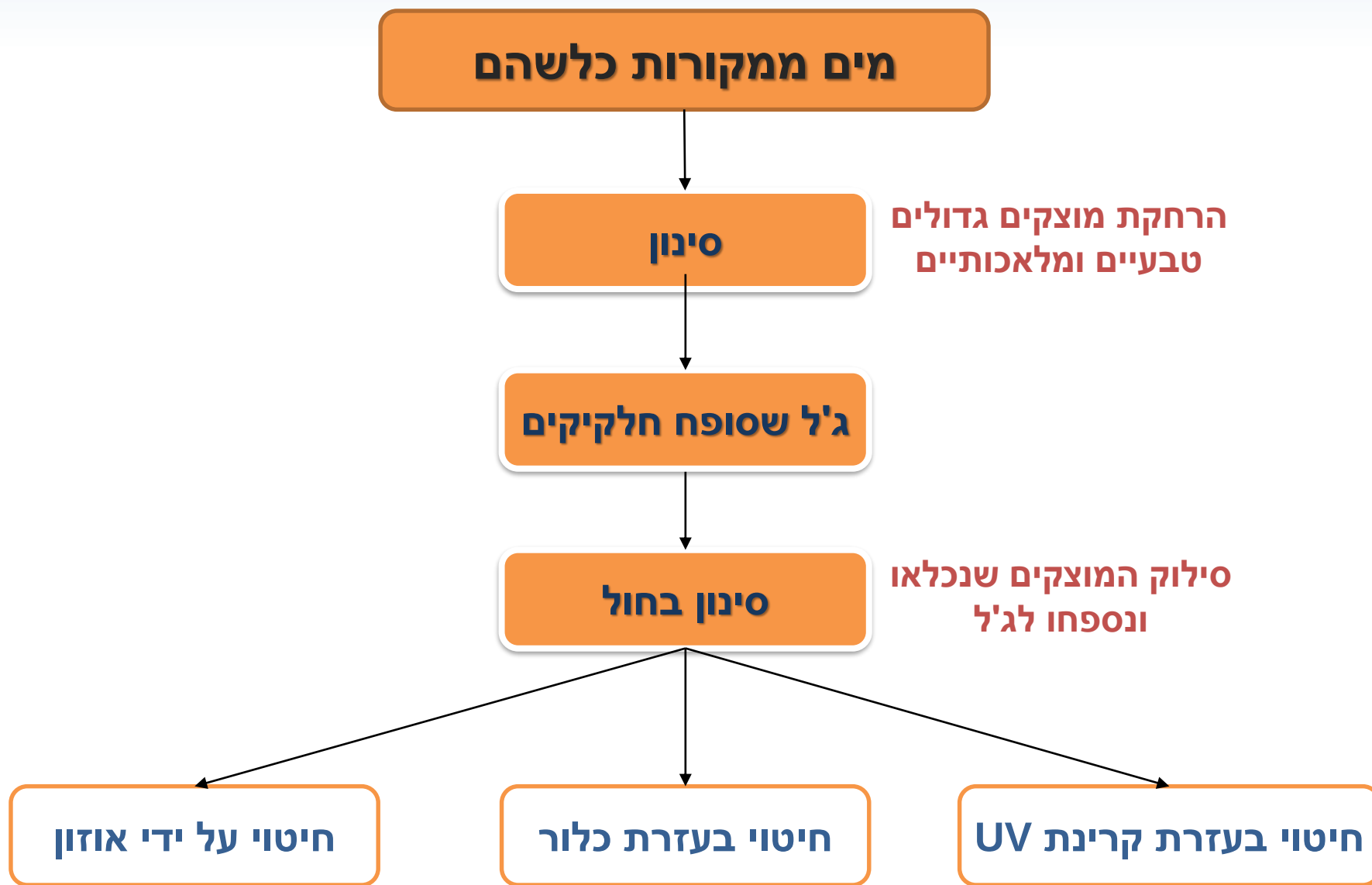
ממוחזרים.

❖ תיעול ולכידת מי נגר עיליים מאזורים עירוניים למניעת שיטפונות.

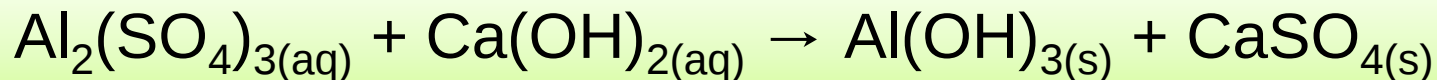
❖ התפלה כדי לאפשר תוספת למקורות הטבעיים.

