

תהליך למידה רב-תחומי בנושא חוקיות מוזיקלית ומתמטית

בקרב תלמידות בכיתות א-ב

ליבי עזריהו

תקציר

מטרת מאמר זה היא לתאר תוכנית רב-תחומית המשלבת מוזיקה ומתמטיקה בקרב תלמידות כיתות א-ב ולהציע דרכים ליישום למידת נושא החוקיות בשדה החינוך המוזיקלי והמתמטי. למידה רב-תחומית היא מיומנות הכרחית במאה ה-21, המאפשרת חשיבה יצירתית, למידה מגוונת ושיפור מיומנויות הלמידה.

המחקר נערך בבית ספר יסודי ממלכתי-דתי לבנות במרכז הארץ. אוכלוסיית המחקר מנתה 107 בנות משתי כיתות א (57 בנות) ומשתי כיתות ב (50 בנות). תוכנית הלימודים בנושא חוקיות הופעלה במשך עשרה שיעורים ששילבו מוזיקה ומתמטיקה.

בכל שיעור נערכה פעילות מוזיקלית בנושא חוקיות על ידי לימוד שיר או יצירה, ניתוח המאפיינים המוזיקליים שלהם והקבלתם לחוקיות מתמטית. נוסף על כך, בכל שיעור התלמידות התנסו בנגינה במטלופונים ובתנועה במרחב. לאחר הפעילות המוזיקלית, שארכה 20 דקות, נעשה החיבור בכיתה לתוכן המקביל במתמטיקה. התלמידות למדו לזהות וליצור דגמים חוזרים ומתפתחים וכן סימטריה שיקופית.

בכל שיעור נערך שיח כיתתי שכלל דוגמאות של תלמידות עמיתות במתמטיקה ובמוזיקה וכך ניתן היה להעשיר ולהגדיל את כיווני המחשבה של התלמידות בשני התחומים. המורה הקפידה לחבר בין התחומים ולקשר את השיר או את היצירה שנלמדו בשיעור לחוקיות מתמטית באופן מפורש. התוכנית המלאה מוצגת במאמר זה ויתרונות התוכנית ייבחנו בהמשך במחקר שיטתי.

מילות מפתח: חשיבה יצירתית, למידה רב-תחומית, מוזיקה, מתמטיקה

מבוא

ארגון OECD מגדיר למידה רב-תחומית כמיומנות הכרחית במאה ה-21, אשר שמה דגש על חשיבה יצירתית, על תקשורת ועל שיתופיות בבתי הספר (OECD, 2018). למידה שמשלבת תחומי דעת שונים ומדגישה חשיבה יצירתית, מאפשרת לתלמידים שונים ללמוד באופן מגוון ולשפר את מיומנויות הלמידה. בשנים האחרונות החוקרת עוסקת במחקר רב-תחומי המשלב מוזיקה ומתמטיקה בבית הספר היסודי בתחומים שברים וחוקיות (Azaryahu et al., 2023; Azaryahu & Adi-Japha, 2022; Azaryahu et al., 2020). בעוד מחקריה הקודמים של החוקרת עסקו בתהליך הלמידה של תלמידי בית הספר היסודי בכיתות ג-ד, מאמר זה סוקר תהליך הלמידה בקרב תלמידים צעירים יותר, בכיתות א-ב. מעניין לעקוב אחר פיתוח החשיבה היצירתית של הלומדים הצעירים, אשר נמצאים בשנתם הראשונה או השנייה בבית הספר ולומדים את יסודות המוזיקה והמתמטיקה בכיתות. מחקר זה נערך בימים אלה בבית ספר לבנות במרכז הארץ. במאמר זה תוצג תוכנית הלימודים וידווח על תהליך הלמידה.

רקע תיאורטי

למידה רב-תחומית וחשיבה יצירתית

למידה רב-תחומית (STEAM - Science, Technology, Engineering, Arts & Math) היא גישה המשלבת את התחומים מדעים, טכנולוגיה, הנדסה, אומנות ומתמטיקה, ומאפשרת מיומנויות חקר, שיתוף פעולה, תקשורת ויצירתיות. בגישה זו התלמידים מעורבים בלמידה חווייתית ועובדים יחד בתוך הקשר של תהליך יצירתי (Nemiro et al., 2017). מחקרים עדכניים מציינים את ארבעת הנושאים הנדרשים לצורך חינוך מיטבי במאה ה-21: חשיבה ביקורתית, יצירתיות, שיתוף פעולה ותקשורת (Nahum, 2022; Schleicher, 2018). חשיבה מסוג זה היא מרכזית במסמכים הדנים במיומנויות המאה ה-21 אך אינה מיושמת בפועל באופן יחסי ככל שמתקדמים בשלבי החינוך (Boice et al., 2021).

מחקר פיזה הנערך על ידי OECD (PISA, 2021) הגדיר חשיבה יצירתית באמצעות "היכולת לעסוק באופן פרודוקטיבי בייצור, בהערכה ובשיפור של רעיונות, שיכולים להיווצר בפתרונות מקוריים ועילים, בהתקדמות בידע ובביטויים המשפיעים על דמיון" (שם, עמ' 12). אפשר לסווג משימות יצירתיות לשלושה תחומים רחבים של טקסט, אומנות ופתרון בעיות (Amabile, 1996, 1988). חשיבה יצירתית יכולה להימדד על ידי בחינת תוצרי התלמידים ותהליך העבודה, במיוחד במשימות שבהן חלק גדול מתהליך זה הוא בלתי-נראה (כלומר, תהליכי חשיבה פנימיים), וכך אפשר לקבוע אם תהליך החשיבה היצירתית שלהם היה מוצלח (Amabile, 1996; Kaufman & Baer, 2012). מחקרים רבים בדקו וניתחו לאורך השנים את חשיבותם של תוצרים יצירתיים במגוון תחומים. על פי הגדרות מקובלות בספרות חשיבה יצירתית יכולה לבוא לידי ביטוי באופן יומיומי על ידי כתיבה, פתרון בעיות פתוחות, ציור או מוזיקה. מעורבות יצירתית זו בכיתה היא רב-תחומית ומתפרסת מעבר לנושאים המסורתיים כגון מדע ואומנות (Beghetto & Kaufman, 2010; Sawyer, 2011).

