

גורמים קבועים: קל לזהות קשה להסביר...

לשאלה "קבועה" בעניין גורמים קבועים, לא תמיד יש תשובה "קבועה"....



מבוא: למידה בדרך החקר ומטה קוגניציה, בידוד משתנים והגדרה

מדויקת של גורמים קבועים

1. ניסויים המבוצעים בשיעורי מעבדה

א. זיהוי גורמים קבועים רלוונטיים בניסוי

ב. מדוע חשוב לשמור על גורמים קבועים בניסוי?

ג. הסבר בחירת ערך כלשהו לגורם קבוע בניסוי

2. ניסויים המתוכננים ומבוצעים במסגרת עבודת ביוחקר

א. איתור גורמים קבועים רלוונטיים והבנת החשיבות של שמירה עליהם כקבועים

ב. אופן השמירה על גורמים קבועים

ג. קביעת הערך של גורמים קבועים והסבר מדוע נבחר ערך זה

ד. גורמים שצריכים להיות קבועים במערך ניסוי אך למבצע הניסוי אין שליטה עליהם

ה. קבועים וחזרות על ניסוי

3. קשיים בהבנת החשיבות של שמירה על גורמים קבועים

א. ניתוח שאלות בנושא גורמים קבועים

ב. דוגמאות לתשובות חלקיות או שגויות של תלמידים בבחינת בגרות תשע"ז

4. נספח

מבוא

למידה בדרך החקר ומטה קוגניציה

למידה בדרך החקר היא אחד מעמודי התווך של תכנית הלימודים בביולוגיה לחטיבה העליונה.

המורה מלמד בצורה מפורשת את מושגי החקר ומשמעותם תוך שהוא משלב מגוון התנסויות

שתאפשרנה לתלמיד להתקדם מהפשוט אל המורכב.

דרך הוראה זו בה התלמיד מתנסה בטיפוסים שונים של חקר¹ מסייעת לו להבין וליישם את עקרונות

החקר בהמשך הלמידה. בתהליך הזה יש מעבר ממצב בו המורה אחראי ומוציא לפועל את רוב

מרכיבי החקר, אל מצב בו התלמיד הוא לומד עצמאי, שותף ואחראי לכל שלבי החקר.

הדיון בנושא גורמים קבועים וחשיבותם, בעיקר במסגרת עבודת הביוחקר, הוא אחד הצמתים

המאפשרים למורה לעודד את התלמיד ולפתח אצלו מודעות מטה קוגניטיבית.

¹ ניתן להאזין להרצאתה של פרופ' מ. ציון "מהות המדע, רמות חקר וחקר דינמי מהתיאוריה ליישום בכיתה" או לקרוא את תקציר ההרצאה

מטה קוגניציה הוא תהליך של "חשיבה על חשיבה", המתרחש אצל תלמיד בהכוונת המורה. החל מבחירת שאלת החקר ובכל שלבי התכנון והביצוע מומלץ שהמורה יסייע לתלמיד לפתח **מודעות מטה קוגניטיבית** בשתי רמות: [ידע על הקוגניציה ובקרה על הקוגניציה](#).

ניתן לפתח ידע על הקוגניציה באמצעות שאלות שאלות כגון: איזו שיטת מדידה בחרת? מדוע בחרת דווקא בשיטת מדידה מסוימת לבדיקת המשתנה התלוי? מדוע בחרת בגורם כלשהו כגורם קבוע? על אילו מרכיבי ניסוי משפיע גורם קבוע כלשהו? איך קבעת מהו הערך המתאים לגורם קבוע? דרגת חשיבה מעמיקה יותר היא **בקרה על הקוגניציה**. פיתוח הבקרה על הקוגניציה יכול להתבצע באמצעות דו שיח בין מורה לתלמיד בנוגע לתכנון ומעקב אחר השינויים הנדרשים במהלך העבודה, איתור שגיאות ותיקון, הערכת ההצלחה של השינויים האלה תוך כדי תהליך וגם בסופו. המורה ישאל שאלות כגון: האם יש שגיאה במערך הניסוי הנובעת מאי שמירה על גורם קבוע כלשהו? אם כן, איך אפשר לתקן את השגיאה? אילו שינויים צריך לבצע במערך הניסוי כדי לשנות את הערך של גורם קבוע כלשהו?

על פי תוצאות מחקרים, ככל שאצל התלמיד מתרחשים תהליכי חשיבה מטה קוגניטיביים משמעותיים יותר, כך ההישגים הלימודיים שלו משתפרים.

בידוד משתנים

השמירה על גורמים קבועים בניסוי מבוססת על העיקרון של [בידוד משתנים](#). משמעותו של עיקרון זה היא שכאשר בודקים בניסוי את ההשפעה של המשתנה הבלתי תלוי² על תהליך כלשהו, משנים רק את המשתנה הבלתי תלוי ואילו את שאר הגורמים, שיתכן והם משפיעים על אותו תהליך, משאירים קבועים. כלומר, **בכל ניסוי הערך של כל אחד מהגורמים הקבועים צריך להיות זהה בכל הטיפולים**.

החשיבות של בידוד משתנים היא שלאחר ביצוע הניסוי ניתן יהיה לקבוע שיש קשר סיבתי בין המשתנה הבלתי תלוי לבין המשתנה התלוי ולהסיק מסקנה תקפה.

המלצה בנוגע להגדרה מדויקת של גורמים קבועים

ברוב הניסויים הגדרת גורם קבוע ברורה ומובנת לתלמידים. עם זאת, יש ניסויים בהם יש הבדל דק, אך משמעותי, בין הגדרה נכונה לבין הגדרה שגויה.

לדוגמה, בניסוי לבדיקת ההשפעה של ריכוז תאי שמרים על קצב תסיסה חשוב לשים לב **שהגורם הקבוע הוא ריכוז התחלתי של גלוקוז (הסובסטרט)**, ואילו ריכוז הגלוקוז פוחת במהלך הניסוי.

גורם קבוע אחר בניסוי הוא **הטמפרטורה ההתחלתית של תרחיף השמרים**, ומכיוון שבתהליך התסיסה נפלטת גם אנרגיה חום, הטמפרטורה במערכת הניסוי תשתנה בהתאם לקצב התסיסה³.

² כשמתכננים ניסוי בו יש יותר ממשתנה בלתי תלוי אחד, יש לבצע בקרות מתאימות.

³ ראו דוגמה דומה שבה דרגת pH התחלתית היא הגורם הקבוע (דוגמאות לתשובות תלמידים שאלה 5).

דוגמה אחרת היא בניסוי לבדיקת ההשפעה של ריכוז תמיסת סוכרוז בו הושרתה רקמת תפוח אדמה על קצב האוסמוזה ([בעיה 4 בחינת בגרות 5 יח"ל תשס"ה 2005](#)). בניסוי זה, **ריכוז המומסים ההתחלתי** בתאים הוא הגורם הקבוע בניסוי ולא ריכוז המומסים בתאים. ריכוז המומסים בתאים משתנה במהלך הניסוי.

במאמר יוצגו היבטים שונים ודוגמאות של שמירה על גורמים קבועים בהקשר לביצוע ניסויים בשיעורי מעבדה ובמסגרת עבודת ביוחקר וכן סוגי שאלות ושגיאות נפוצות של תלמידים.

1. ביצוע ניסויים במסגרת שיעורים במעבדה

במהלך ההוראה, חלק מהניסויים שהמורים בוחרים לבצע עם תלמידיהם הם ניסויים מטיפוס "[חקר מובנה](#)", חלקם הם מטיפוס "[חקר מונחה](#)" או כל שילוב אפשרי של טיפוס חקר אלה ("[חקר משולב](#)").