❖ **יבוא מים – פתרון יקר ולא מעשי.**

טיהור מים: ממקורות המים אל הברז



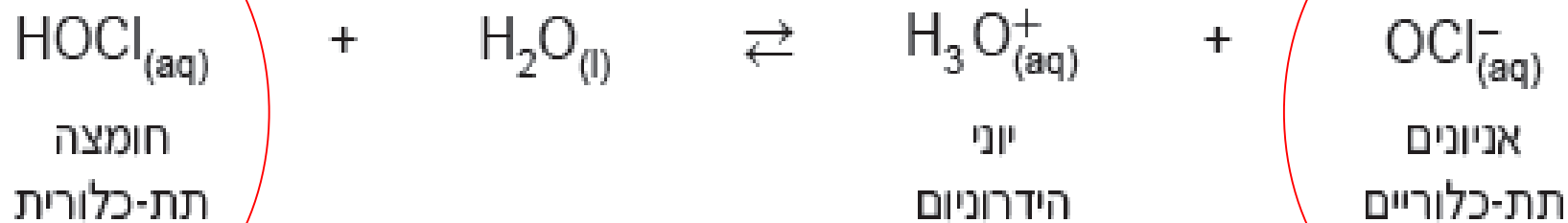
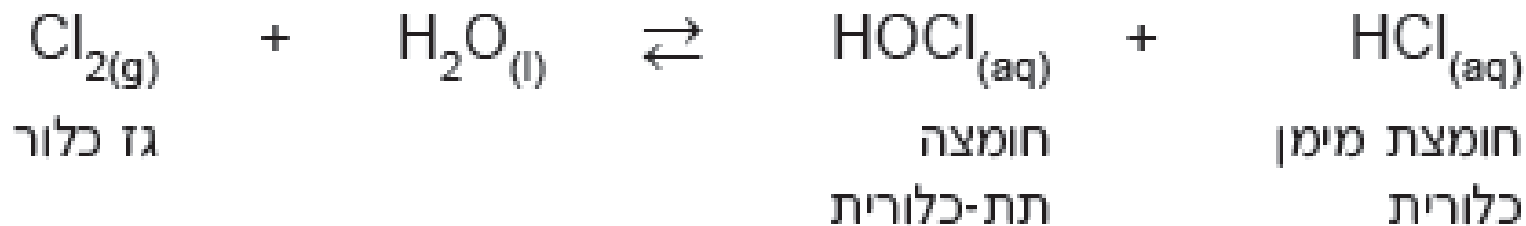
הוספת חומרים כאלומיניום גופרתי, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, וסידן הידרוקסידי, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ המגיבים ליצירת אלומיניום הידרוקסידי $\text{Al}(\text{OH})_3$ שהוא צמיגי ובמרקם ג'ל. החומר אינו מתפרק ליונים, ויוצר קשר מימן ואינטראקציות ו. ד. ו. רבות עם מומסים בסביבתו. כאשר האלומיניום ההידרוקסידי מתקדם בצנרת הוא מושך אליו חלקיקים המרחפים במים ועל ידי כך לוכד אותם בג'ל.



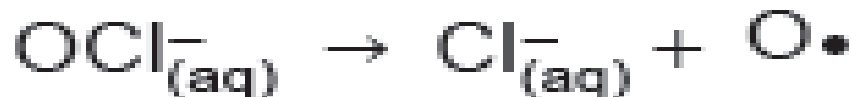
כלור הורס את פעילותם של רוב סוגי המיקרואורגניזמים גורמי המחלות, ועלותו נמוכה. מנגנון הפעולה של הכלור הינו בתגובות חמצון-חיזור המשלבות רדיקלים חופשיים (חלקיקים מאוד פעילים הפוגעים בדפנות התאים של חיידקים).

התקן הישראלי קובע כי ספק מים בישראל אחראי על חיטוי המים המסופק לציבור, וכי ריכוז הכלור הפעיל יהיה בין 0.1-0.5 ppm הריכוז הכולל של החומצה התת-כלורית והאניונים התת-כלוריים נקראים כלור חופשי פעיל. פעילות זו תלויה ב-pH התמיסה

תגובות כלור במים



כלור פעיל



יצירת רדיקל

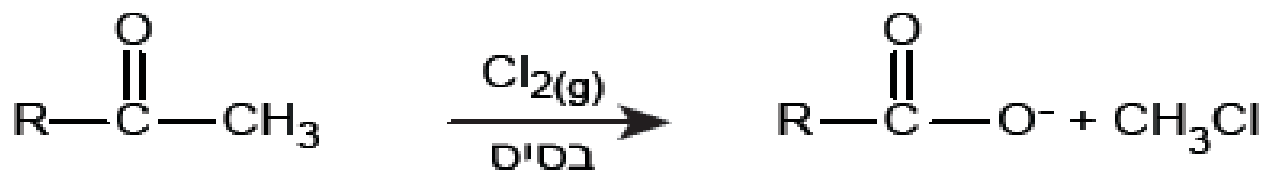
את ההכלרה יש לבצע ב- pH אופטימלי, בין 5.5 - 7.5.



ב- pH קטן יותר, ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ גבוה. על פי עקרון לה-שטלייה תתרחש תגובה (2) ההפוכה, ובעקבותיה, גם תגובה (1) ההפוכה. ריכוז HOCl , הצורן שחודר ביעילות לתא המיקרואורגניזמים, קטן, ולכן החיטוי אינו יעיל.

ב- pH גבוה יותר, ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ נמוך. על פי עקרון לה-שטלייה תתרחש תגובה (2) הישירה. ריכוז HOCl , הצורן שחודר ביעילות לתא המיקרואורגניזמים קטן, ולכן החיטוי אינו יעיל.

- טעם וריח לא נעימים למים.
- מעצם היותו גז לא נוח באחסון ושינוע.
- יעילות החיטוי תלויה ב-pH של המים, מעל 8 היעילות יורדת (בריכות שחיה).
- הכלור מגיב עם תרכובות אורגניות ליצירת תוצרים לא רצויים



אוזון – מחמצן חזק אשר משחרר חמצן אטומרי – רדיקל חופשי. חיטוי על ידי אוזון יעיל כנגד סוגי הפתוגנים. כדי להשתמש באוזון לחיטוי צריך לייצר אותו במקום ולבעב אותו לתוך המים.

