

# נלחמים בפולשים: חיסון ונוגדנים

שכבת גיל

חט"ב – כיתה ט'

חט"ע – כיתה י'

## תקציר הפעילות

התלמידים יצפו בסרטון שמדגים את פעילות הנוגדנים כלוחמים בפלישת נגיפים (וירוסים) או חיידקים לתאי הגוף. לאחר מכן יקבלו התלמידים מידע על החוקרים שהיו מעורבים בתגלית החיסון, ועל הנוגדנים שהם חלק ממערכת החיסון, הנלחמים בפולשים זרים לגוף שיכולים לגרום למחלות. לסיום יקבלו התלמידים אביזרים לבניית דגם כיתתי המסביר את פעולת הנוגדנים. בעזרת הדגם תיזור הכיתה סרטון בשם: "נלחמים בפולשים – חיסון ונוגדנים".

## משך הפעילות

שני שיעורים

## מטרות הפעילות

- להבין את קשרי הגומלין בין מחקר המדעי ובין טכנולוגיה, בתחומי מדעי החיים והרפואה לשיפור איכות חיי האדם.
- להבין שלגוף מערכות הגנה המונעות חדירת גורמים זרים, ומערכות המזהות גורמים שחדרו לגוף ומגיבות אליהם.

## מושגים מתוכנית הלימודים

חיסון, חיידק, נגיף (וירוס), אנטיגן, נוגדן, ביוגנזה

## מיומנויות

פרזנטציה, הבניית ידע, שיתוף פעולה, יצירתיות

## אופי הלמידה

כיתתי

## סוג הפעילות

פעילות להקניית נושא.

## קישור לסרטונים

- "animation vaccin": <https://bit.ly/2wsxvFH>
- "How do vaccines work? – Kelwalin Dhanasarnsombut (TED-ED)": <https://youtu.be/rb7TVW77ZCs>

## הכנות לקראת הפעילות

- להדפיס את המידע על החוקרים שהיו מעורבים בתגלית החיסון ועל הנוגדנים (נמצא גם בסוף הפעילות, במידה ואינכם מעוניינים להדפיס).
- לדאוג לחבילת ציוד הבאה:
  - חבילת קשי שתייה עם קפל
  - 10–20 בלונים
  - סרט דבק (סלוטייפ)
  - כדורים קטנים או כפתורים

## מה עושים?

צפו ביחד עם המורה בסרטון שבקישור הבא: <https://bit.ly/2wsxvFH>: "animation vaccin"

הקרינו את הסרטון במקרן הכיתה. שימו לב שהסרטון בלי תרגום לעברית. להלן אפשרויות נוספות לסרטונים הכוללים תרגום לעברית:

- "מערכת החיסון מוסברת – זיהום חיידקי": <https://bit.ly/3bgKUz7>
- "Immune System: Innate and Adaptive Immunity Explained": <https://bit.ly/2QBBXsd>
- "How does your immune system work? – Emma Bryce (TED)": <https://bit.ly/2UbaJew>
- "How do Antibodies Work? – Middle School – Vaccine Makers Project":  
<https://vimeo.com/248008745>
- "How do vaccines work? – Kelwalin Dhanasarnsombut": <https://youtu.be/rb7TVW77ZCs>

חלקו לתלמידים מידע על:

- החוקרים שהיו מעורבים בתגלית החיסון.
- הנוגדנים הנלחמים בפולשים זרים לגוף שיכולים לגרום למחלות.

קראו את קטעי המידע על החוקרים שהיו מעורבים בתגלית החיסון ועל הנוגדנים, וענו על השאלות הבאות:

1) מי היו החוקרים שהיו מעורבים בתגלית החיסון, מה היו תגליותיהם ובאילו שנים נתגלו התגליות?