חוקרים מאמינים שאפשר להורות, ללמד ולשפר חשיבה יצירתית בתחומים שונים (Guilford, 1969, 1967; Torrance, 2003; Murdock, 2007; McWilliam, 1973; 1967) וישנן עדויות אמפיריות להשפעה של אימון על חשיבה יצירתית (Scott et al., 2004). שני החוקרים, גילפורד (Guilford, 1967, 1973) וטורנס (Torrance, 1969), הגדירו וביססו תהליכים שונים לצורך ניתוח והערכת חשיבה יצירתית: **שטף** (ייצור רעיונות רבים), **גמישות** (ייצור קטגוריות רעיוניות שונות ויכולת לעבור מצורת מחשבה אחת לאחרת), **מקוריות** (ייצור רעיונות יוצאי דופן ובלתי-צפויים), **ועיבוד** (יכולת להרחיב רעיון נתון, להוסיף לו פרטים, לפתח ולשכלל אותו באמצעות שילוב של רעיונות נוספים). כל ארבעת המרכיבים יחד מגדירים חשיבה יצירתית.

חשיבה יצירתית מתמטית קשורה בדרך כלל להמצאת בעיות ולפתרון, במיוחד בשאלות פתוחות (Silver, 1997; Leikin, 2009) או כל פעילות שיש בה מבחר פתרונות או דרכי פתרון. מרכיב השטף בודק את כמות הידע הפעיל והזמין שיש לתלמיד בקשר למשימה מתמטית נתונה. מרכיב הגמישות בוחן את המעבר ממצב מחשבתי אחד לאחר בעת פתרון בעיה פתוחה במתמטיקה. מרכיב המקוריות מזהה עד כמה תשובת התלמיד ייחודית ואם תשובתו זהה לרוב

תשובות התלמידים או שונה מהן. לבסוף, מרכיב העיבוד מצביע על מורכבות החשיבה המתמטית, כלומר, ככל שפתרון הבעיה מורכב יותר כך אפשר לראות יכולת אינטגרציה מורכבת בין סוגים שונים של ידע מתמטי (הרשקוביץ וקלור, 2005). בהוראה ולמידה של מוזיקה, כאשר מתמקדים בחשיבה יצירתית, שמם דגש על התהליך עצמו ועל האופן שבו עובדים עם חומרים מוזיקליים כדי להפיק תוצרים יצירתיים (Webster, 1990).

במאמר זה תוצג תוכנית לימודים המיועדת למורים למוזיקה בכיתות א-ב בבית ספר יסודי, תוך שילוב הקשר שבין מוזיקה ומתמטיקה בנושא חוקיות. מטרת התוכנית היא קידום של למידת הנושאים חוקיות, דגמים וסימטריה, מתן הזדמנות ללמידה מקבילה של אותו נושא בשני התחומים - מוזיקה ומתמטיקה, ופיתוח החשיבה היצירתית בקרב התלמידים בשני התחומים. התוכנית מבוססת על עבודת צוות המשלבת מיומנויות מוזיקליות, חשיבה יצירתית ודמיון (An & Tillman, 2015; Azaryahu et al., 2023).

במחקר הנוכחי המדדים של חשיבה יצירתית במתמטיקה ובמוזיקה נבחנו באותו קנה מידה, על פי גילפורד (1967, 1973) וטורנס (1969) והותאמו לתחום המוזיקלי: מרכיב השטף בודק את הידע, את הכישורים ואת היכולות המוזיקליות של התלמיד; מרכיב הגמישות בודק את יכולתו של התלמיד להשלים פסוק מוזיקלי בדרכים שונות (יותר מתשובה אחת נכונה); ומרכיב המקוריות מזהה עד כמה התשובה של התלמיד ייחודית ביחס ליתר תשובות התלמידים. התוצאה של תהליך הלמידה מאפשרת לבחון את מעורבות התלמידים במשימות כמו אלתור והלחנה, ובעוד התוצאה הסופית של התלמידים חשובה, גם לעבודתם ולתהליך החשיבה שלהם יש ערך רב.

העברה כבסיס ללמידה רב-תחומית

מחקרים עדכניים דנים בשאלה: האם פעילויות מוזיקליות בבית הספר מגבירות את כישורי המתמטיקה של התלמידים? מחקרים שחקרו את השפעת המוזיקה על כישורי המתמטיקה של התלמידים הניבו תוצאות מעורבות. רוב המחקרים בחנו את השפעת הנגינה בכלים אינסטרומנטליים והראו ראיות מועטות להעברה מסוג זה (Sala & Gobet, 2017). אחרים

קישרו בין הידע המושגי והפרוצדורלי הטמון במוזיקה ובמתמטיקה, כאשר התוצאות העידו על השפעות חיוביות (An & Tillman, 2015; Azaryahu et al., 2020; Azaryahu & Adi- Japha, 2022; Azaryahu et al., 2023).

העברה בלמידה מתרחשת כאשר הידע שנרכש בתחום אחד ניתן להכללה בתחומים חדשים או מגביר את היכולות הקוגניטיביות הכלליות. יעילות ההעברה מתחום אקדמי אחד לאחר תלויה בדמיון של תהליך הלמידה המעורב. העברה קרובה מתבצעת כשלשני חומרי הלמידה הקשר דומה מאוד, כלומר, התלמידים לומדים מיומנויות ומושגים בהקשר מסוים שניתן ליישם בהקשר שונה במקצת. העברה רחוקה מתבצעת כאשר משתמשים ביעילות בכישורים ובמושגים הנלמדים בהקשר מסוים בהקשר שונה מאוד. תלמידים נוטים להפגין העברה קרובה לעיתים קרובות יותר מאשר העברה רחוקה (Hallam, 2016; Hallam & Himonides, 2022).