💧 יתרון – אין תוצרי לוואי רעילים, אין מוסיף טעם או ריח למים, בנוסף, נדרשת כמות קטנה יותר מזו של כלור.



💧 חסרון – לא נשאר במים לאורך זמן.



חמצן
אטומרי

הקרנה ב-UV הורסת פתוגנים שונים. שיטה זו מתאימה
בדרך כלל לכמויות מים קטנות כגון שימוש ביתי.



✿ יתרונות – שיטה מהירה

וללא חומרי לוואי.

✿ חסרון – השפעת הקרינה

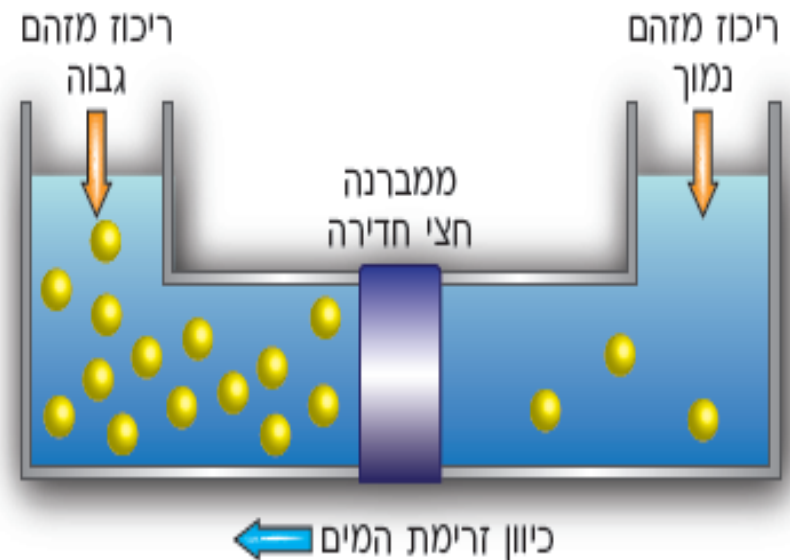
לא נמשכת לאורך זמן במים.

שיטת החיטוי	חסרונות	יתרונות
כלור	דרושות כמויות גדולות המשפיעות על טעם המים ועל ריחם	- נשמר במים לאורך זמן - זול יחסית
אוזון	- מתפרק ואינו נשמר במים לאורך זמן - יקר	- דרושות כמויות קטנות - יעיל מאוד
קרינה על-סגולה	אין השפעה לאורך זמן	- חיטוי מהיר - בלא תוספת חומרים למים

- ❖ סינון (הפרדת מוצק לא מסיס בנוזל)
- ❖ שיקוע (הפרדת מוצק לא מסיס בנוזל)
- ❖ זיקוק (הפרדה המבוססת על שוני בטמפרטורת רתיחה)
- ❖ מיצוי (הפרדה המבוססת על שוני במסיסות)
- ❖ ספיחה (הפרדה המבוססת על תכונות שטח הפנים)
- ❖ ספיחה סלקטיבית (הפרדה המבוססת על תכונות כימיות)
- ❖ הרתחה (אם נעשית לזמן ממושך דיו ובטמפרטורות גבוהות תגרום להשמדת מיקרואורגניזמים במים).
- ❖ סינון בפחם פעיל (סופח מזהמים, שטח פנים גבוה)
- ❖ אוסמוזה הפוכה

אוסמוזה ואוסמוזה הפוכה

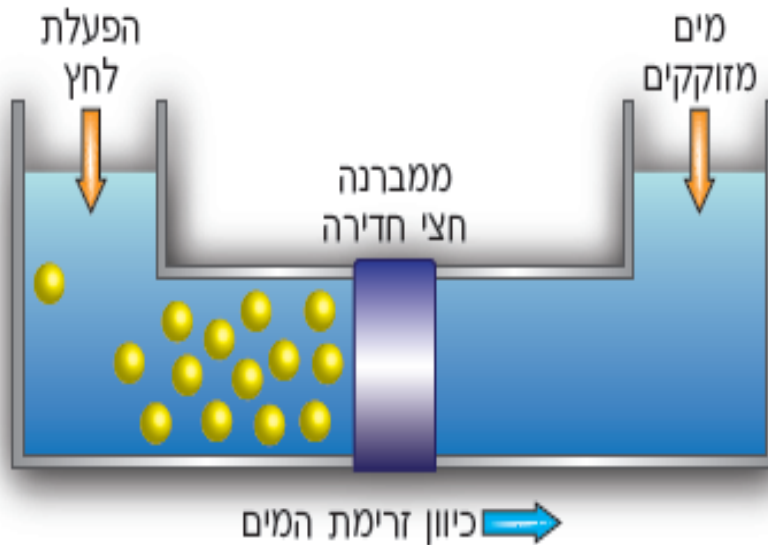
אוסמוזה רגילה



איור 5.א. מעבר של מים דרך ממברנה מתמיסה שבה ריכוז המומסים נמוך יותר לתמיסה שבה ריכוז המומסים גבוה יותר, עד להשוואת ריכוזים.

