

STEM בין-תחומי מקדם הוגנות

גישת החינוך STEM בין-תחומי מקדם הוגנות בבתי הספר היסודיים



גישת החינוך STEM בין-תחומי מקדם הוגנות בבתי הספר היסודיים

צוות כתיבה

עדי מרום, ד"ר גילמור קשת-מאור, בילי פרידמן, מוריה טלמור, אסתר רוזן-צמח, נעמי פגיר, אפרת גרינר
כתיבת פרק תכנון סביבת למידה המקדמת STEM: בילי פרידמן, מיקי אריאן-כדריה, סיגל ירמיהו, ד"ר ענת מור-אבי,
עדי מרום, אפרת גרינר

צוות היגוי

אגף א' מדעים, המזכירות הפדגוגית: ד"ר גילמור קשת-מאור, בילי פרידמן, ד"ר נורית הוכברג, עופרה שפר
אגף א' יסודי, המנהל הפדגוגי: חנה ללוש, מוריה טלמור ואסתר רוזן-צמח
התוכנית הלאומית לפריפריה, מנהל החינוך הטכנולוגי: נעמי פגיר ורמי נייפריס
אגף בכיר מיפוי ותכנון, מנהל פיתוח: מיקי אריאן-כדריה וסיגל ירמיהו
ג'וינט אשלים: מיכל אטינגר ועדי מרום
עמותת אופנים: אלי דרור, יפעת קלמרו ואפרת גרינר

יועצים

ד"ר ניר פלג, ד"ר רוחמה ארנברג (ממונה על תוכניות לימודים במדעים, אגף מדעים), ד"ר ענת מור-אבי (אדריכלית פדגוגית)

ברצוננו להודות לשותפים הבאים שתרמו רבות במהלך השנים לפיתוח הגישה החינוכית:

מרכז המורים הארצי למדע ולטכנולוגיה בחינוך היסודי, אוניברסיטת תל אביב: ד"ר מירי דרסלר, גיא גרובס וצוות המרכז
מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד בירושלים: ד"ר מיה הלוי, ד"ר חגית טישלר, אתי אורן
מכון דוידסון לחינוך מדעי: ד"ר נעמה בר-און
לימור בן שיטריה, ליאת שני, קרן דגן

עריכה גרפית: אוסו באיו

תוכן עניינים

4	1. שער ראשון: מבוא ועקרונות בגישת החינוך STEM בין-תחומי
5	1.1 רציונל
6	1.2 גישת החינוך STEM בין-תחומי
8	1.3 למידה בין-תחומית בתחומי ה-STEM
9	1.4 מאפיינים לתהליכי ההוראה-למידה-הערכה של STEM בין-תחומי
10	2. שער שני : מיומנויות הליבה בגישת STEM ותהליך הלמידה
11	2.1 אוריינות מדעית
12	2.2 אוריינות הנדסית-טכנולוגית
14	2.3 אוריינות מתמטית ודרכים ליישום מיטבי בגישת STEM
18	2.4 תהליך הלמידה
19	2.5 פעולות בהוראת חקר מדעי ותכן הנדסי משולב
25	3. שער שלישי: הוגנות בלמידת STEM
26	3.1 תפיסת ההוגנות בחינוך
30	3.2 פרקטיקות מקדמות הוגנות בגישת STEM
37	4. שער רביעי: עקרונות ודרכים ליישום מיטבי של גישת החינוך ל-STEM בין-תחומי מקדם הוגנות
38	4.1 עקרונות ודרכים ליישום מיטבי בזירות השונות של בית הספר היסודי
43	5. שער חמישי: בתי ספר מקדמי STEM
44	5.1 ייחודיות בית ספרית – STEM בין-תחומי מקדם הוגנות
49	5.2 תהליך ההכרה בייחודיות
50	6. שער שישי: תכנון סביבת למידה מקדמת STEM
51	6.1 מבוא: מטרה והגדרות פדגוגיות ומרחביות
52	6.2 המרכיבים של סביבת עולם אמיתי מקדמת STEM והוגנות
53	6.3 מאפייני גישת STEM
54	6.4 עקרונות פדגוגיים מקדמי הוגנות וביטויים במרחב
58	6.5 עקרונות-על למרחב D-STEM
60	6.6 מהלכים לבחירת טיפוסים
63	6.7 סיכום
67	7. שער שביעי : הוראת STEM בין-תחומי בכיתות א'-ב' בחינוך היסודי
68	7.1 גישת STEM לכיתות א'-ב' בבתי הספר היסודיים: סקירה קצרה של הספרות המחקרית
70	8. שער שמיני: המלצות ודגשים בשילוב שותפים מהמגזר העסקי והמסחרי בפעילויות
71	8.1 המלצות ודגשים בשילוב שותפים מהמגזר העסקי והמסחרי בפעילויות STEM

שער ראשון:

מבוא ועקרונות בגישת החינוך STEM בין-תחומי



1.1 רציונל

משרד החינוך חותר לספק לתלמידי בית הספר היסודי חוויות למידה המזמנות פיתוח ידע, מיומנויות וערכים על פי "תפיסת הלמידה המתחדשת" שהמשרד מוביל.

תפיסה זו מיועדת לתמוך בהתמודדות תלמידים עם סוגיות מגוונות במציאות המשתנה, ובעולם שבו המדע והטכנולוגיה ממלאים חלק מרכזי, גדל והולך. בתפיסת הלמידה המתחדשת התלמידים יוכלו לקבל החלטות מושכלות, לשגשג כפרטים בחברה, לממש את הפוטנציאל שלהם ולעצב את עתידם באופן שיקדם את רווחתם הרגשית והחברתית.

משרד החינוך אגף א' מדעים במזכירות הפדגוגית, אגף א' חינוך יסודי במנהל הפדגוגי והתוכנית הלאומית למצוינות STEM בפריפריה במנהל החינוך הטכנולוגי, מנהל פיתוח סביבות למידה במוסדות חינוך, בשיתוף הג'וינט ועמותת אופנים חברו יחדיו כדי ליצור מיזם משותף הדוגל בגישת החינוך STEM (בין-תחומי מקדם הוגנות (STEM: Science, Technology, Engineering, Mathematics). במשך שלוש שנים (תשפ"ב-תשפ"ד) שקדו על מיזם זה, שמטרתו פיתוח והטמעה של גישה זו בבתי הספר. הגישה מיישמת למידה בין-תחומית בתחומי STEM, ומזמנת פיתוח ידע ומיומנויות STEM לצד פרקטיקות מקדמות הוגנות (ראו פירוט בהמשך).

