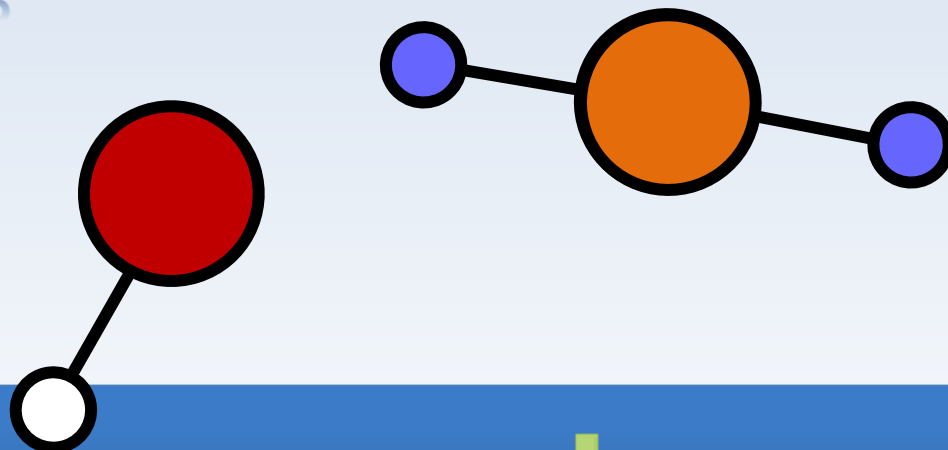
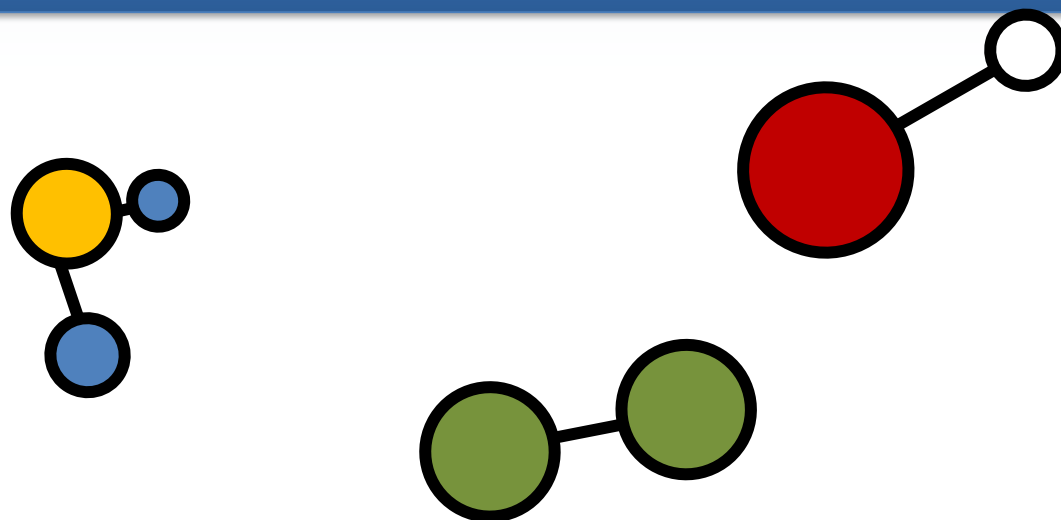
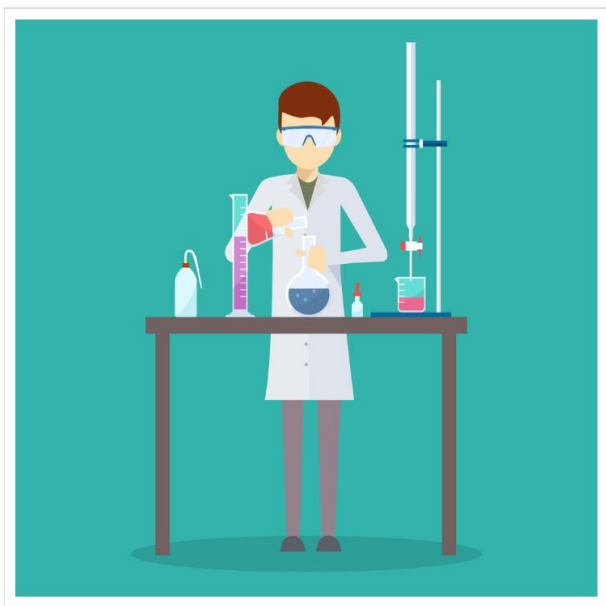




מחישובים אל המעבדה



טיטרציה של חומצה ובסיס 

מיהולים 

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

המימן כאטום וכיון חיובי (פרוטון) 

יון ההידרוניום ויון ההידרוקסיד 

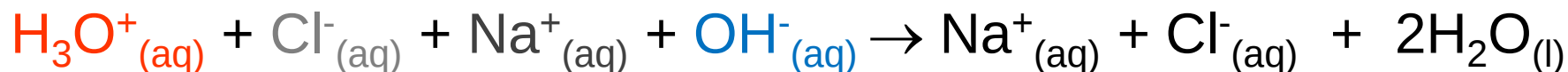
הגדרת חומצה ובסיס על פי בرونסטד ולאורי 

אלקטרוליט והולכת חשמל בתמיסה 

סולם pH, אינדיקטורים 

תגובת סתירה 

תגובת סתירה היא תגובה בין חומצה לבסיס.
התרכובת היונית הנוצרת בתגובה זו היא מלח.
כאשר תגובת סתירה מתרחשת בתמיסות מימיות, התוצרים הם מלח ומים.



תגובת הסתירה יכולה להיות מלאה או חלקית,
כתלות ביחס בין מולי החומצה ומולי הבסיס

כאשר מספר **מולי H_3O^+** שווה למספר **מולי OH^-** , תתקבל
סתירה מלאה של שניהם והתמיסה תהיה **ניטרלית** ($\text{pH}=7$)

כאשר מספר **מולי H_3O^+** גדול ממספר **מולי OH^-** , תתקבל
סתירה חלקית של החומצה והתמיסה תהיה **חומצית** ($\text{pH}<7$)

כאשר מספר **מולי H_3O^+** קטן ממספר **מולי OH^-** , תתקבל
סתירה חלקית של הבסיס והתמיסה תהיה **בסיסית** ($\text{pH}>7$)

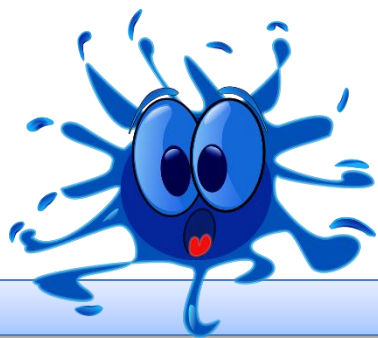
על שולחן המעבדה נשפכו 30 מ"ל תמיסת KOH בריכוז 2M.
כדי לנטרל את הבסיס השתמשו בתמיסת HCl בריכוז 1M.
מהו הנפח הנדרש של תמיסת HCl על מנת לסתור באופן מלא
את הבסיס?

א- 15 מ"ל

ב- 30 מ"ל

ג- 60 מ"ל

ד- 75 מ"ל



על שולחן המעבדה נשפכו 30 מ"ל תמיסת KOH בריכוז 2M.
כדי לנטרל את הבסיס השתמשו בתמיסת HCl בריכוז 1M.
מהו הנפח הנדרש של תמיסת HCl על מנת לסתור באופן מלא את הבסיס?

נחשב את מספר המולים של יוני הידרוקסיד

KOH הוא בסיס חד-ערכי, לכן: $n(\text{KOH}) = n(\text{OH}^-)$

$$n(\text{KOH}) = n(\text{OH}^-) = CV = 2 \times 0.03 = 0.06 \text{ mol OH}^-$$

בסתירה מלאה, מספר המולים של יוני הידרוקסיד שווה
למספר המולים של יוני הידרוניום.

