

פעילות מקדימה – מחזוריות וריצוף / הנחיות למורה

לקראת מפגש מקוון עם פרופ' דן שכטמן

משך הפעילות היא כ-90 דקות והיא מתאימה לכיתות ז-יא. אפשר להעביר אותה לבחירתכם בשיעור מתמטיקה או בשיעור מדעים.

מטרות הפעילות: לעורר את סקרנות התלמידים לקראת המפגש המקוון, לתת להם להתנסות באופן פעיל במושג המחזוריות שיעלה במפגש, ולגבש שאלות בנושא.

ציוד: טושים, מקרן למצגת.

המפגש המקוון יתקיים ביום ראשון של שבוע החינוך המדעי, 26.03.17, בשעה 10:00. לינק לשידור יופיע כאן: goo.gl/8RI983

חלק ראשון - ריצופים מחזוריים: (45 דקות)

סרטון בקשה לעזרה של פרופ' דן שכטמן – פתיח לשיעור:

"שלום, כאן פרופ' דני שכטמן! המעבדה שלי דורשת ריצוף מחדש. המרצפות הישנות מרובעות וקטנות והן משעממות בעיניי. רציתי להיעזר בכם כדי לתכנן דוגמת ריצוף חדשה ומעניינת. הריצוף יעשה ממרכז הרחבה לצדדים – קודם יונחו המרצפות במרכז, צמוד אליהן המרצפות האחרות, וכך נתקדם כלפי חוץ. צריך להצמיד את המרצפות זו לזו ואסור שיהיו רווחים, אחרת הרצפה לא תהיה בטיחותית! תוכלו לעזור לי לחשוב על דוגמת ריצוף מקורית המורכבת מצורות החוזרות על עצמן? אפשר גם להשתמש בכמה צורות שונות של מרצפות המחוברות יחדיו. שלחו לי את הדוגמאות היפות שיצרתם ואנחנו נראה כמה מהן במפגש. ואיך זה קשור לגבישים? חכו ותגלו!"

מהו ריצוף?

היעזרו במצגת המצורפת ובדפי הריצוף לתלמידים (עותק לכל 2-3 תלמידים).

ריצוף מישור הוא פעולה שבה אנחנו מכסים **כל נקודה ונקודה** במישור בעזרת "מרצפות", מבלי שהן יעלו זו על זו וללא רווחים.

ריצוף מחזורי (בשקף הראשון) הוא ריצוף שאפשר לקבוע בו יחידה אחת שחוזרת על עצמה בכל הריצוף ושבאמצעותה נרצף את המישור ללא רווחים. היחידה יכולה להיות מורכבת מכמה מרצפות.

במצגת מופיעות תחילה דוגמאות לריצופים המורכבים מצורה אחת בלבד ולאחר מכן שתי דוגמאות לריצופים המורכבים מ-2 צורות ויותר. כדי להבהיר מהי יחידה מחזורית בריצוף, בכל אחד מהריצופים מסומנת יחידה המתאימה לריצוף המחזורי (באדום) ויחידה שאינה מתאימה לריצוף המחזורי (בכחול). הדוגמה הראשונה פשוטה יותר והשנייה מורכבת. כדאי להתעכב עם התלמידים על ההגדרה ולהדגיש שהיחידה המסומנת



בכחול אינה מתאימה לריצוף המחזורי משום שאי אפשר להשתמש בה בלבד כדי לרצף את המרחב ללא רווחים. לעומת זאת, ביחידה המסומנת באדום אפשר להשתמש כפי שמוצג. כדי להמחיש, מומלץ להקרין את התבנית מהמצגת ישירות על הלוח ולתת לתלמיד לנסות בעצמו עם טוש לסמן את היחידה המחזורית על גבי התבנית ולהראות כיצד היא חוזרת ללא רווחים וללא חפיפה.

לאחר הדוגמאות, אפשר לתת להם להמשיך להתנסות בעצמם בזיהוי יחידות החוזרות על עצמן בריצופים מחזוריים. נחלק בין התלמידים עותקים של שלושת הריצופים המופיעים בשקפים 7-9 ונציג בפניהם את המשימה המופיעה בשקף 6. אפשר להציע לתלמידים לסמן על גבי הריצוף המודפס את היחידות המחזוריות בעפרון, או לנסות לגזור מתוך הריצוף את היחידה המחזורית כדי לבדוק האם אכן אפשר להשתמש בה כדי לרצף את המרחב ללא רווחים. אופציה נוספת היא לחלק לתלמידים שקפים או שמרדפים שיוכלו למקם על גבי הריצוף ולסמן עליהם בעזרת טוש את היחידה המחזורית.