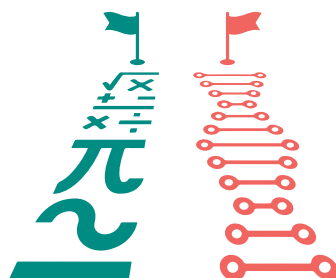
מסמך זה מציג כלי תכנון אסטרטגי, שנועד לתמוך בצוותי החינוך בבתי הספר שבחרו להטמיע את גישת החינוך STEM בין-תחומי מקדם הוגנות, וכמחווה לתכנון ולהערכה של העשייה החינוכית הבית ספרית על פי גישה זו לאורך זמן.

עקרונות בגישת החינוך STEM בין-תחומי

1. תחומי ה-STEM הם תחומי המדע האלה: ביולוגיה, כימיה, פיזיקה, מדעי כדור הארץ ומדעי הסביבה, ולצידם טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה.



2. לפני שניגשים ללמידה הבין-תחומית יש להבנות את הידע במדע ובטכנולוגיה מזה, ובמתמטיקה מזה, ולפי מטרות הלמידה של כל אחד מהתחומים.



3. גישת STEM הבין-תחומית מאפשרת הפעלת הידע בעזרת המיומנויות, ויישומן בהקשר של סוגיה מהעולם האמיתי.



גישת החינוך STEM בין-תחומי

המציאות שבה אנו חיים כיום מאופיינת בגדילה ניכרת ובגלובליזציה של ידע, פיתוח מואץ של טכנולוגיות, רב-תרבותיות ואי ודאות. מגמות אלה מזמינות התמודדות עם אתגרים מורכבים ופתרון בעיות, שהמענה אליהם אינו יכול להתבסס על הסבר פשוט וחד-משמעי.

חינוך בגישת STEM בין-תחומי הוא גישה פדגוגית, שבה התלמידים לומדים את הקשרים ההדדיים בין-תחומי מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה. העדויות מצביעות על כך שיש צורך להגיע ללמידה בגישת STEM עם ידע רלוונטי בתחומי הדעת, ובעיקר במדע ובמתמטיקה, כדי ליהנות מהתועלות הנלוות אליה. גישה זו מספקת תשתית ללמידה שיתופית, פיתוח יכולות חקר מדעי ופתרון בעיות והצגת התיכון ההנדסי לתלמידים.¹

גישת STEM מספקת הזדמנות אותנטית ליישום של ידע לאחר שנלמד באופן דיסציפלינרי. גישת החינוך STEM בין-תחומי מקדמת למידה התנסותית (Hands on, Minds on) המשלבת תוכן, מיומנויות ועמדות בתחומי מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה תוך כדי פתרון סוגיות מהעולם האמיתי. מטרתה של גישה זו להסביר תופעות, לפתור בעיות או לפתח מוצר, באופן שאינו מתאפשר באמצעות תחום דעת אחד בלבד. לדוגמה, התמודדות עם סוגיות שונות מתחומי הבריאות, הסביבה, האנרגיה ושינוי האקלים, מחייבת התייחסות רב-תחומית מתחומי דעת שונים ומבוססת על ידע והבנה על אודות הקשרים שביניהם.

1.2 מיומנויות גישת החינוך STEM בין-תחומי

מדיניות "[תפיסת הלמידה המתחדשת](#)" של משרד החינוך² מכוונת את מערכת החינוך לפיתוח של ידע, מיומנויות וערכים כדי לאפשר ללומדים התמודדות מוצלחת עם אתגרי החיים בחברה הישראלית המשתנה של המאה ה-21 ברמה האישית, החברתית-אזרחית והתעסוקתית. אלה 13 מיומנויות שונות, שמחולקות לארבעה תחומים: קוגניטיבי, רגשי, חברתי וגופני. מתוך המיומנויות הללו, אלה הן המיומנויות המרכזיות בגישת STEM בספרות ובמסמכי המדיניות בעולם:³

- אוריינות מדעית
- אוריינות טכנולוגית-הנדסית⁴
- אוריינות מתמטית
- חשיבה ביקורתית ובכלל זה קבלת החלטות
- חשיבה יצירתית
- אוריינות דיגיטלית
- מודעות עצמית ובכלל זה הכרת העצמי ומסוגלות עצמית

1. STEM integration in K-12 education. (2014). In *National Academies Press eBooks*. <https://doi.org/10.17226/18612>

2. OECD. (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030 Learning Compass 2030*. Accessed 16 January 2022. <https://did.li/cyzzrl>

3. ניתן לקרוא בהרחבה [על המיומנויות מתוך אתר משרד החינוך](#).

4. גישת STEM משלבת גם את האוריינות ההנדסית טכנולוגית על פי מסמכי מדיניות בעולם ובהם ה-NGSS.

- הכוונה עצמית הכוללת ויסות עצמי, הנעה עצמית וחוסן
- מודעות חברתית ורגישות תרבותית
- התנהלות חברתית כוללת תקשורת, עבודת צוות וניהול קונפליקטים
- אוריינות גלובלית כוללת אחריות גלובלית-סביבתית והתנהלות רב-תרבותית

חשיבה יצירתית

אוריינות מתמטית

אוריינות דיגיטלית

חשיבה ביקורתית
קבלת החלטות

אוריינות מדעית/טכנולוגית/הנדסית
שאלת שאלות, פתרון בעיות, התמצאות מדעית, הסבר מדעי של תופעות, תכנון ביצוע והערכת מחקר, פרשנות נתונים



מיומנויות קוגניטיביות

הכוונה עצמית
התמדה, לומד עצמאי

מודעות עצמית
מסוגלות עצמית ותודעת צמיחה



מיומנויות רגשיות

מודעות חברתית
רגישות תרבותית

אוריינות גלובלית
אחריות גלובלית והתנהלות רב תרבותית

התנהלות חברתית
תקשורת, עבודת צוות וניהול קונפליקטים



מיומנויות חברתיות

במדינות רבות בעולם קיים מהלך, שבו הידע חזר להיות המוקד המרכזי בתוכניות הלימודים והמיומנויות משולבות בו בהתאמה לתחומי הדעת.⁵ בהתאם למגמה עולמית זו, יש להדגיש כי בחינוך בגישת STEM בין-תחומי התכנים בתחומי הדעת הם אלו שמובילים את הלמידה, ואילו המיומנויות משולבות בהלימה לפעילות המוצעת בהקשר לתכנים – ולא להפך. כדי ליישם את גישת STEM בין-תחומי באופן מיטבי מומלץ להתמקד בתהליכי חשיבה של חקר ופתרון בעיות הכוללים לפחות את חמש מיומנויות STEM האלה:

אוריינות מדעית, אוריינות מתמטית, אוריינות טכנולוגית והנדסית, עבודת צוות, מסוגלות עצמית. בהמשך מומלץ לפתח גם את המיומנויות האחרות.

