

חומצות



בסיסים



ההבחנה הראשונה בין חומצות ובסיסים התבססה על תכונותיהם השונות.

חומצה

מכילות מימן (HCl , H_2SO_4)

לתמיסה מימית טעם חמוץ

מגע עוקצני

תמיסה מוליכה חשמל (אלקטרוליט)

לקמוס מקבל צבע אדום

חומצה סותרת בסיס

בסיס

לא תמיד

לתמיסה מימית טעם מר

מגע סבוני, חלקלק

תמיסה מוליכה חשמל (אלקטרוליט)

לקמוס מקבל צבע כחול

בסיס סותר חומצה

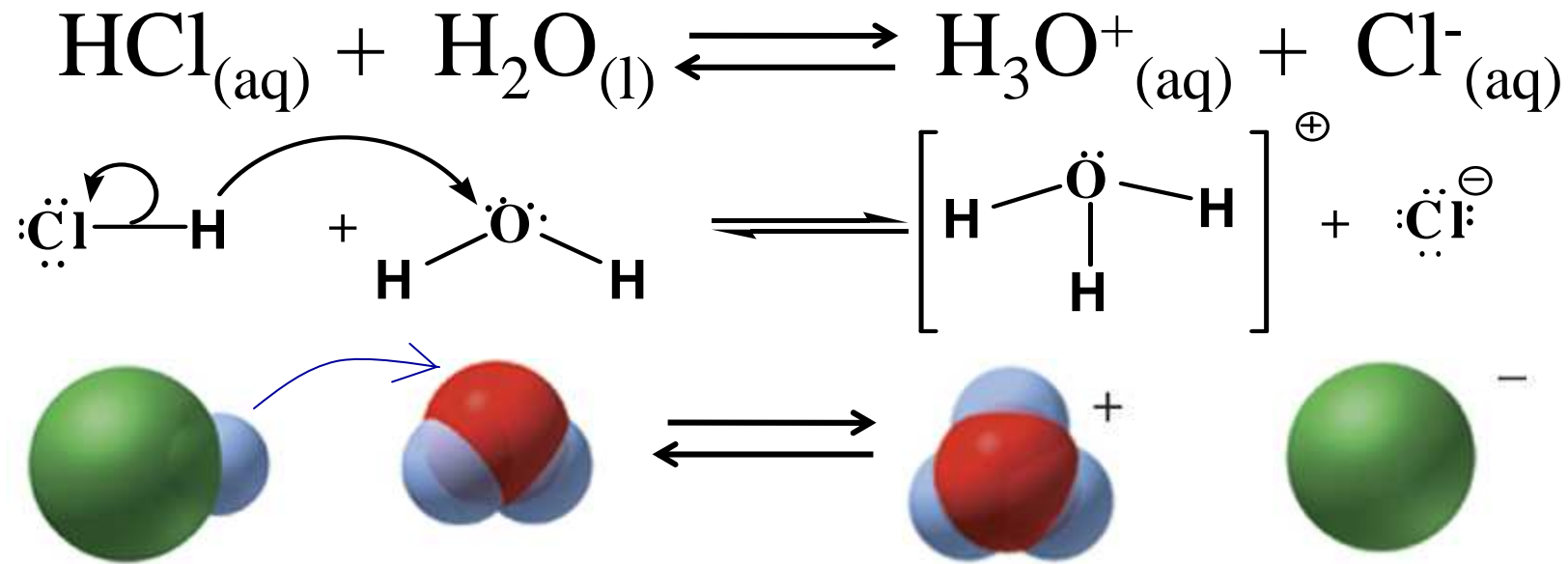
מה היא חומצה ומה הוא בסיס ?

מה הקשר ביניהם?

הגדרה חומצה לפי ארניוס:

חומצה היא חומר שנותן במים קטיונים של H_3O^+ .

דוגמאות: HCl , HF , H_3BO_3 , H_3PO_4 , CH_3COOH

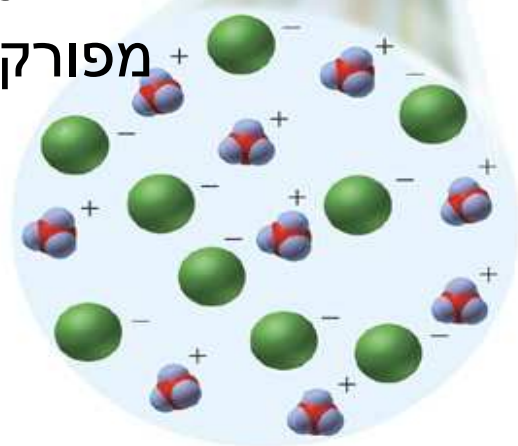




חומצה חזקה

בתמיסה של 1M

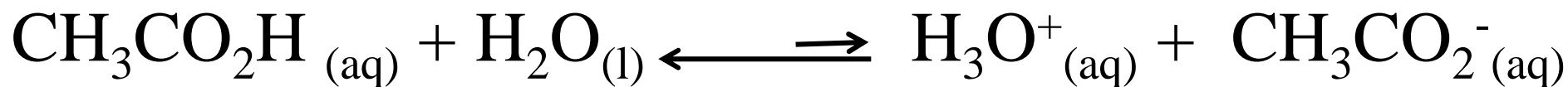
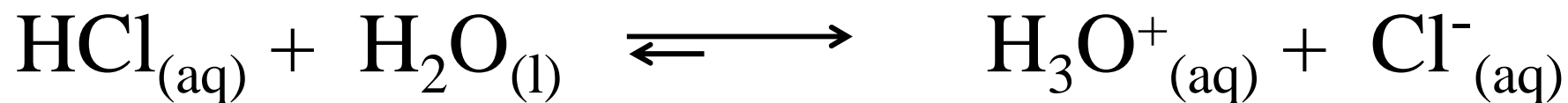
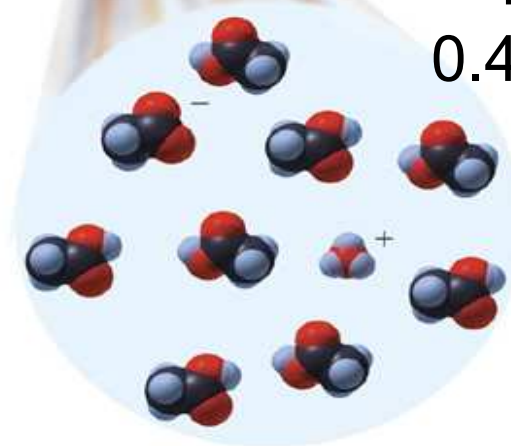
מפורקות מעל 99.99%

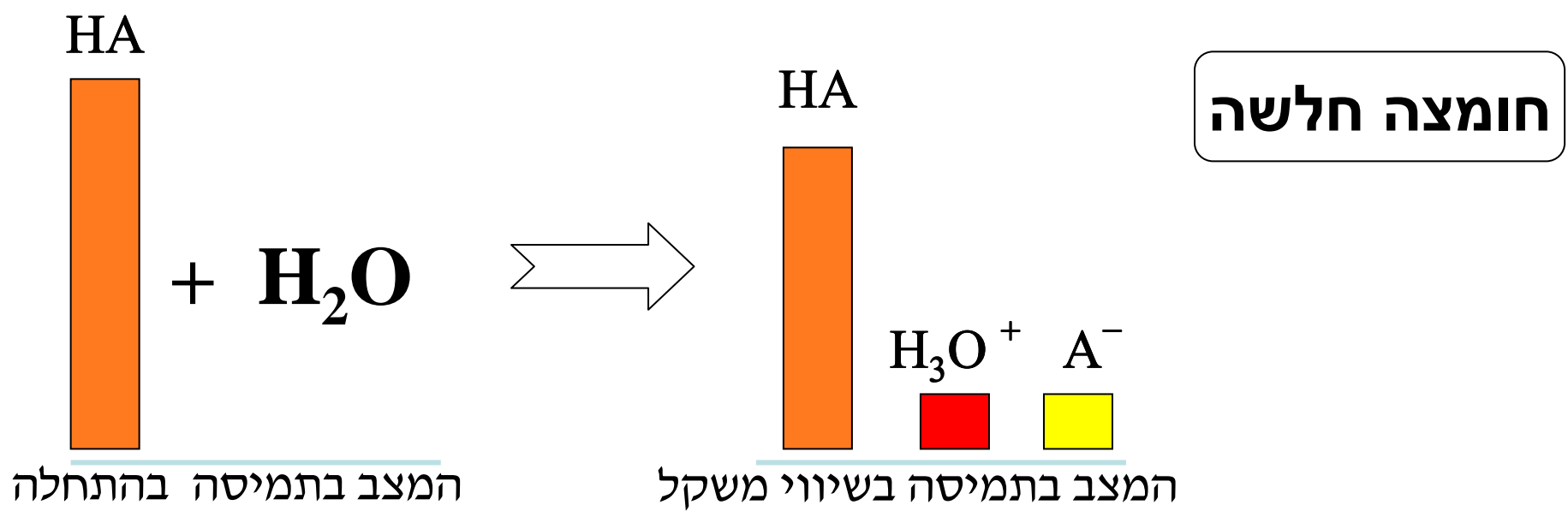
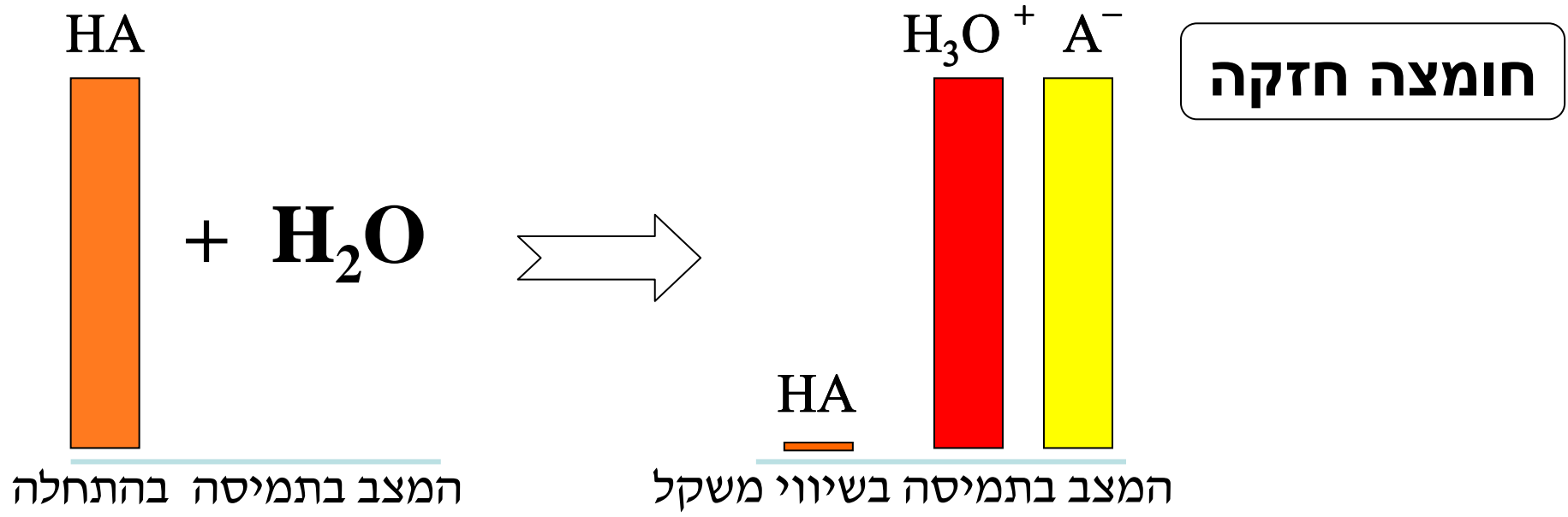


