

# קומדיה של טאוויות

ד"ר ניר פלג

עריכה: ד"ר שרה גרופר, ד"ר גיא אשכנזי



מדעים – יסודי

מהדורת תשע"ד

© כל הזכויות שמורות למרכז הישראלי למצוינות בחינוך ולמשרד החינוך.

חומרי הלימוד הנם לשימוש בהוראת תכנית "מצוינות 2000" בלבד. אין להפיצם בלא רשות, מראש ובכתב.

## הקדמה

יחידת לימוד זו נועדה לתרגל תכנון ניסויים וביצועם בדרך היתולית מעט. עקרונות ניסוי מוצלח (בלי קשר לתוצאותיו) כוללים מרכיבים, כגון **בידוד משתנים**, **ניסוי ביקורת וביצוע חזרות**. מרכיבים אלו נוטים לעתים לחמוק מתודעתם של התלמידים. תרגול דרך מציאת טעויות הוא דרך אחת, לפרקים מוצלחת, להטמעת עקרונות אלו.

היחידה מתחילה בהדגמת ניסוי שבו מוטמעת טעות באחד מן המרכיבים שפורטו לעיל. התלמידים מתבקשים לזהות את הטעות ולהציע כיצד לתקן אותה.

בהמשך יוצגו לתלמידים זה אחר זה 3 פרוטוקולים של ניסויים, אחד אחרי השני. בכל אחד מן הפרוטוקולים מוטמעת טעות באחד המרכיבים שפורטו: בידוד משתנים, ביקורת או ביצוע חזרות. התלמידים יתבקשו לגלות מהי הטעות בכל ניסוי ולתקנה.

לסיום יתכננו התלמידים ניסוי פתוח לפי בחירתם. בתכנון הניסוי יהיה עליהם להקפיד על המרכיבים שפורטו.

פעילות זו מומלצת לכיתות ד'-ה'.

## משך הזמן המומלץ

שלושה מפגשים כפולים בני 90 דקות כל אחד.

## המיומנויות שניתן לפתח ביחידה זו:

- תכנון ניסוי וביצועו
- עיבוד תוצאות
- תשומת לב לפרטים
- פיתוח חשיבה ביקורתית

## הרחבה למורה

יש חשיבות בהבנה של מרכיבי ניסוי נכון לפיתוח חשיבה ביקורתית. יש מספר מקרים מוכרים שבהם ניסויים המציגים מסקנות מרחיקות לכת התגלו כבעייתיים. מקרה מעניין של תכנון ובעיקר ביצוע ניסוי בצורה בעייתית הוביל לתוצאות מעוררות מחלוקת, קשור בשימוש בתוספי שמן דגים ומניעת החמרה של אנגינה לבבית.

(עובד מתוך <http://cardiovascres.oxfordjournals.org/content/73/2/310.long>)

מספר רב של מחקרים אפדימיולוגיים הראה קשר חיובי בין צריכת חומצות שומן מסוג אומגה 3 (EPA ו-DHA) לבין מדדי בריאות הקשורים בתחלואה לבבית.

מחקר סקר מפתיע (DART-2) הפריך לכאורה מידע קודם ולא מצא כל קשר ואף קשר שלילי חלש בין צריכת חומצות שומן אומגה 3 ובעיות לבביות.

אז מה נכון? בהסתכלות מעמיקה וביקורתית על תכנון ובעיקר ביצוע DART-2 נמצאו מספר בעיות משמעותיות:

- לא נעשה בידוד משתנים כראוי – החוקרים התייחסו רק למספר קטן של משתנים אחרים בקבוצת המחקר (צריכת ירקות, הרגלי חיים אחרים).
- מספר החזרות על הניסוי לא ידוע - חלק מן המשתתפים במחקר התבקשו לקחת תוספי תזונה יומיים בכמות מסוימת לאורך תקופה ארוכה. מידת ההיענות למחקר נבדקה רק על 2% מן המשתתפים ובהחלט ייתכן שחלק מהם לא ביצע את פרוטוקול הניסוי כלשונו.