Roberts, N. (2021). The school curriculum in England briefing paper. *House of Commons Library* (3-4). 5

1.3 למידה בין-תחומית בתחומי STEM

ידע בין-תחומי מוגדר כיכולת לשלב ידע ודרכי חשיבה של שני תחומי דעת או יותר, כדי ליצור פיתוח חשיבה, כגון הסבר של תופעה, פתרון בעיה או ייצור מוצר בדרך שלא הייתה סבירה אם רק תחום דעת אחד היה מעורב.⁶ שילוב של מדע והנדסה זה עם זה ועם תחומי תוכן אחרים יכול להעצים את הבנת התחומים והקשרים בין המושגים המשותפים. ההבנה, הזיכרון ושליפה עתידית של הידע משתפרים כאשר המושגים מקושרים ומאורגנים ברשת תפיסתית.⁷ יתרה מכך, שילוב ידע ודרכי חשיבה יכול לקדם את כל התחומים, זאת בתנאי שהרעיון או הבעיה המנחים את הלמידה מבוססים על התוכן הייחודי במדע ובמתמטיקה, תואמים את הפרקטיקות בטכנולוגיה ובהנדסה ומותאמים לשלב הגיל. יש לציין כי קיימות גישות שונות להוראת STEM: משרד החינוך מאמץ את הגישה המשתמשת ב-STEM בין-תחומי כיישום של נושאים שנלמדו בתוכניות הלימודים במדע וטכנולוגיה ובמתמטיקה. מסמך זה מתייחס ל-STEM בגישה בין-תחומית כפדגוגיה ליישום ידע בתחומי הדעת השונים, מתוך כבוד לתוכנם הייחודי.

ניתן להשתמש בדרכים הבאות לשילוב (אינטגרציה) בין תחומי דעת:^{8,9}

1. קשרים שטחיים (תוספת או רצף) - שילוב ההקשר בלבד. דיסציפלינה אחת משתמשת

בבעיה או רעיון מדיסציפלינה אחרת כהקשר ללמידה, אבל מנסה להשיג מטרות למידה רק בדיסציפלינה העיקרית. או לחלופין, שני התחומים מסייעים לעסוק בסוגיה, אבל ברצף - לימוד האחד אחרי השני.



1.

2. שילוב חלקי - שילוב של תוכן המכוון להשגת מטרות למידה בשני תחומים או יותר בו-זמנית.

קיימת התייחסות בפעילות הלמידה לשני תחומים או יותר, לעיתים כאשר האחד משמש בתפקיד תומך. התחום המשני מתבטא ברמת החזרה או התרגול.



2.

3. שילוב מלא - הסוגיה המניעה את הלמידה היא בעיה מורכבת או רעיון גדול, ולעיסוק בהם

נחוצים תחומים מרובים. הרעיונות והפרקטיקות משתלבים ככל שהם נעשים שימושיים לעיסוק בסוגיה. כל התחומים העיקריים משולבים בכל שיעור מוביל, פעילות הוראה או פרויקט. זו בדרך כלל סוגיה מהעולם האמיתי, הדורשת שימוש בתחומים מרובים ומשמשת כהקשר הלימודי, אבל התחומים אינם נתמכים באופן מלא.



3.

בפעילות למידה המתבססת על STEM בין-תחומי מתבצע מיזוג בין גישות השילוב השונות והוספת עקרונות פדגוגיים ספציפיים לתחומי הדעת. השיעורים מאורגנים במשכי זמן המתאימים ללימוד הנושאים מתוכניות הלימודים הרלוונטיות לפני ההתנסויות המשלבות כך שכל תחום שומר על ליבת המושגים והפרוצדורות שלו - וגם מתחבר באופן מלא לתחומים האחרים בעזרת מושגים ופרקטיקות חוצים. כך ההתנסויות הלימודיות משלבות שני תחומים או יותר אבל רק כאשר השילוב משרת את מטרות שני התחומים.

6. Boix Mansilla, V., Miller, W. C., & Gardner, H. (2000). On disciplinary lenses and interdisciplinary work. *Interdisciplinary curriculum: Challenges to implementation*, 17-38.

7. Patterson, K., Nestor, P. J., & Rogers, T. T. (2007). Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. *Nature reviews neuroscience*, 8(12), 976-987.

8. Schweingruber, H., Pearson, G., & Honey, M. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>

9. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2022). *Science and Engineering in Preschool Through Elementary Grades: The Brilliance of Children and the Strengths of Educators*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26215>

NRC report, integration STEM מציעים ארבעה עקרונות שיבטיחו חיבור איכותי של מדע והנדסה עם תחומים אחרים, כלהלן:¹⁰

1. הקניה של הידע והמיומנויות בכל אחד מתחומי הדעת, ובין התחומים, תיעשה באופן מפורש בהוראה, בתכנון ובחומרים. ההתנסויות יתמכו במפורש ובמכוון בבניית ידע ומיומנויות התלמידים בתחומי הדעת, ובין התחומים.
2. יש ללמד כל אחד מתחומי הדעת בנפרד, בהתאם לתוכנית הלימודים של תחום הדעת.
3. ידע זה יהווה בסיס ללימוד בין-תחומי.
4. שילוב רב יותר אינו בהכרח טוב יותר. המחקר המשווה בין סוגים שונים של תוכניות לימודים רב-תחומיות מצביע על כך ששילוב בין-תחומי מלא אינו בהכרח טוב יותר בכל המקרים. חשובה התמקדות בהזדמנויות ליישום הוראה רב-תחומית בדרכים שתומכות בתחומי הדעת באופן הדדי זו בזו ולא באופן מאולץ, דבר שיכול לסייע להבטיח שהתלמידים לומדים ומפתחים פרקטיקות בדיסציפלינות המשולבות.
5. תלמידות ותלמידים יעסקו בהתנסויות חקר מדעי ותיכון הנדסי בהקשרים מתחומים שונים. כאשר ההקשר ללמידה משמעותי ועשיר, התלמידים עוסקים בפעילות שמגייסת ומעמיקה את הפרקטיקות, המיומנויות והידע שפותח בחלקים אחרים של היום הבית ספרי ובונים זהויות חיוביות במדע והנדסה.