שימו לב! הריצופים מסודרים במצגת על פי רמת הקושי. שני הריצופים הראשונים פשוטים יותר והשלישי מאתגר ביחס לראשונים.

נחזור למשימה שהתלמידים קיבלו בתחילת הפעילות מפרופ' דן שכטמן:

לאחר שצברו ניסיון בזיהוי היחידות המחזוריות בריצופים שונים, כעת הם מוכנים ליצירת ריצוף מקורי וייחודי משל עצמם. נחזור לבקשה של פרופ' שכטמן ונזכיר את הדרישות:

- 1) יש להשתמש במרצפות אשר חוזרות על עצמן. ליופי, מומלץ להשתמש לפחות בשתי צורות ©.
- 2) יש להצמיד את המרצפות זו לזו ולהימנע מרווחים ומחפיפה.
- 3) כדאי להיעזר בדף משבצות לתכנון הריצוף.

תכנון הריצוף יינתן כמשימה לבית (ביחידים או בקבוצות). את הריצופים אפשר לשלוח למייל של מכון דוידסון: [davidson@weizmann.ac.il](mailto: davidson@weizmann.ac.il), ו/או שלחו אותם בהודעה לעמוד הפייסבוק של דוידסון און-ליין. ריצופים מקוריים שישלחו עד לתאריך 23.3 יוצגו במפגש המקוון עם פרופ' שכטמן.

חלק שני - האם קיימים ריצופים שאינם מחזוריים? (20 דקות)

כל הריצופים שהצגנו עד כה היו מחזוריים. בכלום אפשר היה למצוא יחידה ש"משוכפלת" לאורך כל הריצוף. נשאלת השאלה – האם קיים ריצוף שמורכב מחזרה על אותן מרצפות אך אי אפשר לקבוע בו יחידה אחת שחוזרת על עצמה?

בשלב הזה מומלץ לשאול את התלמידים לדעתם, לפתוח דיון בכיתה ולתת לכל צד לנסות לשכנע את הצד השני. כדי ללבות את הדיון נציג בפניהם את ריצוף פנרוז (בנספח ובמצגת) וניתן להם לנסות ולמצוא בריצוף יחידה מחזורית, כפי שעשו עם הריצופים הקודמים. כיוון שריצוף פנרוז אינו מחזורי ואינו מורכב מאף יחידה החוזרת על עצמה, המשימה היא למעשה בלתי אפשרית (לכן מומלץ להקדיש לניסיון לא יותר מ-5-7 דקות כדי למנוע תסכול רב מדי).



ריצוף פנרוז הוא הריצוף הלא מחזורי המפורסם ביותר. הוא נקרא על שם ממציאו, רוג'ר פנרוז – פיזיקאי ומתמטיקאי בריטי מהמכון המתמטי של אוניברסיטת אוקספורד.

הצרה חשובה: בכך שניסינו למצוא יחידה שחוזרת על עצמה ולא הצלחנו, עדיין לא הוכחנו שאי אפשר למצוא יחידה כזאת. קשה מאוד מאוד להוכיח שבריצוף שנמשך עד אין-סוף, אין יחידה שחוזרת על עצמה, כי מי יודע, אולי יש יחידה כזאת – אלא שהיא גדולה מאוד מכדי שנוכל למצוא אותה באמצעות העין. קשה גם להוכיח שהוא באמת יכסה את כל המישור ושאי פעם לא יהיו "רווחים" בין האריחים! זאת דוגמה לאתגר שעמד בפני מתמטיקאים, והם הצליחו להוכיח אותו רק לאחר מאמץ רב ובידע מתמטי מורכב.

חלק שלישי – קישור הריצוף לגבישים ולתגלית של פרופ' שטמן: (15 דקות)

כדי להיערך לחלק הזה של השיעור אנו ממליצים למורים לקרוא את [הכתבה הזאת](#) המסבירה מהם הקוואזי גבישים שאותם גילה פרופ' דן שטמן וכיצד אפשר לקשר את הנושא לפעילות הריצוף.

עד לשנות השמונים, סברו בעולם המדעי שמבנים גבישיים הם בהכרח מחזוריים (כמו בדוגמה של ה-NaCl). אך בשנת 1982, גילה פרופ' דן שטמן מהטכניון גבישים בעלי מבנה שאין בו יחידות מחזוריות (בדומה לריצוף פנרוז, אך בתלת ממד). הגילוי התקבל בזלזול וחוסר אמון ושטמן נתקל בהתנגדות רבה והתקשה לפרסם את תגליתו. רק כעבור שנתיים של ניסיונות רצופים הסכים עיתון מדעי לפרסם את תגליתו. היום נחשבת תגליתו של שטמן לכזו ששינתה אפילו את ההגדרה המדעית של גביש (יש המכנים קוואזי-גבישים כגבישים קוואזי מחזוריים, כלומר עדיין מדובר בגביש לפי ההגדרה, רק שהוא לא מחזורי).