אדוארד ג'נר גילה בסוף המאה ה-18 (בשנת 1796) שחלבונים הבאים במגע עם פרות אינם חולים באבעבועות שחורות (smallpox). ד"ר ג'נר הבין שבעקבות המגע של החלבונים עם "גרסה" יותר קלה של המחלה – אבעבועות הבקר (cowpox) – הם פיתחו עמידות לאבעבועות שחורות, שהיא מחלה קשה יותר. לואי פסטר גילה כי הדבקת עופות בחיידקים מוחלשים שגודלו בתרבית, גורמת להם תסמינים מופחתים מאוד של הכולרה, לעומת מוות ודאי אצל עופות המודבקים בחיידקים רגילים, לא מוחלשים. פסטר הצליח להפיק את החיידקים המוחלשים בתנאי מעבדה. הגילוי אפשר לפתח חיסונים נוספים, ועד מהרה פיתח פסטר חיסון נגד גחלת (אנתרקס), מחלה שקטלה בתקופתו חיות משק רבות מאוד. פסטר הצליח לפתח חיסון ב-1885.

2) מהם נוגדנים, מתי נוצר הנוגדן, ומה מאפיין את פעילות הנוגדן?

משפחת הנוגדנים היא אחד הכלים החשובים שבהם משתמשת מערכת החיסון במלחמתה נגד פולשים זרים. תפקידם של הפרטים במשפחה זו הוא לזהות ולהיקשר אל הפולשים השונים כדי לנטרל את פעילותם. המאפיין את פעילות הנוגדנים הוא שהם ספציפיים לפולש. יש הרבה נוגדנים שונים: הם נבדלים זה מזה במבנה הכימי של קצות זרועותיהם, באופן שכל אחד מהם מסוגל להיקשר למבנה כימי מסוים של פולש, אך לא לאחר, בדומה למפתח שמסוגל לפתוח רק את המנעול המתאים לו.

בשלב הבא של הפעילות תבנו דגם שימחיש את דרך פעילותם של הנוגדנים. קבלו מהמורה אביזרים לבניית הדגם הכיתתי:

- בלונים – נגיפים או חיידקים
- קשי שתייה צמודים לבלון – אנטיגנים
- שני קשי שתייה צמודים זה לזה – נוגדנים



בניית הדגם תבצע בתחנות. התחלקו לקבוצות לבניית הדגם לפי הנחיית המורה. בכל תחנה תהיה קבוצה שתפקידה יהיה לפי הפירוט הבא:

**קבוצה 1: יצירת נוגדנים**

כל נוגדן מורכב משתי קשיות המודבקות זו אל זו בעזרת סרט דביק (סלוטייפ). מקצרים את הקשיות לחצי. את החלקים הגזורים העבירו לקבוצה 2.

## קבוצה 2: יצירת נגיפים עם אנטיגנים

נגיף הוא בלון מנופח, שעליו מודבקים אנטיגנים – חצאי הקשיות שצידן האחד נחתך לארבעה חלקים (ראו בתמונה). יש נגיפים שבקצה האנטיגן שלהם מודבקת כדורית (או כפתור), ויש כאלה שבקצה האנטיגן שלהם לא מודבקת כדורית (או כפתור).

הדרך ליצירת הנגיפים מוצגת בתמונות הבאות:



בתמונה הבאה רואים את הנוגדן הנצמד אל האנטיגן של הנגיף ומנטרל את הנגיף:

## קבוצה 3: יצירת סרטון

קבוצה זו צריכה לצלם תמונות בשלבים שונים.



