

מסע בשיטות החקר המדעי

ד"ר מירי דרסלר



הקדמה

מדע הוא הדרך של בני האדם להבין את העולם, לשפר את החיים, ולדמיין עתיד טוב יותר.

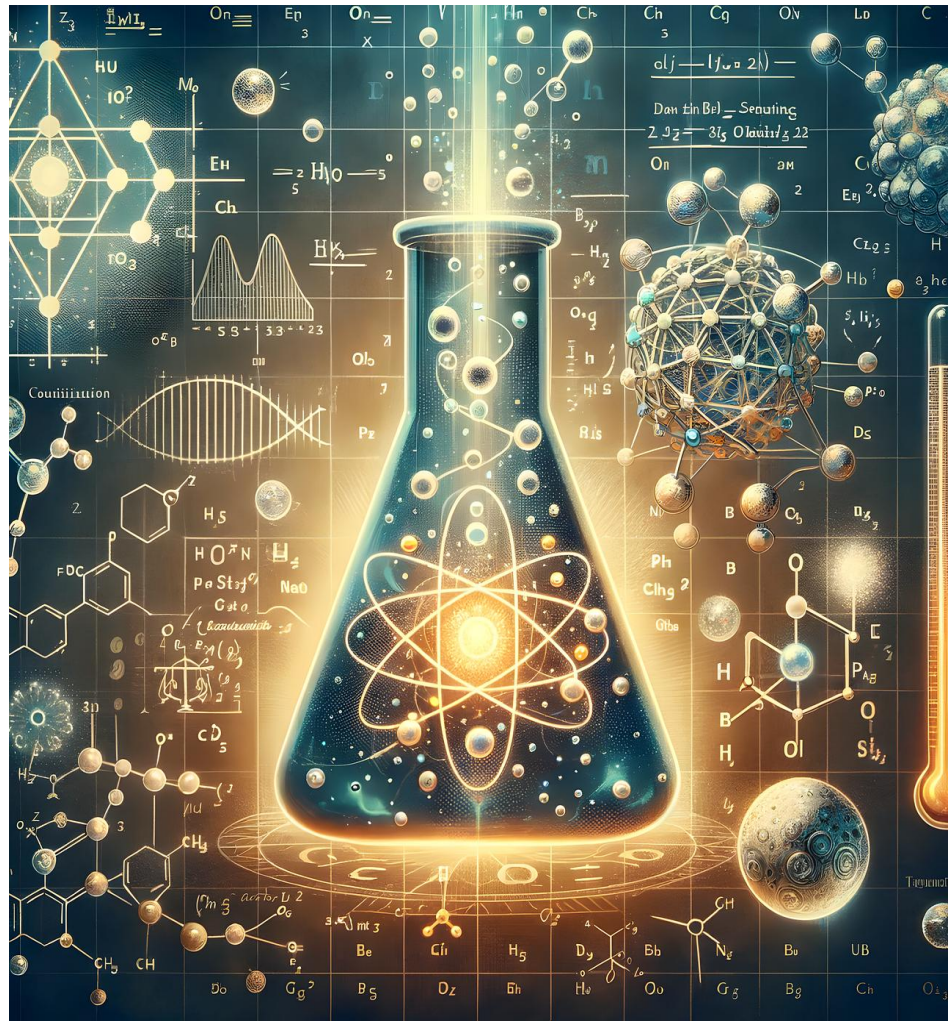
כל גילוי קטן - תרופה, המצאה, או רעיון - הוא עוד צעד במסע שבו האנושות לומדת, מתפתחת ומגלה את כוחה ליצור שינוי.

באמצעות שאלות, ניסויים וחשיבה ביקורתית, המדע מאפשר לנו לחשוף את הסודות של הטבע ולהפוך ידע לכוח יוצר.

וככל שאנו ממשיכים לחקור באמצעות השיטות המדעיות, אנו מגלים שהסקרנות האנושית היא המנוע שמוביל אותנו קדימה אל עולם בטוח, חכם ומלא אפשרויות.