1.4 מאפיינים לתהליכי הוראה-למידה-הערכה של STEM בין-תחומי

1. קידום ויישום פרקטיקות של חקר מדעי ותיכון הנדסי, המבוססות על סוגיה מהעולם האמיתי, הקשורה לנושאים בתוכנית הלימודים.
2. פיתוח אוריינות מדעית ואוריינות מתמטית.
3. קידום מיומנויות כמו חשיבה יצירתית, עבודת צוות ומכוונות עצמית בלמידה.
4. למידה התנסותית במעבדה ומחוץ לכיתה.
5. לימוד בין-תחומי מיישם ידע ומטפח מיומנויות לפי תוכניות הלימודים במדע ובמתמטיקה. הידע נלמד בנפרד בכל אחד מהתחומים.

Schweingruber, H., Pearson, G., & Honey, M. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. 10 National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>

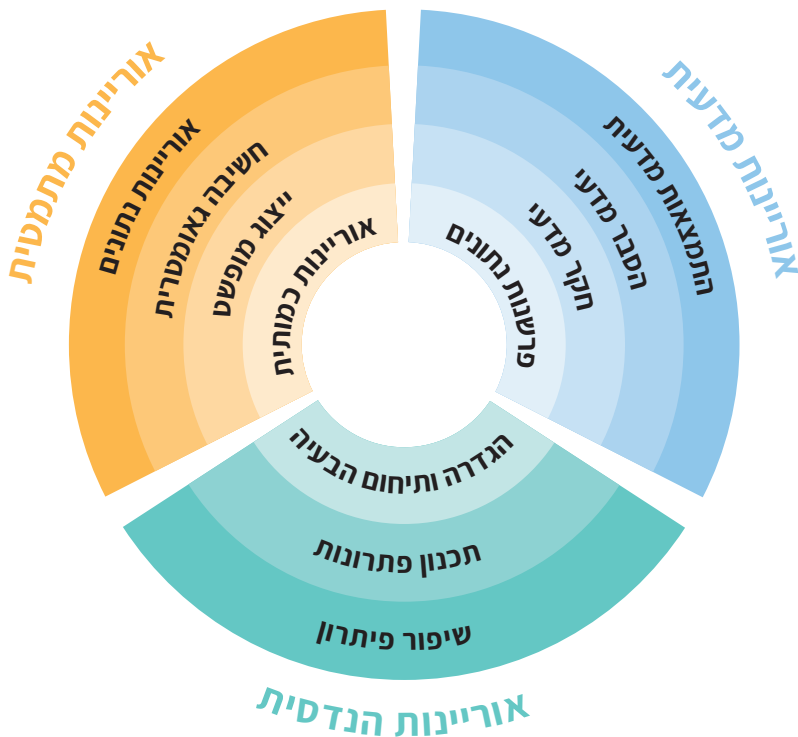
שער שני:

מיומנויות הליבה בגישת STEM ותהליך הלמידה



2. מיומנויות הליבה בגישת STEM ותהליך הלמידה

פרק זה עוסק בהיבטים של הטמעת סוגי האוריינות השונים בתחומי-ה-STEM. בלמידה בין-תחומית, ראשית מלמדים כל תחום דעת בנפרד ורק לאחר מכן מבנים את הידע וההקשרים הבין-תחומיים. בהתאמה לכך, בפרק זה מוצגים סוגי האוריינות בכל תחום דעת בנפרד, ולאחר מכן מוצג תהליך למידה של STEM בין-תחומי ויישומים אינטגרטיביים של התחומים השונים.



2.1 אוריינות מדעית ודרכים ליישום מיטבי בגישת STEM

אוריינות מדעית משמעה היכולת להשתמש בידע, במושגים וברעיונות מדעיים כדי לתאר ולהסביר תופעות, לזהות שאלות לחקירה מדעית, להסיק מסקנות מבוססות ראיות ולהשתמש בנתונים אובייקטיביים ובידע מדעי בהיבטים לימודיים, חברתיים ואישיים, אגב הבנת הרלוונטיות והנחיצות של המדע לחיי היום-יום. יכולת זו מובילה לגיבוש זהות מדעית ומאפשרת חתירה פעילה לצדק חברתי וסביבתי.

אוריינות זו כוללת ארבע יכולות ליבה: התמצאות מדעית, הסבר מדעי של תופעות, תכנון ביצוע והערכת מחקר ופרשנות מדעית של נתונים וראיות.

מאחר שמדע הוא אחד מרכיבי STEM בין-תחומי, הידע המדעי יוביל את המהלך והאוריינות המדעית תשולב בידע (כמו גם האוריינות המתמטית והטכנולוגית-הנדסית). סוגי האוריינות השונים יתפסו מקום מרכזי בסל הידע והמיומנויות שיופעלו במסגרת התוכנית.

דרכים ליישום של אוריינות מדעית ב-STEM

1. התמצאות מדעית - התלמידים והתלמידות מזהים שאלות מדעיות, מכירים מאפיינים של הסברים ותיאורים מדעיות וכן מאפיינים מרכזיים של מחקר מדעי. התלמידים והתלמידות מעריכים דיווחים במדיה על אודות נושאים הקשורים למדע ומזהים היבטים אתיים של ניסויים מדעיים.



2. הסבר מדעי של תופעות - התלמידות והתלמידים משתמשים בידע מדעי לתיאור ולהסבר של תופעות ותהליכים, וכן כדי לנסח ולהעריך טיעון מדעי בהקשרים מגוונים (למשל, בתכנון פרויקטים, בחיזוי תופעות, בקבלת החלטות).



התלמידים מזהים מודלים, בונים אותם, משתמשים בהם ומעריכים אותם ומיישמים חשיבה מערכתית.