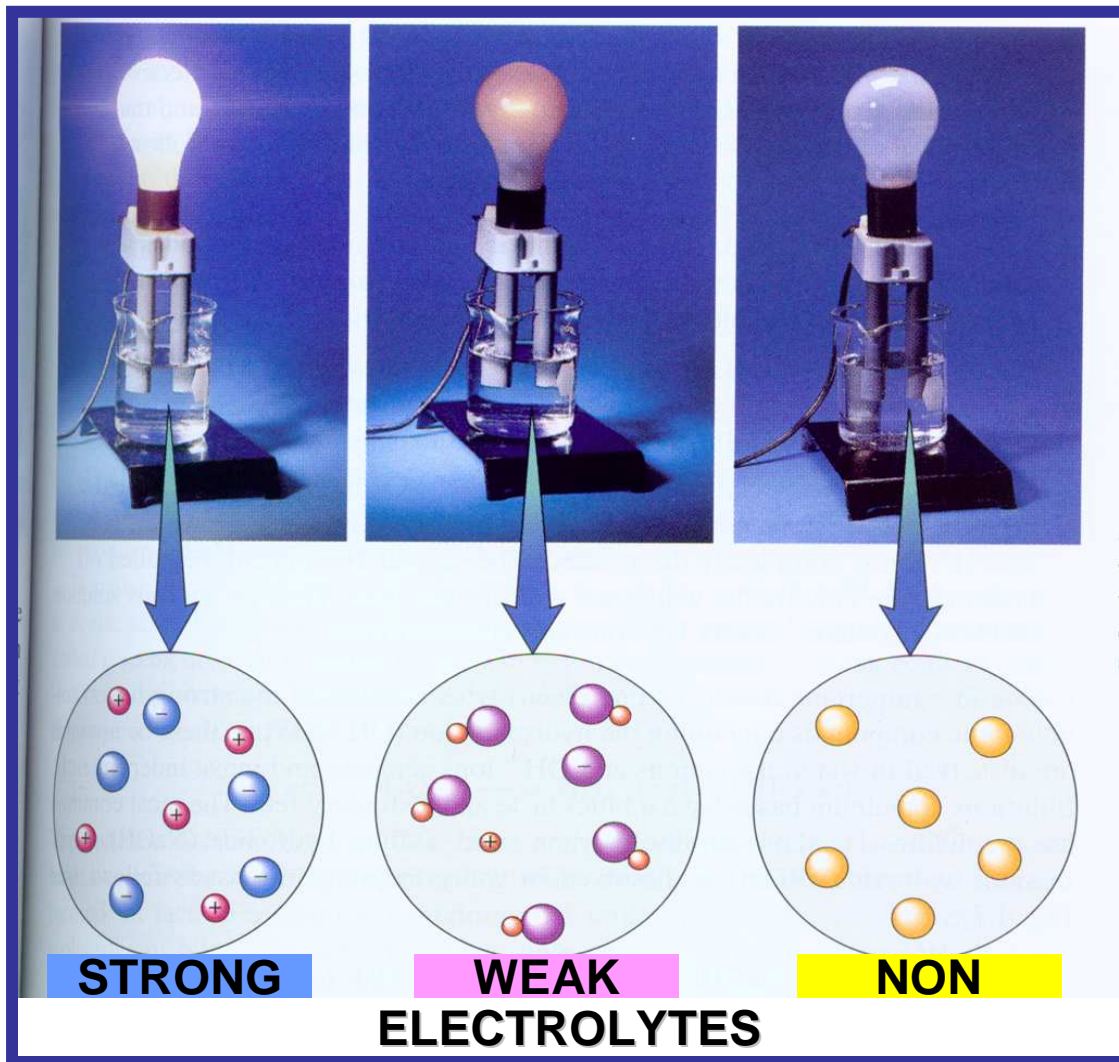
חומצה חלשה

בתמיסה של 1M

מפורקים רק 0.4%







HCl – אלקטרוליט
חזק

CH_3COOH –
אלקטרוליט חלש

גלוקוזה –
לא אלקטרוליט

אלקטרוליט חזק:

חומר הנמס במים תוך פרוק ליונים במידה מלאה או כמעט מלאה.

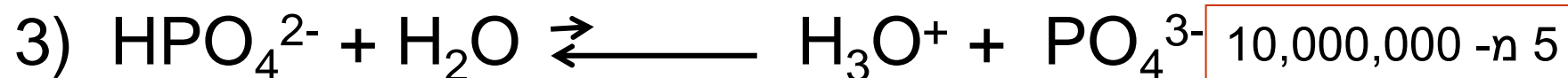
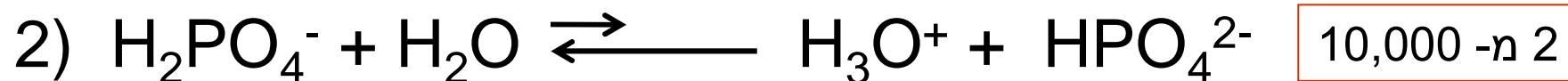
אלקטרוליט חלש:

חומר הנמס במים תוך פרוק ליונים במידה חלקית.

חומצה המכילה יותר ממימן אחד היכול לעבור למים,
נקראת חומצה רב-פרוטית Polyprotic Acid.
(המונח פרוטון הוא כינוי מקובל ל- H^+)

למשל: H_3PO_4 , H_2SO_4 , H_3BO_3 , H_2CO_3

חומצה רב-פרוטית תמסור למים, בשלבים, יותר מ- H^+ אחד.
לדוגמא בהמסת 1 מול של H_3PO_4 במים:



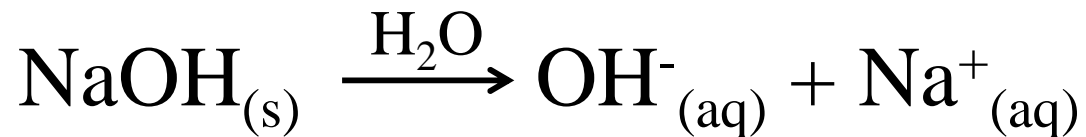
בכל שלב עוקב החומצה היא יותר חלשה. כלומר נוצר פחות H_3O^+ .