1א. זיהוי גורמים קבועים רלוונטיים לניסוי

בדרך כלל בניסויים במעבדה התלמיד אינו שותף בתכנון הניסוי, אך הוא חייב להבין את השיקולים של מתכנן הניסוי ולהיות מסוגל להסביר מדוע ניתנה לו כל הוראה לביצוע. התלמיד צריך להתבסס על ידע ביולוגי קודם שיש לו בנושא הניסוי **ולזהות את הגורמים הקבועים הרלוונטיים בניסוי שביצע**. רוב התלמידים מזהים נכון גורמים קבועים רלוונטיים בניסוי.

דוגמה 1: [בעיה 4 בבחינת בגרות 5 יח"ל תשע"ד \(2014\)](#) תלמיד ביצע ניסוי ובדק את השפעת ריכוז פחמן דו חמצני על קצב פוטוסינתזה בעלים צבעוניים של צמח (לדוגמה עלי הצמח המכונה [יהודי נודד](#)). בכל אחד מהטיפולים בניסוי, באותו פרק זמן, נפלטה כמות שונה של חמצן אל התמיסה שבמבחנת הניסוי⁴. מידע נוסף על מערך הניסוי ראו [בנספח](#). התלמיד **זיהה גורמים קבועים רלוונטיים לניסוי** כגון סוג הצמח, כמות הרקמה הצמחית (מספר עלים וגודלם), נפח שווה של תמיסות ביקרבונט, עוצמת האור לה נחשפים העלים במבחנות, ישנם גורמים שנשמרו קבועים בניסוי אך לא היו באחריותו של התלמיד מבצע הניסוי אלא באחריות הליברנט שהכין עבורו את הכלים והחומרים הדרושים לניסוי, לדוגמה סוג המים (כגון מי ברז, מים מזוקקים, מים מורתחים) שבהם הוכנו תמיסות נטרן ביקרבונט, אורך הגל של האור הנפלט מהנורה. יש מקרים בהם ברור שגורם כלשהו צריך להיות קבוע, אף כי אין ביכולתו של התלמיד לבדוק אותו. בניסוי המתואר לעיל חשוב שכמות הכלורופיל בעלים תהיה זהה בכל אחד מהטיפולים. אם כמות הרקמה הצמחית הייתה זהה בכל טיפול, העלים נאספו מאותו צמח ושהו פרק זמן זהה בתנאי

⁴ קצב פליטת החמצן שנמדד במערכת מבטא את מאזן הגזים בנשימה ובפוטוסינתזה.

המעבדה בבית הספר, אפשר לנסח **הנחה**⁵ לגבי כמות הכלורופיל בעלים. כדאי לשים לב לכך שבניסויים מסוימים המתבצעים בחדר המעבדה אפילו צבע הווילון וסוג האריג שממנו הוא עשוי, יכולים להיות גורמים קבועים רלוונטיים לניסוי.....

דוגמה II: בעיה 5 בבחינת בגרות 5 יח"ל תשס"ד (2004) תלמיד ביצע ניסוי ובדק את השפעת ההשרייה של שורשוני לוביה בתמיסות דטרגנט שלהן ריכוזים שונים על קצב נשימת השורשונים.

לאחר ההשרייה התלמיד העביר את השורשונים מכל טיפול ל"שקית" עשויה גזה אותה תלה במבחנה שהכילה מים.

פחמן דו חמצני שנפלט מהשורשונים אל האוויר שבמבחנה הגיב עם המים וכתוצאה מכך חל שינוי בדרגת ה- pH של הנוזל שבמבחנה. בתום הניסוי התלמיד טיטר את הנוזל שבכל אחת מהמבחנות עם תמיסת בסיס הנתרן. מידע נוסף על מערך הניסוי ראו בנספח.

התלמיד **זיהה גורמים קבועים רלוונטיים** בניסוי, כגון כמות השורשונים וסוג המים בכל מבחנה, זמן ההשרייה של השורשונים בתמיסת דטרגנט, טמפרטורה שבה נמצאה כל מבחנה עם "שקית" השורשונים. ריכוז הבסיס בו השתמש התלמיד בעת ביצוע הטיטרציה הוא גורם קבוע רלוונטי שהוא באחריות הלבורנט.

דוגמה III: בעיה 4 בבחינת בגרות תשע"ז (2017) תלמיד ביצע ניסוי ובדק את ההשפעה של ריכוז פוספטאז ממיצוי בננה בשלה על קצב פעילות האנזים. שיטת המדידה בניסוי מבוססת על הוספת פנול פתלאין פוספט (תרכובת שאינה מצויה באופן טבעי בתאים) לריכוזים שונים של מיצוי וקבלת פנול פתלאין. בתום התהליך האנזימטי ולאחר הוספת בסיס התקבל צבע שונה בכל אחת מהתמיסות שבמבחנות.

התלמיד **זיהה גורמים קבועים רלוונטיים** בניסוי כגון מקור המיצוי, טמפרטורת המים באמבט שבו נשמרו המבחנות, נפח או ריכוז התחלתי של פנול פתלאין פוספט. בבדיקת בחינות הבגרות נמצא כי תלמידים רבים מזהים שנפח סופי במבחנה הוא גורם קבוע. מידע נוסף על מערך הניסוי ראו בנספח.

גורם קבוע רלוונטי הוא גורם שעל פי ידע מוקדם צפוי להשפיע על תוצאות הניסוי. בהיותו קבוע ישפיע במידה שווה על כל הטיפולים.

⁵ קביעה המבוססת על ידע קודם שאיננה נבדקת בניסוי זה.

1.ב. מדוע חשוב לשמור על גורמים קבועים בניסוי?

כאמור, ההסבר צריך להתבסס על הבנת עקרון בידוד משתנים והבנת מערך הניסוי. בקריאת תשובות תלמידים לשאלות בבחינות בגרות נמצא שעבור רוב התלמידים זיהוי גורם רלוונטי היא משימה פשוטה יחסית, ולא כך לגבי ההסבר.

בניסוי שתואר בדוגמה I (סעיף 1א עמ' 3) התלמיד פעל על פי ההנחיות והכניס כמות זהה של עלים לכל מבחנה. ההנחה היא שבכל הטיפולים גם כמות הכלורופיל בעלים הייתה גורם קבוע. על פי ידע מוקדם, כמות הכלורופיל משפיעה על מידת קליטת אנרגיית האור בכלורופלסטים שבועלי הצמח ולכן חשוב שכמות זו תהיה גורם קבוע בניסוי.

כלומר, הגורם הקבוע בניסוי (כמות העלים) משפיע לא רק על כמות הכלורופיל אלא גם על ערכו של גורם קבוע אחר - מידת קליטת אנרגיית אור על ידי הצמח וכל אחד מגורמים אלה משפיע על קצב התהליך הנבדק (פוטוסינתזה). מכאן, שגורם קבוע מסוים יכול להשפיע **בעקיפין** על המשתנה התלוי.

בניסוי חשוב לשמור גם על כך שנפח המבחנה יהיה גורם קבוע.

בדוגמאות א, ב מתואר מצב שבו באחד הטיפולים בניסוי תהיה מבחנה שנפחה קטן יותר מנפח המבחנות בטיפולים האחרים ומוסברת משמעות אפשרית למצב כזה:

א. במצב זה, העלים שיוכנסו למבחנה הקטנה יהיו צפופים יותר ומידת קליטת האור שתגיע לכל עלה תהיה קטנה יותר בהשוואה לעלים בטיפולים האחרים. כלומר, אם גודל המבחנה לא יהיה גורם קבוע בניסוי, יפגע גורם קבוע אחר (מידת קליטת אנרגיית האור) ובעקיפין יושפעו ערכי המשתנה התלוי שימדדו.