3. תכנון, ביצוע והערכה של מחקר מדעי - התלמידים והתלמידות מנסחים, מבצעים ומעריכים מחקר, תצפיות וניסויים, מזהים את מגבלות המחקר והדרכים להתמודד איתן, ומיישמים אמצעים להבטחת מהימנות נתונים ואובייקטיביות של נתונים והסברים. התלמידים לומדים על חשיבות התנהלות ביושרה ובשקיפות בעריכת ניסויים ובדיווח תוצאותיהם.

4. פרשנות מדעית של נתונים - התלמידים והתלמידות רוכשים כלים לניתוח וייצוג נתונים ואת ממצאי החקר המדעי והשלכותיו על הסביבה והחברה, מעריכים ראיות וטענות, משתמשים בחשיבה הסתברותית לצורך הערכת מידת הוודאות של הסבר, תיאוריה או טענה ומזהים את ההשלכות האפשריות של ידע מדעי על סוגיות חברתיות, סביבתיות ומוסריות.



2.2 אוריינות הנדסית וטכנולוגית ודרכים ליישום מיטבי בגישת STEM

אוריינות הנדסית וטכנולוגית

הנדסה היא עיסוק שיטתי בפיתוח פתרונות לבעיות (תיכון או תכן הנדסי, Engineering design). טכנולוגיה כוללת את כל סוגי המערכות והתהליכים מעשה ידי אדם, לא באופן הצר שבו לעיתים משווים טכנולוגיה למחשבים ולאלקטרוניקה. אוריינות הנדסית וטכנולוגית היא היכולת להגדיר בעיות, על ידי ניסוח קריטריונים ואילוצים לפתרונות מקובלים, יצירה והערכה של כמה פתרונות, בניית אבות טיפוס ובדיקתם וייעול פתרון.

טכנולוגיות מתקבלות כאשר מהנדסות ומהנדסים מיישמים את ההבנה שלהם על העולם הטבעי ועל התנהגות בני אדם, כדי לתכנן דרכים למלא את צורכי בני האדם. הטכנולוגיה היא התוצר של ההנדסה. התכן ההנדסי החליף את המונח הישן יותר 'תכן טכנולוגי', ומשמעותו מזוית ההוראה והלמידה היא המחזור הרב-שלבי של תכן המציע את הפוטנציאל הגדול ביותר ליישום ידע מדעי בכיתה ועיסוק בפרקטיקות הנדסיות.

פעולות התכן ההנדסי¹¹

1. הגדרה ותיחום של בעיות הנדסיות – כרוכים בניסוח הבעיה בצורה ברורה ככל האפשר מבחינת קריטריונים להצלחה, אילוצים או מגבלות.



2. תכנון פתרונות לבעיות הנדסיות – מתחיל ביצירת כמה פתרונות אפשריים שונים, ולאחר מכן הערכת פתרונות פוטנציאליים כדי לראות אילו מהם עומדים בצורה הטובה ביותר בקריטריונים ובאילוצים של הבעיה.



3. אופטימיזציה של פתרון התכן – כרוכה בתהליך שבו פתרונות נבדקים ומשוכללים (refined) באופן שיטתי והעיצוב הסופי משתפר על ידי תעדוף והחלפה של תכונות פחות חשובות באלו החשובות יותר. רעיונות אלו אינם בהכרח באים זה אחר זה, בדומה לשלבי החקר המדעי. בכל שלב יכולים פותר או פותרת הבעיות להגדיר את הבעיה מחדש, או לייצר פתרונות חדשים כדי להחליף רעיון שלא עובד.



אפשר לשלב הנדסה עם מדע באופן המקדם שוויון הזדמנויות, על ידי שאילת שאלות ופתרון בעיות בעלות משמעות באמצעות הנדסה בכיתה בהקשרים מקומיים – לדוגמה תכנון מתקן לסינון מים, תכנון ציוד רפואי ומכשירי תקשורת לחירשים. תלמידים מעמיקים כך את הידע המדעי שלהם, לומדים לראות את המדע כרלוונטי לחייהם ולעתידם ועסוקים במדע בהקשר רלוונטי מבחינה חברתית ובדרכים טרנספורמטיביות. מזווית של אוריינות גלובלית, הנדסה מספקת

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. 11 Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>.

הזדמנויות לחדשנות וליצירתיות ברמת בית הספר. זהו תחום חיוני להתמודדות עם אתגרי העולם, וחשיפה לפעילויות הנדסה כמו תחרויות של המצאות יכולה להצית עניין בלימוד מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה ובקריירות עתידיות.

דרכים ליישום של אוריינות הנדסית טכנולוגית ב-STEM

הגדרה ותיחום של בעיות הנדסיות: התלמידים עוסקים בתהליך התכנון והביצוע של תכן הנדסי והערכתו, כולל זיהוי צרכים אנושיים, דרישות מהמוצר ואילוצים, ניסוח בעיה הנדסית, עריכת אפיון הנדסי לרעיון וקביעת קריטריונים להצלחת הפתרון.

תכנון פתרונות לבעיות הנדסיות: התלמידים משתמשים בידע מדעי והנדסי בתכנון פתרונות לסוגיות מורכבות והצדקתם, תוך הפעלה של חשיבה מערכתית, יצירתית וביקורתית.

התלמידים משתמשים במודלים הנדסיים חשיבתיים ומפתחים מודלים כאלה.

התלמידים עוסקים בתהליך התכנון והביצוע של תכן הנדסי והערכתו, בהעלאת רעיונות לפתרונות והערכתם, בבחירת רעיון מתאים, בתכנון בניית הפתרון, בבניית הפתרון והערכתו.

התלמידים מתנהלים ביושרה ובשקיפות תוך הפעלת שיקולים חברתיים ואתיים בקבלת החלטות בכל שלבי התהליך.

אופטימיזציה של פתרון התכן: התלמידים יבחנו את תהליך התכן בכל שלביו ויבדקו את השלכות של התכן ההנדסי ותוצריו על הפרט, החברה והסביבה, תוך התייחסות לסוגיות חברתיות, סביבתיות ומוסריות.

התלמידים ישתמשו בכלים לניתוח נתונים לצורך הסקת מסקנות לשיפור המוצר ולפתרון הבעיות החדשות שנוצרו ולקבלת החלטות מושכלת הנשענת על ראייה מערכתית ורב-תחומית של הבעיה מחד גיסא ושל הפתרון ההנדסי-טכנולוגי מאידך גיסא.