כיום מקובל כי צריכה של אומגה 3 בכמות מתאימה עשויה להקטין את שכיחות מקרי התחלואה הלבבית.

חשוב לציין שאין מחקר המתיימר להציג את האמת המוחלטת והסופית, וכי מרכיב חשוב בשיטה המדעית הוא שכל דבר נכון עד אשר מוכח אחרת.

## פתיחה

## הדגמת מורה – בעירת הנר

רשמו על הלוח את שאלת החקר: מהו הקשר בין צבע הנר לבין קצב הבעירה שלו?

בצעו אל מול עיני התלמידים את הניסוי הבא (מבלי להגיד להם כי יש בו בעיה):

- קחו 2 נרות מסוגים שונים, המיסו את החלק התחתון שלהם והדביקו למשטח. בחרו נרות בצבעים ובממדים שונים, למשל נר שבת **לבן** ונר יום הולדת **צבעוני**.
- ציירו על הלוח טבלה בדומה לטבלה הזאת:

אורך הנר (ס"מ) כתלות בזמן הבעירה (דקות)		
סוג הנר	נר יום הולדת	נר שבת
זמן		
0 דקות		
4 דקות		

- מדדו את האורך של כל נר (בלי הפתיל) ורשמו בטבלה את אורכי שני הנרות בזמן 0.
- הדליקו את שני הנרות באותו הזמן.
- כבו את שני הנרות לאחר 4 דקות ומדדו שוב את האורך של כל נר (בלי הפתיל). רשמו את אורכי הנרות בטבלה.
- חשבו את קצב הבעירה של כל אחד מן הנרות כך: ההפרש בין אורך הנר ההתחלתי לבין אורכו לאחר 4 דקות, מחולק בזמן הבעירה. ראו חישוב לדוגמה בהמשך.

לפניכם טבלת התוצאות שהתקבלו בניסוי לדוגמה שביצענו:

אורך הנר (ס"מ) כתלות בזמן הבעירה (דקות)		
סוג הנר	נר יום הולדת	נר שבת
זמן		
0 דקות	5.2	9.9
4 דקות	3.0	9.0

חשבו בעזרת התלמידים את קצב הבעירה:

נר יום הולדת: 0.55 ס"מ לדקה [אופן החישוב:  $(5.2 - 3.0) / 4 = 0.55$ ]

נר שבת: 0.225 ס"מ לדקה [אופן החישוב:  $(9.9 - 9.0) / 4 = 0.225$ ]

שאלו את התלמידים מה המסקנה שלהם מן הניסוי שראו. האם ניתן להסיק כי נר צבעוני בוער מהר יותר מנר לבן?

ערכו דיון כיתה והובילו לכך כי קשה להסיק מסקנה מן הניסוי הזה בשל הטעויות בתכנון הניסוי:

1. לא נעשה בידוד משתנים: הנרות נבדלו זה מזה בצבעם, אולם גם בממדיהם ובחומר שממנו הם עשויים, ולכן אי אפשר להסיק האם וכיצד קיים קשר בין צבע הנר לקצב הבעירה.

2. לא נעשו חזרות: הסבירו בקצרה את משמעות החזרה כאמצעי להתגבר על הבדלים בתוצאות ניסוי זהה לכאורה - הבדלים הנובעים מהבדלים בין מערכות הניסוי במספר משתנים שלא ניתנים לשליטה ולחיזוי.