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+) = 0.06 \text{ mol}$$

נחשב את נפח החומצה:

HCl היא חומצה חד-פרוטית, לכן: $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{HCl})$

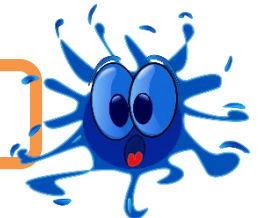
$$n = CV \rightarrow V = \frac{n}{C} = \frac{0.06}{1} = 0.06 \text{ lit} = 60 \text{ ml}$$

א- 15 מ"ל

ב- 30 מ"ל

ג- 60 מ"ל

ד- 75 מ"ל



שאלה 1 – פתרון בדרך קצרה יותר

על שולחן המעבדה נשפכו 30 מ"ל תמיסת KOH בריכוז 2M.
כדי לנטרל את הבסיס השתמשו בתמיסת HCl בריכוז 1M.
מהו הנפח הנדרש של תמיסת HCl על מנת לסתור באופן מלא את הבסיס?

בסתירה מלאה, מספר המולים של יוני הידרוקסיד שווה למספר המולים של יוני הידרוניום.

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{KOH})$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{HCl})$$

KOH הוא בסיס חד-ערכי, לכן:

HCl היא חומצה חד-פרוטית, לכן:

$$C_{(\text{OH}^-)} V_{(\text{OH}^-)} = C_{(\text{H}_3\text{O}^+)} V_{(\text{H}_3\text{O}^+)}$$

$$2 \times 0.03 = 1 \times V_{(\text{H}_3\text{O}^+)}$$

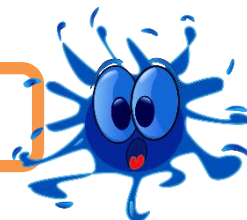
$$V_{(\text{H}_3\text{O}^+)} = V_{(\text{HCl})} = 0.06 \text{ lit} = 60 \text{ ml}$$

א- 15 מ"ל

ב- 30 מ"ל

ג- 60 מ"ל

ד- 75 מ"ל



טיטרציה היא שיטה לקביעת הריכוז של חומרים שונים בתמיסה.

בשיטה זו מבצעים **טיטור** – הוספה הדרגתית ומדויקת של תמיסה אחת לתוך תמיסה שניה תוך מעקב אחרי השינויים בתמיסה.

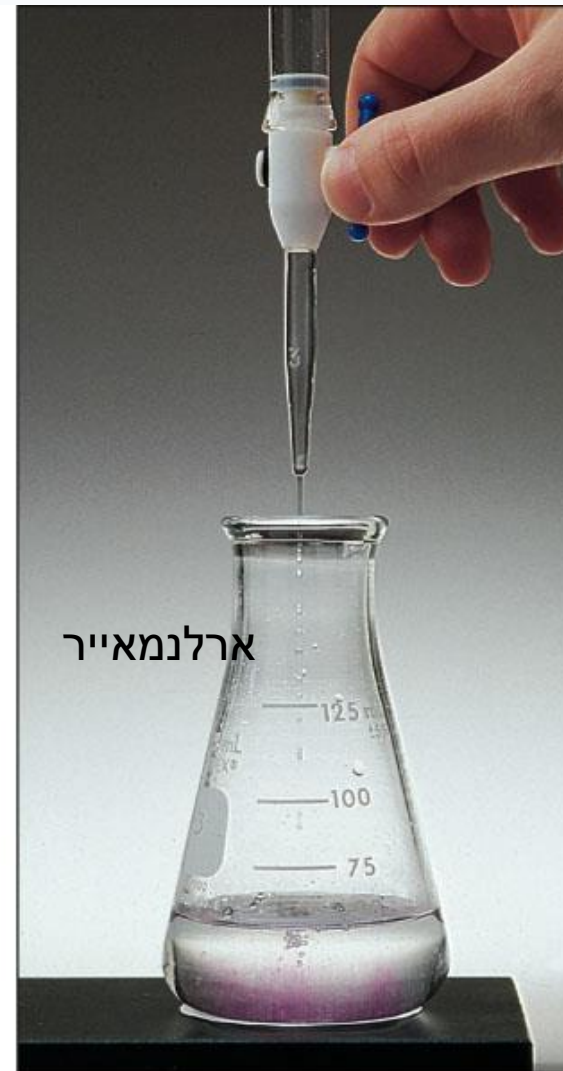
התהליך מסתיים ב**נקודת הסיום**, בו כל החומר בתמיסה הנבדקת הגיב.

בתגובות סתירה, עוקבים אחר שינוי ה-pH והתהליך מסתיים כאשר הסתירה מלאה

לביורטה
מכניסים
תמיסה
בריכוז ידוע



(a)



(b)

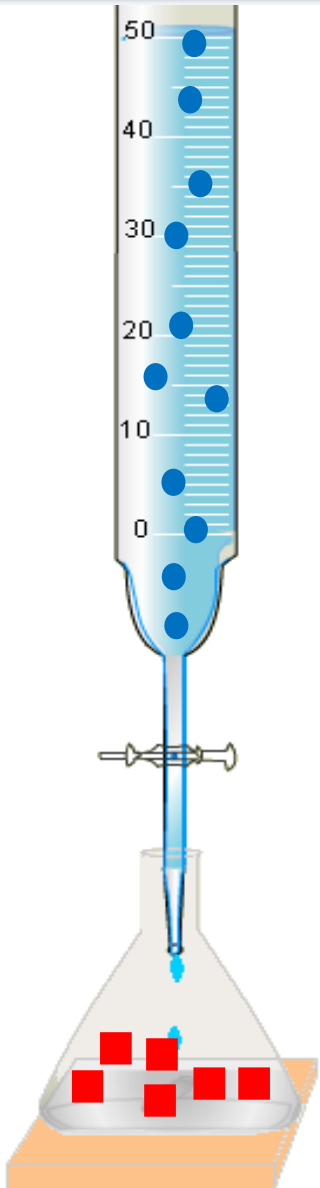
לארלנמאייר
מכניסים
תמיסה בריכוז
לא ידוע ובנפח
ידוע

נצפה בסרטון



טיטריציה

<https://www.youtube.com/watch?v=8UiuE7Xx5l8>



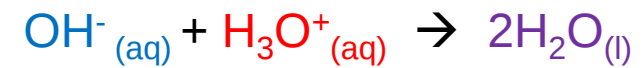
● **חומר מטטר (בסיס)**

ריכוז ידוע C_2
נפח נמדד בניסוי V_2

■ **חומר מטוטר (חומצה)**

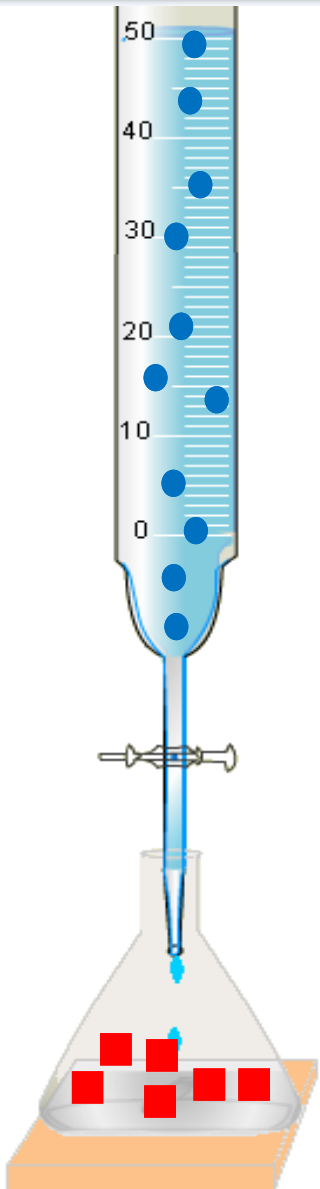
ריכוז לא ידוע C_1
נפח ידוע V_1

התגובה:



מה העיקרון ?