2.3 אוריינות מתמטית ודרכים ליישום מיטבי בגישת STEM

אוריינות מתמטית

אוריינות מתמטית היא היכולת לייצג מצבים ותופעות בשפה מתמטית, וליישם ידע, מיומנויות ואסטרטגיות חשיבה מתמטיים (על אודות נתונים, כמויות, גאומטריה, תבניות) למגוון צרכים בהקשרים לימודיים וחוץ-לימודיים.

אוריינות זו כוללת ארבעה רכיבי ליבה: אוריינות כמותית, ייצוג מופשט, חשיבה גאומטרית ואוריינות נתונים.

מתמטיקה מייצגת את אחד מארבע אבני היסוד של STEM. עם זאת, בחינוך היסודי מתמטיקה לרוב אינה מובילה את למידת ה-STEM הבין-תחומי, אלא מהווה כלי עזר חיוני בתהליך החקר המדעי והתיכון ההנדסי. מתמטיקה מאפשרת הצגה של משתנים והקשר ביניהם וכן מאפשרת ניסוח תחזיות, אישוש תיאוריות ואיתור דפוסים ומתאמים בתוך תהליך החקר המדעי. זאת ועוד, מתמטיקה הכרחית בתהליך התכן ההנדסי כדי להעריך את היעילות של הפתרון ההנדסי לפני בניית האב-טיפוס, ולתמוך בתכנון פתרונות הנדסיים.¹²

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3, 1-11. ¹² <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>



בהקשר הרחב יותר, אפשר לראות את האוריינות המתמטית בתוך מקצועות STEM כיכולת להיעזר במתמטיקה. אנו עושים זאת כשעלינו לקבל החלטות שקולות, לדון לעומק בסוגיות מקומיות וגלובליות ולהבין את השימושיות שלה בחיי היום-יום – וזאת בעולם מלא אי ודאות, ידיעות וחדשות כזב (Fake News).¹³

דרכים ליישום של אוריינות מתמטית ב־STEM

1. אוריינות כמותית: יישום ידע כמותי ומיומנויות חישוב ואומדן לצורך מידול פתרון בעיות במגוון הקשרים. בגישת ה-STEM נשאף למדל מצבים בחיי היום-יום; נסתמך על ידע של כמויות, מספרים ופעולות כדי לאמוד פתרון לבעיה נתונה, ונבדוק את ההיתכנות של הפתרון.



2. תכנון ייצוג מופשט: דרך להבין ולבטא יחסים מופשטים וקשרים בין המוחשי למופשט, ולהשתמש במגוון שיטות ייצוג מתמטיות כדי למדל תופעות ולהסבירן, וכדי לפתור בעיות. בגישת ה-STEM ננסה לייצר הכללה מהמקרה הפרטי לכללי (או ההפך), ולהיעזר בייצוגים מתמטיים, כמו מספרים, תרגילים, גרפים, טבלאות או שרטוטים שיאפשרו לזהות דפוסים ומחזוריות. ננסה גם לנסח חוקיות וכן להבין יחסים המבטאים השוואה, ולהשתמש בהבנה של יחסים מסוג זה בהקשרים מדעיים.



3. חשיבה גאומטרית: מאפשרת להשתמש בידע גיאומטרי לתיאור המרחב ולהתמצאות בו במגוון מצבים והקשרים. בגישת ה-STEM, בעת פיתוח מוצר או שיטת מדידה, נשתמש בשרטוט שבמהלכו נצטרך לזהות צורות גאומטריות ולהכיר את שמן ואת תכונותיה; לדמיין צורות גאומטריות במישור ובמרחב ולשרטטן, כולל היכולת לשרטט מוצר שלם בפרספקטיבות שונות; להשתמש במונחי מיקום וגודל; וכן לזהות את כלי המדידה המתאים ואת יחידות המידה המתאימות, ולדעת למדוד באמצעות הכלי.



4. אוריינות נתונים: מטרתה לאסוף, לארגן, להציג ולפרש נתונים גולמיים ומעובדים, ולעבד נתונים סטטיסטיים לצורך בחינת השערות והסקת מסקנות. בגישת ה-STEM עלינו לעבד נתונים, להציגם ולהסיק מסקנות מתוך המחקר שערכנו. לשם כך עלינו לדעת לייצג נתונים במגוון סוגי גרפים, להכיר וליישם שימוש במדדי מרכז (לדוגמה: ממוצע, שכיח, וחציון) ולהעריך מדוע תוצאות של ניסוי סבירות יותר מתוצאות אחרות.



דגשים להוראת המתמטיקה בתהליך ה־STEM

יש לשים לב, שכאשר מתמטיקה נלמדת בתוך ה-STEM עליה להיעשות כהוראה מפורשת, אחרת תלמידים עלולים לפספס את הפוטנציאל שלה ועלולות להיווצר מיס-קונספציות.^{14, 15} יש צורך לתווך לתלמידים כיצד המושגים והפרקטיקות המתמטיות יכולים לתרום בצורה יעילה להבנה של שאר מקצועות ה-STEM. כמו כן, חשוב לשמור על הוראה של מתמטיקה

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3, 1-8. ¹³ <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>

J. Michael Shaughnessy. (2013). Mathematics in a STEM Context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324. <https://doi.org/10.5951/mathteacmidscho.18.6.0324> ¹⁴

Fitzallen, N. (2015). STEM Education: What Does Mathematics Have to Offer?. *Mathematics Education Research Group of Australasia* ¹⁵

באופן עצמאי, לא רק בהקשר של STEM בין-תחומי.¹⁶ חיזוק לכך אפשר למצוא במחקרים העוסקים בהוראת מתמטיקה במסגרת ה-STEM באשר לתרומת הוראת ה-STEM הבין-תחומי להישגים במתמטיקה.

יש לשים לב, שכאשר מתמטיקה נלמדת בתוך מקצועות STEM עליה להיעשות כהוראה מפורשת, אחרת תלמידים עלולים להחמיץ את הפוטנציאל שלה ועלולות להיווצר מיסקונספציות.^{17, 18} יש צורך לתווך לתלמידים כיצד המושגים והפרקטיקות המתמטיות יכולים לתרום ביעילות להבנה של שאר מקצועות STEM. כמו כן, חשוב לשמור על הוראה של מתמטיקה באופן עצמאי, לא רק בהקשר של STEM בין-תחומי.¹⁹ אפשר למצוא חיזוק לכך במחקרים העוסקים בהוראת מתמטיקה במסגרת מקצועות STEM, והבודקים את תרומת הוראת STEM בין-תחומי להישגים במתמטיקה.