הגדרת בסיס לפי ארניוס:

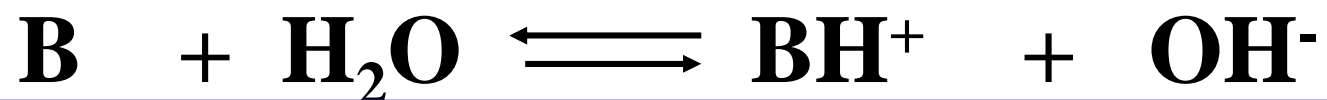
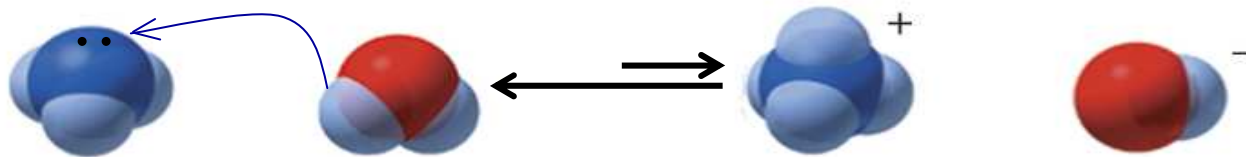
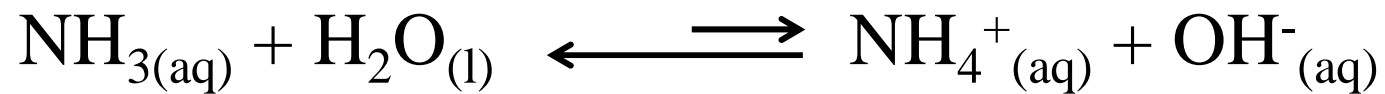
בסיס – חומר שנותן במים אניונים של OH^- .

קיימים שלושה סוגים של בסיסים:

א. תרכובות יוניות המכילות את אניון ההדרוקסיד.
אלו הם בסיסים חזקים למשל:



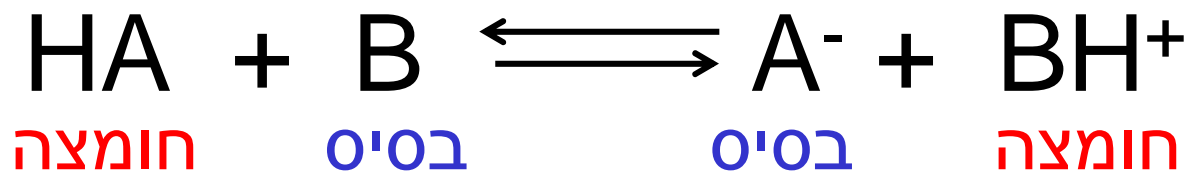
ב. בסיסים חלשים מסוג האמוניה.



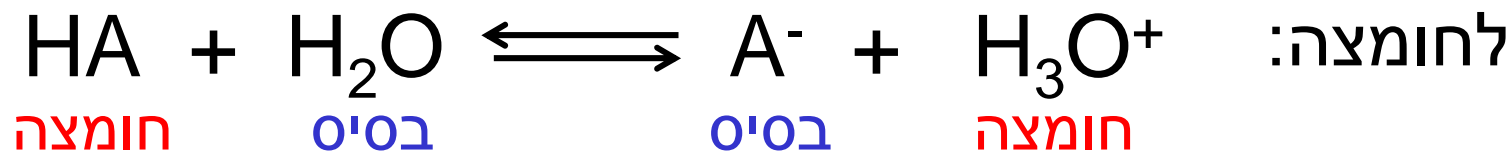
ג. את הסוג השלישי נסביר בהמשך.

הגדרה כללית לפי ברונסטד ולאורי:

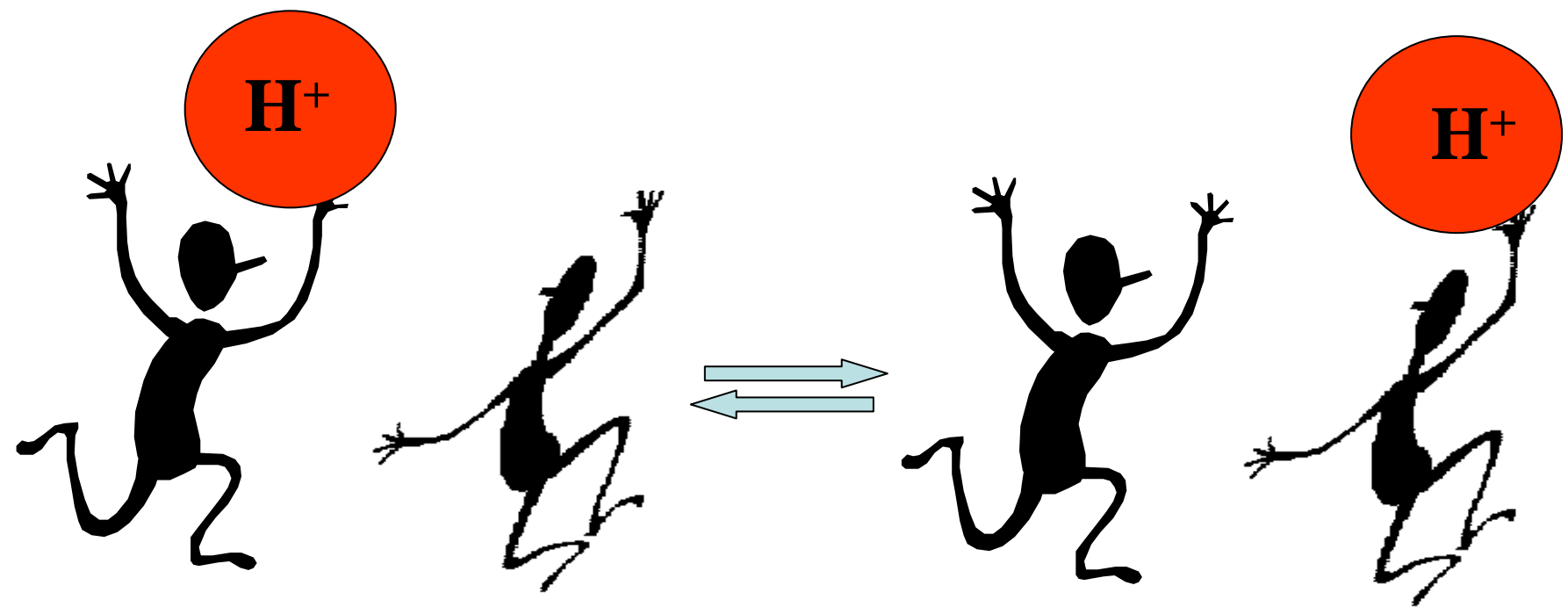
חומצה – חומר המוסר פרוטון
בסיס – חומר המקבל פרוטון



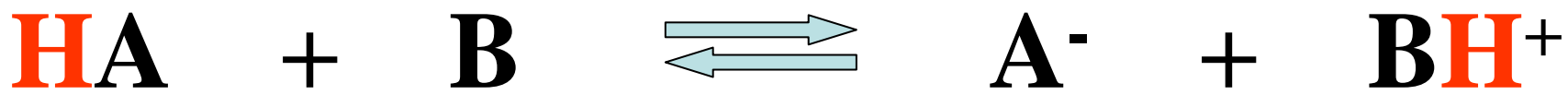
ההגדרה של ברונסטד ולאורי כוללת את ההגדרה של ארניוס.

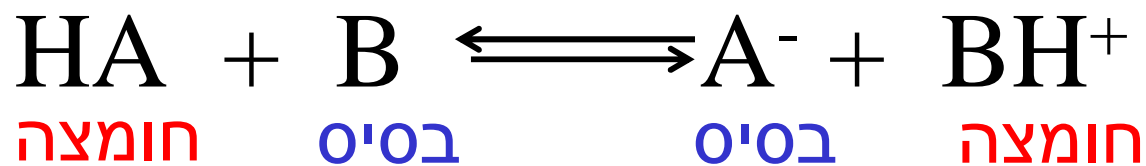


חומצה – חומר המוסר פרוטון בסיס – חומר המקבל פרוטון

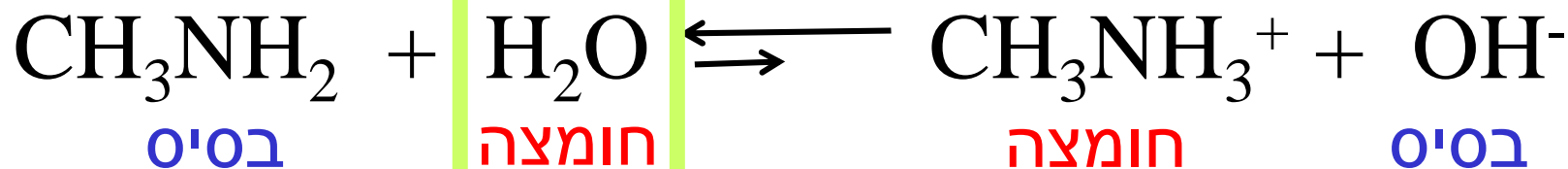
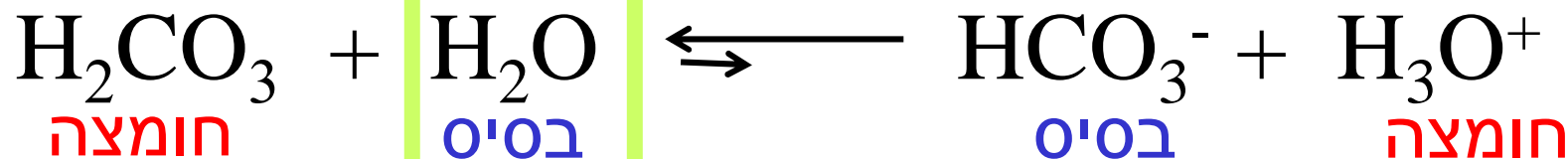


חומצה בסיס בסיס חומצה



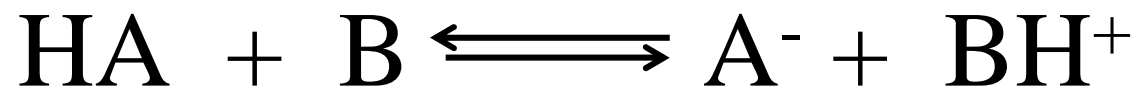


דוגמאות:



- המים יכולים לשמש גם כבסיס וגם כחומצה.
- כשהמים הם בסיס מתקבלת מהם החומצה הצמודה H_3O^+ .
- כשהמים הם חומצה מתקבל מהם הבסיס הצמוד OH^- .