במה דומים גבישים לריצוף?

אפשר להראות לתלמידים לדוגמה את המבנה של גביש מלח (NaCl, נתון כלורי), כפי שמופיע בשקף 12, ולתת להם לבצע את הקישור בין ריצוף לגביש.

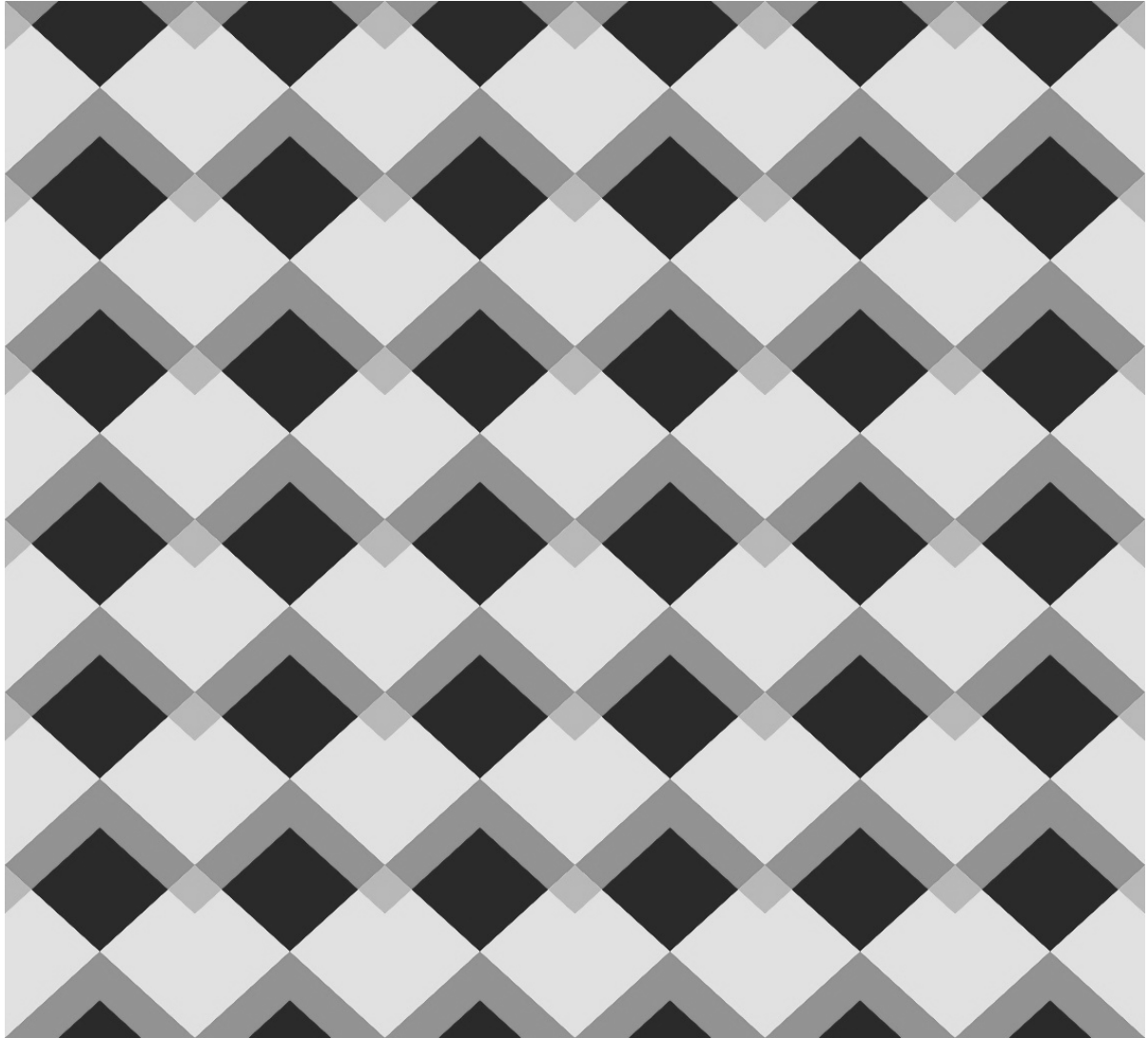
חשוב להדגיש שמבחינת המבנה **העקרונות דומים**: הן הגביש והן הריצוף בנויים מתתי-יחידות הצמודות זו לזו, אך בריצוף אנו מסתכלים על מרחב דו-ממדי ובגבישים על מרחב תלת-ממדי.