מחקרים שכללו תוכניות התערבות מוזיקליות, שדנו במפורש במושגים מתמטיים ואפשרו גם תרגול ניכר, דיווחו על העברת מיומנות ועל קורלציה חיובית בין אימונים מוזיקליים לשיפור בהישיגי המתמטיקה (An & Tillman, 2015; Azaryahu et al., 2020; Azaryahu & Adi- Japha, 2022; Azaryahu et al., 2023). לדוגמה, עזריה ואחרים (Azaryahu et al., 2023) בדקו את ההשפעה של שישה מפגשי מתמטיקה המקושרים לשישה שיעורי מוזיקה במשך שישה שבועות בנושא חוקיות בכיתות ג. שיעורי המתמטיקה והמוזיקה התמקדו ביצירת דגמים וסימטריה בצורות, במספרים ובתווים. תלמידים בקבוצת ההתערבות השיגו ציוני מתמטיקה ומוזיקה גבוהים באופן משמעותי מאלו של קבוצת הביקורת, שקיבלו שיעורי מתמטיקה ומוזיקה מסורתיים. במחקר אחר, עזריה ועדי-יפה (Azaryahu & Adi-Japha, 2022) בדקו את ההשפעה של שישה מפגשי מתמטיקה המשולבים במוזיקה במשך שלושה שבועות בנושא דגמים וסימטריה בכיתות ג. התלמידים למדו לכתוב ייצוגים סימבוליים של כיוון או של קצב המנגינה (כלומר, סימון גובה או משך הצליל) ולהיות מודעים לדגמים ולסימטריה בתוך יצירה מוזיקלית. רישומים מופשטים אלו שימשו דוגמה נוספת לייצוג מרחבי של דגמים וסימטריה מעבר לתוכנית הלימודים הרגילה. תלמידים בקבוצת ההתערבות השיגו ציוני מתמטיקה ומוזיקה גבוהים באופן

משמעותי מאלו של קבוצת הביקורת, שקיבלו שיעורי מתמטיקה ומוזיקה מסורתיים, וכמו כן, נמצא מתאם בין השיפור במתמטיקה לשיפור במוזיקה.

מאמר זה מתבסס על שני מחקרים אלה (Azaryahu et al., 2023; Azaryahu & Adi- Japha, 2022), כאשר במחקר הנוכחי תוכנית הלימודים הותאמה לכיתות א-ב. בדומה למחקרים הקודמים, תוכנית הלימודים עוסקת בקשר שבין מוזיקה ומתמטיקה בנושאים דגמים, חוקיות וסימטריה. בשונה מהמחקרים הקודמים ובהלימה לגיל המשתתפים הצעירים, תוכנית הלימודים מתמקדת בהקניית הבסיס המוזיקלי והמתמטי בנושא חוקיות. בתחום המוזיקלי התוכנית מתמקדת בלמידת סולם התווים דו מז'ור, בהבחנה בכיווניות המנגינה (עולה, יורדת או נשארת במקום) ובהכרה של מבנה מוזיקלי. בתחום המתמטי התוכנית מתמקדת בלמידת דגמים וחוקיות בצורות ובמספרים ובהקניית סימטריה שיקופית. מאמר זה יציג את תוכנית הלימודים שנבנתה במיוחד למחקר זה.

מטרת המאמר

מטרת מאמר זה היא לתאר תוכנית רב-תחומית המשלבת מוזיקה ומתמטיקה בקרב תלמידות בכיתות א-ב, ולהציע דרכים ליישום למידת נושא החוקיות ופיתוח החשיבה היצירתית בשדה החינוך המוזיקלי והמתמטי.

מתודולוגיה

משתתפים

המחקר נערך בבית ספר יסודי ממלכתי-דתי לבנות במרכז הארץ. בית הספר גויס למחקר לאחר שיחה עם מנהלת בית הספר, אשר נענתה בחיוב לאור העובדה שהיא דוגלת בלמידה חדשנית ובמחקר. לאחר הצגת הרציונל ופירוט תוכנית ההתערבות לשנת הלימודים ניתן אישור מטעמה להתחיל במחקר. אוכלוסיית המחקר מנתה 106 בנות משתי כיתות א (57 בנות)

ומשתי כיתות ב (49 בנות). למחקר ניתן אישור מטעם המדען הראשי של משרד החינוך. במאמר תוצג תוכנית הלימודים שפותחה במיוחד למחקר הנוכחי.

תוכנית הלימודים מוזימטיקה לכיתות א-ב

תוכנית הלימודים בנושא חוקיות יושמה בשתי כיתות א ובשתי כיתות ב במשך עשרה שיעורים משולבים של מוזיקה ומתמטיקה. המשתתפות במחקר הן תלמידות ללא כל רקע מוזיקלי וכמו כן, בשנת הלימודים שבה נערך המחקר לא התקיימו שיעורי מוזיקה בבית הספר. לפיכך, החוקרת קבעה ששני השיעורים הראשונים יוקדשו אך ורק ללימוד מוזיקה. לאחר מתן בסיס של שני שיעורים ניתן היה להתקדם בשילוב התחומים מוזיקה ומתמטיקה. כל שיעור, החל מהשיעור השלישי, נפתח בשיר בוקר ולאחריו נערכה פעילות מוזיקלית בנושא חוקיות על ידי לימוד שיר או יצירה, ניתוח המאפיינים המוזיקליים שלהם והקבלתם לחוקיות מתמטיות. נוסף על כך, בכל שיעור התלמידות התנסו בנגינה במטלופונים ובתנועה במרחב. לאחר הפעילות המוזיקלית שארכה 20 דקות נעשה החיבור בכיתה לתוכן המתמטי המקביל במתמטיקה. התלמידות למדו לזהות וליצור דגמים חוזרים ומתפתחים ולמדו לזהות וליצור סימטריה שיקופית. פעילות מתמטית זו ארכה גם היא 20 דקות ובדקות האחרונות של השיעור נעשה סיכום של התוכן הנלמד בשירה ובתנועה. בכל שיעור נערך שיח כיתתי, שכלל מתן דוגמאות של תלמידות עמיתות במתמטיקה ובמוזיקה וכך ניתן היה להעשיר ולהגדיל את כיווני המחשבה של התלמידות בשני התחומים. המורה הקפידה לחבר בין התחומים ולקשר את השיר או את היצירה שנלמדו בשיעור לחוקיות מתמטיות באופן מפורש.