ב. במצב זה, באותו משך זמן, הלחץ שיווצר בתמיסה שבמבחנה הקטנה יהיה גבוה יותר מהלחץ במבחנה שוות גודל (באותו ריכוז של פחמן דו חמצני). כתוצאה מכך, ההתרחקות של קו הנוזל בפיטה במבחנה הקטנה תהיה גדולה יותר בהשוואה להתרחקות שצפויה להתרחש בפיטה של מבחנה שהיא שוות גודל למבחנות האחרות. זאת ועוד, גבול המסיסות של החמצן בתמיסה יושג לאחר פרק זמן קצר יותר במבחנה הקטנה בהשוואה למבחנה הגדולה ולכן הלחץ בה יהיה גדול יותר ולאחר אותו פרק זמן התרחקות קו הנוזל בפיטה תהיה גדולה יותר במבחנה הקטנה.

לסיכום, אם גודל המבחנה לא יהיה גורם קבוע יתכן שהמשתנה התלוי יושפע מכך (דוגמה א) וכך גם שיטת המדידה של המשתנה התלוי (דוגמה ב).

בניסוי המתואר בדוגמה II (סעיף 1א עמ' 3, 4) ריכוז הבסיס ששימש לטיטרציה היה קבוע בכל הטיפולים. אם באחד הטיפולים ריכוז הבסיס יהיה נמוך יותר מזה שבו התלמיד השתמש לטיטרציה בטיפולים האחרים, מספר הטיפות שיידרש לסיום הטיטרציה יהיה גבוה יותר מזה שצריך היה

להתקבל. במקרה זה לא תהייה כל משמעות להשוואת תוצאות הטיפולים ולא ניתן יהיה להסיק מסקנה תקפה לגבי השפעת ריכוז הדטרגנט בתמיסת ההשרייה על קצב הנשימה.

בניסוי המתואר **בדוגמה III** (סעיף 1א עמ' 4) נבדקה השפעת ריכוז פוספטאז על קצב פירוק פנול פתלאין פוספט והנפח הסופי בכל מבחנות הניסוי נשמר קבוע. גורם קבוע אחר הוא הריכוז ההתחלתי של הסובסטרט והוא משפיע במידה שווה על המשתנה התלוי בכל הטיפולים. אם הנפח הסופי במבחנות לא יהיה קבוע - **גם הריכוז ההתחלתי של הסובסטרט לא יהיה קבוע**, ולכן הוא ישפיע במידה שונה בכל אחד מהטיפולים. בנוסף על כך, הנפח הסופי בכל אחת ממבחנות הניסוי משפיע גם על הריכוז היחסי של תוצר התהליך, כלומר על שיטת המדידה. בבחינת הבגרות, למרות שהתלמידים עבדו על פי ההנחיות בשאלון והוסיפו נפח מתאים של מים לקבלת נפח זהה בכל הטיפולים, רובם התקשו להסביר מדוע חשוב לשמור על נפח סופי קבוע בניסוי. על פי דוגמאות I, II, III הסבר חשיבותו של גורם קבוע שונה מגורם ומניסוי לניסוי. גורם קבוע בניסוי יכול להשפיע על גורם קבוע אחר, על המשתנה התלוי ועל דרך המדידה.

1.g. הסבר בחירת ערך כלשהו לגורם קבוע

הערך של כל אחד מהגורמים הקבועים בניסוי אותו מבצע תלמיד בשיעור מעבדה נקבע על ידי המורה, הלבונט ובמקרה של ביצוע ניסוי מבחינת הבגרות – על ידי כותבי הבחינה. התלמיד צריך להבין ולהסביר מדוע נבחר הערך של גורם זה.

בדוגמה I (סעיף 1א עמ' 3), נבחרה עוצמת אור גבוהה על ידי שימוש בנורה שלה הספק גבוה. עוצמת האור הייתה קבועה הודות לכך שהמרחק של הנורה ממבחנות הניסוי היה קבוע. בעוצמת אור זו ובתנאי הניסוי, קצב הפוטוסינתזה היה גבוה. אילו נבחרה עוצמת אור נמוכה צפוי שהיא הייתה גורם מגביל, כלומר קצב הפוטוסינתזה היה נמוך בכל אחד מריכוזי פחמן דו חמצני ויתכן שלא ניתן היה למדוד את השפעת ריכוז פחמן דו חמצני על קצב התהליך.

בדוגמה II (סעיף 1א עמ' 3, 4) הערך של דרגת pH של המים בכל אחת ממבחנות הניסוי הוא גורם קבוע בניסוי. אילו למים שניתנו לתלמיד הייתה דרגת pH חומצית, כבר בתחילת הניסוי צבע התמיסה המימית של פנול אדום בכל המבחנות היה צהוב ופחמן דו חמצני שהיה נפלט בנשימת השורשונים לא היה גורם לשינוי הצבע. במצב כזה אין משמעות לבצוע טיטרציה ושיטת המדידה אינה מתאימה לבדיקת המשתנה התלוי.

דוגמה IV: בבעיה 2 בבחינת בגרות 5 יח"ל תשע"ה (2015) תלמיד ביצע ניסוי ובדק את ההשפעה של ריכוז אוראז שבמיצוי זרעי סויה על קצב פעילות האנזים. האנזים אוראז מזרז את קצב פירוק האוראה ואחד מתוצרי הפירוק הוא אמוניה. בסביבה מימית אמוניה מגיב עם מים לקבלת תמיסת בסיס האמוניום.. לכל מבחנות הניסוי התלמיד הוסיף נפח קבוע של אינדיקטור (מיצוי כרוב). שיטת המדידה הייתה מבוססת על שינוי צבע האינדיקטור ובדיקת דרגת ה pH על פי סולם צבעים. אילו למים שניתנו לתלמיד הייתה דרגת pH בסיסית, כבר בתחילת הניסוי עוד לפני הוספת הסובסטרט, צבע התמיסה המימית בכל המבחנות היה כחול / כחול ירוק ובסיס האמוניום שהיה נוצר בתהליך הפירוק לא היה גורם לשינוי משמעותי בצבע. **במצב כזה שיטת המדידה אינה מתאימה לבדיקת המשתנה התלוי.**

מידע על הדרכים לבדיקת דרגת pH של מים ושינויה במידת הצורך ראו ב"על חשיבות בדיקת pH של מים" וכן ב"עדכון רשימת כלים וחומרים בעיה 2 בגרות 5 יח"ל תשע"ה" (עמ' 3). הדוגמאות ממחישות כי ערך לא מתאים של גורם קבוע עלול לגרום לכך ששיטת המדידה בניסוי לא תהא מתאימה והתוצאות לא יאפשרו להסיק מסקנות.

2. ביצוע ניסוי ביוחקר

בתכנית הלימודים בביולוגיה (תשע"ז) הוצג הרצינול של יחידת הביוחקר והוגדרו הדרישות מהתלמיד במסגרת עבודה זו. המטרה היא שבשעת הכנת עבודת ביוחקר התלמיד יבצע חקר משולב או חקר פתוח. אין ספק שגם במקרה של חקר פתוח המורה מלווה את התלמיד ותומך בו בשלבים של ניסוח שאלות חקר, תכנון הניסוי וביצועו. זאת ועוד, בכדי שהתלמיד יגיע לעצמאות כלשהי ויוכל לתכנן את הניסוי ולבצעו הוא חייב גם לקרוא במקורות מידע על הנושא אותו בחר לחקור. בשלב תכנון הניסוי המקדים נדרשת חשיבה על איתור גורמים קבועים רלוונטיים, על חשיבות השמירה עליהם כקבועים ועל הערך של כל אחד מהגורמים שאותרו. מומלץ שכבר בשלב זה ובכל אלה שיבואו אחריו, המורה יעודד אצל התלמיד מודעות מטה קוגניטיבית ובקרה על הקוגניציה.