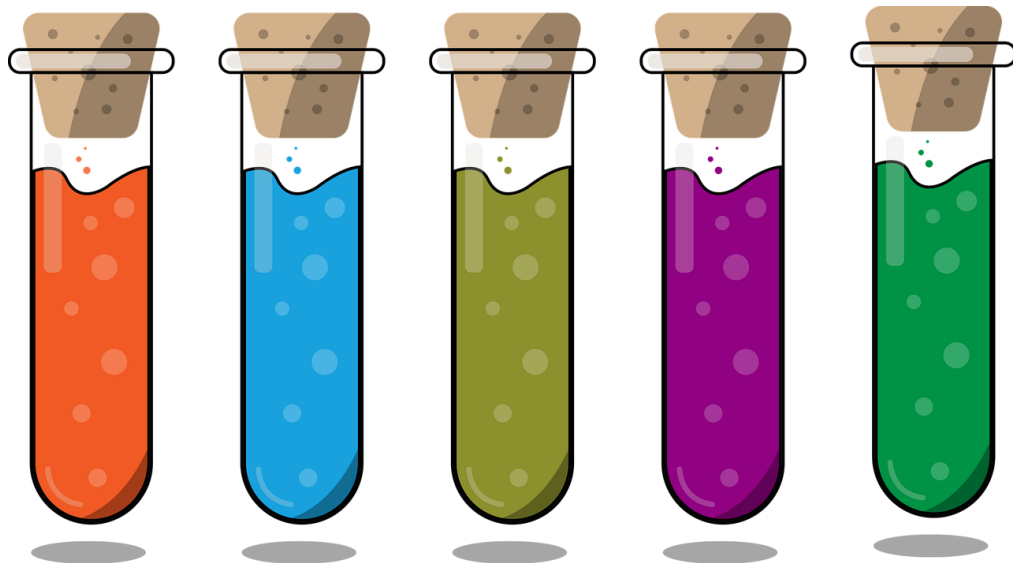
שיטות בחקר המדעי

- השיטה הניסויית
- השיטה התצפיתית
- השיטה ההשוואתית
- השיטה המתמטית – ממחושבת
- שיטת חקר הנתונים
- השיטה התיאורטית



השיטה הניסויית

מבוססת על ניסוי מבוקר שבו החוקר משנה משתנה אחד (המשתנה הבלתי-תלוי) ובודק את השפעתו על משתנה אחר (המשתנה התלוי).
דוגמה: בדיקת השפעת הטמפרטורה על כמות המלח שמתמוססת במים.



המטרה של השיטה הניסויית?

השיטה הניסויית נועדה לברר האם משתנה אחד משפיע על משתנה אחר, וכיצד.
כדי לעשות זאת, המדען:

- משנה רק משתנה אחד (המשתנה הבלתי-תלוי)
- מודד את ההשפעה על משתנה אחר (המשתנה התלוי)
- שומר את כל שאר התנאים קבועים (משתנים מבוקרים)

כך ניתן לקבוע אם יש סיבה ותוצאה, ולא רק קשר מקרי.

דוגמאות לשאלות חקר בשיטה הניסויית

- מהי השפעת עוצמת האור על קצב הצמיחה של שתילי החיטה?
- כיצד עובי תיל המתכת משפיע על עצמת הזרם החשמלי?
- כיצד טמפרטורת הסביבה משפיעה על קצב גדילה של נבטי שעועית?
- מהי השפעת כמות מים על גובה הצמח לאחר שבועיים?
- כיצד סוג הדשן משפיע על מספר הפרחים בצמחי גרניום?



השיטה התצפיתית

תצפית מדעית היא אחד הכלים הבסיסיים ביותר במחקר.

סוגי תצפיות

תצפית ישירה: התבוננות בתופעה בעיניים, ללא אמצעי תיווך.

משתמשים בה כאשר התופעה גלויה וברורה ואפשר לצפות בה ללא אמצעים.

תצפית עקיפה: התבוננות בתופעה בעזרת כלים (כגון: כלי מדידה, חיישנים)

משתמשים בה כאשר אי אפשר לראות את התופעה באופן ישיר.