יחס 1:1



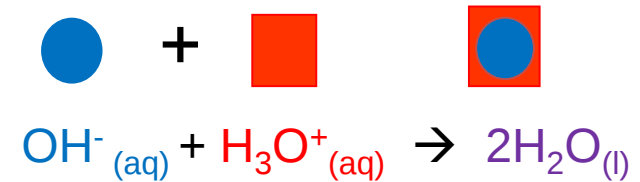
● **חומר מטטר (בסיס)**

ריכוז ידוע C_2
נפח נמדד בניסוי V_2

■ **חומר מטטר (חומצה)**

ריכוז לא ידוע C_1
נפח ידוע V_1

התגובה:



יחס 1:1

מספר העיגולים הכחולים

(מספר המולים של יוני הידרוקסיד)

שווה

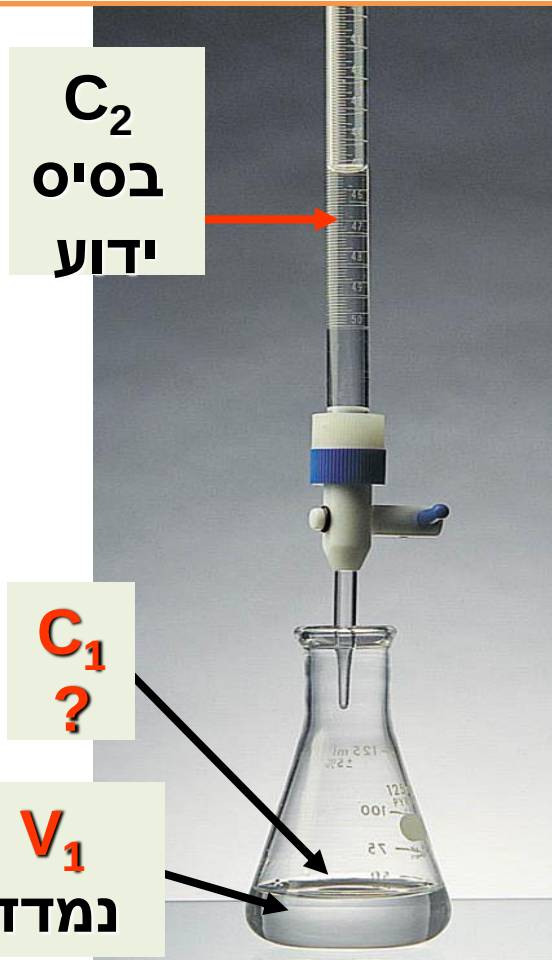
למספר הריבועים האדומים

(מספר המולים של יוני הידרוניום)

מתקיים:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

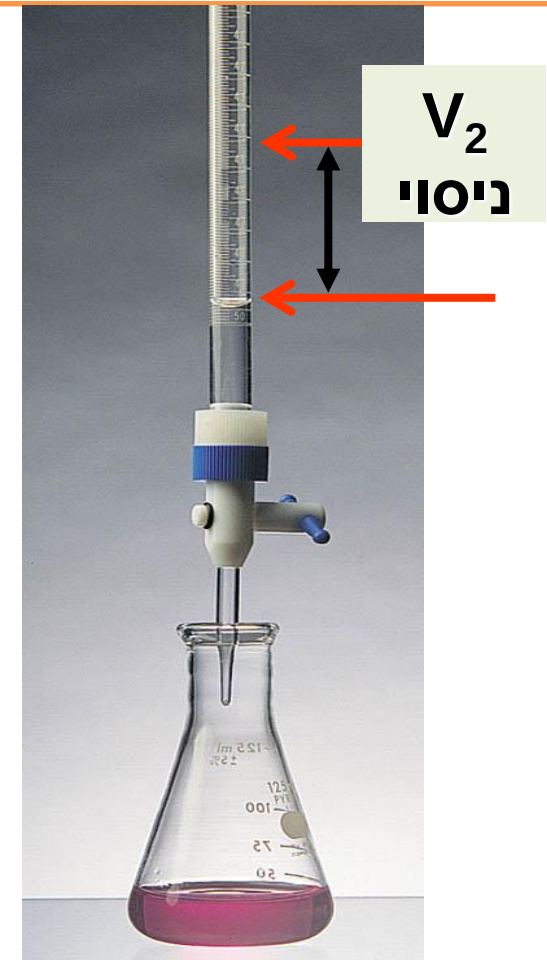
תהליך קביעה כמותית של ריכוז חומצה (או בסיס) על ידי הוספת בסיס (או חומצה) בריכוז ידוע בצורה מבוקרת והדרגתית ומעקב אחר התגובה הכימית ביניהם עד השלמתה



חומצה בריכוז לא ידוע



תהליך הסתירה



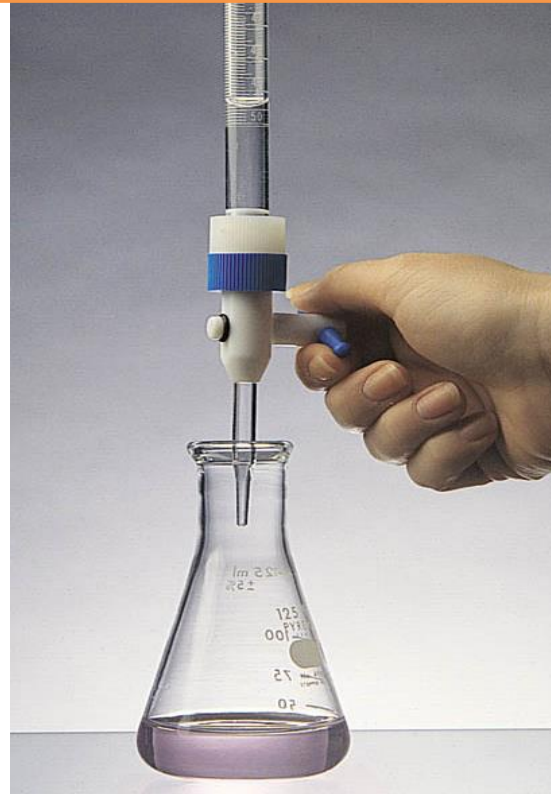
נקודת הסיום

תהליך קביעה כמותית של ריכוז חומצה (או בסיס) על ידי הוספת בסיס (או חומצה) בריכוז ידוע בצורה מבוקרת והדרגתית ומעקב אחר התגובה הכימית ביניהם עד השלמתה

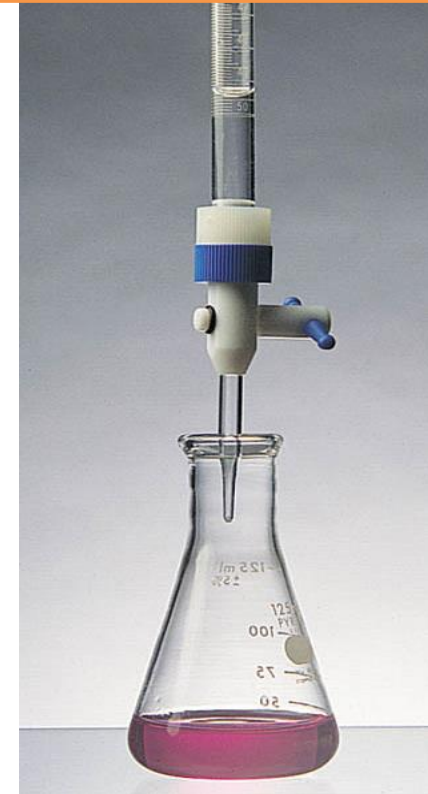
ארלנמייר
ובו תמיסת
החומצה
הנבדקת



א. ממלאים ביורטה
בתמיסת בסיס בעלת
ריכוז ידוע.