בכל שיעור התלמידות התנסו בנגינה במטלופונים, בתנועה במרחב, בשירה ובהאזנה למוזיקה. נוסף על כך, בשבעה מתוך עשרה שיעורים שהתקיימו ניתנו לתלמידות דפי עבודה מתמטיים שבאמצעותם הן תרגלו את התוכן הנלמד באותו שיעור. דפי העבודה נאספו ונבדקו בתום כל שיעור לצורך בקרה ומעקב אישי אחר התלמידות. המעקב המוזיקלי אחר התקדמות התלמידות נעשה בשלוש נקודות זמן – בתחילת התוכנית (שיעור 3-4), באמצע התוכנית (שיעור 5-6) ולקראת סוף התוכנית (שיעור 8-9). כל תלמידה המציאה בתורה מנגינות שיש

בהן חוקיות וניגנה אותן במטלופון. המנגינות הוקלטו ונותחו לצורך בקרה ומעקב אישי אחר התלמידות. בלוח 1 מובאת תמצית תוכנית הלימודים מוזימטיקה לכיתות א-ב שפותחה למחקר זה.

לוח 1: תוכנית הלימודים מוזימטיקה לכיתות א-ב

שיעור	מוזיקה	מתמטיקה
2-1	שיר דו-רה-מי מתוך המחזמר צלילי המוזיקה . ריתמיקה – הליכה, ריצה, קפיצה, תגובה בתנועה למנגינה עולה, מנגינה יורדת ומנגינה נשארת במקום פידל פאדל מאת לירוי אנדרסון	
4-3	שיר הפסנתר מאת נעמי שמר : מבנה של בית ופזמון א-ב-א-ב באך: סוויטה לחליל ותזמורת מס' 2 בסי מינור, רונדו המצאת מנגינות חוזרות, במטלופון	דגמים חוזרים בצורות ובמספרים: זיהוי, הבנת החוקיות ויצירה של דגמים חדשים
6-5	ארץ ישראל שלי מאת דתיה בן דור שיר מתפתח המצאה של מנגינות מתפתחות ואלתור בכלי הקשה. המצאת מנגינות חוזרות ומתפתחות במטלופון	דגמים חוזרים ומתפתחים בצורות ובמספרים: זיהוי, הבנת החוקיות ויצירה של דגמים חדשים
9-7	שיר עם צרפתי פררה ז'אק חבר חדש בראי מאת דתיה בן דור סן-סנס – הפסנתרן מתוך קרנבל החיות המצאת מנגינות עם שיקוף	סימטריה שיקופית בציר: זיהוי, ציור קו השיקוף, יצירה של ציורים חדשים עם סימטריה שיקופית
10	מנגינות חוזרות, מנגינות מתפתחות, מנגינות עם שיקוף	דגמים חוזרים, דגמים מתפתחים וסימטריה שיקופית

להלן פירוט תוכנית הלימודים מוזימטיקה לכיתות א-ב שפותחה למחקר זה.

שיעור 1

מטרת השיעור: היכרות עם סולם דו מז'ור, זיהוי צלילים עולים, יורדים או חוזרים על עצמם.

נושאי השיעור: שיר התווים דו-רה-מי מתוך המחזמר **צלילי המוזיקה** (מילים: אוסקר המרשטיין, לחן: אוסקר המרשטיין וריצ'ארד רוג'רס, תרגום: אבי קורן), היכרות וזיהוי של צלילים עולים, יורדים וחוזרים על עצמם (נשארים במקום).

א. המורה מניחה מטלופון במרכז החדר ומכירה לתלמידות את שפת המוזיקה – סולם דו מז'ור. המורה מלמדת את שמות צלילי הסולם, מדגימה את אופן כתיבתם בחמשה על הלוח ומצרפת את תנועות קראון על פי שיטת קודאי (Wheeler & Raebeck, 1985). התלמידות שרות את הסולם בעלייה ובירידה תוך התנסות בנגינה במטלופון (ראו איור 1).

ב. המורה שרה את שיר התווים דו-רה-מי מתוך המחזמר צלילי המוזיקה ובכל פעם שמופיע צליל היא מנגנת אותו במטלופון. לאחר כמה חזרות התלמידות מצטרפות בשירה של שמות התווים.

ג. עבודה בקבוצות: כל ארבע בנות יושבות סביב מטלופון. כל תלמידה בתורה מנגנת את הסולם דו מז'ור יחד עם השיר.

ד. משחק ריתמיקה: התלמידות נעות במרחב החדר בהליכה, בריצה קלה או בקפיצה בהתאם לנגינת המורה בגיטרה. נוסף על כך, התלמידות מגיבות בתנועת ידיים למנגינה עולה (הידיים עולות), למנגינה יורדת (הידיים יורדות) או למנגינה שחוזרת על עצמה (הידיים נשארות באותו גובה).



איור 1: סולם דו מז'ור בעלייה ובירידה

שיעור 2

מטרת השיעור: היכרות עם סולם דו מז'ור, זיהוי צלילים עולים, יורדים או חוזרים על עצמם ולימוד מבנה של יצירה מוזיקלית עם פזמון חוזר (רונדו).

נושאי השיעור: שיר התווים דו-רה-מי מתוך המחזמר **צלילי המוזיקה** (מילים: אוסקר המרשטיין, לחן: אוסקר המרשטיין וריצ'ארד רוג'רס, תרגום: אבי קורן), היכרות וזיהוי של צלילים עולים, יורדים וחוזרים על עצמם (נשאים במקום). היצירה **פידל פאדל** מאת לירוי אנדרסון.