### קומדיה של טעויות

במהלך ההמתנה של 4 הדקות בהן בוערים הנרות, או לאחר סיום הדיון, תוכלו להקריין לתלמידים את אחד מן הסרטונים המתאר סוג של פספוסים וטעויות: הסרטון הראשון הוא חלק מסרטו של צ'ארלי צ'פלין "זמנים מודרניים":

[http://www.youtube.com/watch?v=n\\_1apYo6-Ow](http://www.youtube.com/watch?v=n_1apYo6-Ow)

הסרטון השני כולל סרטוני וידאו ביתיים:

<http://www.youtube.com/watch?v=DI0x2c2GOz0>

כמו כן, תוכלו לספר לתלמידים על המחזה "קומדיה של טעויות" (באנגלית: The Comedy of Errors). זהו אחד ממחזותיו המוקדמים ביותר של ויליאם שייקספיר. חלק גדול מן ההומור במחזה מתבסס על 'סלפסטיק', כלומר על הומור "בסיסי", למשל החלקה על קליפת בננה או השלכת עוגות, וגם על זהויות מוטעות, לשון נופל על לשון ומשחקי מלים. "קומדיה של טעויות" מספרת את סיפורם של שני זוגות תאומים זהים שהופרדו במקרה בלידתם, והם

נפגשים שוב כעבור שנים. שרשרת מקרים של מזל ביש המבוססים על טעויות בזיהוי מובילים למהלומות (שמקורן בטעות כמובן), להאשמות שגויות בגניבה, שיגעון ומעשי כישוף. הסבירו לתלמידים כי בפעילות זו נבצע סדרה של ניסויים והתנסויות, שבכולם הוכנסו באופן מכוון טעויות בתהליך החקר. טעויות כאלו מתרחשות לעיתים כאשר מתכננים ניסוי, בכיתה או במחקר מדעי, והן גורמות לכך שקשה להסיק מסקנות תקפות מהניסויים. משימתם של התלמידים תהיה לזהות את הטעויות ולתקן אותן. כך הם יתרגלו לשים לב לפרטים חשובים בתהליך החקר וגם לבחון בצורה ביקורתית ניסויים אותם ביצעו אחרים.

## התנסות תלמידים

הסבירו לתלמידים כי בפעילות זו יוצגו בפניהם בזה אחר זה פרוטוקולים של ניסויים שונים. בכל פרוטוקול ניסוי מוטמעת אחת מן הטעויות האלה: העדר חזרות, העדר ניסוי ביקורת או העדר בידוד משתנים. לאחר קריאת פרוטוקול הניסוי, אפשרו לתלמידים לדון בקבוצות: בקשו מהם לנסות למצוא את הטעות בניסוי ולהציע פרוטוקול לניסוי מתוקן. תוכלו גם לערוך דיון במליאה.

לפניכם הצעות לשלושה ניסויים שמוטמעות בהם טעויות. תוכלו להוסיף ניסויים ולגוון כרצונכם ברוח היחידה.

חלקו את הכיתה לצוותים בני 3-4 תלמידים. עבור כל ניסוי חלקו לכל צוות את דף המשימה המתאים ובו מפורט פרוטוקול הניסוי ואת הציוד והחומרים הדרושים לניסוי, כמפורט בנספח ליחידה. אפשרו לתלמידים לזהות את הטעות, להציע ניסוי מתוקן ולבצע אותו.

אם התלמידים אינם מצליחים לאתר את הטעות, מומלץ לאפשר להם לבצע את פרוטוקול הניסוי כפי שהוא. סביר כי במהלך הביצוע הם יוכלו לזהות את הטעות.

לכל אחד מן הניסויים מופיעה בהמשך הצעת פתרון לפרוטוקול ניסוי מתוקן. הדגש ביחידה הוא על תהליך החקר ופחות על ההסברים המדעיים.

מומלץ שכל הקבוצות יבצעו את אותו ניסוי במקביל, ורק לאחר ביצועו והדיון בטעות יש לעבור לניסוי הבא.

לנחותכם, המורים, מפורטות כאן הטעויות שהוכנסו להדגמת המורה ולניסויים:

הדגמת מורה: בלי בידוד משתנים ובלי חזרות על הניסוי.

ניסוי 1: בלי בידוד משתנים

ניסוי 2: חסר ניסוי ביקורת

ניסוי 3: לא נעשה בידוד משתנים ואין חזרות על הניסוי.

## ניסוי 1 - התכת שוקולד

שאלת חקר: מהו הקשר בין סוג השוקולד לבין מהירות ההתכה שלו?