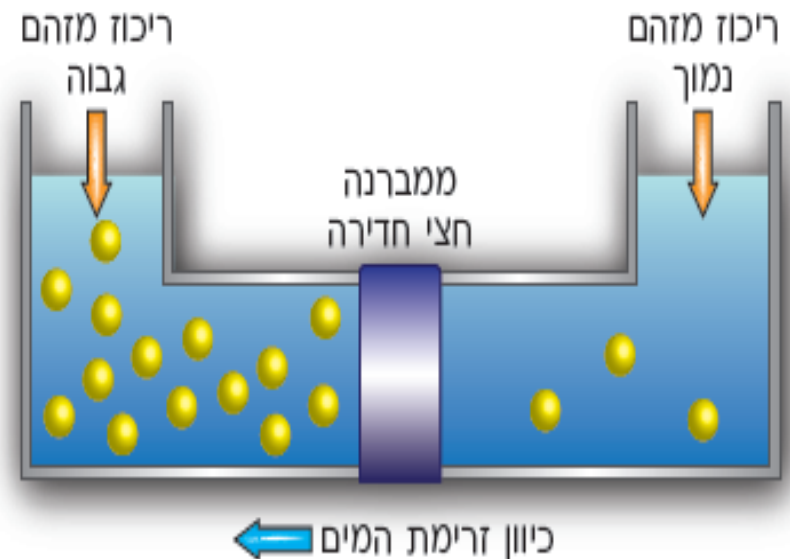
אוסמוזה ואוסמוזה הפוכה

אוסמוזה הפוכה



איור 5.ב. מפעילים לחץ גבוה על התא עם ריכוז המלחים הגבוה. כאשר הלחץ גבוה מספיק, המים יעברו לחצי תא השני ויתקבלו בו מים נקיים ממזהמים.

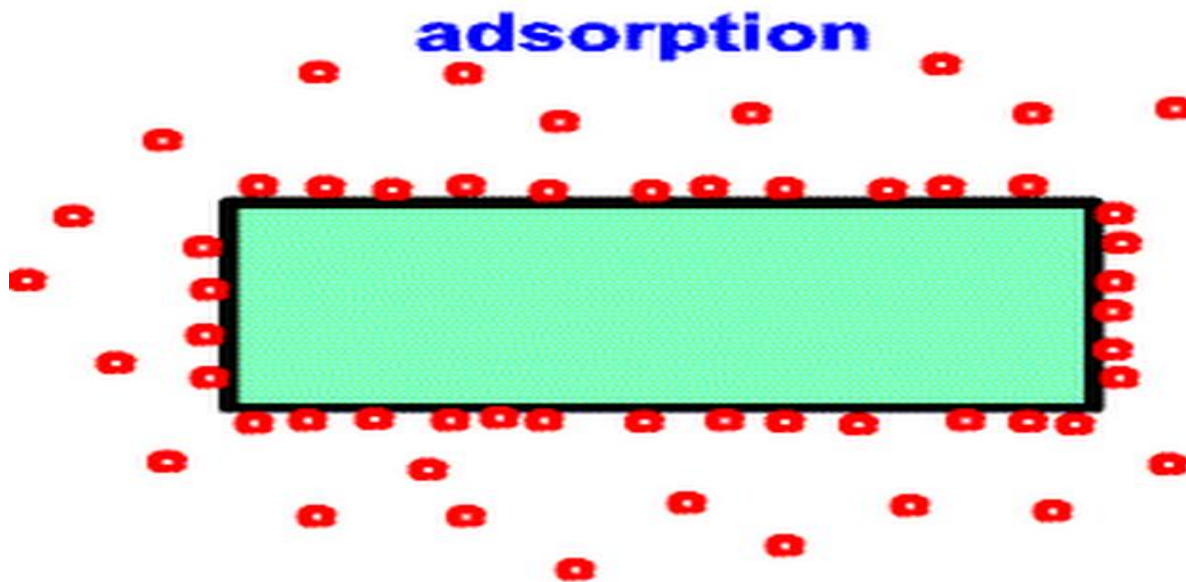
אוסמוזה רגילה



איור 5.א. מעבר של ממס דרך ממברנה מתמיסה שבה ריכוז המומסים נמוך יותר לתמיסה שבה ריכוז המומסים גבוה יותר, עד להשוואת ריכוזים.

שימו לב: בשני המקרים המים עוברים דרך הממברנה

חומר **נספח** גזי, נוזל או מוצק, נקשר על פני השטח של המוצק
הסופח (לעיתים החומר הסופח יכול להיות גם נוזל).
המולקולות הנספחות קשורות בקשרים בין מולקולריים וניתן
להסירם יחסית בקלות