- א. חזרה על סולם דו מז'ור ועל השיר דו-רה-מי מתוך צלילי המוזיקה.
- ב. חזרה על משחק ריתמיקה במרחב – הליכה, ריצה או קפיצה לפי צלילי הגיטרה ותגובה בתנועה למנגינה עולה, למנגינה יורדת ולמנגינה נשארת במקום.
- ג. **פידל פאדל** מאת לירוי אנדרסון: השמעת היצירה וביצוע תנועות מראה בהקשר לחג החנוכה. היצירה מורכבת משלושה חלקים, כאשר חלק א חוזר על עצמו כפזמון חוזר ובין הפזמונים מופיעים חלקים ב ו-ג.
- ד. השמעה נוספת של היצירה **פידל פאדל**, ביצוע תנועות מראה בהקשר לחג החנוכה בתוספת של תמונות המוקרנות בהתאם לחלקים השונים ביצירה. המורה מחלצת מהתלמידות תובנות לגבי מיפוי מבנה היצירה לפי תמונות, לפי אותיות ולפי צורות ומסכמת כי היצירה בנויה בדגם של א ב א ג א (רונדו במוזיקה, ראו איור 2).



איור 2: מבנה היצירה **פידל פאדל** מאת לירוי אנדרסון בתמונות, באותיות ובצורות

שיעור 3

מטרת השיעור: היכרות עם סולם דו מז'ור, זיהוי צלילים עולים, יורדים או חוזרים על עצמם, למידת מבנה של שיר הכולל בתים ופזמון חוזר, זיהוי ויצירת דגמים חוזרים במוזיקה ובמתמטיקה.

נושאי השיעור: היכרות וזיהוי של צלילים עולים, יורדים וחוזרים על עצמם (נשארים במקום) ושל **שיר הפסנתר** מאת נעמי שמר, דגמים חוזרים בצורות ובאותיות.

- א. חזרה על סולם דו מז'ור ועל משחקי ריתמיקה במרחב.
- ב. **שיר הפסנתר** מאת נעמי שמר: לימוד פזמון השיר. שיחה והסבר על מבנה השיר – השיר בנוי משלושה בתים ושלושה פזמונים. ייצוג מבנה השיר בצורות והבנת החוקיות שבו (ראו איור 3).
- ג. היכרות עם דגמים חוזרים במתמטיקה בצורות והבנת החוקיות שלהם.
- ד. יצירת דגמים חוזרים במטלופון – כל תלמידה בתורה ממציאה מנגינה שיש בה חוקיות.
- ה. דף עבודה מתמטי בנושא דגמים חוזרים (ראו איור 4).

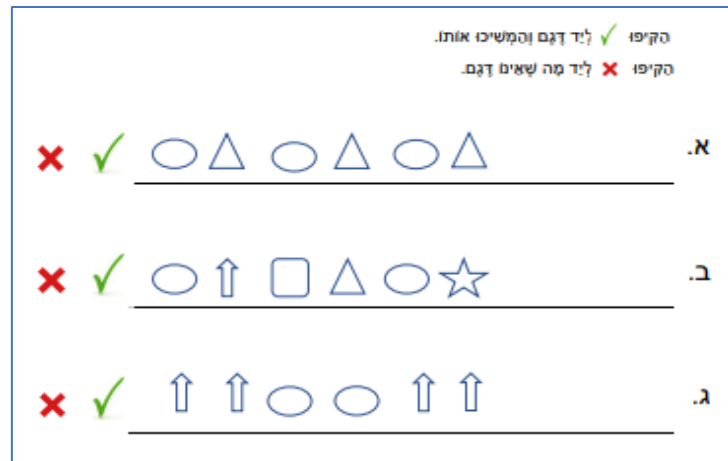
שיר הפסנתר - נעמי שמר



ב' א' ב' א' ב' א'

● ■ ● ■ ● ■

איור 3: מבנה **שיר הפסנתר** מאת נעמי שמר באותיות ובצורות



איור 4: דוגמה מתוך דף עבודה בנושא דגמים חוזרים

שיעור 4

מטרת השיעור: למידה של דגמים חוזרים במוזיקה ובמתמטיקה. למידת מבנה של יצירה הכוללת פזמון חוזר (רונדו), זיהוי ויצירת דגמים חוזרים במוזיקה ובמתמטיקה.

נושאי השיעור: היכרות וזיהוי של צלילים עולים, יורדים וחוזרים על עצמם (נשארים במקום),

שיר הפסנתר מאת נעמי שמר (חזרה), רונדו מתוך **סוויטה לחליל ותזמורת** מאת יוהן סבסטיאן באך ולמידת דגמים חוזרים בצורות ובאותיות.

א. חזרה על סולם דו מז'ור, על משחקי ריתמיקה במרחב ועל שיר הפסנתר כולל הניתוח המבני שלו.

ב. רונדו מתוך **הסוויטה לחליל ותזמורת** מאת יוהן סבסטיאן באך: השמעת היצירה וביצוע תנועות מראה. בהאזנה שנייה בזמן ביצוע התנועות המורה מקרינה על הלוח צורות בהתאם לחלקים השונים ביצירה. המורה מחלצת מהתלמידות תובנות לגבי מיפוי מבנה היצירה לפי אותיות וצורות ומסכמת כי היצירה בנויה בדגם של א ב א ג א.

ג. המשך היכרות עם דגמים חוזרים במתמטיקה בצורות והבנת החוקיות שלהם.

ד. יצירת דגמים חוזרים במטלופון – כל תלמידה בתורה ממציאה מנגינה שיש בה חוקיות (דוגמאות למנגינות עם חוקיות ראו באיור 5).

ה. דף עבודה מתמטי בנושא דגמים חוזרים ויצירת דגמים באמצעות מדבקות של עיגולים, ריבועים וכוכבים (ראו איור 6).



איור 5: דוגמאות למנגינות עם חוקיות של דגם חוזר

צרו דגמים שונים בעזרת המדבקות.

א. _____

ב. _____

איור 6: דוגמה מתוך דף עבודה בנושא דגמים חוזרים

שיעור 5

מטרת השיעור: למידת מבנה של דגם מתפתח במוזיקה ובמתמטיקה. שיר הכולל שורות שמתווספות, זיהוי ויצירת דגמים מתפתחים במוזיקה ובמתמטיקה.

נושאי השיעור: למידת השיר **ארץ ישראל שלי** מאת דתיה בן דור ודגמים מתפתחים בצורות ובמספרים.

א. חזרה על סולם דו מז'ור, על משחקי ריתמיקה במרחב ועל הפעילות בתנועה של הרונדו

מתוך **הסוויטה לחליל ותזמורת** מאת יוהן סבסטיאן באך.