2א. איתור גורמים קבועים רלוונטיים והבנת החשיבות של שמירה עליהם כקבועים

כדי לאתר גורמים קבועים רלוונטיים לניסוי המתוכנן על התלמיד להתמקד בגורמים אשר צפוי כי הם ישפיעו על התהליך שייבדק בניסוי. אלא שלא די בזה, גורם קבוע יכול להשפיע על שיטת המדידה שנבחרה, על המשתנה הבלתי תלוי שאת השפעתו התלמיד יבדוק בניסוי, או על גורם קבוע אחר (ראו דיון בנושא בפרק 1).

דוגמה V: תלמידים תכננו ניסוי לבדיקת ההשפעה של ריכוז מי חמצן ממיצוי גזר על קצב פירוק מי חמצן. שיטת המדידה היא כמו זו המתוארת בדוגמה I [בנספח](#). צפוי שעם חלוף הזמן מתחילת הניסוי יצטבר חמצן במבחנות וכאשר ריכוזו בנוזל יהיה גבוה מגבול המסיסות הוא ידחוק את הנוזל שבפיפטה. התלמידים קבעו **שהטמפרטורה ההתחלתית של התמיסות במבחנות היא גורם קבוע בניסוי**, ואף הסבירו זאת נכון: טמפרטורה משפיעה על קצב תהליך אנזימטי, ובניסוי המתוכנן הם יבדקו את השפעת ריכוז האנזים ולא את השפעת הטמפרטורה על קצב התהליך. חשוב להסב את תשומת ליבם של התלמידים כי התהליך האנזימטי בניסוי מלווה בפליטת חום (תהליך אקזותרמי). ככל שריכוז מי חמצן גבוה יותר וקצב התהליך האנזימטי גדל, עולה פליטת החום ובשל כך במהלך הניסוי הטמפרטורה במבחנות הניסוי אינה גורם שנשמר קבוע.

נוסף על כך, לטמפרטורה יש השפעה **גם** על מסיסות הגזים (השפעה פיסיקלית), וככל שקצב התהליך גבוה יותר, גוברת פליטת החום ומסיסות החמצן בנוזל פוחתת. השפעה דומה של הטמפרטורה מתקיימת גם בניסויים בהם נבדקת, במערכת זהה, פליטת גז בתהליכי נשימה ותסיסה⁶. זאת ועוד, הטמפרטורה של הנוזל במערכת הניסוי משפיעה גם על קצב הפירוק העצמוני (=ספונטני) של מי חמצן, כלומר הגורם הקבוע משפיע גם על הערכים של המשתנה הבלתי תלוי בניסוי. הערה: ניתן לצמצם את ההשפעה האפשרית של פליטת החום בתהליכים שהוזכרו לעיל, על ידי הכנסת מבחנות הניסוי לאמבט מים בטמפרטורה מתונה.

ב.ב. אופן השמירה על גורמים קבועים

בעוד שבניסוי במעבדה אופן השמירה על גורמים קבועים וכך גם הערך של כל גורם קבוע, מתואר בהוראות העבודה לתלמיד, בביוחקר התלמיד צריך לתכנן שלב זה בעצמו.

דוגמה VI: תלמידים תכננו ניסוי לבדיקת ההשפעה של ריכוז תמיסות דטרגנט על קצב פוטוסינתזה בצמחי אלודיאה. שיטת המדידה היא כמו זו המתוארת בדוגמה I [בנספח](#). התלמידים איתרו גורמים שצריכים להישמר קבועים בניסוי, כגון נפח וריכוז תמיסת נתרן ביקרבונט, נפח תמיסות דטרגנט (שריכוזן שונה), סוג הדטרגנט ועוצמת אור. התלמידים קבעו שגם סוג הצמח, גודלו וטמפרטורת הנוזל במבחנות יהיו גורמים קבועים. חשוב שטמפרטורת הנוזל תהיה קבועה מכיוון שיש לה **גם** השפעה על מסיסות הגזים בנוזל ועל נפח הגז (השפעה פיסיקלית) ולכן היא משפיעה גם על שיטת המדידה.

⁶ מערכת הניסוי המתוארת אינה **מתאימה** לבדיקת ההשפעה של טמפרטורות שונות על קצב התהליכים שהוזכרו, אלא אם החשיפה לטמפרטורות אלה תתבצע **בטיפול מוקדם** ובניסוי האורגניזמים יהיו בטמפ' מתונה וזהה.

כבר בתחילת ביצוע הניסוי המקדים, לאחר הכנת המבחנות שבכל אחת היה ריכוז שונה של דטרגנט, התלמידים שמו לב שצבע הנוזל במבחנות שונה. המורה יזם דיון עם תלמידיו וביקש מהם למצוא שגיאות אפשריות ולהציע דרך לתקן אותן (חשיבה מטה קוגניטיבית). לאחר התייעצות הם הסבירו שאורך הגל ועוצמת האור שיגיעו אל העלים בכל המבחנות הם גורמים שצריכים להיות קבועים, אך הם לא היו קבועים בשל דרך השינוי של המשתנה הבלתי תלוי (ריכוז הדטרגנט) ולכן צפוי שהם ישפיעו בצורה שונה על כל טיפול. הפתרון שהוצע במהלך הדיון הוא לבצע **טיפול מוקדם**, השרייה של כל צמח בתמיסת דטרגנט שריכוזה שונה למשך פרק זמן קצר וקצוב (עוד לפני שנגרם נזק נראה לעין ברקמות הצמח), שטיפה במים של הצמחים שהושרו בתמיסות הדטרגנט, העברת כל אחד מהצמחים למבחנה עם תמיסת נתון ביקרבונט שריכוזה זהה בכל הטיפולים.

בדוגמה זו מוצג מקרה בו משתנה בלתי תלוי משפיע על גורם קבוע, והצעה לאפשרות תיקון השגיאה במערך הניסוי.

דוגמה VII: תלמידים תכננו ניסוי לבדיקת ההשפעה של עוצמת הרוח על קצב הדיות בעלים של גבעולי סלרי. שיטת המדידה הייתה שקילה של כל גבעול לפני תחילת הניסוי ושקילתו אחרי פרק זמן קבוע. מין הצמח שממנו נקטפו הגבעולים היה גורם קבוע בניסוי, שכן יתכנו הבדלים משמעותיים במבנה העלים כגון בכמות הפיוניות או בכיסוי הקוטיקולה על פני האפידרמיס וצפוי שאלה ישפיעו על קצב איבוד המים מהעלים. במקרה זה השמירה על הגורם הקבוע (מין הצמח הנבדק) היא לא על ידי פעולה שהתלמיד מבצע תוך כדי הניסוי, אלא הוא מחליט עליה ו"בוחר" את העלים המתאימים לפני הניסוי.

חשוב במיוחד שמצב המיום של עלי הצמח יהיה דומה ככל שאפשר בכל הטיפולים, שכן הוא משפיע ישירות על קצב הדיות. כאשר חל איבוד מים ברקמות הצמח ובכלל זה גם בתאי הסגירה של הפיוניות, קצב הדיות יורד. כדי שמצב המיום של העלים בהם משתמשים לניסוי יהיה דומה ככל האפשר חשוב לקטוף את כל הגבעולים כמה שעות לפני הניסוי ולשמור אותם בכלי עם מים בחדר המעבדה, כך שכל הגבעולים יחשפו לטמפרטורת אוויר ולעוצמת אור שווה.