תצפית משתתפת: חוקר שמצטרף לקבוצת בעלי חיים כדי להבין את

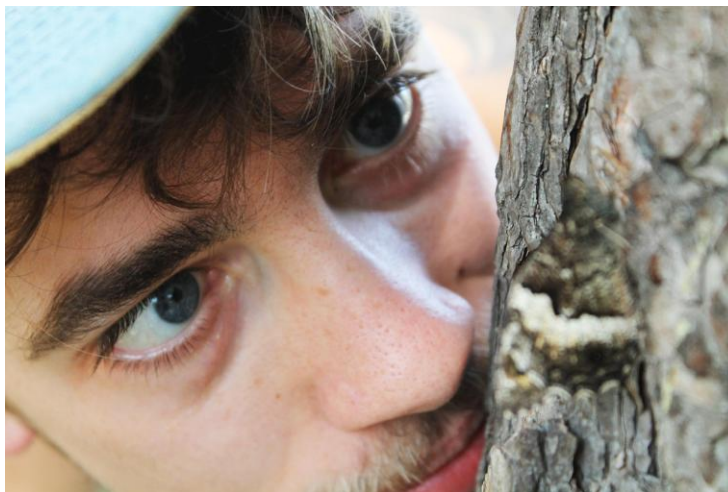
התנהגותם. עצם ההשתתפות מסייעת להבין את התופעה או לאסוף נתונים.

תפקידי התצפית בחקר המדעי

- תצפית מאפשרת לחוקרים לראות מה באמת קורה בטבע, במעבדה או בשטח בלי הנחות מוקדמות. זה הבסיס לכל מחקר.
- כאשר מתבוננים בתופעה שוב ושוב, מתחילים לזהות חזרות, קשרים וסדר. מכאן מתפתחים רעיונות על חוקים או עקרונות.
- התצפית מעוררת שאלות: למה זה קורה? מה משפיע על מה? מכאן נולדות השערות שניתן לבדוק בניסוי.
- יש תופעות שמשתנות לאט או במהירות. תצפית מאפשרת לעקוב אחריהן ולבנות תמונה של התהליך.
- גם בזמן הניסוי עצמו מבצעים תצפיות – רושמים מה קורה, מודדים, מתעדים שינויים.

דוגמאות לשאלות חקר בשיטה התצפיתית

- כיצד התנהגות ציפורים משתנה לאורך היום (בוקר מול ערב)?
- האם יש קשר בין סוג הקרקע לבין כמות הצמחים שגדלים בה באופן טבעי?
- כיצד קבוצות דגים מתארגנות במים רדודים לעומת מים עמוקים?
- מהו הקשר בין טמפרטורת הסביבה לבין פעילות חרקים בשעות השונות?
- אילו סוגי חרקים מופיעים סביב פרחי חמנייה בעונות שונות?



השיטה ההשוואתית

השוואה בין קבוצות או תופעות שונות כדי לזהות דמיון ושוני.



המטרה של השיטה ההשוואתית במדע

לזהות קשרים, דפוסים והבדלים בין תופעות ללא התערבות או שינוי תנאים.
בשיטה ההשוואתית החוקר לא משנה משתנים כמו בניסוי, אלא משווה בין תופעות כפי שהן מתרחשות בטבע או במצבים שונים.

המטרה היא להבין:

- במה שתי קבוצות/תופעות דומות

- במה הן שונות

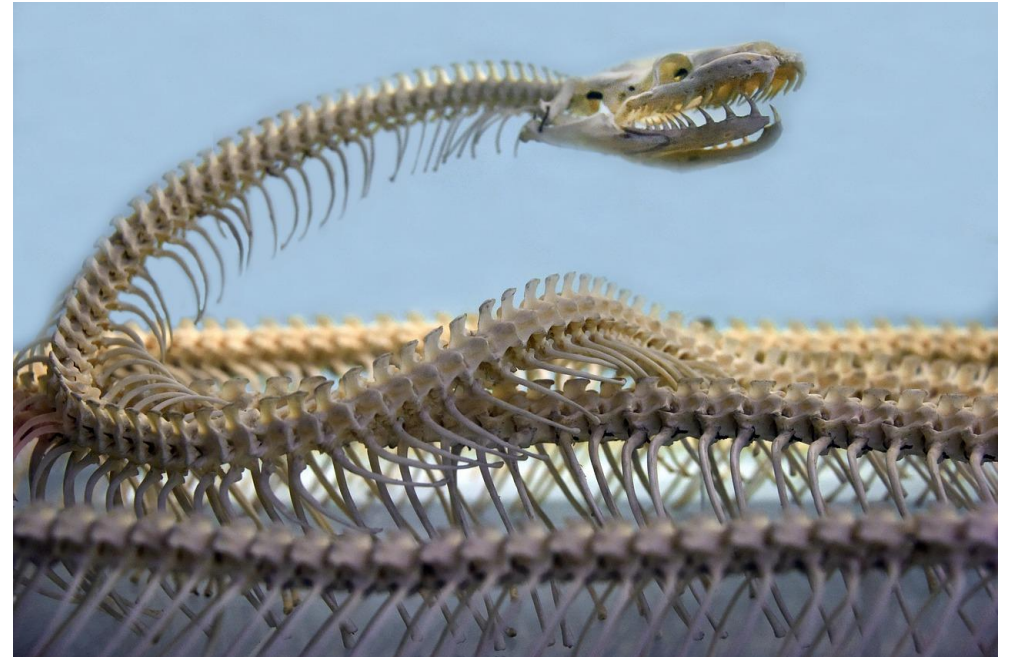
- אילו גורמים עשויים להסביר את ההבדלים

השיטה מאפשרת לראות איך משתנים מתנהגים בעולם האמיתי, בלי שליטה מלאכותית.

דוגמה: אם רוצים להבין למה צמחים באזור מוצל גדלים אחרת מצמחים באזור מואר:
משווים בין שתי קבוצות הצמחים כפי שהן, בלי לשנות את כמות האור בעצמנו.

דוגמאות לשאלות חקר בשיטה ההשוואתית

- מה ההבדלים והדמיון בין מבנה העלים בצמחים מדבריים לעומת צמחים טרופיים?
- כיצד מערכות הנשימה שונות בין דגים לבין יונקים?
- מהו הדמיון והשוני בין מבנה השלד של זוחלים לבין יונקים?



השיטה הממוחשבת (סימולציות)

שימוש במודלים מתמטיים או סימולציות ממוחשבות כדי לחקור מציאות מורכבת שאי אפשר בשום פנים ואופן לבדוק באמצעות ניסוי (עלות כלכלית, מצבי סיכון).
הסימולציות משמשות למגוון מטרות:



- חקר תהליכים במציאות מורכבת (למשל, מזג אוויר, שינוי אקלים)
- בדיקת תיאוריות בתנאים שונים לפני יישומן בעולם האמיתי.
- חיזוי תופעות (מגפות, התנגשויות עם אסטרואידים).

יתרונות

- חיסכון במשאבים: חוסך זמן, כסף וסיכון (לא צריך להרוס מטוס כדי לבדוק כנף).
- גמישות: אפשר לשנות תנאים בקלות (למשל, טמפרטורה, לחץ).
- יכולת לחקור את הבלתי נראה: חקר רמות אטומיות או מרחקים עצומים.

דוגמאות לשאלות חקר בשיטה הממוחשבת

- כיצד שינויי טמפרטורה משפיעים על דפוסי זרימת אוויר באטמוספירה בסימולציה אקלימית?
- כיצד זרימת דם משתנה במערכת כלי דם כאשר יש חסימה חלקית?
- מה יקרה לדגים באגם אם נשנה את ריכוז החמצן או את רמת הזיהום?

שאלות חקר בגישה הממוחשבת (סימולציות) שואלות: "מה יקרה אם נשנה משתנים?" ומנסות להבין את הדינמיקה של מערכות מורכבות דרך מודלים מתמטיים והרצה ממוחשבת.

סימולציה: מקימים טורבינות רוח



סימולציה: צבע לסככה בגינת המשחקים

✕
☀

צל, צבע וטמפרטורה

במבט
אקוון

אוניברסיטת תל אביב
TEL AVIV UNIVERSITY

גרף
טבלה

השפעת הסככה על הטמפרטורה הנמדדת מתחתיה (°C)

זמן (שעות)	סככה ללא	35°C	35°C
0	35°C	35°C	35°C
0.5			
1			
1.5			
2			
2.5			

↺
▶

ללא

סככה:

שיטת חקר הנתונים

שיטת חקר הנתונים היא אחת השיטות החשובות במדע המודרני, במיוחד כשעובדים עם כמויות גדולות של מידע.

המטרה המרכזית היא למצוא דפוסים שחוזרים על עצמם בתוך הנתונים: עלייה, ירידה, מחזוריות, קשרים בין משתנים ועוד. זה מאפשר להבין מה באמת קורה בתופעה הנחקרת.