אם התנהל בכיתה דיון בנוגע לאפשרות שקיימים ריצופים שמורכבים מחזרה על אותן צורות אך אינם מחזוריים, תנו לתלמידים להיזכר בדיון שהתנהל בכיתה ובאופן שבו הם קיבלו את דעתם של אלו שחשבו אחרת מהם. עשו את הקישור לקושי של פרופ' שטמן לשנות את דעתם של חוקרים שהיו משוכנעים שגבישים מתקיימים אך ורק במבנים מחזוריים.

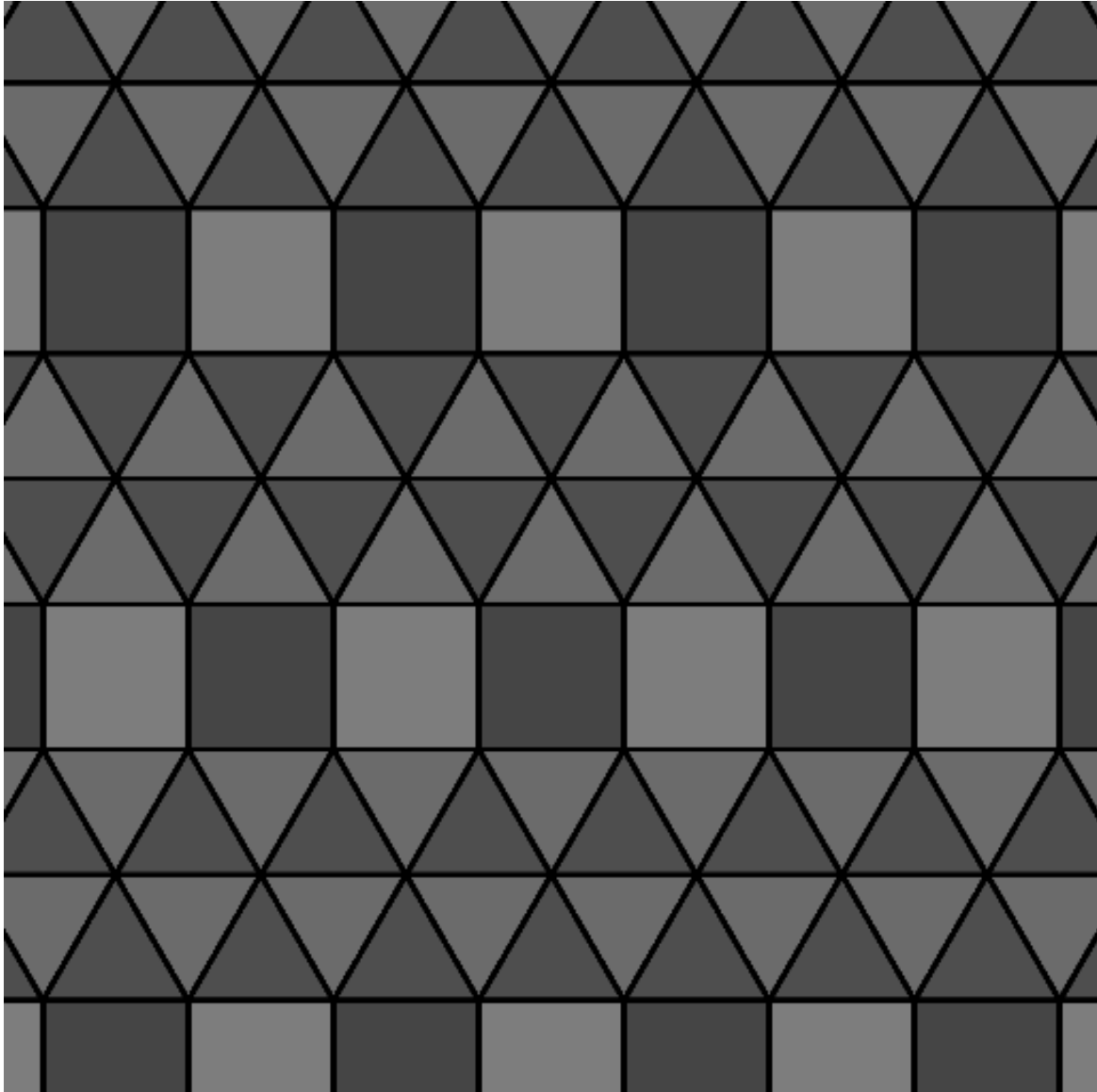
סיכום (10 דקות): בקשו מהתלמידים להעלות שאלות שאותן היו רוצים לשאול את פרופ' שטמן. השאלות יכולות להיות קשורות לדרכו, לעבודתו או על מדע בכלל. שלחו לנו את השאלות עם ציון שם ביה"ס והכיתה לכתובת davidson@weizmann.ac.il, ופרופ' שטמן יבחר לענות על כמה מהן במהלך המפגש.