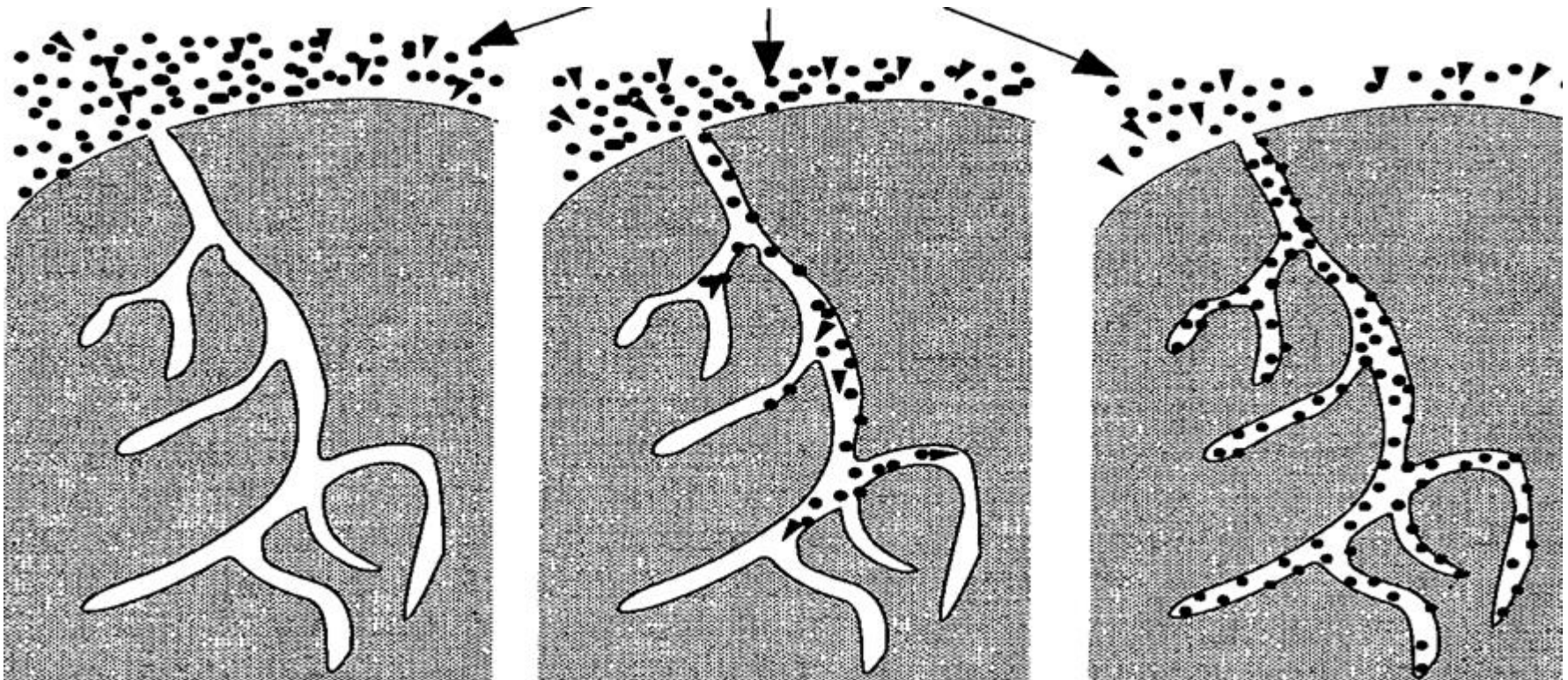


חומר **נספח**, גזי, נוזל או מוצק, חודר לתוך חומר **סופח** (שהוא מוצק)

1. דיפוזיה של החומר
הנספח אל פני שטח
החומר הסופח

2. נדידה של החומר
הנספח אל התעלות
של החומר הסופח

3. היבנות של החומר
הנספח בתוך החומר
הסופח



**אילו תכונות נדרשות מחומר
על מנת שיהיה סופח טוב?**



במה תלויה יעילות הספיחה?



💧 שטח הפנים (גרגרי, נקבובי)

💧 קצב זרימת המים

💧 הדרך שהמים עושים בתוך/על המשטח הסופח

💧 ריכוז המזהמים במים

💧 סלקטיביות המשטח הסופח (משטח טעון חשמלית)

