



## "מים מים בששון"

### על חשיבות בדיקת ה-pH של המים

האם ידועה לכם מהי דרגת ה-pH של המים בהם אתם משתמשים לניסויים במעבדת בית הספר? באילו מקרים מידע זה הכרחי להצלחת הניסוי? במסמך מתוארים תרחישים שונים הקשורים לדרגת ה-pH של המים הזמינים במעבדות בתי הספר (מי ברז, מים מזוקקים), והצעות לפעולה בכל תרחיש.

### תיאור הבעיה

רוב המים בעולם (למעלה מ-99%) הם מים מליחים או מזוהמים ולכן אינם ראויים לשתייה על ידי בני האדם. באמצעות תהליכים של התפלה, סינון וטיהור ניתן להפוך מים אלה לראויים לשתייה האדם<sup>(1)</sup>. בארץ, אספקת מי שתייה לציבור מבוססת בעיקר על שאיבת מי תהום, מים עיליים ומי ים מותפלים. משרד הבריאות אחראי על הבטחת האיכות של מים אלה. המים חייבים להיות נקיים ממיקרואורגניזמים גורמי מחלות ומחומרים כימיים ברמות העלולות להשפיע על בריאות האדם. התקנים הדרושים להבטחת האיכות התברואית של מי שתייה, מתעדכנים כל הזמן<sup>(2)</sup>. מקורות המים נבדקים בבדיקות מעבדה (לגילוי למעלה מ-130 מרכיבים שונים) טרם אישורם לאספקת מים לשתייה. כל המים המסופקים לציבור עוברים חיטוי בכלור. קיימת גם חובה לשמור על ריכוז מסוים של כלור במים, זאת על מנת למנוע התפתחות חיידקים מזיקים<sup>(3)</sup>. לסיכום, אין ספק שמי שתייה (מי ברז) הם בוודאי לא חומר טהור (H<sub>2</sub>O) אלא "תמיסה" של חומרים רבים. ההרכב של תמיסה זו כמו גם דרגת ה-pH שלה יכולים להיות שונים במקורות מים שונים, וגם באותו מקור אך בזמנים שונים.

### מה לכל אלה ולביצוע ניסויים במעבדה בבית הספר?

במעבדות בבתי הספר, נפוץ השימוש במי שתייה<sup>1</sup>, המים שמתקבלים בתהליך הם מים נטולי מלחים. אמנם מים אלה אינם מים מזוקקים<sup>2</sup> אך במסמך זה נשתמש במושג "מים מזוקקים" כפי שמקובל בשפת היום יום וברשימות הכלים והחומרים המופצות לבתי הספר. על פי מידע שקיבלנו מיצרן הקולונות, דרגת ה-pH של המים המזוקקים נמוכה יותר מזו של מי הברז שמועברים בקולונה והיא בטווח 5.0 – 7.5. דרגת ה-pH של המים (מים מזוקקים או מי ברז) בהם משתמשים בניסוי חשובה מאד כאשר דרך המדידה מבוססת על בדיקה של חומצה או בסיס.

<sup>1</sup> צריך להחליף קולונה כאשר צבע השרף שבה הופך כהה.

<sup>2</sup> מים מזוקקים הם מים טהורים המתקבלים ממי שתייה העוברים תהליך זיקוק בו מורחקים מלחים וחלקיקים. במים אלה משתמשים בעיקר במעבדות מחקר ולצרכים רפואיים<sup>(4)</sup>.

בהמשך המסמך יתוארו מספר תרחישים הקשורים לדרגת ה-pH של מים ולכל אחד מהם מצורפת הצעה או הצעות שנועדו לפתור את הבעיה הקשורה לכך.

## א. אמצעי מדידה או אומדן של דרגת ה-pH של המים הנפוצים בשימוש במעבדה

### לביולוגיה בבתי הספר:

#### 1. מקלונים לבדיקת דרגת pH:

לכל מקלון יש 4 ריבועים ובכל אחד מהם אינדיקטור שונה. כאשר טובלים את המקלון בתמיסה, יש להשוות את הצבע המתקבל בכל אחד מארבעת האינדיקטורים לצבעים שמפרסם היצרן. חשוב לציין כי התוצאה שמתקבלת אינה מדויקת ולעיתים קשה לקבוע את דרגת ה-pH. בבדיקות שעושה הלבורנט, עדיף להשתמש במקלונים הבודקים את דרגת pH רק בטווח החומצי או רק בטווח בסיסי (כפי שרשום על הקופסה) מכיוון שרגישותם גבוהה מזו של המקלונים הבודקים את דרגת ה-pH בטווח שבין 0 – 14.