שלב א: יש בדם נוגדנים ונגיפים עם אנטיגנים ללא כדורית בקצה, חלק מהנוגדנים מחוברים לאנטיגנים שעל גבי הנגיפים, ולכן האדם בריא והנגיף מחוסל. ראו בתמונה



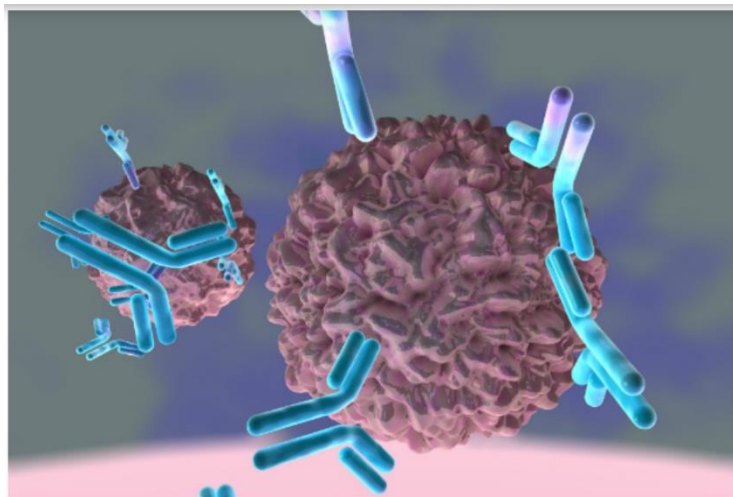
שלב ב: נוסף לדם נגיף חדש, שבקצה האנטיגנים שלו יש כדורית: לכן הנוגדנים לא מצליחים להתחבר אליהם ולחסל אותם, ומכיוון שכך – האדם חולה. ראו בתמונה

#### קבוצה 4: יצירת הסברים לכל שלב בסרטון

עליכם ליצור בעזרת הדגם סרטון בשם: "נלחמים בפולשים – חיסון ונוגדנים".  
במהלך הכנת הסרטון היעזרו במחווון, כדי לראות מהם הקריטריונים להערכת הסרטון.

#### מחווון להכנת הסרטון

מרכיבים בסרטון	ניקוד מרבי
שילוב תמונות של נגיפים עם אנטיגנים	30
שילוב תמונות של נוגדנים	30
הסבר לתהליך נטרול הנגיפים על ידי הנוגדנים	30
אפקטים נוספים (מחיקה, מדבקות, הומור)	10
<b>סה"כ</b>	<b>100</b>



מנטוריים, מסמנים, ומפעילים מערכות הגנה משליחות. נוגדנים נצמדים לנגיפים | איור: Science Photo Library

לסיום, דונו ביחד עם המורה בשאלה האם יש לחייב את המתנגדים לחיסון לחסן את ילדיהם?

כתבות בנושא:

- "הימנעות מחיסון – טבעיות או משחק באש?" <http://bit.ly/3aOjUXs>
  - "היום לפני: החיסון שחיסל את שיתוק הילדים": <https://bit.ly/2xSvbZ3>
  - "החיסון נגד פפילומה בטוח": <https://bit.ly/2WqbGAN>
- במהלך הדיון עם התלמידים כדאי להתייחס לנקודות הבאות ולהדגיש:

- מכיוון שאין חיסון שהוא יעיל במאת האחוזים, יכול להיווצר מצב שבו ילד לא מחוסן יפיץ את גורם המחלה. ילד זה עלול להידבק בגורם המחלה ולהדביק ילדים אחרים שעדיין לא חוסנו, או שהחיסון לא יצר אצלם חסינות, וגם בוגרים שמערכת החיסון שלהם פגומה. ככל שיהיו יותר אנשים לא מחוסנים, כך עשויה לגדול הפצת המחלה.
- חשיבות החיסון בכלל האוכלוסייה למיגור מחלה.
- יכול להיות שתלמידים יטענו שיש לאפשר למתנגדים לא לחסן את ילדיהם על בסיס של זכויות טבעיות כמו חופש המצפון, חופש דת וכדומה.
- בדיון המסכם מומלץ להתייחס לערכים הבאים:
  - קדושת החיים.
  - כבוד האדם, שוויון בין בני אדם.
  - אחריות האדם לבריאותו, ספקנות וביקורתיות.