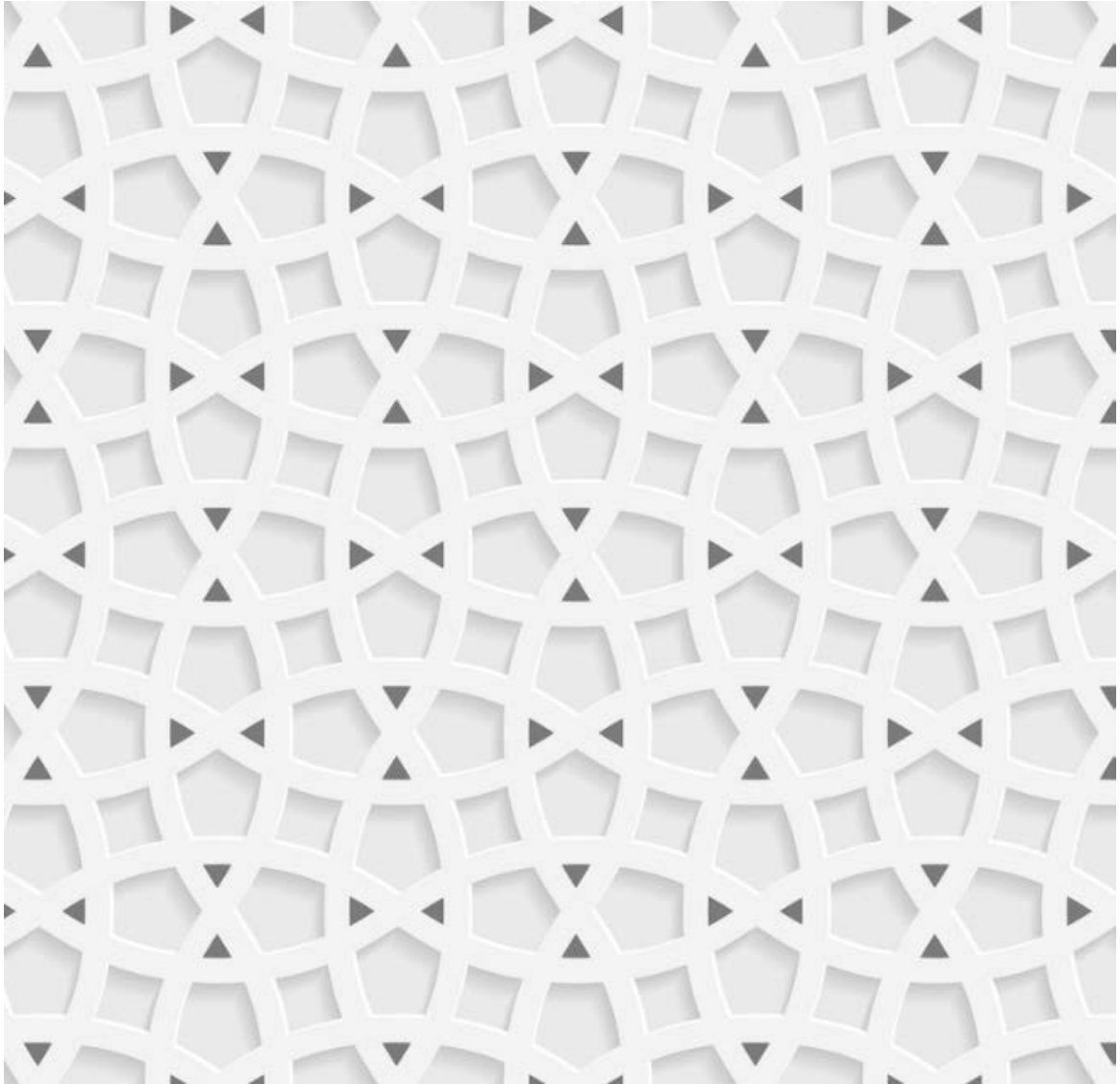
ריצוף מס' 1



ריצוף מס' 2



ריצוף מס' 3





ריצוף פנרוז