מה קובע את הכיוון המועדף במצב שיווי משקל
בתהליכים שרשמנו ?



את הכיוון המועדף של תגובת חומצה-בסיס קובע החוזק היחסי של החומצה בשני הצדדים או במקביל החוזק היחסי של הבסיס בשני הצדדים.

במאבק על הפרוטון זוכה הבסיס החזק יותר.

(במקביל, במאבק על הפרוטון מפסידה החומצה החזקה יותר) המערכת יציבה יותר כשהפרוטון קשור לבסיס החזק יותר.

מבנה הבסיס או החומצה קובעים את חוזקם. לא נטפל פה בקשר בין המבנה לחוזק, אבל ברור שעבור זוג בסיס-חומצה צמודים:

ככל שהחומצה חזקה יותר, הבסיס הצמוד שלה חלש יותר.
ככל שהחומצה חלשה יותר, הבסיס הצמוד שלה חזק יותר.

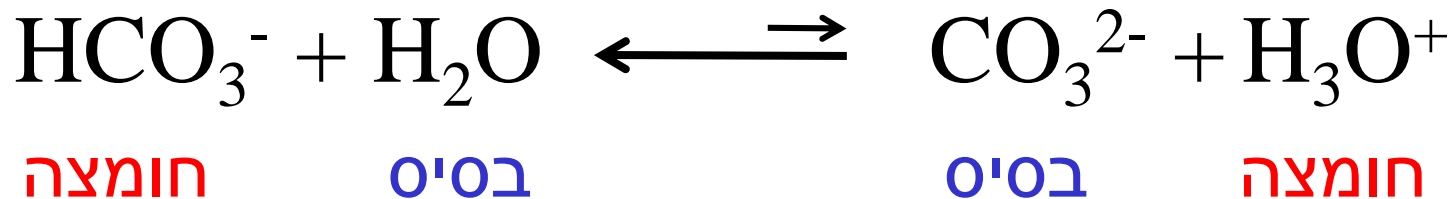
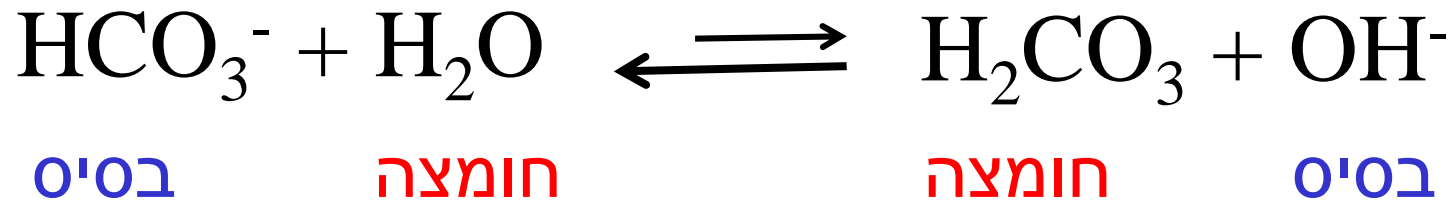
סידור איכותי של מספר חומצות ובסיסים חשובים לפי חוזקם

	חומצות	בסיסים	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-right: 5px;">חומציות עולה</div> </div>	חומצות חזקות	HCl H_3O^+	בסיסים חלשים מאד Cl^- H_2O
חומצות חלשות	CH_3COOH H_2CO_3 NH_4^+	CH_3COO^- HCO_3^- NH_3	בסיסים חלשים
חומצה חלשה מאד	H_2O	OH^-	בסיס חזק
			<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold; margin-left: 5px;">בסיסיות עולה</div> </div>

שימו לב שהאניון המתקבל מחומצה חלשה הוא בסיס (אומנם חלש), זהו הסוג השלישי של בסיסים לפי ארניוס.

חומר אמפוטרי (Amphoteric):
חומר היכול להגיב הן כחומצה והן כבסיס.

H_2O הם חומר אמפוטרי. גם האניון HCO_3^- הוא אמפוטרי.



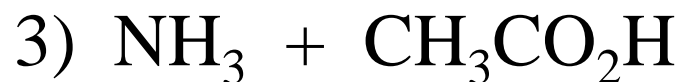
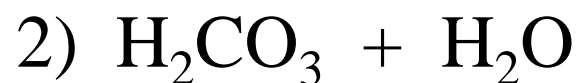
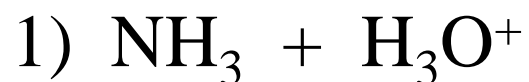
תרגיל:

א. השלימו את תגובות החומצה-בסיס הבאות.

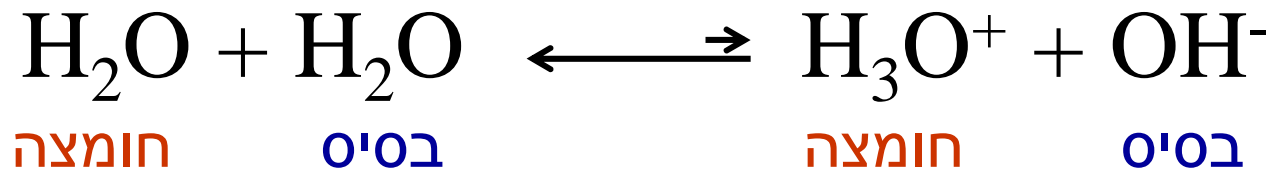
ב. רשמו מתחת לכל חלקיק האם הוא חומצה או בסיס.

ג. הראו בעזרת החיצים מה הוא הכיוון המועדף בתגובה.

חומצות	בסיסים
HCl	Cl ⁻
H ₃ O ⁺	H ₂ O
CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻
H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻
NH ₄ ⁺	NH ₃
H ₂ O	OH ⁻



הפרוק העצמי של המים:



ריכוזי היונים במצב שיווי משקל מאד נמוכים. ב- 25°C:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$$

(כשכותבים סוגריים מרובעים סביב נוסחה של חלקיק, הכוונה לריכוז המולרי שלו.)
לפי הערכים המספריים במצב שיווי משקל מפורקת מולקולת מים אחת
מ-550 מיליון מולקולות. מעשית המים אינם נחשבים אלקטרוליט.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M} \times 1 \times 10^{-7} \text{ M} = 1 \times 10^{-14} \text{ M}^2$$

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \text{ M}^2$$

K_w הוא קבוע מכפלת ריכוזי היונים של המים ובגלל מצב
שיווי המשקל הוא **קבוע בכל תמיסה מימית.**

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \text{ M}^2$$

המכפלה חייבת להשאר קבועה אבל ריכוזי היונים יכולים להשתנות בהתאמה.

לדוגמא: אם רכוז $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ אז $[\text{OH}^-] = ?$

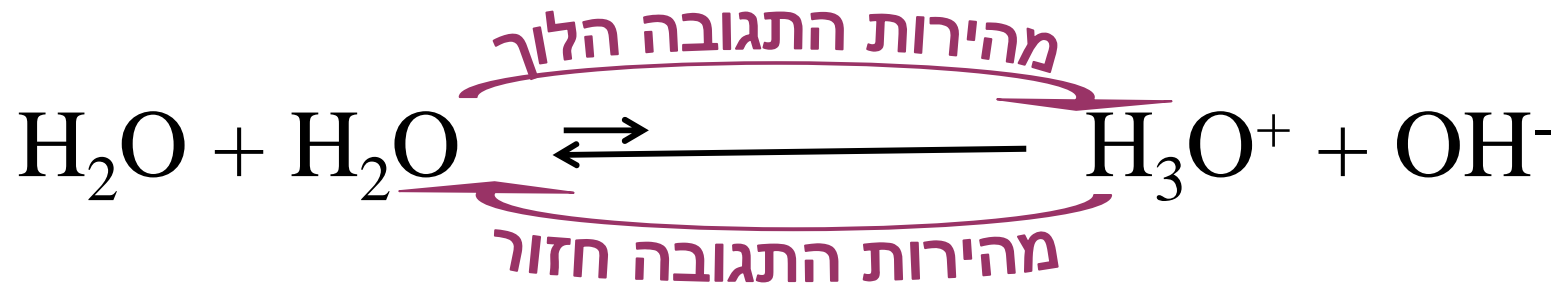
$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14} \text{ M}^2}{1 \times 10^{-2} \text{ M}} = 1 \times 10^{-12} \text{ M}$$

ואם רכוז $[\text{OH}^-] = 2 \times 10^{-4} \text{ M}$ אז $[\text{H}_3\text{O}^+] = ?$

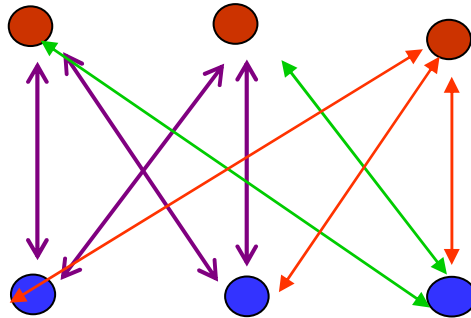
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14} \text{ M}^2}{2 \times 10^{-4} \text{ M}} = 0.5 \times 10^{-10} \text{ M} = 5 \times 10^{-11} \text{ M}$$

הסבר לקביעות של מכפלת הריכוזים של: $[H_3O^+] \times [OH^-]$

במצב שיווי משקל שווה המהירות שבה נוצרים היונים ממולקולות המים למהירות שבה הם מגיבים ונעלמים.