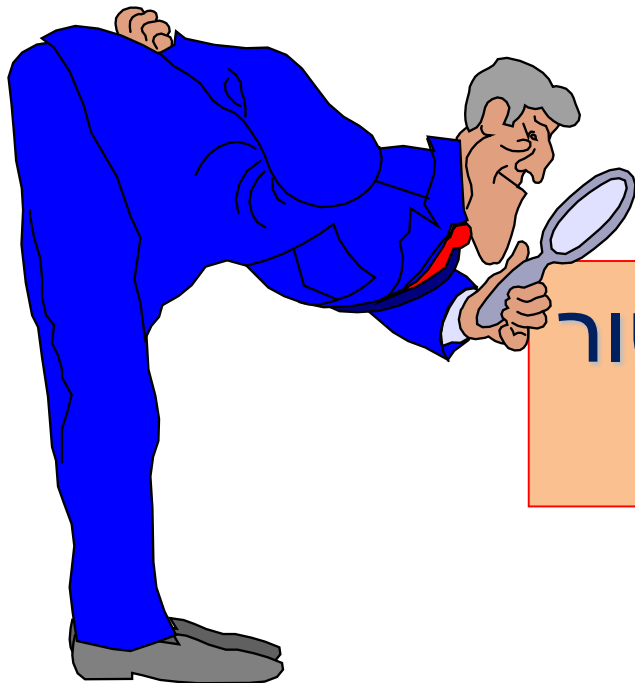
ב. תמיסת הבסיס מוספת
באיטיות לתוך הדוגמא
הנבדקת תוך כדי ערבוב.



ג. כאשר מספר מולי ה- OH^-
מהבסיס שווה מספר מולי יוני
ה- H_3O^+ מהחומצה הנבדקת,
צבע האינדיקטור משתנה.

כיצד נדע שתגובת הסתירה הסתיימה ?

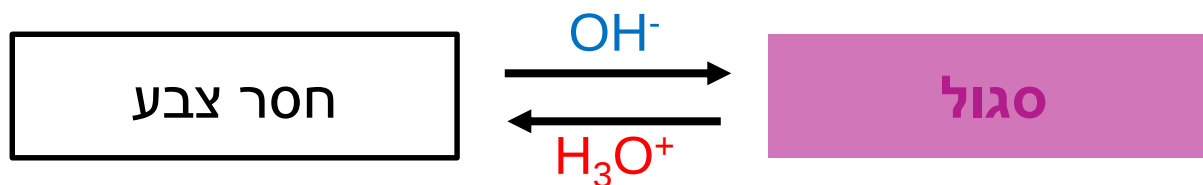
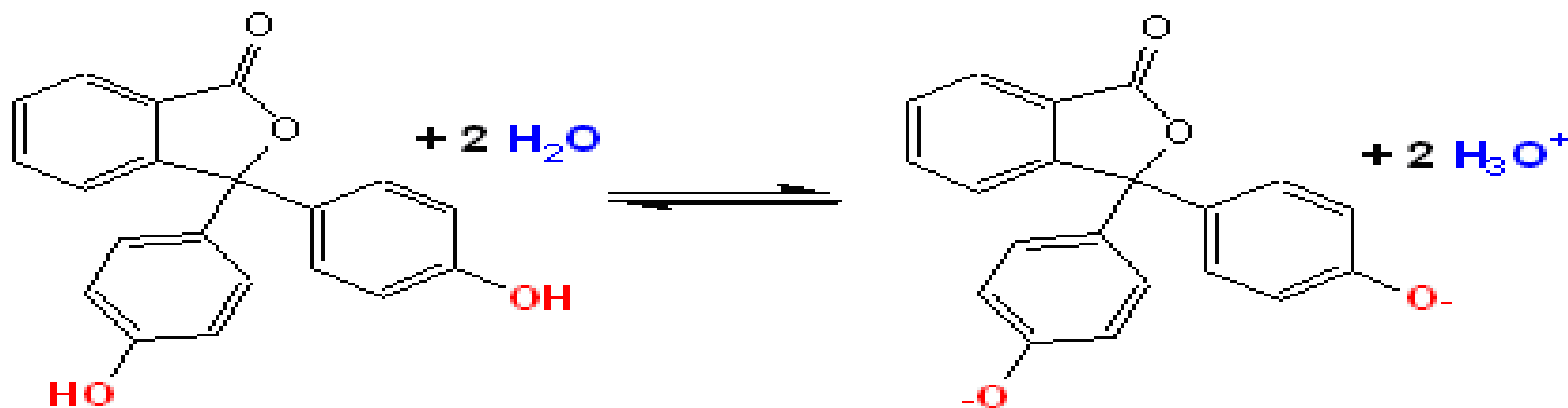
כלומר: איך נדע שסתרנו את כל **החומצה** ?



דרוש חומר(בוחן) אינדיקטור
אשר ישנה את צבעו

כיצד נדע שתגובת הסתירה הסתיימה?