#### 2. שימוש באינדיקטורים, לדוגמה פנול אדום<sup>(5)</sup>:

האינדיקטור פנול אדום מתאים להערכת דרגת pH במים מכיוון שטווח שינוי הצבע שלו נמצא בדרגות pH הנפוצות בסוגים שונים של מים. כשדרגת pH בתמיסה  $6.6 - 6.8 \geq$ , צבע האינדיקטור הוא צהוב כשדרגת pH בתמיסה  $8.0 - 8.2 \leq$  צבע האינדיקטור הוא אדום - סגול. צבעי ביניים, כגון אדום - כתום או אדום - ורוד, מתקבלים בדרגות pH שבין 6.9 – 7.9. בבדיקות המים המומלצות בהמשך מסמך זה תבוצענה עם פנול אדום.

#### 3. שימוש במכשיר pH-meter או חיישן דיגיטלי למדידת pH:

בעוד שבבדיקה עם אינדיקטורים אפשר לדעת בדרך כלל באיזה תחום נמצא pH של המים, בבדיקה עם מד pH או עם חיישן דיגיטלי, מתקבל הערך המספרי המדויק. בשימוש באמצעים אלה חשוב מאד לפעול על פי הוראות היצרן בכל מה שנוגע לתחזוקה, לכיול ולשימוש באלקטרודה. ראוי לציין שריכוז מלחים (כגון NaCl) במים עלול להשפיע על תוצאות מדידת pH<sup>3</sup>.

## ב. באילו ניסויים חובה עלינו לבדוק תחילה את דרגת ה-pH של המים?

- חשוב מאד לבדוק את דרגת ה-pH של המים לפני שמבצעים ניסויים שבהם תוצר התהליך הנבדק הוא חומר הגורם לעליה ב-pH או חומר הגורם לירידה ב-pH בהשוואה ל-pH שבתחילת הניסוי. במקרים כאלה צפוי שדרגת ה-pH של המים בהם משתמשים תשפיע על מהלך הניסוי ותוצאותיו. בניסויים אלה משתמשים בעיקר בשתי שיטות מדידה:
- במכשיר או חיישן למדידת pH שהאלקטרודה שלו תקינה ורגישה, הערך שיימדד בתחילת הניסוי בכל אחד מהטיפולים, הוא זה שאליו יש לייחס את הערכים שימדדו בסיום הניסוי.

<sup>3</sup> כדי לקבל תוצאות מדויקות בבדיקת דרגת pH של מים מזוקקים יש להשתמש באלקטרודה מיוחדת למים נטולי מלחים.

- בטיטריציה בנוכחות אינדיקטור ובהשוואה לתמיסת בלנק, או כשמשווים את הצבע שמתקבל לסולם צבעים נתון, אפשר להעריך את הכמות היחסית של כמות חומצה או בסיס שנוצרת בתהליך הנבדק.

### דוגמה א: ניסוי בו תוצר התהליך הוא פחמן דו חמצני המומס במים

אם הצבע ההתחלתי של המים בתוספת פנול אדום הוא אדום - ורוד, ובניסוי נושפים למים אויר ובו פחמן דו חמצני, הפד"ח מגיב עם המים לקבלת חומצה פחמתית והצבע של התמיסה יהפוך צהוב. אם רוצים לחשב את הכמות היחסית של פד"ח שהתמוססה והגיבה עם המים, אפשר לטטר את התמיסה עם תמיסת בסיס.

אם הצבע ההתחלתי של המים בתוספת פנול אדום הוא צהוב (כי המים מעט חומציים), למרות הצטברות פד"ח בתמיסה, לא יחול כל שינוי בצבע כתוצאה מהנשיפה. לפיכך במקרים אלה עלינו לבחור מים לניסוי שצבעם בנוכחות פנול אדום, הוא אדום - ורוד או אדום - סגול.

#### לסיכום:

אם המים שברשותכם הם חומציים מעט ובניסוי או בבדיקה התוצר הוא פד"ח יש להשתמש באחת מהדרכים לשינוי דרגת ה-pH ההתחלתית של המים כמפורט בסעיף 1ג.

### דוגמה ב: ניסוי בו תוצר התהליך הוא בסיס כגון בסיס האמוניום ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) [\(בחינת בגרות\)](#)

#### [מעבדה 5 יח"ל תשס"ט, מחזור בוקר](#)

בבעיה 2 נבדקה השפעת ריכוז אוראה על קצב פעילות האנזים אוראז שבמיצוי זרעי סויה. תוצר פירוק אוראה הוא בסיס האמוניום, שכמותו היחסית במבחנות הניסוי נקבעה על פי טיטריציה עם חומצה בנוכחות האינדיקטור פנול אדום.