פעולות

- אוספים נתונים מתצפיות, ניסויים או מאגרי מידע.
- מעבדים אותם באמצעות מתמטיקה, סטטיסטיקה ונוסחאות.
- מזהים דפוסים, קשרים ומסקנות שמסייעות להבין תופעות טבעיות או חברתיות.

דוגמאות של שימוש בחקר נתונים

- **חקר הגנום האנושי:** שבו מיליארדי נתונים גנטיים נותחו כדי לזהות קשרים בין גנים למחלות.
- **מעקב אחר זיהום אוויר:** ניתוח נתוני חיישנים בזמן אמת בערים רבות בעולם.
- **חקר מערכות אקולוגיות:** שימוש בביג דאטה כדי להבין את השפעת האדם על מגוון ביולוגי.
- **טלסקופ החלל ג'יימס ווב:** מייצר כמויות עצומות של נתונים על גלקסיות וכוכבים רחוקים, שנחקרים באמצעות אלגוריתמים מתקדמים. ניתוח נתוני לוויינים כדי לזהות תנודות זעירות באור הכוכבים.
- **זיהוי כוכבי לכת חדשים:** שימוש בביג דאטה מטלסקופים כדי לזהות כוכבי לכת חדשים מחוץ למערכת השמש ולנתח את תנאי האטמוספירה שלהם.
- **שינוי אקלים:** עיבוד נתוני לוויינים ומודלים אקלימיים כדי לחזות עלייה בטמפרטורות, גובה פני הים ותדירות סופות.

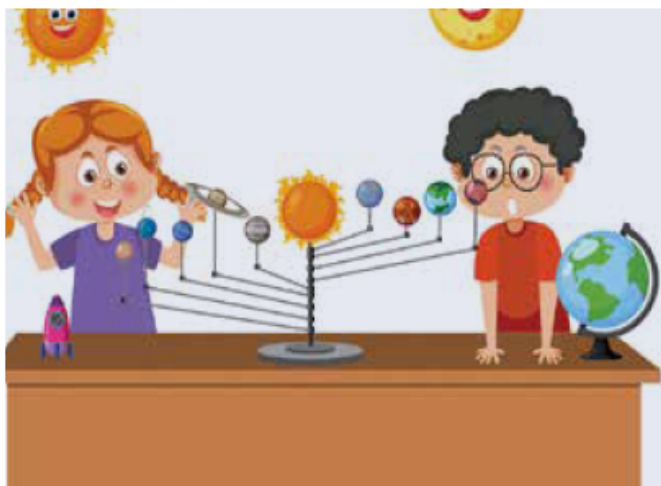
דוגמאות לשאלות חקר בשיטת חקר נתונים

- האם יש קשר בין הרגלי תזונה לבין שכיחות מחלות לב בקרב אוכלוסיות שונות?
- אילו גורמים משפיעים על הצלחת טיפולים תרופתיים לפי נתוני מטופלים?
- האם יש קשר בין זיהום אוויר לבין שיעור מחלות נשימה באזורים שונים?
- כיצד משתנה טמפרטורת פני הים לאורך עשורים לפי נתוני לוויין?

שאלות חקר בשיטה של חקר נתונים תמיד מתמקדות בקשרים, דפוסים והשוואות מתוך מאגרי מידע גדולים.

דוגמה לשיטת חקר נתונים

נפלאות המדע והטכנולוגיה כיתה ה



משימה: שאלות חקר על מערכת השמש

מטרה: להשיב על שאלות חקר באמצעות נתונים.

הנחיות

לפניכם שתי שאלות חקר על אודות מערכת השמש.

א. מהו הקשר בין המרחק של כוכב הלכת מהשמש לבין הטמפרטורה הממוצעת שלו?

ב. מהו הקשר בין המרחק של כוכב הלכת מהשמש לבין זמן ההקפה שלו את השמש?



איסוף נתונים וארגונים בטבלה

1. סרטטו טבלה לארגון נתונים (ראו דוגמה).

שם כוכב הלכת	המרחק שלו מהשמש	הטמפרטורה הממוצעת	זמן ההקפה של השמש

2. הוציאו מתוך המידעונים של כוכבי הלכת (עמודים 178-179) נתונים על אודות המרחק של כמה כוכבי לכת מהשמש, על אודות הטמפרטורה הממוצעת השוררת בהם ועל אודות זמן ההקפה שלהם את השמש. רשמו את הנתונים בטבלה.