אינדיקטור: פנול פתאלאין

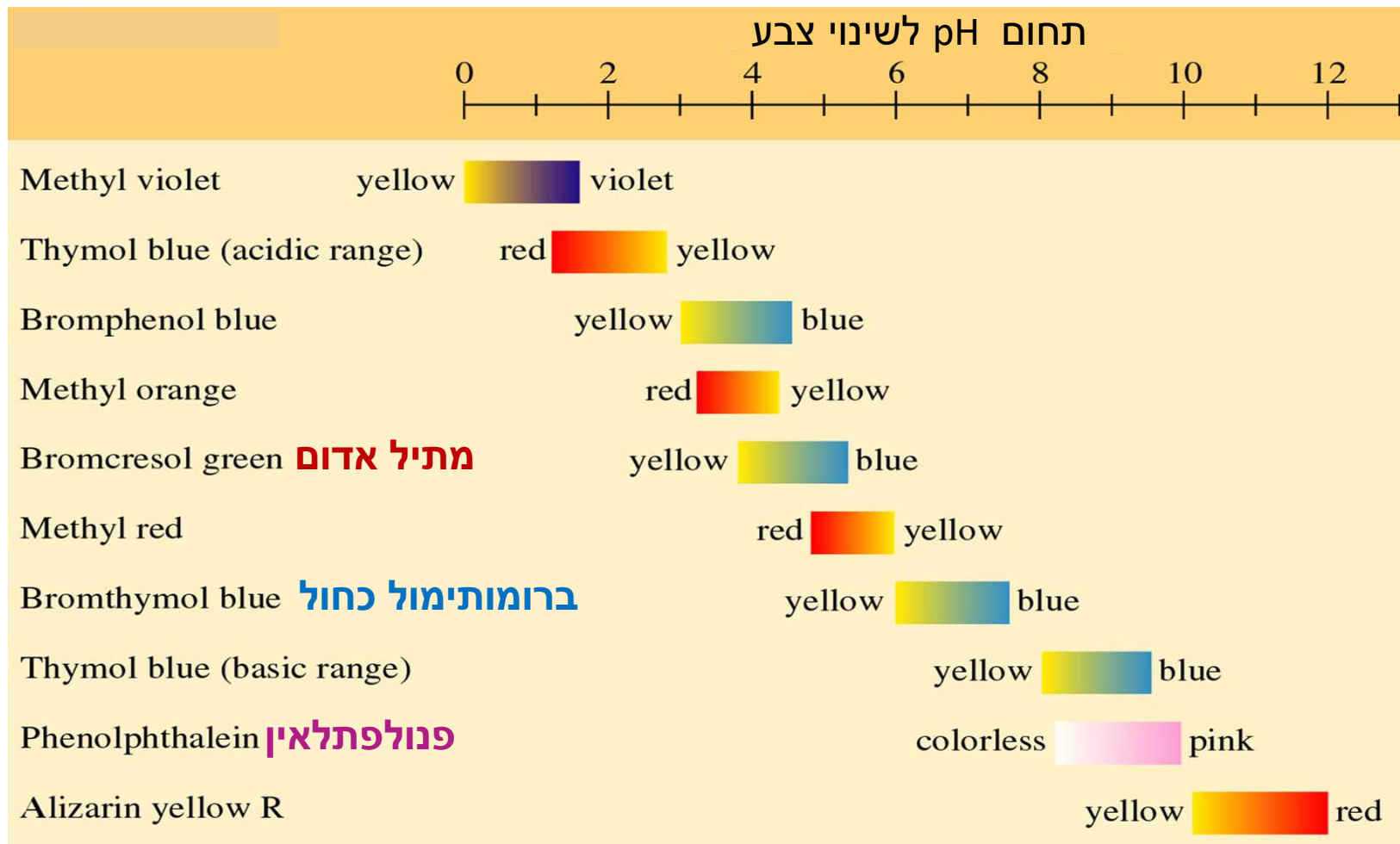


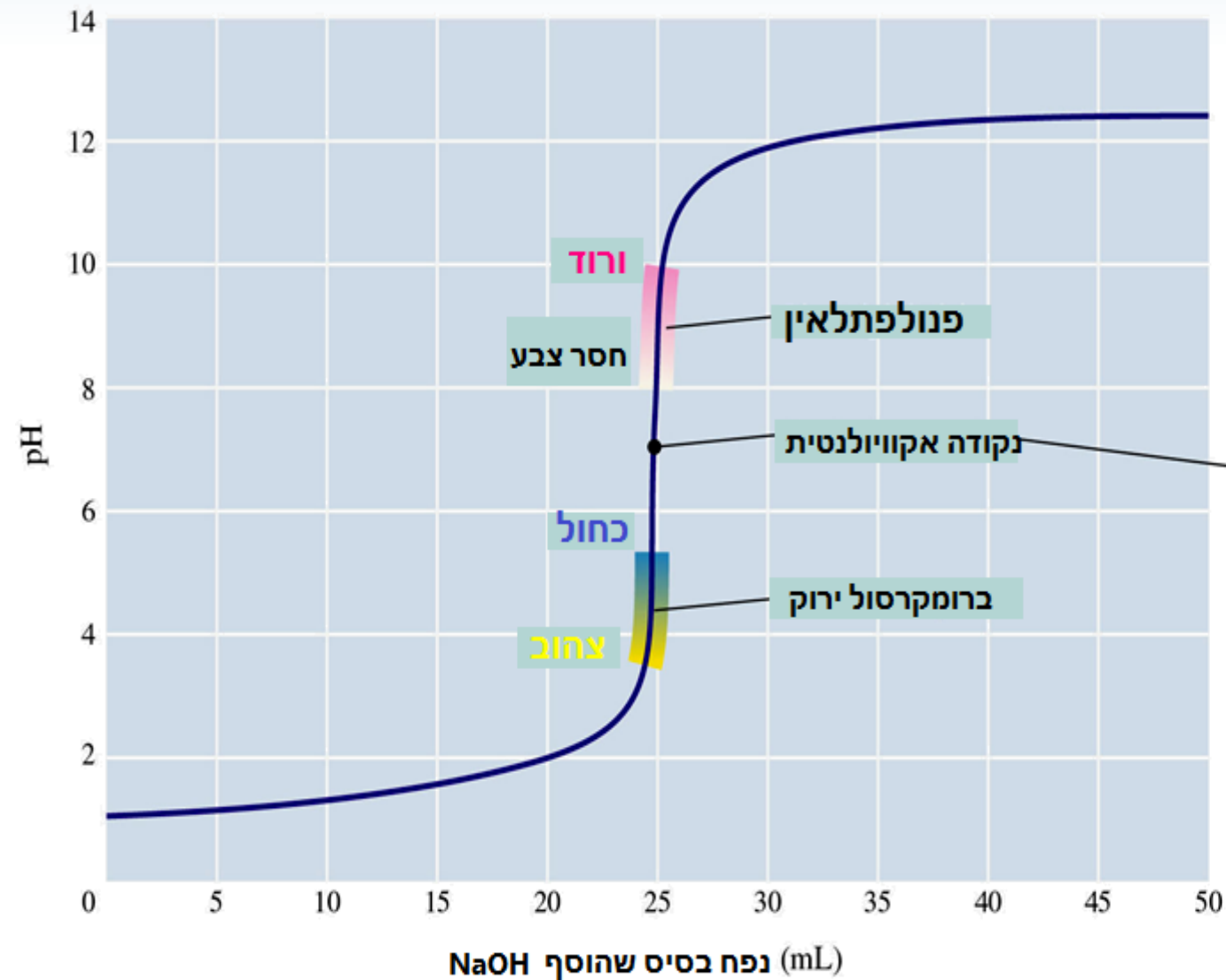
אינדיקטור זה משנה את צבעו בנוכחות
בסיס מ-חסר צבע ל-סגול

פנולפתאלאין היא חומצה חלשה

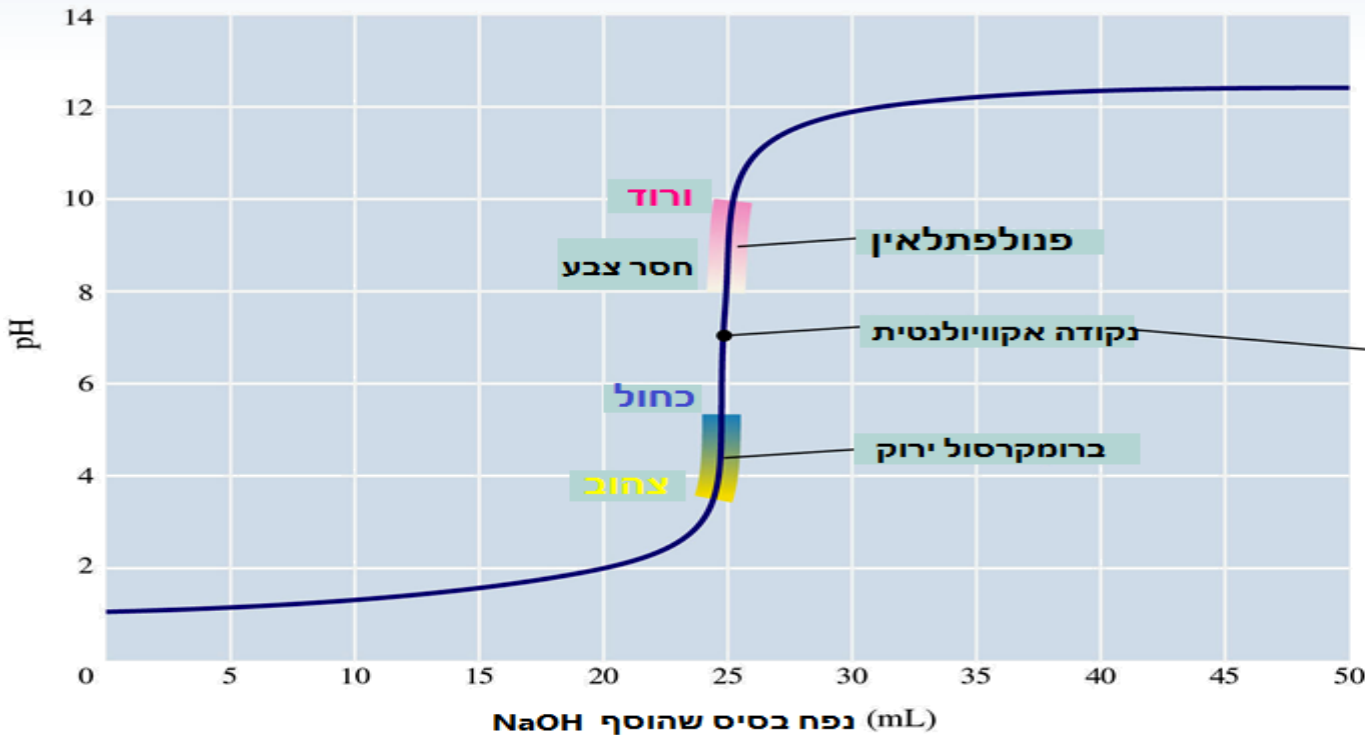
כיצד נדע שתגובת הסתירה הסתיימה?