אם בניסוי זה נשתמש במים שדרגת ה-pH שלהם היא בסיסית, יתכן שלא יהיה הבדל בצבע האינדיקטור בטיפולים השונים, בהם נוצר בסיס האמוניום.

#### לסיכום:

אם המים שברשותכם הם בסיסיים מעט ובניסוי התוצר הוא בסיס אפשר להשתמש באחת מהדרכים לשינוי דרגת ה-pH ההתחלתית של מים כמפורט בסעיף 2ג.

**הערה (בהתייחס לדוגמאות א, ב):** יש לשים לב לכך שאם בניסוי נוצרת חומצה חלשה (כגון חומצה פחמתית), או בסיס חלש (כגון בסיס האמוניום), דרגת ה-pH לא תשתנה מעבר לערך מסוים, גם כאשר נוצר עוד ועוד מאותו חומר. במקרים אלה כדאי לבדוק תוצאות לאחר פרק זמן קצר.

### ג. המלצות בנוגע לדרכים אפשריות לשינוי pH של מים לניסוי:

כאשר המורה והלבורנט מתכננים לבצע ניסויים הדומים לאלה שהוצגו בסעיף ב לעיל (דוגמאות א, ב), מומלץ שהלבורנט יעריך תחילה את דרגת ה-pH של המים המזוקקים ושל מי

הברז בבית הספר. בדיקה זו ונקיטת אמצעים כמו אלה שיוצגו בהמשך ימנעו תסכול מהתלמידים שיבצעו את הניסוי.

**לשם נוחות, מוצע בסעיפים 1 ו-2 שבהמשך לבצע כך את בדיקות המים:**

- הוסיפו 2 טיפות תמיסת פנול אדום במים (ריכוז 0.1%) ל- 5 מ"ל דגימה של מים.
- היעזרו במידע שבסעיף א 2 לעיל וקבעו על פי הצבע שיתקבל האם המים חומציים, בסיסיים או ניטרליים.

**1. אם בדקתם את המים המזוקקים שברשותכם ומצאתם שהם חומציים ולביצוע הניסוי אתם זקוקים למים בסיסיים או ניטרליים (כמתואר בסעיף ב דוגמה 1), תוכלו לבחור**

**באחת מההצעות האלה:**



**תמונה 1: מים בתוספת פנול אדום (מימין מים מזוקקים, משמאל מי ברז)**

- בדקו את דרגת ה-pH של מי ברז. אם דרגת ה-pH שלהם מתאימה השתמשו בהם (תמונה 1). יש להניח שהיונים המצויים במים לא יפגעו בתהליך הנבדק או בשיטת המדידה שנבחרה בניסוי. גם אם בדקתם את מי הברז בהזדמנויות קודמות, חשוב לבדוק זאת שוב לפני ביצוע הניסוי.

- אם דרגת ה-pH של מי ברז גם היא חומצית, אפשר להרתיח את המים האלה. ההרתחה מסלקת מהמים פחמן דו חמצני מומס, ולכן צפוי שדרגת ה-pH תעלה מעט. לאחר ההרתחה, חשוב להעביר את המים לכלי סגור, לקרר את המים לטמפרטורת החדר ולבדוק שנית את דרגת ה-pH. אם דרגת ה-pH עלתה במידה מספקת תוכלו להשתמש במים אלה.

- אם מי ברז נמצאו לא מתאימים, השתמשו במים מינרליים הנמכרים בבקבוקים סגורים ומיועדים לשתיה. דרגת pH של מים מינרליים הזמינים בשוק (כגון תוצרת נביעות, מי עדן, סאן בנדטו) היא בסיסית חלשה (pH בטווח שבין 7.4 – 7.8) (תמונה 2).

- בבדיקות מקדימות שבצענו נמצא שגם במקרה זה היונים המצויים במים המינרליים לא פגעו בתהליך הנבדק ובשיטת המדידה. מומלץ לא להשתמש במים מינרליים שמקורם במעיינות באזור עין גדי. דרגת ה-pH של מים אלה גבוהה יותר והם מכילים כמות רבה יחסית של מינרלים.



**תמונה 2: מים מינרליים הזמינים בשוק בתוספת פנול אדום (שימו לב, כצפוי הצבעים של האינדיקטור דומים מאד)**

אם בצעתם את הניסוי עם המים שבחרתם על פי ההנחיות בסעיף זה, והתקבלו התוצאות הצפויות, תוכלו להכין לתלמידים כלי ובו מים מתאימים ועל הכלי רשמו "מים לניסוי". הנחו את התלמידים שיבצעו את כל שלבי הניסוי עם מים אלה.