הסקת מסקנות

3. בדקו: מה קורה לטמפרטורה הממוצעת של כל כוכב לכת ככל שמתרחקים מהשמש?
4. בדקו : מה קורה לזמן ההקפה של כוכב הלכת את השמש ככל שמתרחקים מהשמש?
5. העתיקו את שני המשפטים למחברת והשלימו את המילים החסרות.
 - א. ככל שמתרחקים מהשמש הטמפרטורה הממוצעת בכוכב הלכת _____.
 - ב. ככל שמתרחקים מהשמש זמן ההקפה של כוכב הלכת את השמש _____.
6. מהו ההסבר המדעי לשתי המסקנות האלה? על מה מבוסס ההסבר שלכם?

מדע אזרחי כדוגמה לשיטה המדעית חקר נתונים

מדע אזרחי הוא תחום שבו אנשים מהציבור משתתפים באיסוף נתונים ובחקר מדעי, לרוב בעזרת טכנולוגיה פשוטה או אפליקציות. זה מאפשר למדענים לקבל כמויות עצומות של מידע בזמן אמת.

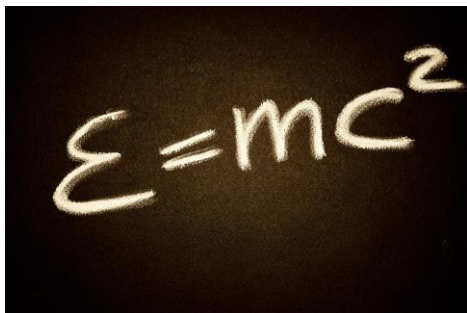


מדע אזרחי - דוגמאות

- **מעקב אחר ציפורים:** פרויקט eBird שבו מיליוני מתנדבים ברחבי העולם מתעדים תצפיות בציפורים כדי להבין נדידה ושינויים במגוון הביולוגי.
- **מידת איכות האוויר:** אזרחים משתמשים בחיישנים אישיים או באפליקציות כדי לדווח על רמות זיהום באזורים שונים.
- **חקר חרקים ומאביקים:** מתנדבים מצלמים דבורים ופרפרים כדי לעקוב אחרי מצב אוכלוסיותיהם והשפעת שינויי אקלים.
- **מעקב אחר מזג אוויר קיצוני:** דיווחי אזרחים על סופות, שיטפונות או חום קיצוני מסייעים למדענים לבנות מאגרי נתונים מדויקים.
- **ניטור חופי ים:** מתנדבים סופרים פסולת פלסטיק בחופים כדי להבין את היקף הזיהום הימי.
- **אסטרונומיה אזרחית:** חובבי חלל משתתפים בפרויקטים כמו Galaxy Zoo שבהם הם מסווגים תמונות של גלקסיות מטלסקופים גדולים.

חקר נתונים ומדע אזרחי

- מדע אזרחי מספק כמויות עצומות של נתונים שאי אפשר היה לאסוף רק על ידי צוות קטן של חוקרים.
- חקר נתונים הופך את המידע הזה לידע מדעי אמיתי: מגלה דפוסים, בונה תחזיות, ומסייע בקבלת החלטות.
- ביחד המדענים יוצרים שיתוף פעולה בין הציבור למדענים שמעשיר את המדע ומחזק את הקשר של אנשים עם העולם סביבם.


$$E=mc^2$$

השיטה התיאורטית

- פיתוח תאוריות באמצעות חשיבה לוגית והסקת מסקנות, לעיתים ללא ניסוי ישיר.

דוגמאות

- אילו מסקנות ניתן להסיק על מבנה היקום מתוך ההנחה שהוא מתפשט בקצב קבוע?
- כיצד ניתן להסביר את קיום החומר האפל על בסיס חוקי הכבידה הידועים?
- אילו מסקנות ניתן להסיק על מבנה ה-DNA מתוך חוקי התורשה הידועים?