אינדיקטורים שונים





נפח הבסיס שהוסף (מ"ל)	pH
0	1.00
5	1.18
10	1.37
15	1.60
20	1.95
21	2.06
22	2.20
23	2.38
24	2.69
25	7.00
26	11.29
27	11.59
28	11.75
29	11.87
30	11.96
35	12.22
40	12.36
45	12.46
50	12.52

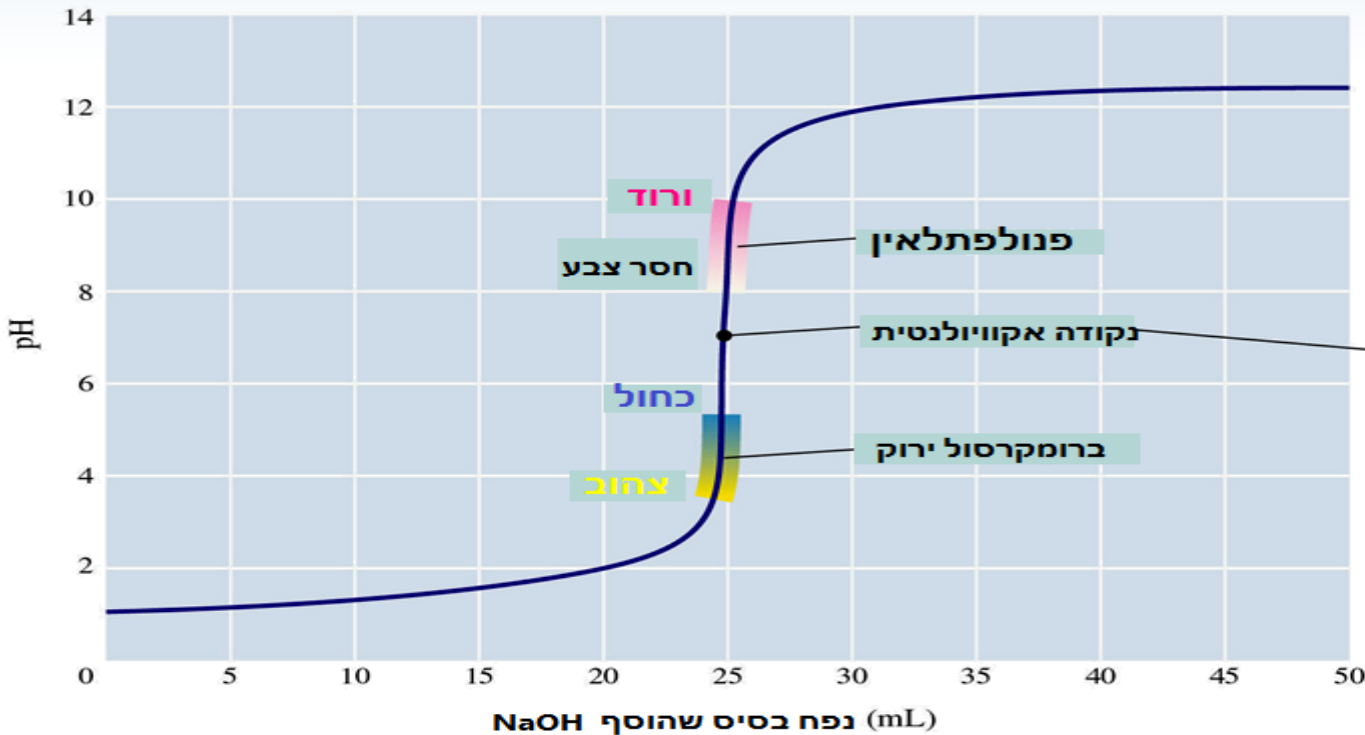


נפח הבסיס שהוסף (מ"ל)	pH
0	1.00
5	1.18
10	1.37
15	1.60
20	1.95
21	2.06
22	2.20
23	2.38
24	2.69
25	7.00
26	11.29
27	11.59
28	11.75
29	11.87
30	11.96
35	12.22
40	12.36
45	12.46
50	12.52

- א. מהו המשתנה הבלתי תלוי? מהן היחידות שלו?

ב. האם משתנה זה הוא בדיד או רציף?
- א. מהו המשתנה התלוי? כיצד מודדים אותו?

ב. האם משתנה זה בדיד או רציף?
- איזה גרף יתאים לשרטט במקרה זה? גרף עמודות או גרף פיזור?



נפח הבסיס שהוסף (מ"ל)	pH
0	1.00
5	1.18
10	1.37
15	1.60
20	1.95
21	2.06
22	2.20
23	2.38
24	2.69
25	7.00
26	11.29
27	11.59
28	11.75
29	11.87
30	11.96
35	12.22
40	12.36
45	12.46
50	12.52

- א. מהו המשתנה הבלתי תלוי? נפח הבסיס מהן היחידות שלו? מ"ל
 ב. האם משתנה זה הוא בדיד או רציף? רציף (יש אינספור ערכים קיימים)

- א. מהו המשתנה התלוי? pH כיצד מודדים אותו? מד-pH או נייר pH (פחות מדויק)
 ב. האם משתנה זה בדיד או רציף? רציף (יש אינספור ערכים קיימים)

- איזה גרף יתאים לשרטט במקרה זה? גרף עמודות או גרף פיזור? פיזור (מתאים למשתנים רציפים)

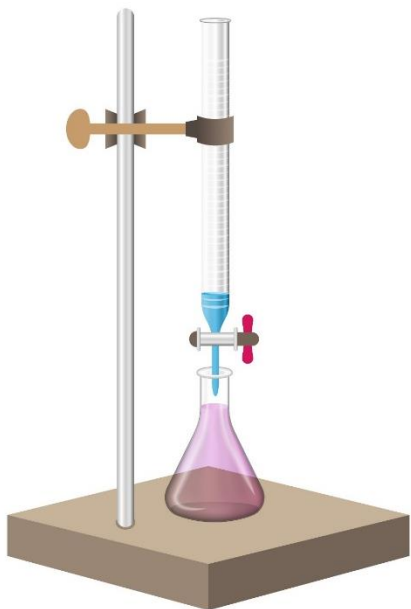
כדי לקבוע ריכוז חומצה גופרתית H_2SO_4 , ביצעו טיטרציה. הכניסו לארלנמייר 30 מ"ל H_2SO_4 וטיטרו עם תמיסת NaOH בריכוז 1.5M. צבע התמיסה השתנה לאחר שהוסיפו 20 מ"ל תמיסת NaOH . מהו ריכוז החומצה הגופרתית?

א- 0.15M

ב- 0.5M

ג- 1M

ד- 2M



שאלה 2 - פתרון

כדי לקבוע ריכוז חומצה גופרתית H_2SO_4 , ביצעו טיטרציה. הכניסו לארלנמייר 30 מ"ל H_2SO_4 וטיטרו עם תמיסת NaOH בריכוז 1.5M. צבע התמיסה השתנה לאחר שהוסיפו 20 מ"ל תמיסת NaOH. מהו ריכוז החומצה הגופרתית?