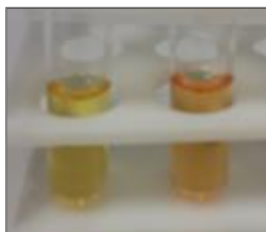
2. אם בדקתם את המים המזוקקים שברשותכם ומצאתם שהם בסיסיים וליבצוע הניסוי אתם זקוקים למים חומציים או ניטרליים (כמתואר בסעיף ב דוגמה II), תוכלו לבחור באחת מההצעות האלו:

- בדקו את דרגת ה-pH של מי ברז, אם דרגת ה-pH שלהם מתאימה השתמשו בהם. יש להניח שהיונים המצויים במים לא יפגעו בתהליך הנבדק או בשיטת המדידה שלו.

- אם גם דרגת ה-pH של מי ברז היא בסיסית, הכינו "מים מתוקנים מתאימים" ממים מינרלים הנמכרים בבקבוקים סגורים ומיועדים לשתיה. דרגת ה-pH של מים מינרליים הזמינים בשוק (כגון תוצרת נביעות, מי עדן, סאן בנדטו) היא בסיסית חלשה (pH בטווח שבין 7.4 – 7.8). בבדיקות מקדימות שבצענו נמצא שגם במקרה זה היונים המצויים במים המינרלים לא פגעו בתהליך הנבדק ובשיטת המדידה. מומלץ לא להשתמש במים מינרליים שמקורם במעיינות באזור עין גדי מכיוון שדרגת ה-pH של מים אלה גבוהה יותר והם מכילים כמות רבה יחסית של מינרלים.

ה"תיקון" של המים המינרלים מבוסס על הוספת נפח מינימלי של חומצה הדרוש לשינוי הצבע של האינדיקטור פנול אדום, מצבע אדום – ורוד לצבע כתום – צהוב או צהוב (משמעות ה"תיקון" היא, מ-pH בסיסי חלש ל-pH ניטרלי או חומצי חלש).

מומלץ לעשות זאת באחת משתי האפשרויות א או ב (צבע התמיסה המתאימה לניסוי הוא צהוב או כתום כמו בתמונה 3 או בתמונה 4):



**תמונה 3:**  
**מים בתוספת פנול אדום**  
**(מימין "מים מתוקנים מתאימים" עם**  
**חומצה אצטית, משמאל מים מזוקקים)**

- להוסיף באמצעות פיפטת פסטר 1 טיפה של חומצה אצטית מרוכזת ל- 150 מ"ל מים מינרלים.
- להוציא דגימה של 5 מ"ל "מים מתוקנים"
- להוסיף לדגימה 2 טיפות פנול אדום (תמונה 3).
- אם יתקבל הצבע הרצוי (צהוב או כתום), תוכלו להשתמש במים אלה לניסוי.

אפשרות א



**תמונה 4:**  
**מים בתוספת פנול אדום ("מים מתוקנים**  
**מתאימים" עם חומצה כלורית)**

- לבצע את כל ההנחיות כמפורט באפשרות א  
 לעיל, אך במקום להוסיף חומצה אצטית,  
 יש להוסיף עם פיפטת פסטר 4 טיפות של  
 .HCl 1M

**אפשרות ב**

**הערה:** על אף כל האמור לעיל, ההנחיות ללברנט הן שכאשר אין הנחייה ייחודית אפשר להכין את התמיסות הדרושות בניסוי במים מזוקקים (בלי להתחשב בדרגת ה- pH שלהם).

**אם בצעתם את הניסוי עם המים המתוקנים המתאימים שהכנתם על פי ההנחיות בסעיף זה, והתקבלו התוצאות הצפויות, תוכלו להכין לתלמידים כלי ובו מים מתאימים ורשמו על הכלי "מים לניסוי".**

**הנחו את התלמידים שיבצעו את כל שלבי הניסוי עם מים אלה.**

#### **מקורות מידע**

- (1) [מים - פורטל המים של ישראל](#)
- (2) [משרד הבריאות / בריאות הסביבה / מי שתיה](#)
- (3) [משרד הבריאות / בריאות הסביבה / מי שתיה / שאלות ותשובות](#)
- (4) [מים – פורטל המים בישראל / מים מזוקקים](#)
- (5) [ויקיפדיה, הערך: "אינדיקטור PH"](#)