הערה: בניסוי זה יש גורמים שחשוב היה לשמור אותם קבועים, אך **בפועל אי אפשר לשמור אותם קבועים**. לכל אחד מהטיפולים התלמיד בחר גבעולים ועלים שלהם גודל דומה. עם זאת, אין ספק שהמשקל ההתחלתי של הגבעולים ושטח פני העלים אינם זהים בכל הטיפולים. לשם כך חשוב מאד לעבד את תוצאות המדידה כמפורט בסעיפים א, ב.

א. חישוב אחוז איבוד המים:

כאמור, שיטת המדידה של המשתנה התלוי מבוססת על חישוב ההפרש בין המשקל ההתחלתי של הגבעולים לבין המשקל הסופי שלהם. במקרה כזה חשוב לחשב את **איבוד המים היחסי** בכל טיפול, גודל המבוטא באחוזים.

ב. חישוב קצב הדיות:

איבוד המים מהעלים חל ברובו דרך הפיוניות ומיעוטו - דרך האפידרמיס של העלים (בהנחה שדרך הגבעולים איבוד המים הוא זניח). לפיכך קצב הדיות יחושב כאחוז איבוד המים במשך זמן קבוע / יחידת שטח עלים . הנחיות לחישוב שטח עלים ראו ב: הירש, א., ורטהימר, ש., אוגדן ניסויים לביולוגיה, הובלה, ניסוי 3, עמ' 19 - 28, הוצאת המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

ג. קביעת הערך של גורמים קבועים והסבר מדוע נבחר ערך זה

כאמור, גורם קבוע רלוונטי לניסוי, הוא גורם המשפיע על המשתנה התלוי. כדי שהמשתנה הבלתי תלוי ישפיע בצורה משמעותית על המשתנה התלוי חשוב לבחור ערכים אופטימליים לגורמים הקבועים. בחירת ערך מתאים לגורמים הקבועים הרלוונטיים יכולה להתבסס על תנאי ביצוע של ניסויים דומים, על ידע מהספרות ועל תוצאות ניסוי מקדים.

בהתייחס **לדוגמה VII** (עמ' 8 - 9), חשוב לשמור **גם** על טמפרטורת אוויר קבועה שכן זו משפיעה באופן ישיר על קצב הדיות ולשמור **גם** על עוצמת אור קבועה המשפיעה על מידת פתיחת פיוניות ובעקיפין על קצב הדיות. ברוב הצמחים, בעוצמת אור גבוהה הפיוניות פתוחות ולכן יתכן שיהיה איבוד מים רב, הטורגור בתאי הצמח ובכלל זה גם בתאי הסגירה של הפיוניות ירד, הפיוניות יסגרו וקצב הדיות יהיה נמוך מאד. בעוצמת אור נמוכה, הפיוניות יהיו סגורות, יתכן שבכל הטיפולים ימדדו ערכים נמוכים, כך שלא יתקבל הבדל בין קצב הדיות בעוצמות רוח שונות. לכאורה, על פי תוצאות ניסוי מקדים שבו עוצמת האור הייתה נמוכה, היה צורך לדחות את ההשערה, אף כי יש לה בסיס ביולוגי. אבל חשוב לעצור לרגע ולעודד את התלמיד שיציע אלו שינויים כדאי לבצע בניסוי כדי לבדוק שוב אותה השערה. ואיך קובעים מהו הערך המתאים לעוצמת האור בניסוי זה? ... מבצעים ניסוי מקדים ובו משנים את הערך של הגורם הקבוע. בניסויים שבהם משך הזמן עד לסיום הניסוי הוא גורם קבוע, יתכן שערך זה אינו מתאים והוא הגורם לכך שהתוצאות המתקבלות אינן תואמות את ההשערה. לכן, לפני שמוותרים כדאי לבצע שוב את הניסוי ולקבוע משך זמן קצר יותר למדידת תוצאות הניסוי (גם שינוי טווח הערכים של המשתנה הבלתי תלוי יכול לפתור את הבעיה). לסיכום, הערך של הגורם הקבוע משפיע ישירות או בעקיפין על ערכי המשתנה התלוי.



ד2. גורמים שצריכים להיות קבועים במערך ניסוי אך למבצע הניסוי אין שליטה עליהם

דוגמה VIII: תלמידים תכננו ניסוי לבדיקת ההשפעה של ריכוז המלח NaCl במי השקיה של נבטי חיטה על קצב התפתחות הנבטים. את הנבטים הם גידלו בכלי ובתחילת הניסוי הכניסו נפח זהה של תמיסה לכל כלי (הכלים היו ללא ניקוז). תיאור של דרך גידול אפשרית של הנבטים ראו בקובץ "**הנבטה, שיטות והמלצות**" הערה בעמוד 3.

הניסוי נמשך ימים אחדים כדי לאפשר התפתחות משמעותית של נבטי החיטה. בתקופה זו חלו שינויים (במשך כל יממה ובין ימים שונים) בערכים של גורמים אביוטיים כגון טמפרטורת האוויר ועוצמת האור לה נחשפו הנבטים. במקרה של ניסויים ארוכי טווח, לא ניתן לשמור על חלק מהגורמים קבועים, ואפשר להסתפק בכך שהשינויים שיחולו בגורמים אלה יהיו **זהים** בכל הטיפולים. אפשר להניח שהשפעתם של גורמים אלה על כל קבוצות הנבטים הייתה זהה. במשך תקופת הניסוי חלו גם שינויים בכמה תהליכים, חלק מהשינויים זהים בכל הכלים ואחרים - אינם זהים. התאדות מים מהכלים היא זהה בכל הטיפולים לעומת זאת, קליטת המים והיונים דרך השורשים ואיבוד המים מהצמחים בדיות היו שונים בטיפולים השונים, שכן מידת ההתפתחות של השורשים והעלים (מספרם וגודלם) היה שונה. וכאן מתעוררת השאלה האם בפרקי זמן קצובים במהלך הניסוי יש להשקות בנפחים שווים או שונים של מים או תמיסת מלח? ראו דיון בשאלה זו בקובץ "**השקיה בניסויים ארוכי טווח**". חשוב מאד שהתלמידים יציגו בעבודתם את הקושי בשמירה על גורמים קבועים בניסוי וידונו בהשפעה אפשרית של מצב זה על תוצאות הניסוי.

ה2. קבועים וחזרות על ניסוי

על פי ההנחיות לביצוע ביוחקר התלמיד חייב לבצע חזרות על ניסוי שביצע או לכלול בניסוי פריטים רבים. בכל עבודה עם חומר חי יתכנו קשיים בכל הנוגע לשמירה על גורמים קבועים אשר נובעים מהזמן שחלף בין ביצוע אחד לאחר, כגון זן אחר של פרי שזמין במועד ביצוע חוזר של הניסוי והוא שונה מהזן ששווק במועד שבו בוצע הניסוי הראשון, מספר שעות האור ביום, טמפרטורת האוויר בה גודלו הנבטים. ראוי שהתלמידים בעבודתם יתייחסו לקשיים אלה, ויחליטו אם בהתחשב במגבלות הניסוי נכון לחשב ממוצע של התוצאות שהתקבלו.

3. קשיים בהבנת החשיבות של שמירה על גורמים קבועים

פרק זה כולל דוגמאות לשאלות בנושא גורמים קבועים בניסויים ותשובות מתאימות לכל שאלה וכן טבלה ובה ניתוח של תשובות שגויות כפי שלוקטו ממחברות נבחנים בבחינת בגרות מעשית בביולוגיה תשע"ז (2017).

3א. ניתוח שאלות בנושא גורמים קבועים

בסעיפים 1 - 5 מוצגות שאלות הנבדלות זו מזו בדרגת הקושי שלהן ותשובות אפשריות לכל שאלה.