ב. למידת שיר חדש – **ארץ ישראל שלי** מאת דתיה בן דור בתנועה. הבנות ממציאות

תנועות לכל חלק שמתווסף בשיר: בית, עץ, כביש, גשר ושיר. ניתוח מבנה השיר של

דגם מתפתח (ראו איור 7).

ג. היכרות עם דגמים מתפתחים בצורות ובמספרים.

ד. דף עבודה מתמטי בנושא דגמים מתפתחים (ראו איור 8).



איור 7: איורים המתארים את ההצטרבות בשיר **ארץ ישראל שלי**



איור 8: דוגמה מתוך דף עבודה בנושא דגמים מתפתחים

שיעור 6

מטרת השיעור: המשך למידת מבנה של דגם מתפתח במוזיקה ובמתמטיקה. שיר הכולל

שורות שמתווספות, זיהוי ויצירת דגמים מתפתחים במוזיקה ובמתמטיקה.

נושאי השיעור: אלתור מוזיקלי מתפתח בכלי הקשה, חזרה על השיר **ארץ ישראל שלי** מאת

דתיה בן דור ודגמים מתפתחים בצורות ובמספרים.

א. חזרה על סולם דו מז'ור, על משחקי ריתמיקה במרחב השירים שנלמדו עד שלב

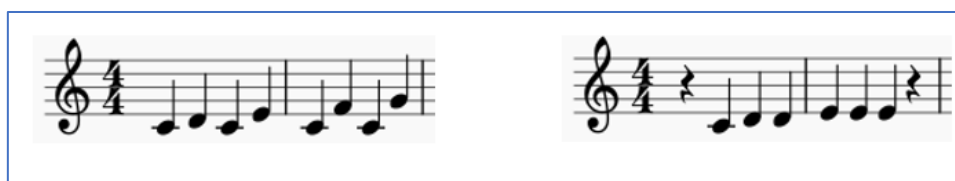
זה.

ב. אלתור בכלי הקשה – מחלקים סוגים שונים של כלי הקשה לכל תלמידה. המורה מנצחת על התלמידות ומצרפת לפי התור קבוצות של כלי הקשה. המנגינה מתפתחת בכמות הכלים המנגנים ובעוצמה.

ג. המורה מזמינה תלמידה שתנצח במקומה על תזמורת כלי ההקשה.

ד. המצאה של דגמים מתפתחים במטלופון (ראו איור 9).

ה. תזכורת של דגמים מתפתחים במתמטיקה ומענה על דף עבודה בנושא של דגמים חוזרים ומתפתחים. התלמידות התבקשו ליצור דגמים מהצורות עיגול, משולש ומלבן (ראו איור 10).



איור 9: דוגמאות למנגינות עם התפתחות

צִירוּ דָגְמִים שׁוֹנִים וְהִשְׁתַּמְשׁוּ ב- □ △ ○

א. _____

ב. _____

איור 10: דוגמה מתוך דף עבודה בנושא דגמים חוזרים ומתפתחים

שיעור 7

מטרת השיעור: למידת סימטריה שיקופית בגיאומטריה והאופן שבו היא באה לידי ביטוי במוזיקה.

נושאי השיעור: משחקי מראה בזוגות, שיקוף מוזיקלי במנגינות עולות ויורדות, סימטריה שיקופית בצורות ומציאת קו השיקוף.

א. משחקי מראה: המורה מבקשת מהתלמידות לדמיין שיש בינה לבינן מראה. המורה מבצעת תנועות והילדות חוזרות אחריה בחיקוי תנועתי. בהמשך המורה מזמינה תלמידה שתחליף אותה. התלמידה מבצעת תנועות והילדות חוזרות אחריה בחיקוי תנועתי.

ב. שיקוף מוזיקלי: המורה מדגימה על הלוח סולם מוזיקלי של דו מז'ור בעלייה ובירידה ומדגימה לילדות היכן נמצא קו השיקוף (ראו איור 11).

ג. המורה מנגנת מנגינה קצרה במטלופון ומבקשת מהתלמידות להמשיך את המנגינה בשיקוף. לדוגמה: המורה מנגנת "דו-רה-מי" והתלמידה תשקף "מי-רה-דו". המורה תדגיש שמנגינה שמשתקפת היא מנגינה שמנוגנת מהסוף להתחלה.

ד. למידת שיר חדש: **חבר חדש בראי** מאת דתיה בן דור. שירה והמחזה של השיר בזוגות.

ה. המורה מדגימה זוגות של צורות ומבקשת מהתלמידות לזהות אם מדובר בסימטריה שיקופית. אם התלמידות זיהו שיש סימטריה שיקופית הן יתבקשו לצייר את קו השיקוף.

ו. עבודה בקבוצות עם לוחות מחיקים. אחת התלמידות מציירת ציור והשנייה משקפת אותו ומציירת את קו השיקוף.



איור 11: סולם דו מז'ור בעלייה ובירידה. קו השיקוף מסומן

שיעור 8

מטרת השיעור: המשך למידת סימטריה שיקופית בגיאומטריה ובמוזיקה.

נושאי השיעור: משחקי מראה בזוגות, שיקוף מוזיקלי במנגינות עולות ויורדות, סימטריה

שיקופית בצורות ומציאת קו השיקוף, שיר עם צרפתי עממי **פרה ז'אק**.

א. חזרה על השיר **חבר חדש בראי**.

ב. משחקי מראה: חזרה על שיעור שעבר - המורה מבצעת תנועות והילדות חוזרות

אחריה בחיקוי תנועות.

ג. למידת שיר עממי צרפתי **חדש פרה ז'אק** (ראו איור 12). המורה שרה ומבצעת

תנועות והילדות חוזרות אחריה בחיקוי תנועות ובשירה. בהמשך המורה מזמינה

תלמידה שתחליף אותה. התלמידה מבצעת תנועות והילדות חוזרות אחריה בחיקוי

תנועות.