מהלך הניסוי:

- העמידו על שולחן 2 כוסות כימיות של 200-250 מ"ל.
- מלאו את אחת מן הכוסות במי ברז, ואת הכוס האחרת מלאו במים חמים (כ- 50-60 מעלות צלזיוס). הכניסו לכוסות מדי טמפרטורה ורשמו את הטמפרטורה של כל כוס במחברת.
- הוסיפו לכוס עם מי הברז 2 קוביות שוקולד חלב, ולכוס עם המים החמים 2 קוביות שוקולד מריר.
- התבוננו במתרחש במשך 2 דקות. בכל 30 שניות ערבבו את המים בשתי הכוסות בשני סיבובים באותה מהירות.
- רשמו את התוצאות בצורה איכותנית - איזה שוקולד הותך מהר יותר?

האם יש טעות במהלך הניסוי הזה? אם כן – מהי הטעות?

דונו בכך בקבוצה ועם המורה.

אם מצאתם טעות – כתבו מהלך ניסוי מתוקן ובצעו אותו.



## ניסוי 1 – התכת שוקולד – דיון

שאלו את התלמידים: מה הבעיה בניסוי שמוצע כאן?

לאחר דיון הגיעו להבנה כי היו בניסוי 2 משתנים שלא נשמרו קבועים: טמפרטורת המים וסוג השוקולד. לא בוצע **בידוד משתנים** בניסוי, ולכן אי אפשר להגיע למסקנה.

בררו עם התלמידים כיצד אפשר לבצע בידוד משתנים בניסוי שראו.

בצעו ניסוי מתוקן ודונו בתוצאות: האם יש קשר בין סוג השוקולד למידת התכתו?

ניסוי מתוקן אפשרי: אפשר לבצע את הניסוי עם 2 כוסות מים חמים בטמפרטורה זהה ועם סוגים שונים של שוקולד.

ניתן כמובן לאפשר לתלמידים לבצע ניסוי מתוקן שונה, כפי שהם יתכננו.

הערה: ניתן לבודד משתנים גם על-ידי בדיקה של סוג שוקולד אחד בשתי טמפרטורות שונות, אולם אז הניסוי לא יענה על שאלת החקר המוצגת אלא על שאלת חקר שונה.

## ניסוי 2 – קולה וקרח

**שאלת חקר:** מהו הקשר בין נוכחות הגזים בקוקה קולה לבין זמן התכת קוביית קרח במשקה?

**מהלך הניסוי:**

- הוסיפו 100 מ"ל קוקה קולה רגילה מקוררת היטב (מיד לאחר הוצאתה מן המקרר) לכל אחת משתי כוסות קרטון חד פעמיות.
- בחרו 2 קוביות קרח קטנות זהות בגודלן והוסיפו אותן לכל אחת מן הכוסות. מדדו את הזמן עד להיעלמות קוביית הקרח בכל אחת מן הכוסות.
- רשמו את התוצאות בטבלה:

כוס 2	כוס 1	
		זמן בדקות עד היעלמות קוביית הקרח

- רשמו את המסקנה שלכם מן הניסוי.

**האם יש טעות במהלך הניסוי הזה? אם כן – מהי הטעות?**

דונו בכך בקבוצה ועם המורה.

**אם מצאתם טעות – כתבו מהלך ניסוי מתוקן ובצעו אותו.**

## ניסוי 2 – קולה וקרח – דיון

הטעות בפרוטוקול הניסוי השני היא שלא בוצע ניסוי ביקורת של קולה בלי גזים, ולכן אי אפשר להסיק כי לגזים הייתה השפעה על התכת הקרח. (ניתן להתייחס לביצוע הניסוי על ידי קבוצות שונות בכיתה כחזרות על אותו הניסוי).