מהירות התגובה הלוך, שהיא מהירות יצירת היונים, קבועה (בטמפרטורה קבועה). אבל מהירות התגובה שלהם בתהליך חזור תלויה במכפלת הריכוזים שלהם, כי המכפלה קובעת את הסיכוי שלהם להתנגש ולהגיב.



המערכת תגיע תמיד מעצמה למצב שיווי משקל שאז גודל מכפלת הריכוזים של היונים נותן מהירות השווה למהירות יצירתם הקבועה. ולכן גודל זה בשיווי משקל גם הוא קבוע.

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \text{ M}^2$$

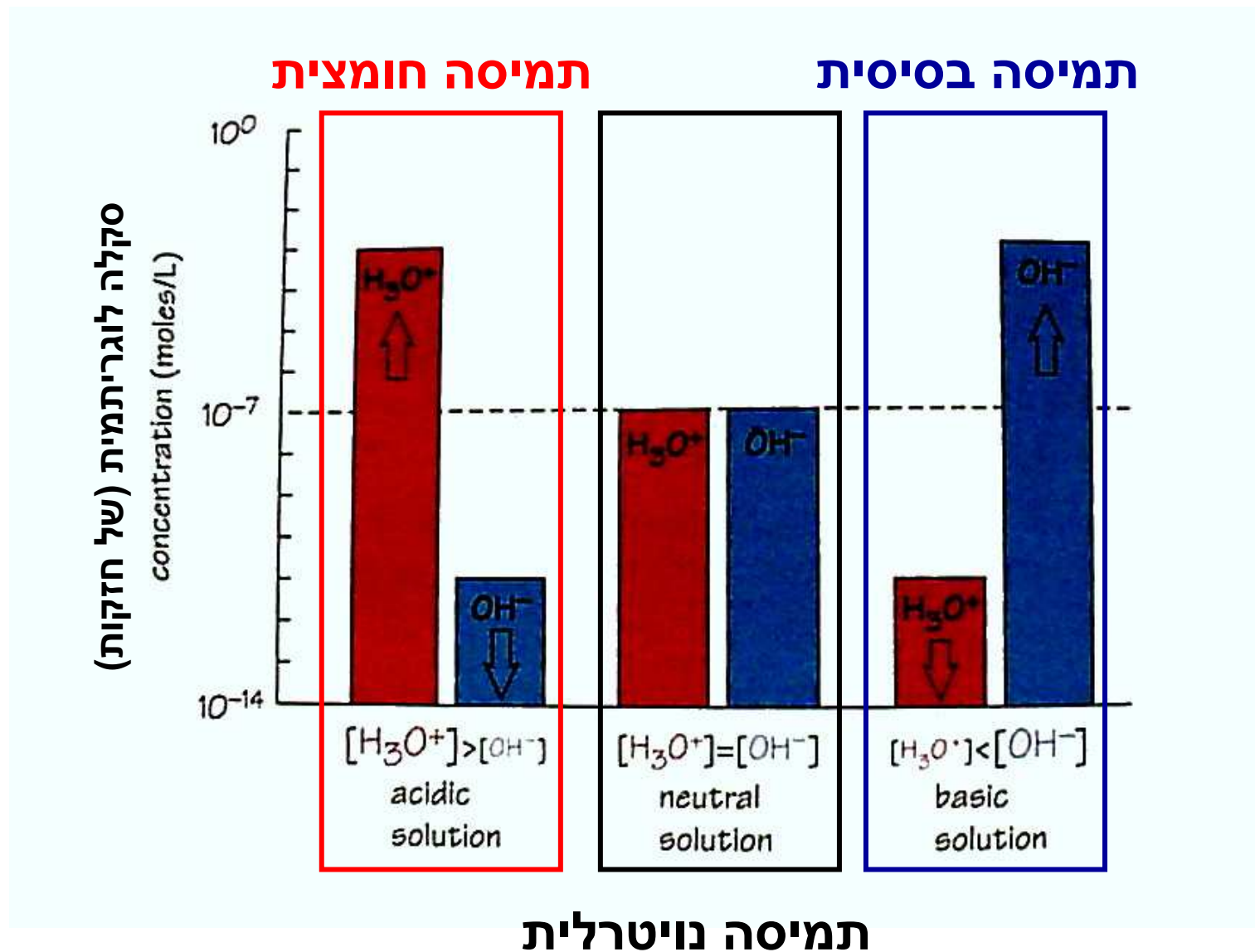
איך ניתן מעשית לשנות את ריכוזי היונים?

בהוספת **חומצה** $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ $[\text{OH}^-] < 1 \times 10^{-7} \text{ M}$

בהוספת חומצה $[\text{H}_3\text{O}^+]$ עולה ולכן $[\text{OH}^-]$ יורד והתמיסה נקראת **תמיסה חומצית**.

בהוספת **בסיס** $[\text{OH}^-] > 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ $[\text{H}_3\text{O}^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ M}$

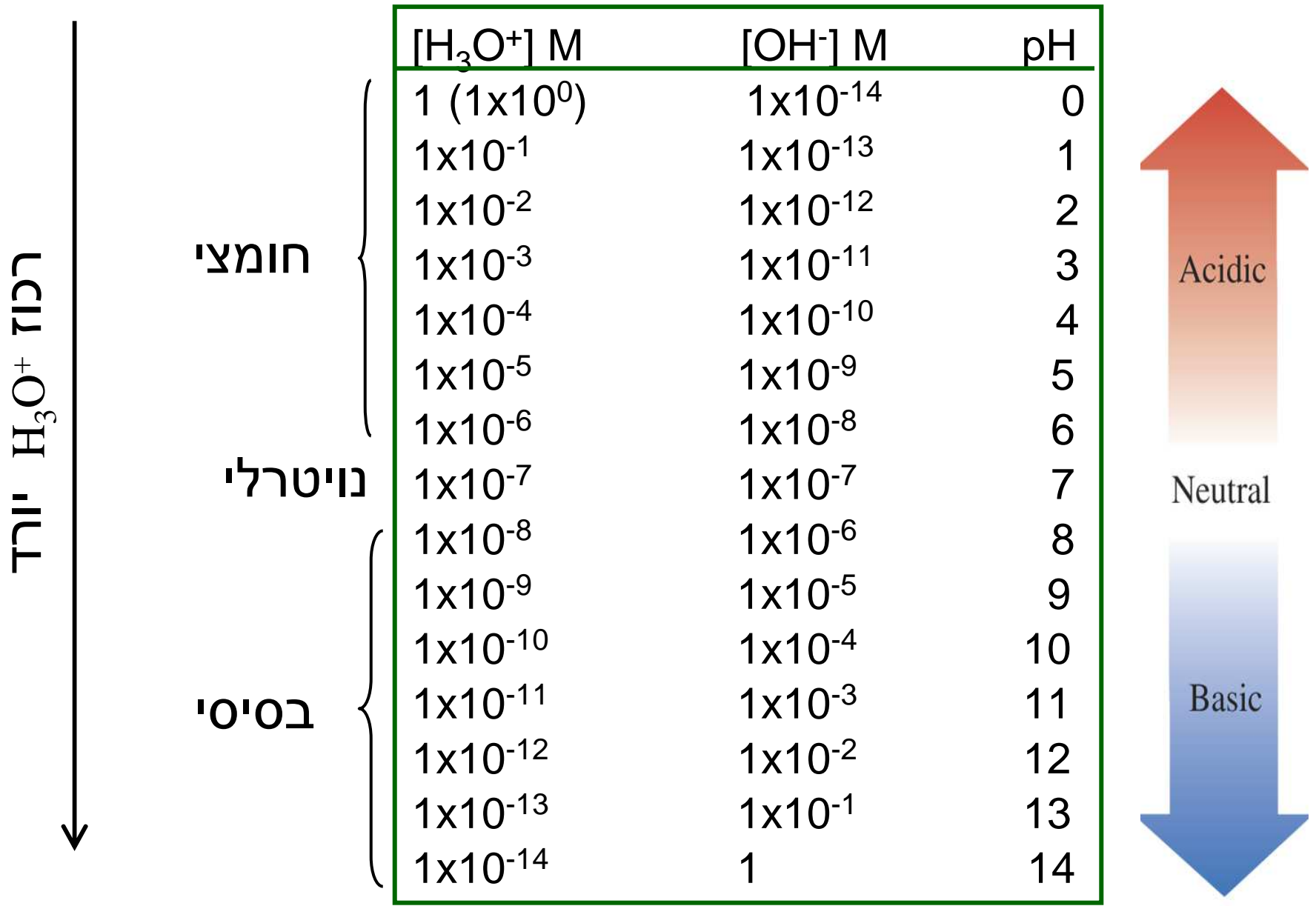
בהוספת בסיס $[\text{OH}^-]$ עולה ולכן $[\text{H}_3\text{O}^+]$ יורד והתמיסה נקראת **תמיסה בסיסית**.