ד. הילדות מתחלקות לזוגות. מספרי 1 ממציאות תנועה למשפט המוזיקלי הראשון

(**פרה ז'אק**) ומספרי 2 חוזרות בחיקוי תנועות (**פרה ז'אק**). כך בהמשך השיר

מספרי 1 ממציאות תנועה ומספרי 2 מחקות את התנועה בהתאם למוזיקה.

ה. מתחלפות בתפקידים. מספרי 2 קובעות את התנועה שתתאים לכל משפט מוזיקלי

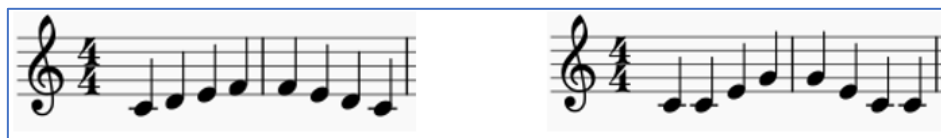
ומספרי 1 חוזרות אחריהן בחיקוי תנועות.

ו. המצאת מנגינות משתקפות במטלופון (ראו איור 13).

ז. תזכורת של צורות בסימטריה שיקופית ומציאת קו השיקוף. עבודה בדף עבודה בנושא זה (ראו איור 14).



איור 12: שיר עממי צרפתי פרה ז'אק



איור 13: דוגמאות למנגינות עם שיקוף



איור 14: דוגמה מתוך דף עבודה בנושא סימטריה שיקופית

שיעור 9

מטרת השיעור: המשך למידת סימטריה שיקופית בגיאומטריה ובמוזיקה.

נושאי השיעור: משחקי מראה בזוגות, שיקוף מוזיקלי במנגינות עולות ויורדות, סימטריה

שיקופית בצורות ומציאת קו השיקוף, הפסנתרן מתוך **קרנבל החיות** מאת סן-סנס.

א. משחקי מראה: חזרה על השיעור הקודם - המורה מבצעת תנועות והילדות חוזרות

אחריה בחיקוי תנועות. חזרה על השירים **חבר חדש בראי ופררה ז'אק**.

ב. סן-סנס, הפסנתרן מתוך **קרנבל החיות**: המורה מקרינה פרטיטורה גרפית על הלוח

ועוקבת עם המוזיקה אחר קו המתאר של המנגינה (ראו איור 15).

את קו המתאר של המנגינה באוויר. בתום היצירה המורה מדגימה את קווי השיקוף

ומבקשת מהתלמידות להמשיך ולזהות היכן המנגינות משתקפות. בהמשך המורה

תבקש בכל פעם מתלמידה אחרת להגיע ללוח ולעקוב אחרי קו המתאר של המנגינה

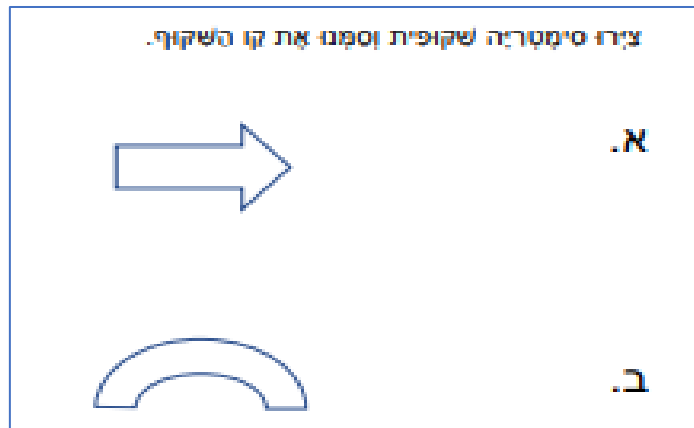
המשתקפת.

ה. תזכורת של צורות בסימטריה שיקופית ומציאת קו השיקוף. עבודה בדף עבודה בנושא

זה (ראו איור 16).



איור 15: פרטיטורה גרפית: סן-סנס, הפסנתרן מתוך **קרנבל החיות**



איור 16: דוגמה מתוך דף עבודה בנושא סימטריה שיקופית

שיעור 10

מטרת השיעור: חזרה על דגמים חוזרים ומתפתחים ועל סימטריה שיקופית במתמטיקה ובמוזיקה.

נושאי השיעור: חזרה על השירים והיצירות שנלמדו בתוכנית.

בשיעור זה נערכת חזרה על השירים והיצירות שנלמדו בתוכנית. המורה תזכיר את הקשרים המפורשים בין דגמים חוזרים ומתפתחים במוזיקה ובמתמטיקה וכן בין מנגינה שמנוגנת הלוך וחזור לסימטריה שיקופית.

סיכום והצעות להמשך

במאמר זה הוצגה תוכנית חדשנית רב-תחומית ללימוד חוקיות מוזיקלית ומתמטית בקרב תלמידות בכיתות א-ב במטרה לפתח חשיבה בנושא חוקיות וחשיבה רב-תחומית. התלמידות השתתפו בשיעורים רב-תחומיים, שכללו הקנייה מוזיקלית של שירים ויצירות עם חוקיות (בית ופזמון, רונדו, מבנה א-ב-א או מנגינה עם סימטריה שיקופית) ולמדו לקשר ידע מוזיקלי זה באופן מפורש לחוקיות מתמטית (דגמים, סדרות וסימטריה שיקופית). במהלך השיעורים התלמידות עבדו בדפי עבודה מתמטיים והמציאו מנגינות עם חוקיות מוזיקלית במטלופון.