כך למשל קבוצת מחקרים הראתה שכאשר מורים יישמו את גישת ההוראה של STEM בין-תחומי, נמצא שלתלמידים הייתה מוטיבציה גבוהה יותר ושהם הגיעו להישגים טובים יותר במבחנים במתמטיקה.

ההשפעה החיובית על הישגיהם הוסברה בכך שלמידה אינטגרטיבית ורלוונטית, המחוברת לבעיות עולם אמיתיות, מאפשרת יישום של הידע המתמטי, והבנה כיצד הנושא המתמטי משמש בתחומים שונים.²⁰

לעומת זאת, במחקרים אחרים שפורסמו, לא נמצא בהכרח קשר מובהק בין הישגים במתמטיקה והוראה בגישת STEM בין-תחומי. ייתכן כי ניתן להסביר זאת בהיעדר הוראה מעמיקה ושיטתית בגישה זו.²¹

נקודה חשובה בשילוב המתמטיקה בתוך הוראת ה-STEM הבין-תחומי היא הקוהרנטיות בין הציפיות ליישום המתמטיקה בתוך תהליכי החקר והתכן ההנדסי, ובין הבשלות הקוגניטיבית והמערכת הלימודית במתמטיקה בהקשר לשכבת הגיל של התלמידים. במילים אחרות, מורכבות תהליכי ה-STEM תלויה במידה רבה בגיל התלמידים וביכולתם להעמיק בסוגיות שונות.²² למשל, תלמידי הכיתות הנמוכות בבית הספר היסודי אינם מבינים את משמעות הממוצע או פעולות החשבון בשברים, ועל כן שילוב של נושאים אלו בפעילויות STEM אינו מומלץ.

הקושי לחבר בין פעילויות STEM ובין תוכנית הלימודים במתמטיקה בשכבת גיל מסוימת תועד כאחד האתגרים שמורים ציינו ביישום גישת הוראת STEM בין-תחומי. לצד אתגר זה צוינו חסמים נוספים, כגון תחושת מחסור בזמן או במשאבים ליישום הפעילות.²³

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>

J. Michael Shaughnessy. (2013). Mathematics in a STEM Context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324. <https://doi.org/10.5951/mathteacmidscho.18.6.0324>

Fitzallen, N. (2015). STEM Education: What Does Mathematics Have to Offer?. *Mathematics Education Research Group of Australasia*. 18

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>

Fitzallen, N. (2015). STEM Education: What Does Mathematics Have to Offer?. *Mathematics Education Research Group of Australasia*. 22.

Sevimli, E., & Ünal, E. (2022). Is the STEM Approach Useful in Teaching Mathematics? Evaluating the Views of Mathematics Teachers. *European Journal of STEM Education*, 7(1), 1.

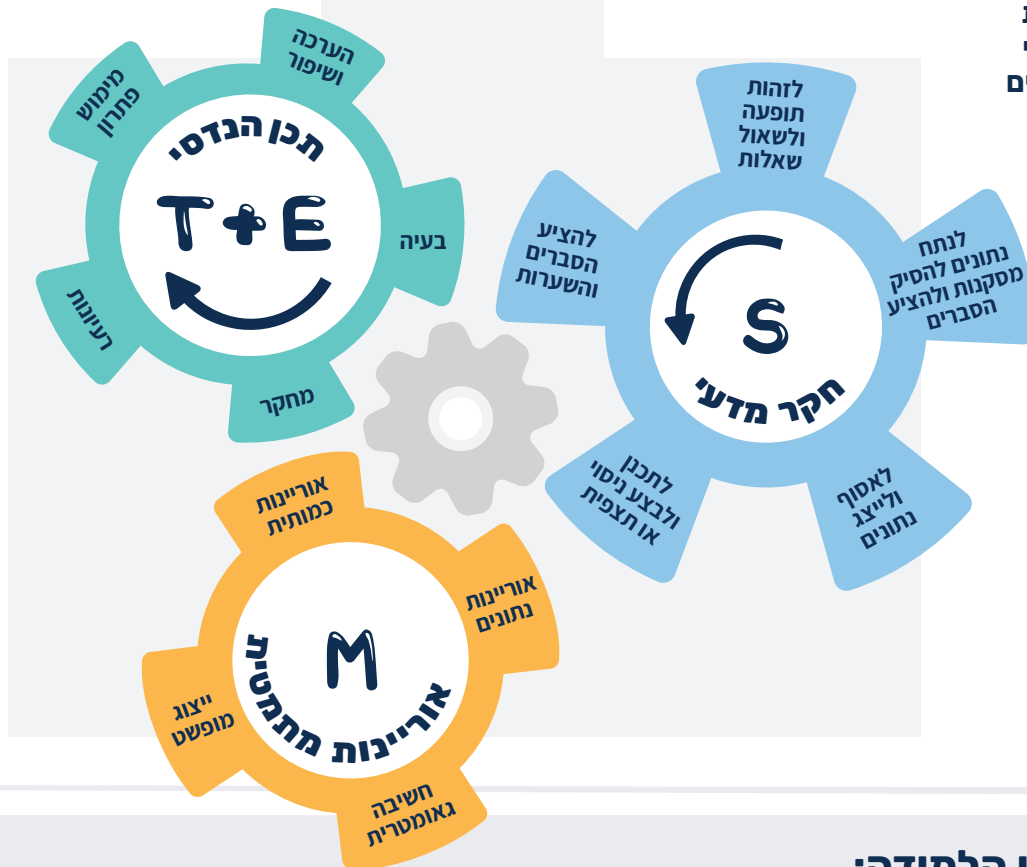
מחון לשילוב המתמטיקה במשאבי הוראה-למידה-הערכה ב־STEM בין־תחומי

האם יחידת STEM עונה על ההיבטים האלה:

1. משלבת ידע מתמטי ברמה התואמת את תוכנית הלימודים בשכבת הגיל?
2. מקדמת הבנה של חשיבה מתמטית?
3. מקדמת רכיב אחד לפחות של אוריינות מתמטית?
4. מבקשת מהתלמידים ומהתלמידות להשתמש בנתונים שהם אוספים כדי להצדיק טענות מדעיות ועיצוב החלטות?
5. מבקשת מהתלמידים להשתתף במטלות מדידה אותנטיות שמחברות בין המדעים או ההנדסה או שניהם? מטלות אלה יכולות לכלול בין היתר: למידה איך להשתמש בכלי מדידה, חשיבה על השונות בין המדידות, חשיבה על מקורות הטעות ועל האפשרות לשקול מדידה חוזרת, למידה המאפשרת לתלמידים לפתח כלי מדידה משל עצמם ולבחון אותן.
6. מספקת הזדמנויות ללמוד וליישם טכניקות שונות, מיומנויות, תהליכים וכלים הקשורים ללמידה מתמטית?