ריכוז H_3O^+ בתמיסה הוא מאד חשוב בכימיה בביוכימיה ובמקצועות הבריאות. בגלל קטנות המספרים, נוח יותר לבטא אותם בעזרת pH.

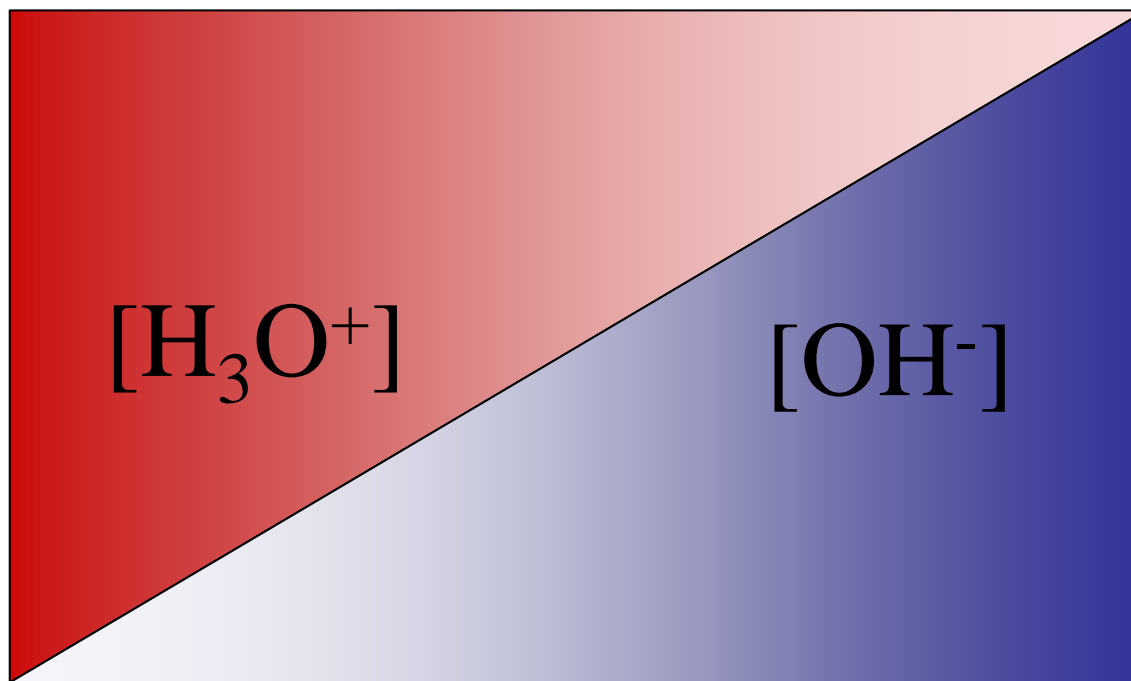
$$K_w = [H_3O^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} M^2$$

$$pH = -\log[H_3O^+]$$



\leftarrow חומציות עולה תמיסה ניטרלית \rightarrow בסיסיות עולה

pH = 0	4	7	10	14
$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^0$	10^{-4}	10^{-7}	10^{-10}	10^{-14}



$[\text{OH}^-] = 10^{-14}$ 10^{-10} 10^{-7} 10^{-4} 10^0

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

תרגיל א':

$$\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\text{pH} = -5$$

ה-pH של קפה שחור הוא 5.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{M}$$

חשבו את $[\text{H}_3\text{O}^+]$.

האם הקפה הוא חומצי או בסיסי?

$$[\text{OH}^-] = 5 \times 10^{-4} \text{M} \quad \text{pH}=?$$

תרגיל ב':

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-14} \text{M}^2 / 5 \times 10^{-4} \text{M} = 2 \times 10^{-11} \text{M}$$

$$\text{pH} = -\log[2 \times 10^{-11}] = -(-10.6989) = 10.70$$

נלמד דרך להעריך את ה-pH מבלי לחשבו:

$[\text{H}_3\text{O}^+] \text{ M}$	pH
1×10^{-10}	10
1×10^{-11}	11
1×10^{-12}	12

2x10⁻¹¹ (indicated by a blue bracket on the left)

pH מבוקש (indicated by a blue bracket on the right)

א. נרשום מספר ערכי $[\text{H}_3\text{O}^+]$ רלוונטיים

ואת ערך ה-pH המתאים להם.

ב. נמצא ברשימה את מקום ערך

ה- $[\text{H}_3\text{O}^+]$ הנתון ואז את ה-pH.

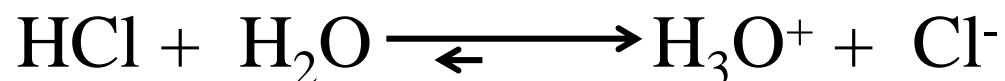
מסקנה: ה-pH הוא בין 10 ל-11. $10 < \text{pH} < 11$

איך קשור ריכוז H_3O^+ לריכוז של החומצה שמוסיפים למים?

צריך להבדיל בין שני מקרים.

מקרה ראשון:

כאשר מוסיפים למים חומצה חזקה כמו HCl שפרוקה במים כמעט מלא.

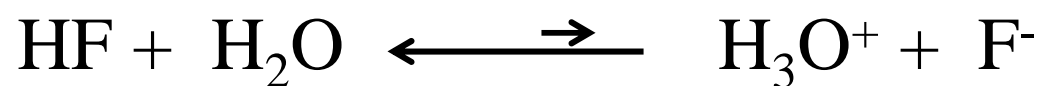


אז מעשית $[H_3O^+]$ שווה לריכוז HCl ההתחלתי.

אם נניח: $[HCl] = 0.001M$ אזי גם: $[H_3O^+] = 0.001M$ ונקבל: $pH=3$.

מקרה שני:

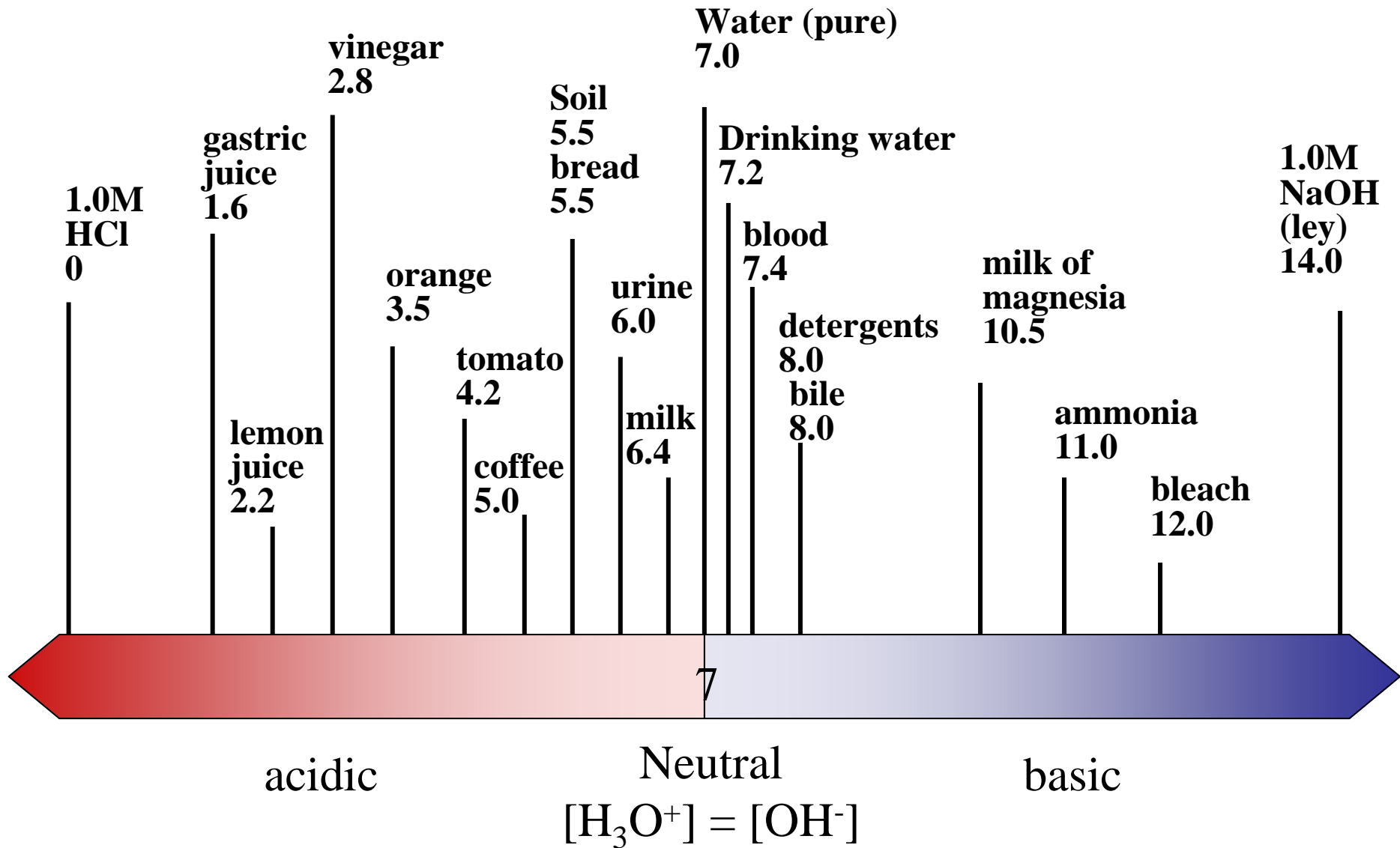
כאשר מוסיפים למים חומצה חלשה כמו HF שפרוקה במים מועט.