תוכנית רב-תחומית זו מבוססת על מחקר קודם המקשר מוזיקה ומתמטיקה באופן מפורש בקרב תלמידים בכיתות ג-ד (Azaryahu et al., 2020; Azaryahu & Adi-Japha, 2022; Azaryahu et al., 2023). במחקר הנוכחי נעשתה התאמה של התוכן הנלמד במוזיקה ובמתמטיקה לתלמידי כיתות א-ב, כך שתוכנית הלימודים התמקדה בלימוד הבסיס המוזיקלי (כגון סולם התווים, כיוויות המלודיה, מבנה מוזיקלי) והמתמטי (דגמים וחוקיות בצורות ובמספרים וסימטריה שיקופית) בנושא חוקיות. תוכנית זו מרחיבה את אופקי התלמידות ומאפשרת להן לעסוק בנושאים דגמים וחוקיות בהיבטים מתמטיים ומוזיקליים. ישנו פוטנציאל לשיפור הישגי התלמידות ולפיתוח החשיבה היצירתית שלהן בשני תחומי הדעת. עם זאת, הקושי בבניית תוכנית מעין זו הוא מציאת קווי ההשקה המדויקים בין נושאים מתמטיים לנושאים מוזיקליים והתאמת תוכני הלימוד באופן מפורש, ברור וחד-משמעי לתלמידות. ניתן להעריך את הצלחת התוכנית על פי הקריטריונים שקבעו גילפורד וטורנס (Guilford, 1967; Torrance, 1969; 1973) ובכך למדוד את פיתוח מרכיבי החשיבה היצירתית לאורך זמן: שטף, גמישות, מקוריות ועיבוד.

היתרונות של התוכנית מבחינת פיתוח חשיבה של דגמים וחוקיות ופיתוח חשיבה רב-תחומית באופן כללי ייבחנו בהמשך במחקר שיטתי. ניתן ליישם תוכנית רב-תחומית זו בקרב תלמידי כיתות א-ב בשדה החינוך המוזיקלי והמתמטי. פיתוח עתידי של התוכנית יוכל להתמקד מצד אחד בגילים צעירים יותר (גני טרום-חובה וחובה) ומצד שני בגילים בוגרים יותר (כיתות ה ומעלה). מחקרי המשך באוכלוסיות מגוונות יוכלו לשפוך אור על היתרונות הגלומים בהוראה רב-תחומית, המפתחת את החשיבה המוזיקלית והמתמטית.

רשימת מקורות

הרשקוביץ, ש' וקלזר, ר' (2005). הוראה והערכה של "שאלות פתוחות לחלוטין". *מספר חזק*, 10, 2000, 52-46.

Amabile, T.M. (1988). A model of creativity and innovation in organizations. *Research in Organizational Behavior*, 10(1), 123-167.

Amabile, T. (1996). *Creativity in context: Update to the social psychology of creativity*. Westview Press.

An, S. A., & Tillman, D. A. (2015). Music activities as a meaningful context for teaching elementary students mathematics: A quasi-experiment time series design with random assigned control group. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3(1), 45-60.

Azaryahu, L., Courey, S. J., Elkoshi, R., & Adi-Japha, E. (2020). 'MusiMath' and 'Academic Music'—Two music-based intervention programs for fractions learning in fourth grade students. *Developmental Science*, 23(4), e12882.

Azaryahu, L., & Adi-Japha, E. (2022). "MusiMath"—A music-based intervention program for learning patterns and symmetry. *The Journal of Experimental Education*, 90(2), 319-343.

Azaryahu, L., Broza, O., Cohen, S., HersHKovitz, S., & Adi-Japha, E. (2023). Development of creative thinking patterns via math and music. *Thinking Skills and Creativity*, 101196.

Beghetto, R., & Kaufman, J. (2010). *Nurturing creativity in the classroom*. Cambridge University Press.

- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. McGraw-Hill Book Company.
- Guilford, J. P. (1973). *Characteristics of creativity*. Illinois State Office of the Superintendent of Public Instruction, Gifted Children Section.
- Hallam, S. (2016). The impact of actively making music on the intellectual, social and personal development of children and young people: A summary. *Voices: A World Forum for Music Therapy*, 16(2).
<https://voices.no/index.php/voices/article/view/2310/2065>
- Hallam, S., & Himonides, E. (2022). *The power of music: An exploration of the evidence*. Open Book Publishers.
- Kaufman, J. C., & Baer, J. (2012). Beyond new and appropriate: Who decides what is creative? *Creativity Research Journal*, 24(1), 83-91.
- Leikin, R. (2009). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. *Creativity in Mathematics and the Education of Gifted Students*, 9, 129-145.
- McWilliam, E. (2007). Is creativity teachable? Conceptualising the creativity/pedagogy relationship in higher education. In *Proceedings of the 30th HERDSA Annual Conference* (pp. 1-8). Higher Education Research and Development Society of Australasia Inc.
- Murdock, M. C. (2003). The effects of teaching programmes intended to stimulate creativity: A disciplinary view. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 47(3), 339-357.
- Nahum, J. (2022). 21st Century skills: Education & values, academy, community and research development and implementation of the EACH Program. *Journal of Education and Learning*, 11(2), 95-103.

- Nemiro, J., Larriva, C., & Jawaharlal, M. (2017). Developing creative behavior in elementary school students with robotics. *The Journal of Creative Behavior*, 51(1), 70-90.
- OECD Education 2030; UN 2030 Global Goals for Sustainable Development (SDGs). (2018). *The future of education and skills Education 2030*. [http://www.oecd.org/education/2030-project/contact/E2030_Position_Paper_\(05.04.2018\).pdf](http://www.oecd.org/education/2030-project/contact/E2030_Position_Paper_(05.04.2018).pdf)
- OECD. (2019). PISA 2021 Creative Thinking Framework (Third Draft).
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). When the music's over. Does music skill transfer to children's and young adolescents' cognitive and academic skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 20, 55-67.
- Sawyer, R. K. (2011). What makes good teachers great? The artful balance of structure and improvisation. *Structure and Improvisation in Creative Teaching*, 1-24.
- Schleicher, A. (2018), World Class: How to Build a 21st-Century School System, Strong Performers and Successful Reformers in Education, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264300002-en>
- Scott, G., Leritz, L. E., & Mumford, M. D. (2004). The effectiveness of creativity training: A quantitative review. *Creativity Research Journal*, 16(4), 361-388.
- Silver, E. A. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *Zdm – Mathematics Education*, 29(3), 75-80.

Torrance, E. P. (1969). *Creativity*. What Research Says to the Teacher, Series, No. 28.

Wheeler, L., & Raebeck, L. (1985). *Orff and Kodaly adapted for the elementary school* (3rd ed.). W. C. Brown

Webster, P. R. (1990). Creativity as creative thinking. *Music Educators Journal*, 76(9), 22-28.