א. שאלות בהן התלמיד נדרש לבחור גורם קבוע רלוונטי בניסוי שביצע (מבלי לנמק).

בניסוי שבבעיה 4 בחינת בגרות 5 יח"ל תשע"ה (2015) נבדקה השפעת טמפרטורות בהן שהו תיבות קולרבי (טיפול מוקדם) על מידת הפגיעה בקרומי התאים.

בשאלה 51 א נדרשו התלמידים לציין שני גורמים שנשמרו קבועים במהלך הניסוי.

תשובות אפשריות לשאלה:

I. משך זמן שהייה באמבט

II. מספר טיפות של $KMnO_4$

III. מספר תיבות

יש תלמידים המשיבים באופן חלקי ולא משמעותי, לדוגמה, במקום לציין זמן שהייה באמבט, משיבים זמן או טמפרטורה מבלי לציין לאיזה "זמן" או "טמפרטורה" הם מתייחסים. רוב התלמידים בוחרים גורם רלוונטי ומגדירים אותו כראוי. הציון הממוצע לשאלה זו בבחינה היה 90%.

ב. שאלות בהן התלמיד נדרש לבחור גורם קבוע ולהסביר את החשיבות של שמירתו כגורם קבוע.

בשאלה 51 ב, בניסוי שהוזכר בסעיף 1 לעיל נדרשו התלמידים לבחור את אחד מהגורמים שצינו ולהסביר מדוע חשוב לשמור אותו קבוע.

תשובות אפשריות לשאלה:

- I. משך זמן שהייה באמבט משפיע על מידת הפגיעה בקרומי התאים ובניסוי רצינו לבדוק את השפעת הטמפרטורה בה שהו התיבות על הפגיעה בקרומים (התייחסות להשפעת גורם קבוע על משתנה תלוי).
- II. בניסוי רצינו לבדוק את השפעת הטמפרטורה בה שהו התיבות על הפגיעה בקרומים. השפעה זו נמדדה על פי משך הזמן שנדרש עד להעלמות הצבע של תמיסת $KMnO_4$. אם מספר הטיפות של $KMnO_4$ שהוכנסו לתמיסה לא יהיה קבוע השוואה בין משך הזמן שיידרש להעלמות הצבע בטיפולים השונים תהיה חסרת משמעות (התייחסות להשפעת גורם קבוע על שיטת המדידה).
- III. מספר הטיפות משפיע על מספר התאים שקרומיהם נפגעו, ובניסוי רצינו לבדוק את השפעת הטמפרטורה בה שהו התיבות על הפגיעה בקרומים (התייחסות להשפעת גורם קבוע על משתנה תלוי).

תשובה מלאה צריכה לכלול שני מרכיבים:

- התייחסות לכך שהגורם הקבוע גם הוא משפיע על המשתנה התלוי
 - בניסוי נבדקה השפעת המשתנה הבלתי תלוי על המשתנה התלוי.
- ראוי להדגיש שאין די בניסוח כוללני, ובתשובה יש להתייחס ספציפית למרכיבי הניסוי. אף על פי ששאלות כאלה נכללו לא פעם בשאלוני בחינות, תלמידים רבים משיבים תשובות חלקיות או כוללניות ואלה מרמזות על כך שהם משננים דפוס של תשובה שמתאים לכאורה לכל שאלה בעניין הסבר חשיבות שמירה על גורם קבוע.

הציון הממוצע לשאלה זו בבחינה בתשע"ה היה 52%.

בשנים האחרונות השתנה הניסוח של שאלות כאלה, כך שהדרישה להתייחסות לגורם ספציפי היא מפורשת יותר.

לדוגמה, בחר **באחד** מן הגורמים שציינת, והסבר מדוע חשוב לשמור **דווקא אותו** קבוע בניסוי שערכת. על פי תוצאות בחינות בחרות נראה שהניסוח המפורש של השאלות לא סייע לתלמידים להבין את הדרישה בשאלות ובהתאם לכך גם לא שיפר את הישגיהם.

ג. שאלות בהן התלמיד נדרש להסביר מדוע חשוב לשמור קבוע גורם מסוים המשפיע בעקיפין על אחד

ממרכיבי הניסוי

בניסוי **שבבעיה 1 בבחינת בגרות תשע"ז (2017)** בשאלה 4 הייתה טבלה ובה רשימה של מרכיבי ניסוי אותם התלמיד היה צריך לזהות ולמייין. רוב התלמידים זיהו בהצלחה שגודל הדסקיות הוא גורם קבוע בניסוי.

בשאלה 5 ב נדרשו התלמידים לבחור בגורם קבוע (זה שהוזכר בטבלה או גורם אחר) ולהסביר מדוע חשוב לשמור **דווקא אותו** קבוע בניסוי. כצפוי תלמידים רבים בחרו להסביר את החשיבות של שמירה על גודל דסקיות קבוע.

תשובות אפשריות:

I. גודל הדסקיות קובע את היחס בין שטח הפנים לנפח ולכן הוא משפיע על קצב קליטת סוכר מהתמיסה לדסקיות, וזה משפיע על קצב התסיסה. בניסוי נבדקה השפעה של ריכוז הסוכרוז על קצב התסיסה.

II. גודל הדסקיות קובע את היחס בין שטח הפנים לנפח ולכן הוא משפיע על קצב פליטת פחמן דו חמצני לתמיסה וזה משפיע על מספר הדסקיות שצפות / על קצב התסיסה. בניסוי נבדקה השפעה של ריכוז הסוכרוז על קצב התסיסה.

בשאלות מסוג זה, כשנדרש הסבר חשיבות השמירה על גורם קבוע אשר משפיע בעקיפין על אחד ממרכיבי הניסוי, התשובה צריכה לכלול הסבר ביולוגי משמעותי, וכן את ההתייחסות למה שנבדק בניסוי (כפי שהוסבר בסעיף 2 לעיל).

הציון הממוצע לפריט זה בבחינת הבגרות היה 54%.

דוגמאות נוספות לגורם קבוע המשפיע בעקיפין על אחד ממרכיבי הניסוי ראו בסעיפים 1 ו-2 ג.

ד. שאלות בהן נדרש התלמיד להסביר מדוע חשוב לשמור על נפח סופי כגורם קבוע

בניסוי שבבעיה 1 בבחינת בגרות במעבדה 5 יח"ל תשע"ד (2014) נבדקה השפעת ריכוז תסנין תפוח אדמה על קצב פעילות האנזים המזרח ייצור עמילן. כל הטיפולים בניסוי בוצעו בלוח שקעים. בשאלה 8 א הדרישה הייתה לציין כיצד נשמר בכל אחד מהשקעים נפח קבוע ובסעיף 8 ב נדרש הסבר החשיבות של שמירה על **נפח סופי קבוע** בכל טיפול במערך הניסוי. על פי ההוראות בשאלון, התלמידים בצעו את הפעולות שנדרשו על מנת שהנפח הסופי יהיה קבוע (השלמת נפח על ידי הוספת נפח מתאים של מים) ובכל זאת התקשו להסביר את חשיבות העניין. בניסוי זה יש יותר מהסבר אחד אפשרי לחשיבות שמירה על נפח סופי קבוע, וכל אחד מההסברים הוא מורכב יחסית.