במקרה כזה $[H_3O^+] \ll [HF]$

אפשר לחשב את ריכוז H_3O^+ מידיעת דרגת הפרוק. אך במסגרת קורס זה לא נעשה זאת.

ערכי pH של מספר חומרים



כיצד מודדים את ה-pH של התמיסה?
בעזרת pH Meter או בעזרת אינדיקטורים.



(a) pH Meter



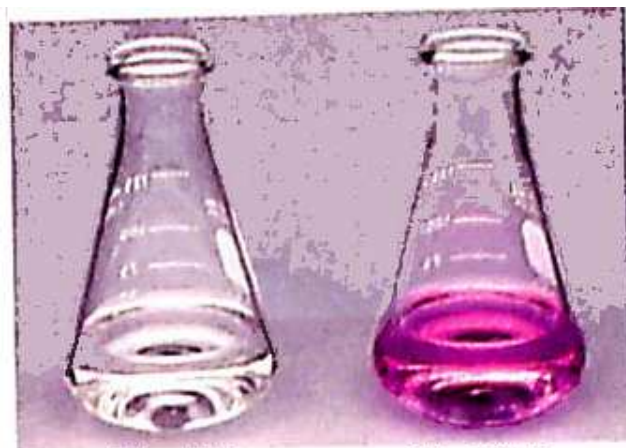
(b) נייר pH אוניברסלי-
תערובת אינדיקטורים



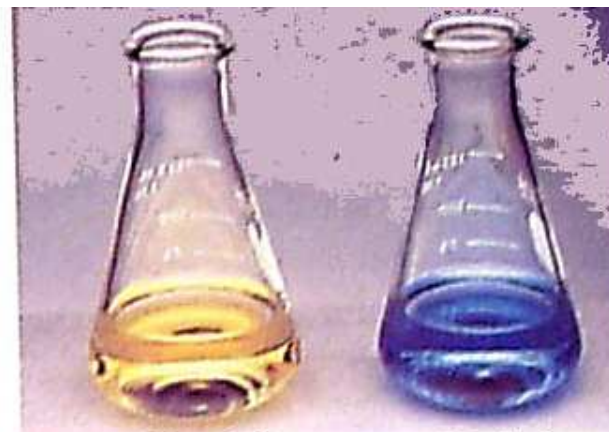
(c) מיצויי מימי של כרוב אדום
– תערובת אינדיקטורים

אינדיקטור – חומר המשנה את צבעו בריכוזים שונים של H_3O^+
כלומר בערכי pH שונים.
אינדיקטור מסוים משנה צבע רק בתחום צר של ערכי pH.

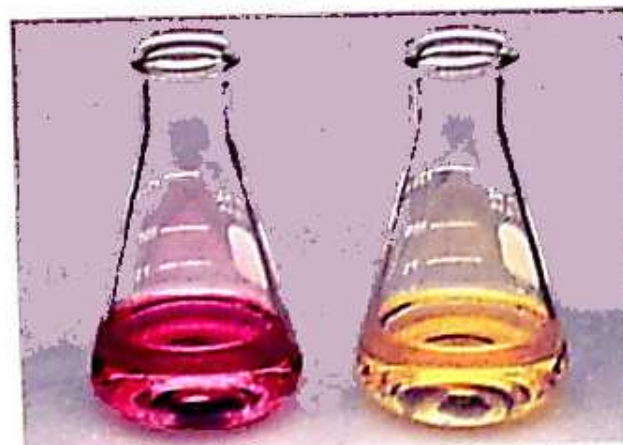
שינויי צבע של 4 אינדיקטורים בתחומי pH שונים