## מידע על החוקרים שהיו מעורבים בתגלית החיסון ועל הנוגדנים

### חיסון ונוגדנים

בסוף המאה ה-18 (בשנת 1796) רופא בריטי בשם אדוארד ג'נר (Edward Jenner) היה הראשון בעולם שפיתח חיסון פעיל. הוא גילה שחלבונים הבאים במגע עם פרות לא חולים באבעבועות שחורות (smallpox). מחלה נוראית זו גבתה את חייהם של מאות מיליוני אנשים במהלך ההיסטוריה.

ד"ר ג'נר הבין שבעקבות המגע של החלבונים עם "גרסה" קלה יותר של המחלה – אבעבועות הבקר (cowpox) – הם פתחו עמידות לאבעבועות שחורות, שהיא מחלה קשה יותר. למעשה המילה "חיסון" באנגלית (vaccine) מקורה מהמילה הלטינית לפרה (vacca).

כדי להוכיח את טענתו, ביצע ד"ר ג'נר ניסוי שהיה נחשב היום כפשע חמור. הוא שרט ילד בן 8 עם מחט שהכילה נחל שנשאב מאבעבועות בקר, ולאחר מכן ניסה להדביק אותו באבעבועות שחורות – אך בלי הצלחה. החשיפה של הילד לאבעבועות הבקר גרמה למערכת החיסון שלו ליצור נוגדנים כנגד הנגיף. כאשר נחשף מאוחר יותר לנגיף האבעבועות השחורות, מאותה משפחה, לגוף הילד היה "זיכרון חיסוני" לנגיף ולכן מערכת החיסון הגיבה הרבה יותר מהר.

חוקר נוסף שתרום להתפתחות בתחום החיסון הוא לואי פסטר (Louis Pasteur).

עבודתו של פסטר על זיהום משקאות העלתה אצלו השערה כי מיקרואורגניזמים שמהמים חיות ובני אדם יכולים לגרום למחלות. הוא החל לחקור את כולרת העופות, ולשם כך גידל בתרבית את החיידקים הגורמים למחלה. פסטר גילה כי הדבקת עופות בחיידקים מוחלשים שגודלו בתרבית, גורמת לאותם עופות תסמינים מופחתים מאוד של הכולרה, לעומת מוות ודאי אצל עופות המודבקים בחיידקים רגילים, שאינם מוחלשים. הוא הצליח להפיק את החיידקים המוחלשים בתנאי מעבדה. הגילוי אפשר לפתח חיסונים נוספים, ועד מהרה פיתח פסטר חיסון נגד גחלת (אנתרקס), מחלה שקטלה בתקופתו חיות משק רבות מאוד.

בשנים שלאחר מכן שקד פסטר על פיתוחו של חיסון נגד כלבת. למרות הקשיים והסיכונים, פסטר הצליח לפתח חיסון. ב-1885 טיפל בפעם הראשונה בילד שנדבק בכלבת, והציל את חייו. ההצלחה סללה את הדרך לפיתוח חיסונים נוספים, ולא פחות חשוב – הפכה את פסטר לגיבור לאומי בצרפת.

היום אנו יודעים שחיסונים הם ממצילי החיים הגדולים בתולדות האנושות: חיסונים מונעים תחלואה, אשפוזים ותמותה. חיסונים נגד מגוון נגיפים וחיידקים הפחיתו במידה ניכרת תחלואה ותמותה ממחלות כמו פוליו, קֶרְמֶת (דיפתריה) וחצבת, ואף הכחידו לחלוטין את האבעבועות השחורות.

חיסונים מבוססים על "אימון" המערכת החיסונית שלנו להתמודדות עם מחולל מחלה חדש ולא מוכר. כשמערכת החיסון מזהה גורם זר, היא מפתחת נוגדנים ספציפיים שמנטרלים את הפולש ומאפשרים לתאי מערכת החיסון להשמידם. החיסון מציג למערכת החיסון את מחולל המחלה כשהוא מומת או מוחלש כך שהוא אינו יכול לגרום למחלה, אך באופן שמעורר יצירה של נוגדנים כנגדו. הנוגדנים יגנו על הפרט המחוּסן בעת הידבקות במחולל המחלה האמיתי, וימנעו תחלואה.