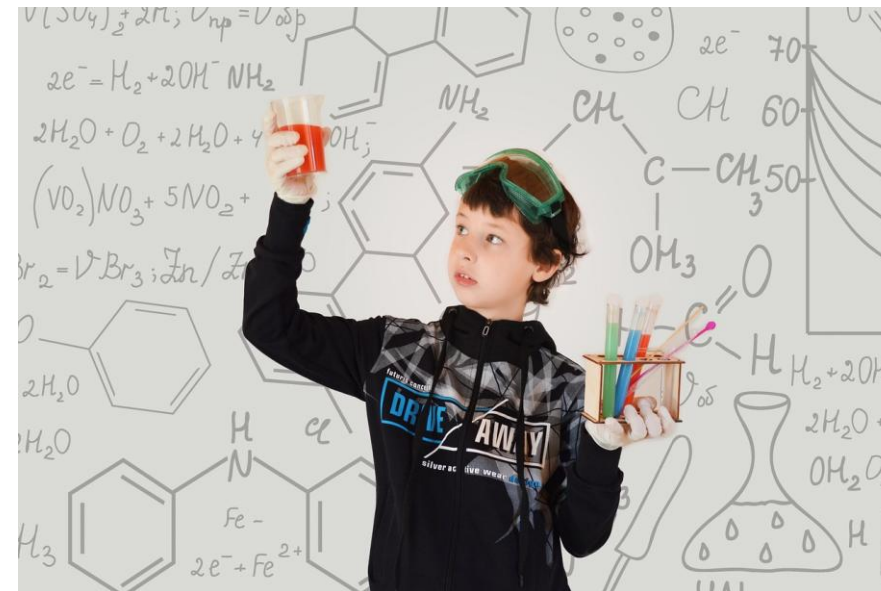
החוקרים משתמשים בידע קיים, בחוקים ידועים ובחשיבה לוגית כדי לפתח תאוריה חדשה או להסביר תופעה.

השוואה בין השיטות המדעיות

שיטה	מה החוקר עושה?	דוגמאות לשאלות חקר
ניסויית	החוקר משנה משתנה אחד באופן יזום ובודק את ההשפעה על גורם אחר	כיצד הטמפרטורה משפיעה על מהירות התגובה הכימית?
תצפיתית	מתבונן בתופעות כפי שהן מתרחשות בטבע, מבלי לשנות משתנים.	האם יש קשר בין סוגי הקרקע לבין סוגי הצמחים הגדלים בה באופן טבעי?
השוואתית	החוקר משווה בין קבוצות או תופעות כדי לגלות דמיון ושוני	מה השוני והדמיון בין שלד של עופות לשלד של עטלפים?
מתמטית/ממוחשבת	החוקר משתמש בחישובים מתמטיים ו/או סימולציות ממוחשבות כדי לחזות או להסביר תופעות.	מה יהיו שינויי הטמפרטורה בעשורים הבאים?
חקר נתונים	החוקר אוסף מידע, מנתח אותו ומסיק מסקנות כדי להפוך נתונים לידע.	האם יש קשר בין הרגלי תזונה לבין שכיחות מחלות לב בקרב אוכלוסיות שונות?

מאפיינים משותפים לכל השיטות

- **אמפיריות:** מבוססות על נתונים ותצפיות.
- **הדירות:** חייבות להיות ניתנות לשחזור על ידי חוקרים אחרים.
- **ביקורתיות:** תוצאות נבדקות ומוערכות על ידי הקהילה המדעית.
- **שיטתיות:** כל שלב מתבצע לפי סדר הגיוני ומוגדר מראש.



השיטות המדעיות הן כלים שונים להשגת מידע אמין על העולם: ניסוי, תצפית, השוואה, סימולציות, חקר נתונים ותיאוריה.
לרוב חוקרים משלבים כמה שיטות יחד כדי לקבל תמונה מלאה יותר.



המדע הוא מסע אנושי

המדע הוא מסע אנושי שמתקדם צעד אחר צעד באמצעות השיטות המדעיות.

ברוח איינשטיין, המדע עוזר לנו להבין את העולם כדי לשפר את חיינו; כפי שמארי קירי הראתה, כל גילוי קטן מוסיף עוד אור; כמו אלכסנדר פלמינג, שלימד אותנו שטעות יכולה להפוך לגילוי שמציל חיים, גם ניסוי שלא מצליח הוא חלק מהדרך; וברוח **סטיבן הוקינג ורייצ'ל קרסון**, המדע מאפשר לנו לחלום רחוק, לשמור על הטבע ולדמיין עתיד טוב יותר.

כך, באמצעות שיטות מדעיות פשוטות אך עוצמתיות, האנושות ממשיכה ללמוד, להתפתח ולשנות את העולם לטובה.

תודה על ההקשבה