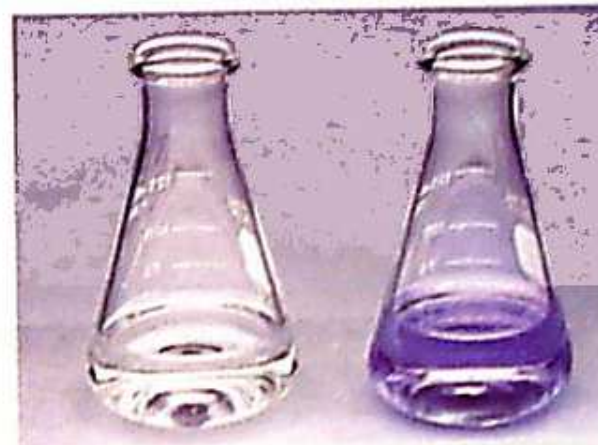
pH= 8.2 **pH=10.0**
Phenolphthalein



pH= 6.0 **pH=7.2**
Bromothymol blue

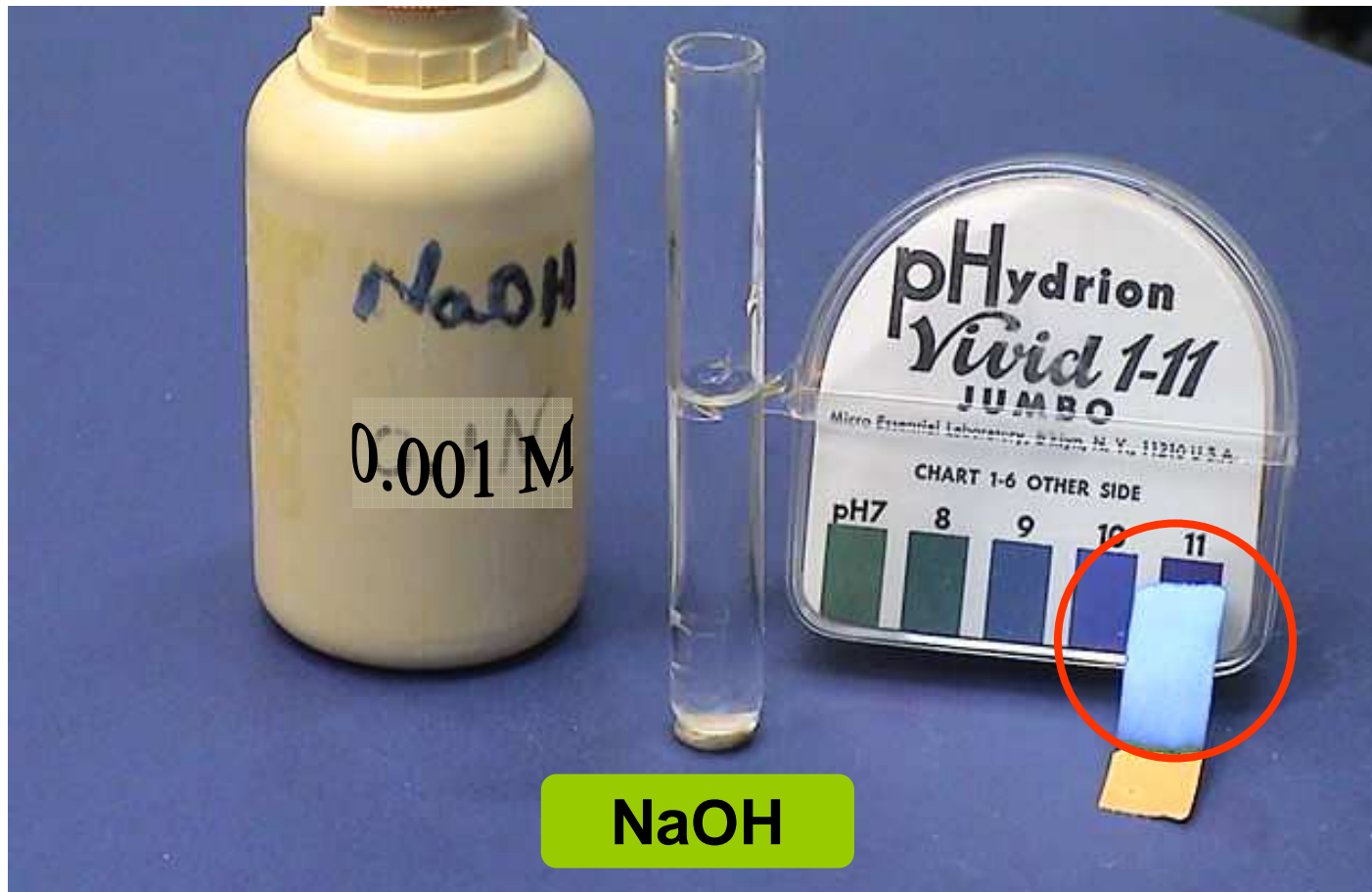


pH= 3.2 **pH=4.4**
Methyl orange

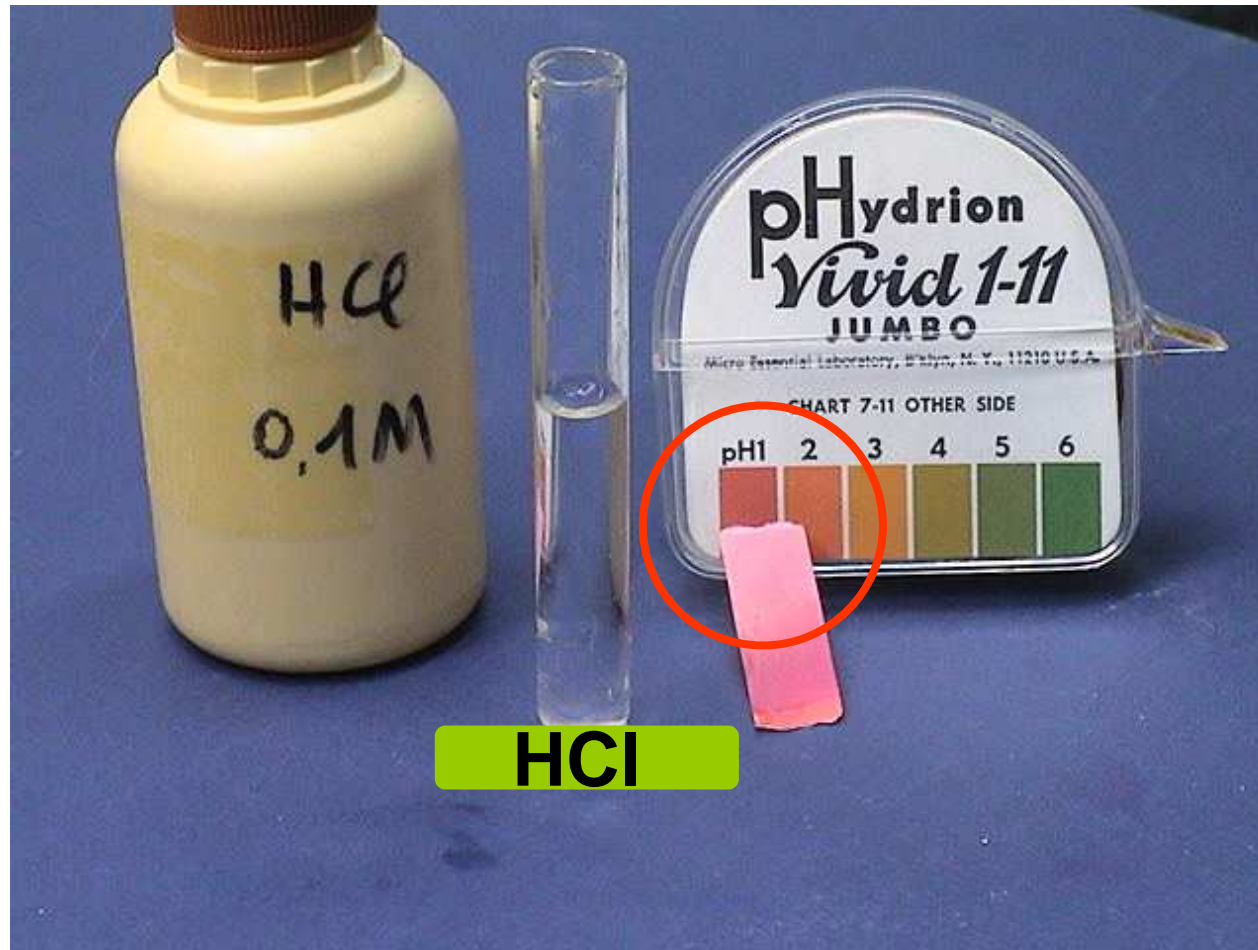


pH= 9.4 **pH=10.6**
Thymolphthalein

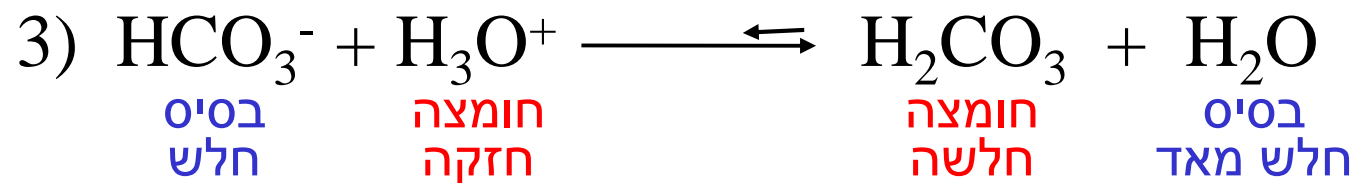
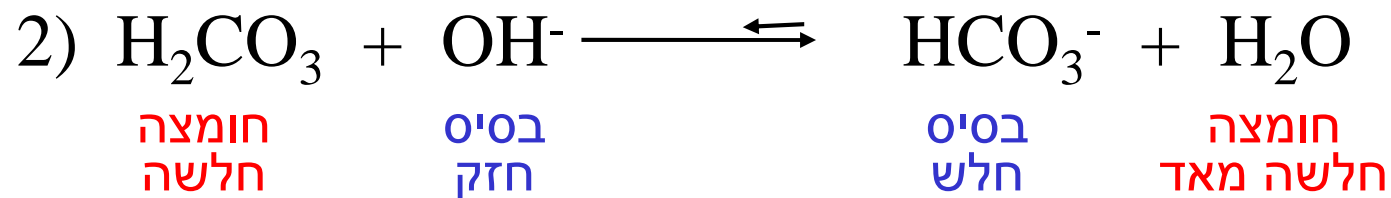
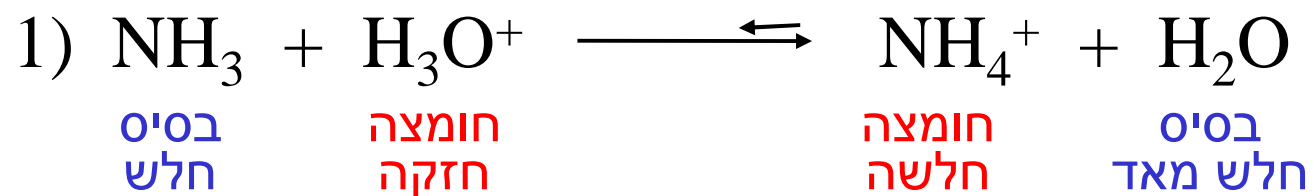
בדיקת בסיס עם נייר pH.



בדיקת חומצה עם נייר HCl.

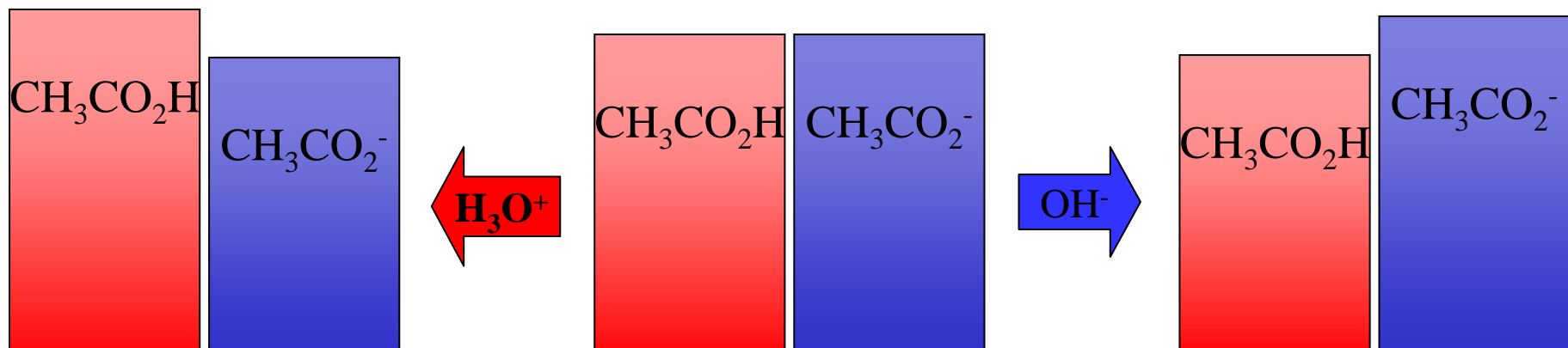


גם התגובות הבאות הן תגובות סתירה:



בופרים Buffers

תמיסת בופר – תמיסת תריס.
תפקיד הבופר הוא ליצב את ה-pH של התמיסה.
בתמיסת בופר ה-pH כמעט ולא משתנה גם בהוספת כמות קטנה של H_3O^+ או OH^- (שתשנה מאד את ה-pH של מים נקיים).
תמיסת בופר מכילה כמות משמעותית גם של חומצה חלשה וגם של בסיס חלש. בד"כ משתמשים בחומצה חלשה והאניון שלה שהוא בסיס חלש.
למשל: החומצה החלשה CH_3CO_2H והאניון שלה $CH_3CO_2^-$.



המחשה לפעילות בופר בשמירת ה-pH של התמיסה.