מחליף יונים

חול

פחם פעיל

חרסיות

סיליקה ג'ל

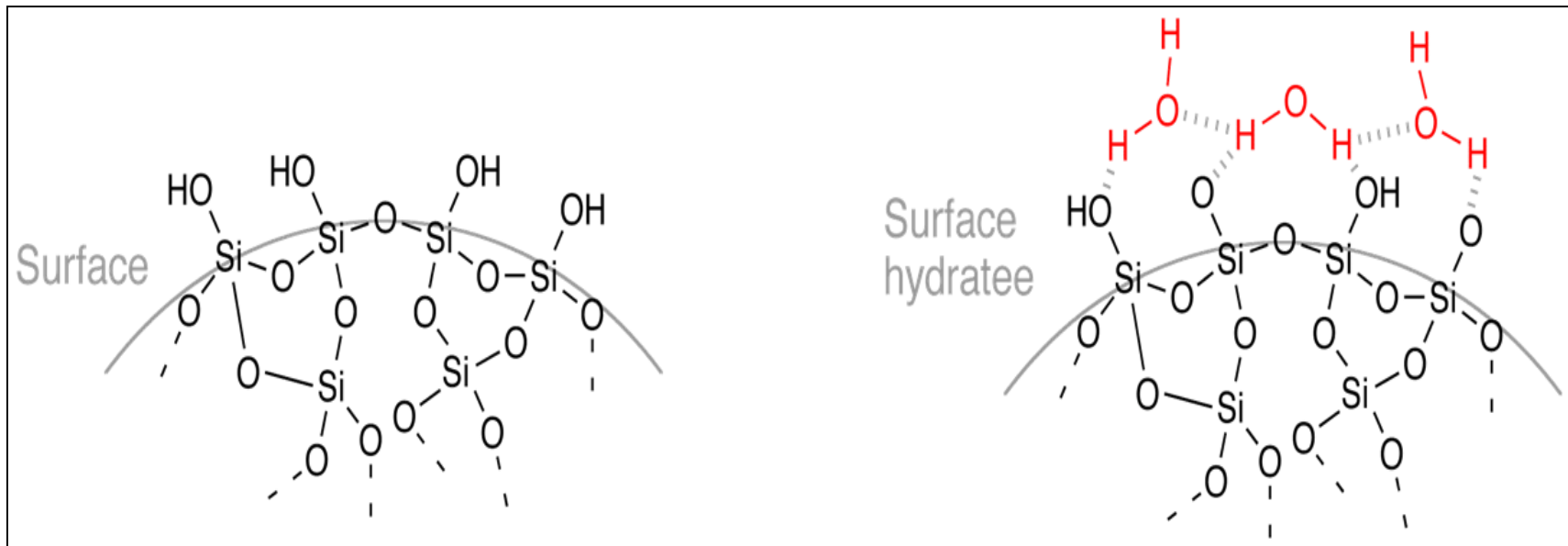
זאוליטים

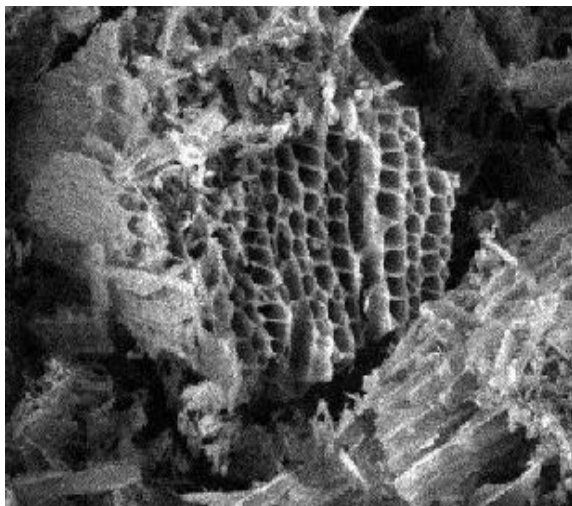
מוצק גרגרי בעל שטח פנים גדול יחסית. כ- 99% מהחול הוא למעשה התרכובת סיליקה, שנוסחתה היא SiO_2 . התרכובת בעלת מבנה אטומרי ענק, שעל שטח הפנים מצויים בעיקר אטומי חמצן בעלי זוגות אלקטרוניים לא קושרים. אטומי החמצן יכולים ליצור קשרים בין מולקולריים עם חומרים שונים המומסים במים ובצורה זו להוות מצע סופח למזהמים.

החול אינו יעיל ביחס למצעי ספיחה אחרים כי גרגרי החול גדולים יחסית לגרגירים של מצעי ספיחה אחרים ולכן בהשוואה למסננים אחרים יעילותו קטנה.

● גרגרי, נקבובי

● שטח פנים גבוה – 800 מ²/גר'





● פחם פעיל עשוי מחלקיקי פחם אשר עברו תהליך שהגדיל את פני השטח שלהם וכך את יכולתם לספוג מגוון רחב של מזהמים

● שטח פנים גבוה - 500 מ²/גר' או יותר
● נקבובי

● מתאים במיוחד להרחקת חומרים אורגניים וגזים.

● יעילות נמוכה מאוד להורדת קשיות המים (האבנית במים)

● יעילות נמוכה מאוד לגבי חיידקים.

גורמים המשפיעים על יעילות מסנן הפחם הפעיל

שטח פני הפחם הפעיל: סוגי פחם פעיל בעלי שטח פנים שונה. ככל
ששטח פני הפחם הפעיל גדול יותר- ספיחת המזהמים יעילה יותר

גורמים המשפיעים על יעילות מסנן הפחם הפעיל

שטח פני הפחם הפעיל: סוגי פחם פעיל בעלי שטח פנים שונה. ככל
ששטח פני הפחם הפעיל גדול יותר- ספיחת המזהמים יעילה יותר
כמות הפחם הפעיל: ככל שהמים זורמים דרך יותר פחם פעיל, ספיחת
המזהמים יעילה יותר