### ניסוי מתוקן אפשרי:

- העבירו 100 מ"ל של קוקה קולה מקוררת היטב לבקבוק חצי ליטר ריק של קולה. פקקו הבקבוק, נערו קלות ושחררו את הגזים.
  - חזרו על הפעולה הזאת פעמים מספר עד שלא ישתחררו עוד גזים מן המשקה.
  - העמידו 2 כוסות קרטון חד פעמיות: לאחת מהן הוסיפו 100 מ"ל קוקה קולה רגילה ולשנייה הוסיפו 100 מ"ל של קוקה קולה שעברה הוצאת גזים.
  - הוסיפו לכל כוס קוביית קרח בגודל זהה ומדדו את הזמן עד להיעלמות קוביית הקרח.
- בניסוי לדוגמה שביצענו קוביית קרח במידות 2X2X2 ס"מ עברה התכה מלאה כעבור כ- 7 דקות בכוס הקולה עם גזים וכ- 11 דקות בכוס הקולה שעברה הוצאת גזים. ניתן כמובן לאפשר לתלמידים לבצע ניסוי מתוקן שונה, כפי שהם יתכננו.

## ניסוי 3 – זוכרים מספרים

שאלת חקר: מהו הקשר בין זמן ההתבוננות לבין רמת הזיכרון למספרים?

מהלך הניסוי:

- על כל זוג תלמידים לשרטט על דפים נפרדים שלושה לוחות של 4X4 עם תאים ריקים. על דף אחד יש לרשום 5 שניות ועל הדף השני - 20 שניות. אחד מבני הזוג הוא הבודק ועליו למלא את הלוח השלישי במספרים דו ספרתיים אקראיים (דוגמה מצורפת) – עליו לעשות זאת בלי שבן זוגו יראה את המספרים.

הנה לוח מספרים מלא לדוגמה:

92	71	23	85
64	89	13	45
19	28	36	24
57	96	47	33

## שלב א

בהינתן האות הבודק הופך את לוח המספרים **למשך 5 שניות** ומראה אותו לבן הזוג שלו (**הנבדק**) למשך 5 שניות, ומיד הופך אותו בחזרה. בתום 5 השניות הנבדק ממלא את הלוח הריק המתאים במספרים כפי שהם רשומים בלוח המבדק על פי זכרונו. בדקו ביחד את הלוח שמילא הנבדק בהשוואה ללוח המקורי. תנו נקודה אחת לכל מספר נכון הנמצא במיקום הנכון ביחס ללוח המקורי.

## שלב ב

חוזרים על המבדק כמו בשלב א', אך הפעם הבודק מראה את לוח המספרים **למשך 20 שניות** ומיד הופך אותו בחזרה. בתום 20 השניות הנבדק ממלא את הלוח הריק המתאים במספרים כפי שהם רשומים בלוח המבדק על פי זכרונו. בדקו ביחד את הלוח שמילא הנבדק בהשוואה ללוח המקורי. תנו נקודה אחת לכל מספר נכון הנמצא במיקום הנכון ביחס ללוח המקורי.

- רשמו את התוצאות והסיקו מסקנה בהתייחס לשאלת החקר.

**האם יש טעות במהלך הניסוי הזה? אם כן – מהי הטעות?**

**דונו בכך בקבוצה ועם המורה.**

**אם מצאתם טעות – כתבו מהלך ניסוי מתוקן ובצעו אותו.**

## בניסוי המוצע יש 2 בעיות:

- אין בידוד משתנים כיוון שתנאי הפתיחה של שני השלבים שונים: בשלב א הנבדק אכן נחשף ללוח בפעם הראשונה למשך הזמן הקצוב. בשלב ב הוא כבר נחשף ללוח מספר פעמיים: בזמן הניסוי הראשון ובעת בדיקת תוצאות הניסוי הראשון.
  - אין חזרות על הניסוי: על מנת לקבל תוצאה אמינה יש לחזור על כל אחד משני הניסויים בזמני החשיפה השונים מספר פעמים עם תנאי פתיחה זהים. (אי אפשר להתייחס לניסוי שבוצע בזוגות השונים בכיתה כחזרות כיוון שהקבוצות יצרו לוחות שונים, למשל גודל הלוחות, גודל המספרים בלוחות, והדבר עלול להשפיע על היכולת לזכור את המספרים).
- על מנת לבצע ניסוי נכון על כל זוג להכין מספר לוחות שצורתם זהה אך המספרים בהם שונים, כך שבכל אחד מן הניסויים, הנבדק ייחשף למספרים בפעם הראשונה. (ניתן להיעזר בלוחות מוכנים של משחק בינגו, אם קיימים ברשותכם).