נחשב את מספר המולים של יוני הידרוקסיד

NaOH הוא בסיס חד-ערכי, לכן: $n(NaOH) = n(OH^-)$

$$n(NaOH) = n(OH^-) = CV = 1.5 \times 0.02 = 0.03 \text{ mol } OH^-$$

בסתירה מלאה, מספר המולים של יוני הידרוקסיד שווה למספר המולים של יוני הידרוניום.

$$n(OH^-) = n(H_3O^+) = 0.03 \text{ mol}$$

H_2SO_4 היא חומצה דו-פרוטית, היחס $H_3O^+ \cdot$ לחומצה הוא 1:2 לכן מספר המולים של החומצה הוא 0.015 מול

נחשב את ריכוז החומצה:

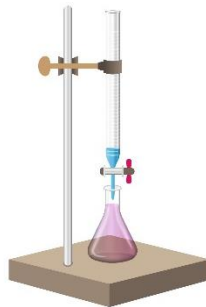
$$n = CV \rightarrow C = \frac{n}{V} = \frac{0.015}{0.03} = 0.5M$$

א- 0.15M

ב- 0.5M

ג- 1M

ד- 2M



שאלה 2 – פתרון בדרך קצרה יותר

כדי לקבוע ריכוז חומצה גופרתית H_2SO_4 , ביצעו טיטרציה. הכניסו לארלנמאייר 30 מ"ל H_2SO_4 וטיטרו עם תמיסת NaOH בריכוז 1.5M. צבע התמיסה השתנה לאחר שהוסיפו 20 מ"ל תמיסת NaOH . מהו ריכוז החומצה הגופרתית?

בסתירה מלאה, מספר המולים של יוני הידרוקסיד שווה למספר המולים של יוני הידרוניום.

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$n(\text{OH}^-) = n(\text{NaOH})$ NaOH הוא בסיס חד-ערכי, לכן:

$$C_{(\text{OH}^-)} V_{(\text{OH}^-)} = C_{(\text{H}_3\text{O}^+)} V_{(\text{H}_3\text{O}^+)}$$

$$1.5 \times 0.02 = C_{(\text{H}_3\text{O}^+)} \times 0.03$$

$$C_{(\text{H}_3\text{O}^+)} = 1\text{M}$$

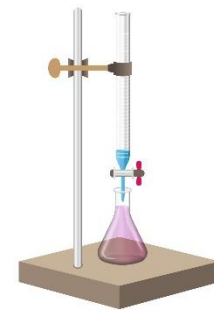
H_2SO_4 היא חומצה דו-פרוטית, היחס H_3O^+ לחומצה הוא 1:2 לכן ריכוז החומצה הוא 0.5M

א- 0.15M

ב- 0.5M

ג- 1M

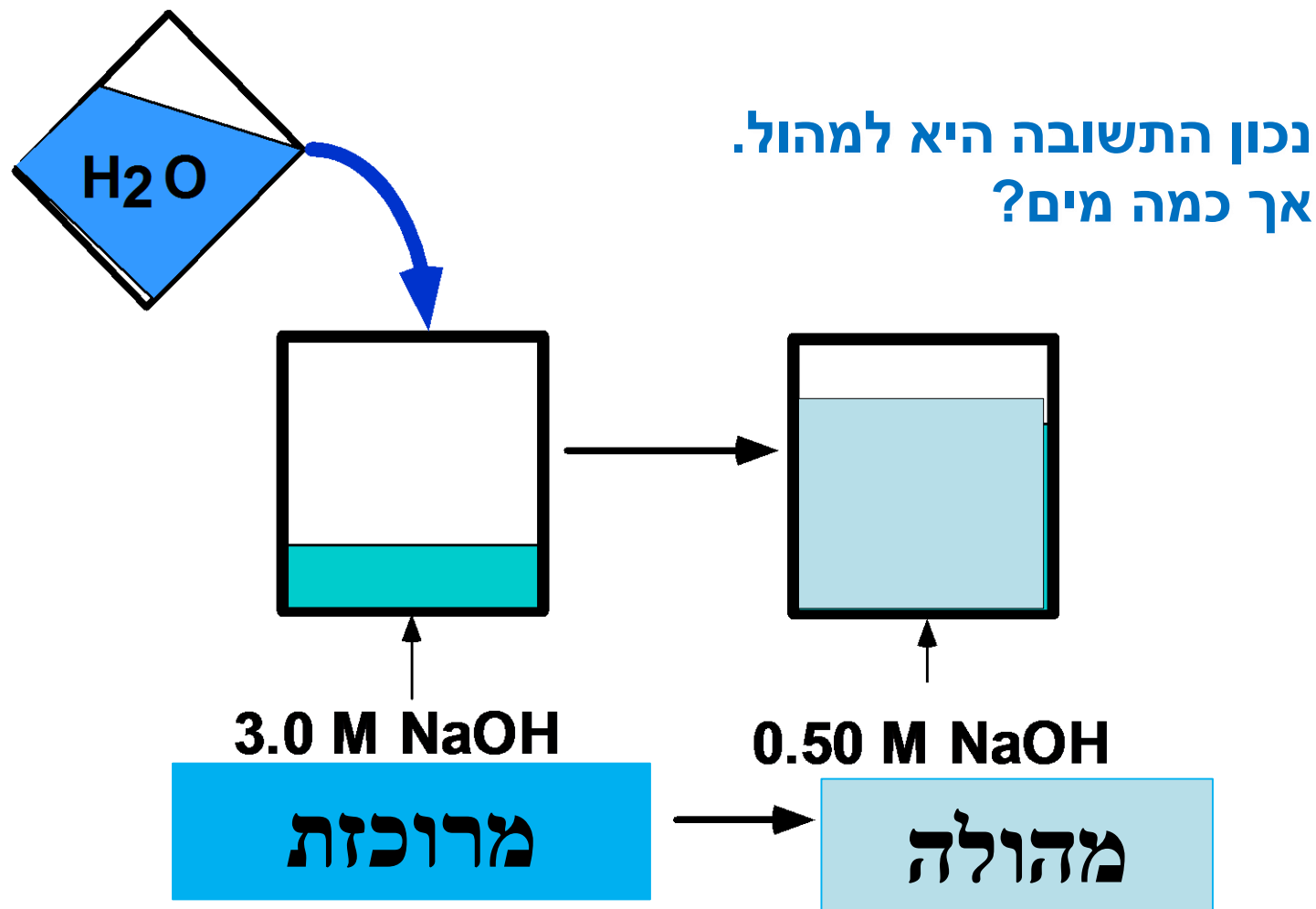
ד- 2M



לפניכם 50.0 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 3.0M.
עליכם להכין ממנה תמיסה חדשה, כך שהריכוז החדש יהיה 0.5M.
מה עליכם לעשות?

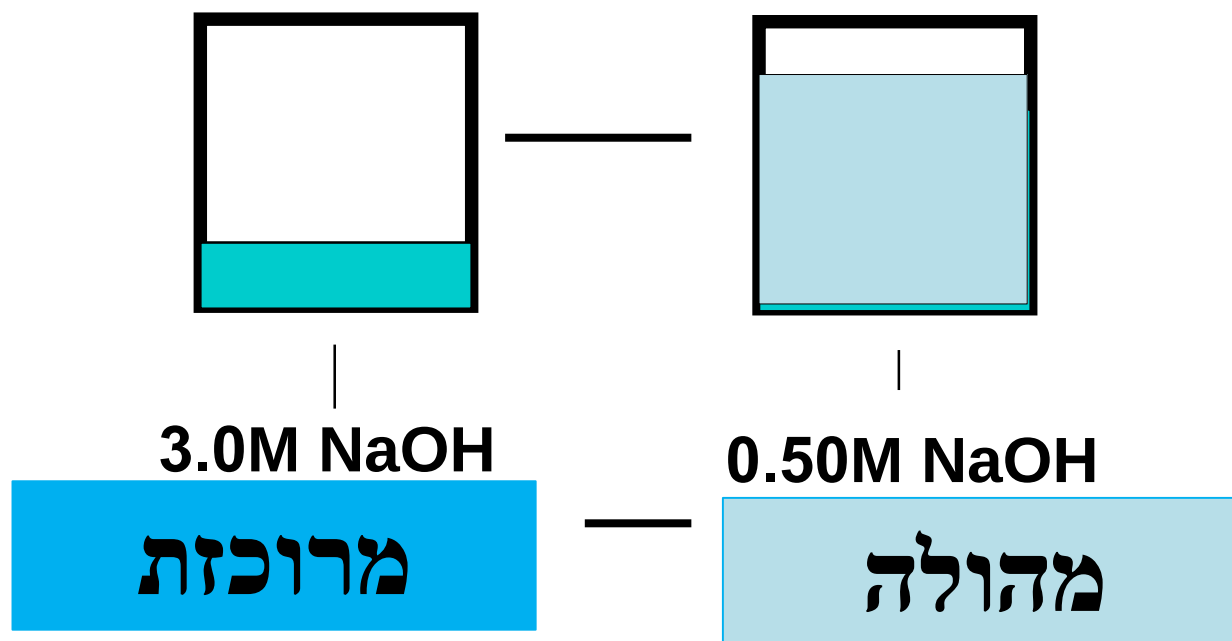


לפניכם 50.0 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 3.0M. עליכם למהול את התמיסה כך שהריכוז החדש יהיה 0.5M. מה עליכם לעשות?