תשובות אפשריות:

- I. בניסוי, בודקים את השפעת ריכוז האנזים שבתסנין על קצב ייצור עמילן. הריכוז **ההתחלתי** של הסובסטרט (גלוקוז פוספט) אף הוא משפיע על קצב יצירת עמילן, ולכן חשוב שהוא יהיה גורם קבוע בניסוי. כאשר מוסיפים נפח זהה של גלוקוז פוספט לכל שקע ונפח שונה של תסנין, ולא מוסיפים מים לקבלת נפח סופי קבוע, ריכוז גלוקוז פוספט יהיה שונה מטיפול לטיפול.
- II. חשיבות השמירה על נפח סופי קבוע קשורה גם לשיטת המדידה בניסוי. בניסוי, ריכוז העמילן שנוצר בתהליך נבדק על פי עוצמת הצבע שבכל שקע לאחר פרק זמן קבוע. אם הנפח הסופי בכל שקע לא היה קבוע, לא הייתה משמעות להשוואת עוצמת הצבע בטיפולים השונים.

שאלות העוסקות בגורם קבוע בניסוי אך בגוף השאלה אין אזכור למושג "גורם קבוע"

בניסוי שבבעיה 2 בחינת בגרות 5 יח"ל תשע"ה (2015) נבדקה השפעה של ריכוז מיצוי מזרעי סויה על קצב פעילות האנזים אוראז שבמיצוי. מידע נוסף על הניסוי ראו בדוגמה IV עמ' 6. שאלות 17 ו-22 ב שבשאלון התייחסו לגורם קבוע. על פי ההנחיות בטופס הבחינה התלמיד הכניס למבחנות את כל מרכיבי הניסוי **מלבד האוראה**, כך שתהליך הפירוק עדיין לא התחיל. לאחר שלב זה שובצה שאלה.

שאלה 17: צבע התמיסות במבחנה א – ד הוא זהה. מה אפשר ללמוד מעובדה זו?

תשובות אפשריות:

- I. שינוי בריכוז המיצוי לא משפיע על דרגת pH **ההתחלתית**.
 - II. דרגת ה-pH **ההתחלתית** בכל הטיפולים היא זהה.
- כלומר, בשלב זה ברור שדרגת ה-pH ההתחלתית היא גורם קבוע בניסוי אשר ישפיע באופן זהה על כל תהליכי הפירוק שיתרחשו במבחנות. לאחר שהתלמיד הוסיף אוראה למבחנות והתקבלו התוצאות שובצה שאלה נוספת (22א, 22ב). בשאלה 22 א התלמיד הסביר שהאוראז מזרח את פירוק האוראה וככל שריכוזו גדול יותר קצב הפירוק גדל (הסבר תוצאות ניסוי).

שאלה 22 ב: הסבר כיצד תשובתך על שאלה 17 מסייעת לביסוס ההסבר שהצעת בסעיף א.

תשובה אפשרית:

בכל הטיפולים דרגת ה-pH ההתחלתית זהה ומשפיעה במידה שווה על קצב התהליך. מכאן שריכוז האוראז הוא זו שהשפיע על קצב פעילות האנזים.

לסיכום, בשאלות 17 ו-22 נדרשה התייחסות לגורם קבוע **מבלי** שהמושג הוזכר בשאלות.

יתכן שהמורכבות בניסוי זה נובעת גם מכך ש**דרגת ה-pH ההתחלתית** היא גורם קבוע, ואילו דרגת pH היא דרך המדידה של המשתנה התלוי. יתכן שהשינויים שחלו בדרגת ה-pH בטיפולים השונים, השפיעו גם הם על קצב פעילות האנזים אוראז. בהתבסס על התוצאות סביר שהשפעת ריכוז האנזים על קצב התהליך הייתה משמעותית יותר.

דוגמאות לשאלות העוסקות בגורם קבוע בניסוי אך בגוף השאלה אין אזכור למושג "גורם קבוע":
(שאלות א-ג מתייחסות לניסויים שבוצעו בבחינת בגרות תשע"ז בעיות 1-3, שאלה ד מתייחסת לבעיה 1 תשע"ז)

- א. האם צפוי שתאריך התפוגה של השמרים ישפיע על קצב התסיסה? הסבירו תשובתכם.
- ב. האם צפוי שתוצאות הניסוי שביצעת יהיו זהות לאלה שיתקבלו בניסוי דומה בו כל המבחנות יושמו באמבט בו טמפרטורת המים היא 5°C ? הסבירו תשובתכם והתייחסו לכל אחת ממבחנות הניסוי.
- ג. במהלך ביצוע הניסוי אחת המבחנות שבה השתמש התלמיד נסדקה. התלמיד העביר את תכולת המבחנה לכוס כימית שהייתה על שולחנו וכיסה את הכוס. האם לדעתכם פעולה זו עלולה להשפיע על תוצאות הניסוי? הסבירו.
- ד. באחת החזרות על הניסוי, תלמידים ספרו את מספר הדסקיות שצפו לאחר 20 דקות (ולא לאחר 10 דקות). על פי תוצאות הספירה לאחר 20 דקות, **לא** נמצאה השפעה של ריכוז הסוכר על קצב התסיסה. הסבירו מדוע.

3.ב. דוגמאות לתשובות חלקיות או שגויות של תלמידים בבחינת בגרות תשע"ז

בבעיות 1 - 3 המשתנה התלוי בניסוי היה קצב תסיסה ובבעיות 4 – 6 המשתנה התלוי היה קצב פעילות אנזים. בכל הבעיות בבחינה הייתה שאלה זהה: במערך הניסוי נשמרו כמה גורמים קבועים. בחר באחד מהם והסבר מדוע חשוב לשמור דווקא אותו קבוע במערך הניסוי.

תשובה	מאפיין / מה שגוי או חסר בתשובה
על מנת להוכיח שהמשתנה הבלתי תלוי הוא הגורם היחיד שמשפיע על תוצאות הניסוי יש לשמור על כל שאר הגורמים המשפיעים על פעילות האנזים קבועים.	תשובה שאינה מסבירה באופן ספציפי שהגורם הקבוע גם הוא משפיע, חלקה הראשון של התשובה יכול להתאים גם כתשובה חלקית לשאלה בנושא בקרה
חשוב לשמור על קבוע כדי להראות שהמשתנה הבלתי תלוי הוא זה שהשפיע על המשתנה התלוי ולא גורמים אחרים	מציין את הגורם הקבוע, אך אינו מסביר את השפעתו, (אותה תשובה רשם גם בשאלה על חשיבות הבקרה)
- אם הטמפ' לא הייתה קבועה היא הייתה גורמת לדנטורציה - האנזים מפרק את הדו סוכר וחשוב שהטמפ' תהיה אופטימלית	התייחסות לערך הגורם הקבוע ולא מסביר את חשיבות השמירה על הגורם הקבוע
- טמפרטורה, כי היא יכולה לשנות את התוצאות	אין התייחסות לתהליך המושפע מהטמפ'. אין הבחנה בין הגורם הקבוע לבין המשתנה הבלתי תלוי, שניהם יכולים להשפיע על התוצאות
כדי שלא יהיו כמה משתנים בלתי תלויים	תשובה סכמטית מבוססת על הגדרה של המושג בידוד משתנים.
אם הטמפרטורה קבועה היא איננה משפיעה על קצב התהליך	שגיאה: הגורם בהיותו קבוע אינו משפיע על קצב התהליך
על מנת לקבל תוצאות מדויקות עלינו לבודד כל גורם אחר שיכול להשפיע על תוצאות הניסוי	מבוסס על הגדרת בידוד משתנים. שגיאה: אין קשר בין גורם קבוע לבין תוצאות מדויקות
- שמירה על גורם קבוע מגדילה את המהימנות - כי חשוב לשמור על גורמים קבועים - כי זאת בקרה לניסוי	תשובות שגויות: אי הבנה של ההבדל בין גורמים קבועים לבין בקרה ושל המושג מהימנות

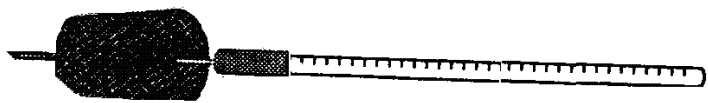
לסיכום, חשוב מאד שבניסוי, מלבד המשתנה הבלתי תלוי, כל שאר הגורמים יישארו קבועים. הודות לכך לאחר ביצוע הניסוי ניתן יהיה לקבוע שיש קשר סיבתי בין המשתנה הבלתי תלוי לבין המשתנה התלוי ולניסוי יהיה תוקף.