גורמים המשפיעים על יעילות מסנן הפחם הפעיל

שטח פני הפחם הפעיל: סוגי פחם פעיל בעלי שטח פנים שונה. ככל

ששטח פני הפחם הפעיל גדול יותר- ספיחת המזהמים יעילה יותר

כמות הפחם הפעיל: ככל שהמים זורמים דרך יותר פחם פעיל, ספיחת

המזהמים יעילה יותר

קצב זרימת המים דרך הפחם הפעיל: ככל שקצב הזרימה של המים דרך

הפחם הפעיל איטית יותר, ספיחת המזהמים יעילה יותר

גורמים המשפיעים על יעילות מסנן הפחם הפעיל

שטח פני הפחם הפעיל: סוגי פחם פעיל בעלי שטח פנים שונה. ככל

ששטח פני הפחם הפעיל גדול יותר- ספיחת המזהמים יעילה יותר

כמות הפחם הפעיל: ככל שהמים זורמים דרך יותר פחם פעיל, ספיחת

המזהמים יעילה יותר

קצב זרימת המים דרך הפחם הפעיל: ככל שקצב הזרימה של המים דרך

הפחם הפעיל איטית יותר, ספיחת המזהמים יעילה יותר

משך השימוש במסנן: ככל שהמסנן היה בשימוש זמן רב יותר, ספיחת

המזהמים יעילה פחות, שכן, כבר נספחו על הפחם מזהמים רבים

גורמים המשפיעים על יעילות מסנן הפחם הפעיל

שטח פני הפחם הפעיל: סוגי פחם פעיל בעלי שטח פנים שונה. ככל

ששטח פני הפחם הפעיל גדול יותר- ספיחת המזהמים יעילה יותר

כמות הפחם הפעיל: ככל שהמים זורמים דרך יותר פחם פעיל, ספיחת

המזהמים יעילה יותר

קצב זרימת המים דרך הפחם הפעיל: ככל שקצב הזרימה של המים דרך

הפחם הפעיל איטית יותר, ספיחת המזהמים יעילה יותר

משך השימוש במסנן: ככל שהמסנן היה בשימוש זמן רב יותר, ספיחת

המזהמים יעילה פחות, שכן, כבר נספחו על הפחם מזהמים רבים

סוגי המזהמים במים: ככל שהמזהם נספח טוב יותר לפחם הפעיל,

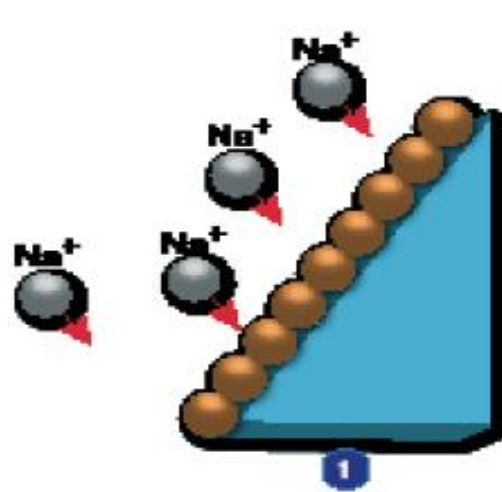
סילוקו מן המים יעיל יותר

נצפה בסרטון

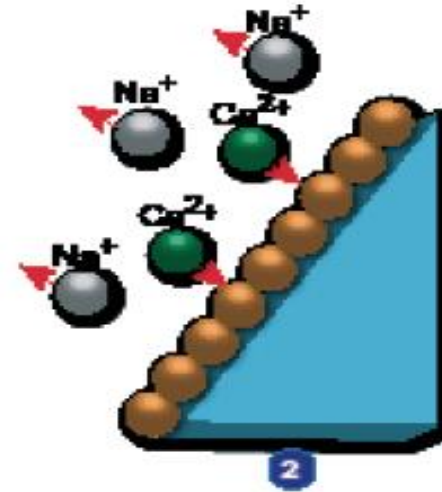


טיהור באמצעות פחם פעיל:

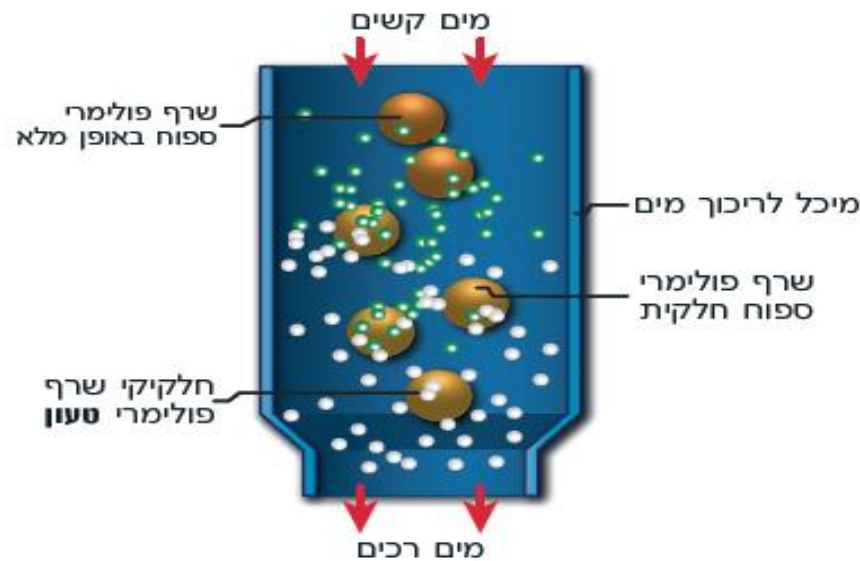
<https://www.youtube.com/watch?v=gttgC21KmOQ>