**ניסוי 4 – ניסוי פתוח**

החלק הזה חותם את היחידה. משימתם של התלמידים היא לתכנן ניסוי על נושא שמעניין אותם, למשל השפעת משך זמן מול מסך טלוויזיה על...

הניסוי צריך להיות מתוכנן ורשום היטב, אך עליהם לכלול בפרוטוקול הניסוי טעות באחד משלושת המרכיבים שתרגלו בשיעור: **בידוד משתנים, ביקורת וביצוע חזרות.**

בקשו מקבוצות התלמידים להציג את שאלת החקר ואת תכנון הניסוי שלהם. על התלמידים האחרים יהיה למצוא מה הבעיות או הטעויות בתכנון הניסוי של עמיתיהם בכיתה. תוכלו גם לאפשר לקבוצות השונות להחליף ביניהן את מהלכי הניסוי שתכננו – כל קבוצה תתבקש למצוא את הטעות במהלך הניסוי של קבוצה אחרת.

מתלמידים שעדיין אינם מנוסים בתכנון ניסוי, מומלץ לבקש ראשית לתכנן ניסוי נכון ורק בשלב הבא להכניס לתוכו את השגיאה.

שימו לב שהשגיאה שקל ביותר להכניס היא אי קיום חזרות. עודדו את התלמידים לאתגר את עצמם ולהכניס שגיאות של חוסר בידוד משתנים או חוסר בביקורת.

דוגמה לניסוי אפשרי:

שאלת החקר: מהו הקשר בין ביצוע תרגיל הרגעה הכולל עצימת עיניים ונשיפות איטיות לבין קצב הלב?

ניסוי אפשרי יהיה:

- קבוצה בת 5 תלמידים תתבקש לעצום את עיניה ולנשום 5 נשימות עמוקות.
- קבוצה אחרת בת 5 תלמידים תעצום את עיניה ותנשום 10 נשימות עמוקות.
- שתי הקבוצות ימדדו דופק במשך 20 שניות מיד בגמר ההתנסות.
- התוצאות יירשמו בטבלה, יחושב ממוצע ויוסקו מסקנות.

טעויות בתכנון הניסוי המוצע:

- אין קבוצת ביקורת - חסרה קבוצת תלמידים שלא התנסו בתרגילי נשימה.

## נספח: ציוד וחומרים

### הדגמת מורה:

- 2 נרות מסוגים שונים ובצבעים שונים (למשל נר יום הולדת ונר שבת)
- 2 פמוטים או בסיס אחר
- שעון עצר
- קופסת גפרורים
- סרגל

### ניסוי 1 – התכת שוקולד:

לכיתה: קומקום חשמלי

לכל צוות:

- 4 כוסות כימיות של 200-250 מ"ל או כוסות חד-פעמיות של שתיה חמה
- 2-1 מדי טמפרטורה
- 2 קוביות שוקולד חלב + 2 קוביות שוקולד מריר

### ניסוי 2 – קולה וקרח:

לכיתה:

- 1 בקבוק קוקה קולה של 1.5 ליטר מצונן במקרר

לכל צוות:

- בקבוק חצי ליטר ריק (כולל פקק)
- 2 כוסות קרטון חד פעמיות
- משורה של 100 או 200 מ"ל
- 4 קוביות קרח דומות בגודלן (עדיף כמה שיותר קטנות)



- שעון עצר

### **ניסוי 3 – זוכרים מספרים:**

**לכל צוות:**

- 3 דפי טיוטה
- סרגל
- עיפרון
- שעון עצר