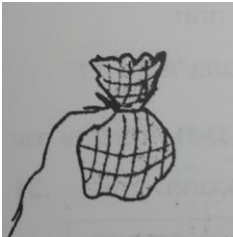
ולסיום, משפט מסכם וחשוב עם קורטוב הומור:
"אם את רוצה לדעת, לדוגמה, האם תגובה כימית מסוימת תלויה בנוכחותו של חמצן, את עורכת את הניסוי עם... ובלי... את כל שאר הדברים את משאירה בעינם, עד דרגת הקירוב הכי גבוהה שבגדר האפשר: אותו חום, אותו אור...ורק למען הזהירות גם אותם גרביים לבנים ואותם כפכפי קרוקס."

מתוך "הקנון המדעי" מאת נטלי אנג'יר (הוצאת אחוזת בית 2009).

ראו נספח בעמודים 18 – 20

נספח (פרטים על ניסויים בדוגמאות I, II, III)

דוגמה I	
<p>בבחינת בגרות 5 יח"ל תשע"ד (2014) בעיה 4 נבדקה השפעת ריכוז פחמן דו חמצני על קצב פוטוסינתזה בעלים של הצמח יהודי נודד.</p>  <p>איור 1: מערכת הניסוי (פקק גומי + מחט נעוצה בפקק + צינור לטקס קצר + פיפטה) התלמיד הכניס תמיסה מימית של נתרן ביקרבונט עד שכל מבחנה הייתה מלאה לגמרי. הוא פקק היטב את המבחנה כך שמעט מהתמיסה עבר אל הפיפטה. התלמיד סימן על הפיפטה את מקומו ההתחלתי של קו הנוזל. בנוכחות פחמן דו חמצני מתקיים בעלים תהליך פוטוסינתזה ונוצר חמצן. כאשר כמות החמצן היא מעבר לגבול המסיסות, בועות החמצן גורמות לדחיקת התמיסה שבמבחנה אל הפיפטה המחוברת לה. נפח החמצן שנפלט נמצא ביחס ישר להפרש בס"מ בין הסימון בפיפטה שבוע בוסף הניסוי לבין הסימון מתחילת הניסוי.</p>	<p>תקציר מידע על הניסוי ותיאור שיטת מדידה</p>
<p>ריכוז פחמן דו חמצני (דרך השינוי: הכנת תמיסות נתרן ביקרבונט בריכוזים שונים)</p>	<p>מ.ב.ת.</p>
<p>קצב הפוטוסינתזה</p> <p>הערה: כל העת מתקיימת בתאי הצמח נשימה ונוצר חמצן. בעוצמות אור גבוהות קצב פליטת החמצן בפוטוסינתזה גבוה מקצב קליטתו בנשימה. לפיכך הערך שנמדד באמצעות תזוזת הבועה בפיפטה הוא ההפרש בין פליטת החמצן (בפוטוסינתזה) וקליטתו (בנשימה).</p>	<p>מ.ת.</p>
<p>לדוגמה: נפח תמיסת ביקרבונט, סוג הצמח, מספר זהה של עלים, גודל העלים, מרחק זהה של כל אחת ממבחנות הניסוי ממקור האור, עוצמת אור המגיעה על העלים</p>	<p>גורמים קבועים</p>

דוגמה II	
<p>תקציר מידע על הניסוי ותיאור שיטת מדידה</p> <p>בבחינת בגרות 5 יח"ל בעיה 5 תשס"ד (2004) נבדקה השפעה של השרייה בתמיסות דטרגנט בריכוזים שונים על קצב נשימת שורשוני לוביה.. התלמיד השרה שורשוני של נבטי לוביה בתמיסות דטרגנט בריכוזים שונים (טיפול מוקדם). לאחר ההשרייה התלמיד העביר את השורשוני מכל טיפול לפיסת גזה, קיפל את הגזה ויצר ממנה שקית (ראו איור).</p>  <p>התלמיד הכניס כל שקית לחלק העליון של מבחנה שהכילה נפח קבוע של מים וטיפה אחת של האינדיקטור פנול אדום. לאחר פרק זמן קבוע התלמיד הוציא את השקית מהמבחנה, טיפף בהדרגה טיפה אחר טיפה של בסיס הנתרן וספר את מספר הטיפות שהוסיף עד שצבע הנוזל בתמיסה היה זהה לצבע הנוזל במבחנה שהיו בה <u>רק</u> מים ופנול אדום.</p>	
מ.ב.ת.	ריכוז תמיסת הדטרגנט בה הושרו השורשוני
מ.ת.	קצב נשימת שורשוני לוביה
גורמים קבועים	כמות השורשוני בכל מבחנה, זמן ההשרייה של השורשוני בתמיסת דטרגנט, טמפרטורה שבה נמצאה כל מבחנה עם שקית ובה השורשוני, זמן ההייה של כל אחת מהשקיות בתוך המבחנה, דרגת pH של המים במבחנות הניסוי, נפח וריכוז תמיסת פנול אדום, ריכוז תמיסת בסיס הנתרן ששימשה לטיטרציה.

20 /.....

דוגמה III	
<p>תקציר מידע על הניסוי ותיאור שיטת המדידה</p> <p>בבחינת בגרות במעבדה, בעיה 4 תשע"ז (2017) תלמיד ביצע ניסוי ובדק את ההשפעה של ריכוז פוספטאז ממיצוי בננה בשלה על קצב פעילות האנזים. פוספטאז הוא אנזים המצוי בתאי פרי בננה ומזרז פירוק של תרכובות אורגניות המכילות פוספט. בניסוי, התרכובת פנול פתלאין פוספט שאינה מצויה באופן טבעי בתאים היא הסובסטרט של האנזים ותוצר התהליך הוא פנול פתלאין. לכל אחת ממבחנות הניסוי התלמיד הוסיף נפח קבוע של פנול פתלאין פוספט, נפחים שונים של מיצוי ונפחים שונים של מים כך שהנפח הסופי בכל מבחנה היה זהה. לאחר 10 דקות שהושהו כל מבחנות הטיפולים באמבט מים, הוסיפו לכל אחת מהן 2 טיפות בסיס. הבסיס הגיב עם תמיסת פנול פתלאין והתקבל בכל טיפול צבע שונה. הצבע שהתקבל "תורגם" לריכוז התוצר (ביחידות יחסיות) על פי סולם צבעים.</p>	
<p>מ.ב.ת.</p> <p>ריכוז פוספטאז (דרך השינוי: נפחים שונים של מיצוי בננה בשלה שהוספו לנפח מים כך שהנפח הסופי היה קבוע)</p>	
<p>מ.ת.</p> <p>קצב היווצרות פנול פתלאין / קצב פירוק פנול פתלאין פוספט</p>	
<p>גורמים קבועים</p> <p>מקור המיצוי, טמפרטורת המים באמבט שבו נשמרו המבחנות, משך הזמן בו הושהו כל מבחנות הניסוי באמבט מים, נפח וריכוז פנול פתלאין פוספט, ריכוז הבסיס (שהוסף בסיום התהליך), נפח סופי במבחנות</p>	