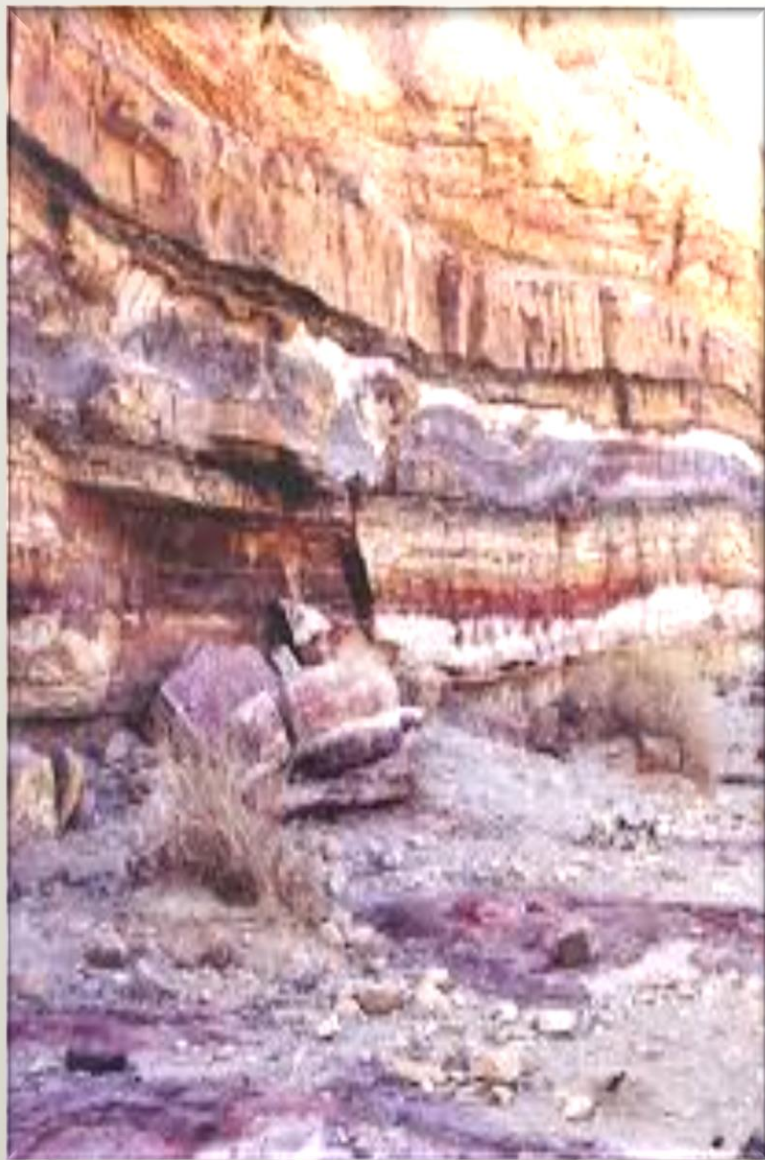
השרף כאשר יוני Na^+ קשורים אליו



החלפה של יוני Na^+ ביוני Ca^{2+} על פני השרף



-	שרף פולימרי ספוח באופן מלא
-	השרף הפולימרי ספוח חלקי
++	יוני סידן
+	יוני נתרן



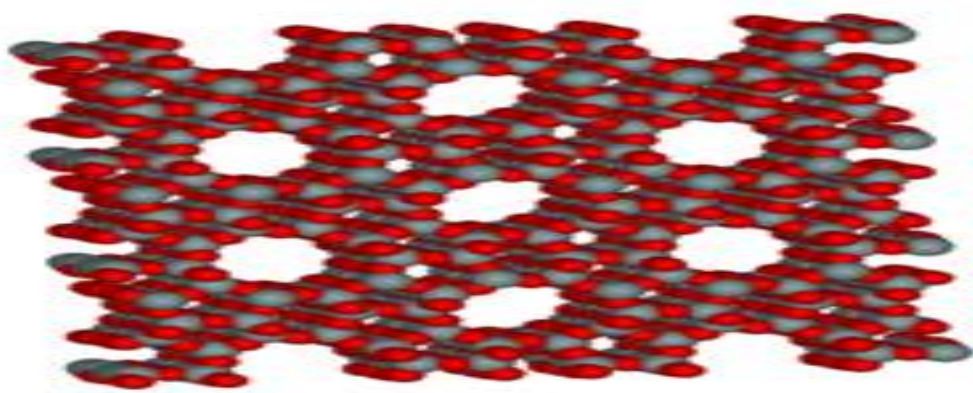
❖ חומר טבעי - מינרל

❖ נקבובית

❖ מבנה שכבתי

❖ סופחת מים

❖ שטח פנים גבוה: 800 מ²/גר'



קבוצה של מינרלים במבנה תלת־ממדי הקרוי טקטוסיליקט. מינרלים אלה בנויים מטרהדרונים של SiO_4^{+4} הקשורים בכל ארבעת קדקודיהם לטרהדרונים אחרים.

בחלק מהטרהדרונים מחליף אלומיניום את הצורן במרכז הטרהדרון. המבנה יוצר חללים גדולים (במונחים מולקולריים) ובתוכם מתיישבות בדרך כלל מולקולות מים. חימום מהיר של המינרל גרם למים בנקבוביות הזעירות להתאדות, גורם לאבנים להתנועע.

💧 חומר טבעי - מינרל

💧 נקבובי (מבנה ייחודי)

💧 שטח פנים גבוה



מהם מדדים סטטיסטיים בשימוש במעבדת החקר 

(ממוצע, דיוק, מהימנות)

מקורות ומצב המים בישראל 

שיטות טיהור וחיטוי מים: סינון, הכלרה, אוזוניזציה, 

קרינת UV, פחם פעיל, מחליפי יונים, אוסמוזה הפוכה

גורמים המשפיעים על יעילות טיהור וחיטוי המים 