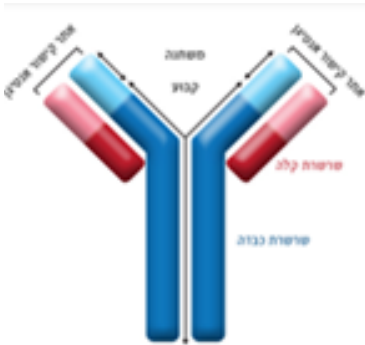
### מהם נוגדנים?

משפחת הנוגדנים היא אחד הכלים החשובים שבהם משתמשת מערכת החיסון במלחמתה נגד פולשים זרים. תפקידם של הפרטים במשפחה זו הוא לזהות פולשים שונים ולהיקשר אליהם כדי לנטרל את פעילותם באופן ישיר (למשל על

ידי חסימת אתר פעיל בהם), או כדי לסמן אותם בצורה שתאפשר לרכיבים אחרים של מערכת החיסון להגיע אליהם ולחסלם.

הנוגדן הוא חלבון המורכב מארבע שרשראות פוליפפטידיות (כלומר: שרשראות ארוכות שבנויות מחומצות אמיניות הקשורות ביניהן): שתי שרשראות כבדות זהות שכל אחת מהן מורכבת מכ-440 חומצות אמיניות, ושתי שרשראות קלות זהות שכל אחת מהן מורכבת מ-220 חומצות אמיניות.

לכל הנוגדנים צורת Y. קצות הזרועות של ה-Y משתתפים בקישור למבנים כימיים זרים (המבנה הכימי שאליו נקשר הנוגדן קרוי אנטיגן), והרגל אחראית על הקישור לקולטנים (רצפטורים) תאיים מתאימים או לחלבונים אחרים של מערכת החיסון.



יש הרבה נוגדנים שונים. הם נבדלים זה מזה במבנה הכימי של קצות זרועותיהם, באופן שכל אחד מהם מסוגל להיקשר למבנה כימי מסוים של פולש, אך לא לאחר, בדומה למפתח שמסוגל לפתוח רק את המנעול המתאים לו.

יש מספר סוגי חיסונים או דרכים שבהם החיסון פועל בגוף.

1. חיסון פעיל הוא חיסון שמחזק לגוף, כשהחידק או הנגיף מוחלש או מומת.

לעיתים נדירות חיסון כזה יכול לגרום למחלה המקורית להתפרץ במלוא עוצמתה; דבר זה יקרה אם חלה טעות בהכנת החיסון והוא לא מומת או מוחלש.

כדי להימנע ממצב זה, יש חיסונים המשתמשים רק בחלקים מקפסולת החידק או הנגיף שמערכת החיסון מזהה אותם. בצורה זו אין סכנה לחלות במחלה האמיתית, אך החיסון לרוב פחות יעיל.

2. חיסון סביל הוא חיסון שבו הנוגדנים מחזקים ישירות לגוף, בלי המתנה שייצר אותם בעצמו. חיסון זה ניתן במצבים מסוכנים מאוד, כמו במחלת כלבת לאחר נשיכה על ידי חיה חולה.

## מקורות

- "מה זה חיסון?" <http://bit.ly/2WijLHM>
- "חיסון סביל": <https://bit.ly/2IZCeRN>
- "כיצד מאפשר מבנה הנוגדן את פעילותו הביולוגית?" <http://bit.ly/2TpzdPw>
- "איך מפתחים חיסון חדש?" <https://bit.ly/2Wvnthj>
- "איך מפתחים חיסון נגד קורונה?" <https://bit.ly/2QvWY>