לפניכם 50.0 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 3.0M. עליכם למהול את התמיסה כך שהריכוז החדש יהיה 0.5M. מה עליכם לעשות?

החשוב הוא שמספר המולים לפני המיהול שווה למספר המולים לאחר המיהול.



לפניכם 50.0 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 3.0M. עליכם למהול את התמיסה כך שהריכוז החדש יהיה 0.5M.

מספר מולי NaOH בתמיסה המקורית שווה למספר המולים

$$n_1 = n_2$$

בתמיסה החדשה.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

מכאן:

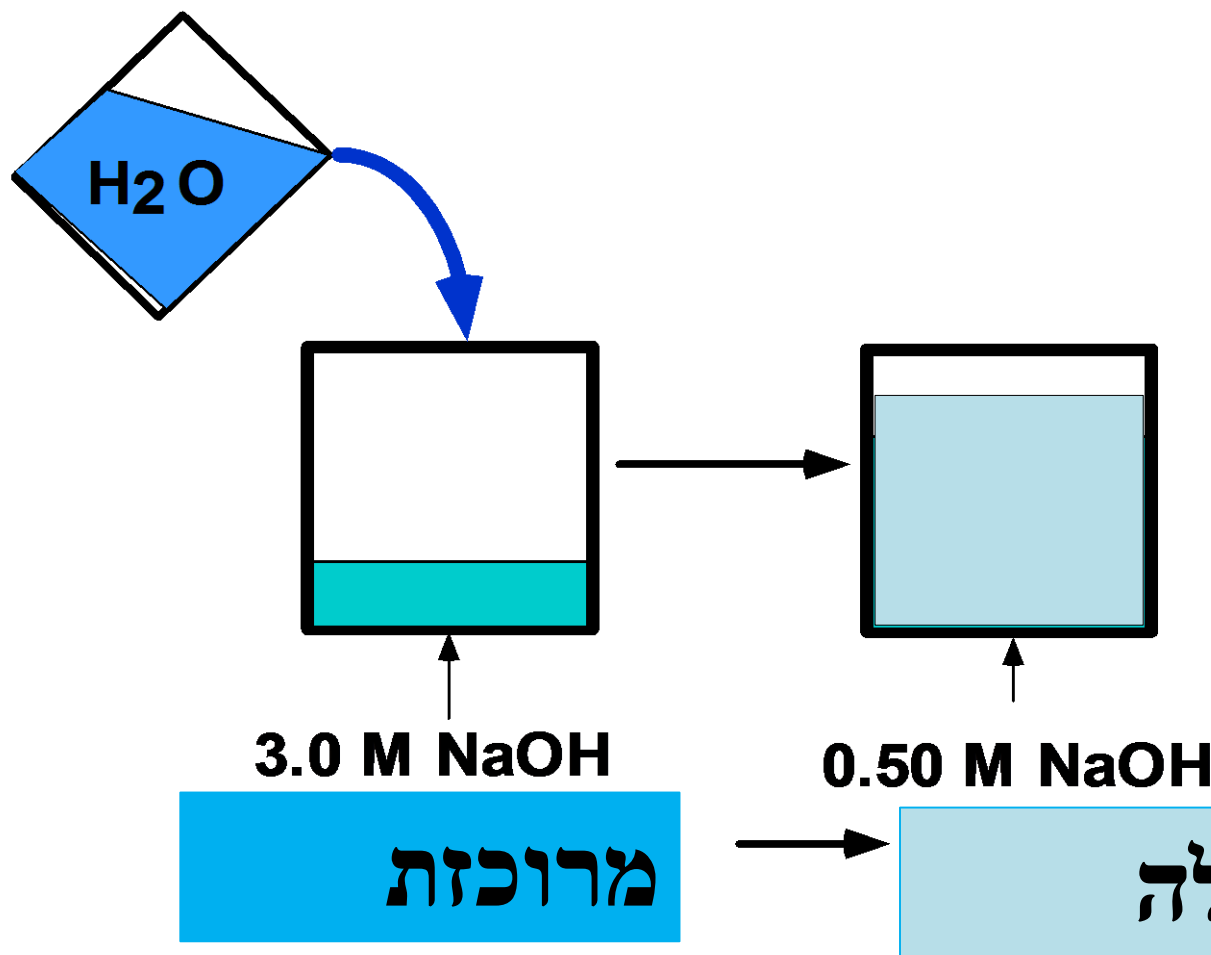
$$3.0 \times 0.05 = 0.5 \times V_2$$

מתוך נתוני השאלה:

$$V_2 = 0.3 \text{ liter}$$

כלומר יש למהול את התמיסה לנפח סופי של 300 מ"ל על מנת לקבל את הריכוז המבוקש.

לפניכם 50.0 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז 3.0M. עליכם למהול את התמיסה כך שהריכוז החדש יהיה 0.5M.



מסקנה:

יש להוסיף 250 מ"ל לתמיסה המקורית בנפח של 50 מ"ל כדי לקבל נפח סופי של 300 מ"ל תמיסת NaOH בריכוז של 0.5M.

לפניכם תמיסת מוצא של חומצת HCl בריכוז 8.0M. כמה מ"ל תיקחו מהתמיסה וכמה מ"ל מים תוסיפו להם כדי לקבל תמיסת HCl בנפח של 400 מ"ל ובריכוז 0.1M?



שאלה 3 - פתרון

לפניכם תמיסת מוצא של חומצת HCl בריכוז 8.0M. כמה מ"ל תיקחו מהתמיסה וכמה מ"ל מים תוסיפו להם כדי לקבל תמיסת HCl בנפח של 400 מ"ל ובריכוז 0.1M?

מספר מולי HCl בתמיסה המקורית שווה למספר המולים בתמיסה

$$n_1 = n_2 \quad \text{החדשה.}$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad \text{מכאן:}$$

$$8.0 \times V_1 = 0.1 \times 0.4 \quad \text{מתוך נתוני השאלה:}$$

$$V_1 = 0.005 \text{ liter} = 5 \text{ ml}$$

כלומר יש לקחת 5 מ"ל מתמיסת המוצא ולמהול לנפח סופי של 400 מ"ל (כלומר להוסיף 395 מ"ל מים) כדי לקבל תמיסת HCl בריכוז של 0.1M

מהלו באמצעות מים תמיסות שוות ריכוז של NaOH , HCl , ו- NaCl .
מהו ההיגד שאינו נכון מבין ההיגדים הבאים:

א. ה- pH של תמיסת NaOH ירד

ב. ה- pH של תמיסת HCl עלה

ג. ה- pH של תמיסת NaCl לא השתנה

ד. ה- pH של תמיסת ה- HCl לא השתנה

מהלו באמצעות מים תמיסות שוות ריכוז של NaCl , HCl , ו- NaOH .
מהו ההיגד שאינו נכון מבין ההיגדים הבאים:

א. ה- pH של תמיסת NaOH ירד

ב. ה- pH של תמיסת HCl עלה

ג. ה- pH של תמיסת NaCl לא השתנה

ד. ה- pH של תמיסת ה- HCl לא השתנה

הכרנו שימוש אחד של תגובות סתירה – טיטרציה לקביעת ריכוז 

נזכרנו במיהול תמיסות 