2.4 תהליך הלמידה STEM

מהלך למידה STEM בין-תחומי מקדם הוגנות



אופי הלמידה:

<p>הערכת תהליך הלמידה</p> <p>הערכה מעצבת של הידע והמיומנויות באופן המקדם את הלמידה</p>	<p>פרקטיקות הוראה מקדמות הוגנות</p> <p>כגון: רתימת הון מדעי ומתן בחירה</p>	<p>למידה התנסותית</p> <p>במעבדה, במרחב מייקר ומחוץ לכיתה</p>	<p>הבניית ידע המשולב בפיתוח המיומנויות: אורייות מדעית ופתרון בעיות, חשיבה יצירתית וביקורתית, עבודת צוות ומכוונות עצמית בלמידה</p>
---	---	---	--

מהי גישת חינוך STEM בין-תחומי מקדם הוגנות בבתי הספר היסודיים?

גישה להוראה המפתחת אצל התלמידים ידע ויכולת להסביר ולחקור תופעות, לפתור בעיות או לפתח מוצר, באופן המשלב בין תחומי דעת, תוך כדי פתרון בעיות של העולם האמיתי ולמידה התנסותית מדעית והנדסית.

הטכנולוגיה בכלל ותהליך התכנן ההנדסי בפרט מייצגים את הדרך שבה ניתן מענה לצורך או פתרון לבעיה, תוך איתור ידע מדעי חדש (לתלמידים) ויישומו בשלבי התכנון, הייצור, ההערכה והשיפור של מוצר. התהליך מחייב הפעלת שיקול דעת, התייחסות ביקורתית להיבטים שונים (כלכליים, חברתיים, ערכיים), יצירתיות והתנסות בעבודה בצוות.²⁴

כדי ש-STEM בין-תחומי מקדם הוגנות יהיה רלוונטי וקרוב לעולם של התלמידים והתלמידות באופן המעודד פיתוח זהות מדעית והרחבת ההון המדעי שלהם, על תהליך הלמידה המלא להיות מבוסס על בעיית עולם אמיתי, ולעודד יצירת תוצר בעל ערך לסוגיה הנלמדת בעקבות תהליך חקר ופתרון בעיות.

לצד קידום אוריינויות, STEM תהליך הלמידה מאופיין גם בלמידה התנסותית בקבוצות קטנות, המעודדת חשיבה ביקורתית ויצירתית והקפדה על הערכה מעצבת לאורך התהליך. כמו כן, בעבודה עם התלמידים יש לדאוג להשתתפות מיטבית של כלל התלמידים בעזרת פרקטיקות מקדמות הוגנות, שעליהן תוכלו לקרוא בהרחבה בפרק הבא.

2.5 פעולות בהוראת חקר מדעי ותכנן הנדסי משולב

הפרקטיקות המדעיות וההנדסיות יכולות להיות משולבות בזו אחר זו ברצף לוגי, אך בהוראה נפרדת – לדוגמה להתחיל בחקר מדעי ומהמסקנות להעלות רעיונות לפיתוח הנדסי, או לחלופין ניתן להתחיל בהגדרת בעיה ולבצע חקר כדי לאפיין אותה, להציע פתרונות ולאחר מכן לבצע חקר כדי להעריך אותם. דרך שנייה לשלב בין מדע והנדסה היא בשילוב הדוק יותר. לדוגמה, כאשר מתכננים ומבצעים ניסויים במדע או מתכננים ומבצעים בדיקות של אב-טיפוס בהנדסה, קיימת חפיפה בין שתי המיומנויות ואפשר ללמדן ביחד. רצוי לבצע את השילוב בין מדע והנדסה בכל אחת משתי הדרכים כדי שהתלמידים יכירו את מאפייני המדע וההנדסה באופן בהיר וגם את הדרכים שבהן הם משתלבים. המדע וההנדסה חולקים מיומנויות משותפות, שתיים מהן שונות באופן משמעותי בין המדע להנדסה, והן: 1. שאילת שאלות והגדרת בעיות; 2. ניסוח הסברים ותכנון פתרונות.

1. שאילת שאלות והגדרת בעיות

שאלות מדעיות עולות במגוון דרכים, לדוגמה בעקבות התנסות בתופעה או לימוד של נושא מדעי. הן עולות מתוך סקרנות לגבי העולם, לגבי הסבר או תיאוריה שהצענו או למדנו או בעקבות ממצאים של מחקר קודם. כמו כן, כאשר עולה הצורך לפתור בעיה מתעוררות לצידה שאלות מגוונות.

שאלות מדעיות שונות מאחרות בכך שהן ניתנות לבחינה בכלים מדעיים כמו חקר מדעי, תצפית או בניית מודל – לדוגמה, ביצוע חקר להשגת ראיות אמפיריות, כלומר ראיות כמותיות המבוססות על ניסויים, תצפיות ועל מדידות ומכשירים. שאילת שאלות תמיד מובילה לפרקטיקות מדעיות והנדסיות נוספות. לדוגמה ניתן לשאול שאלה לגבי נתונים, שתוביל לניתוח ולפרשנות נוספת, או שאלה שמובילה לתכנון חקר או לדיוק של התכנון.

בעוד שהמדע עוסק בשאלות מדעיות, ההנדסה מתחילה בהגדרת בעיה לפתרון. בשכבות הגיל הצעיר אפשר להגדיר בעיה פשוטה שאפשר לפתור באמצעות פיתוח של חפץ או כלי חדש, או שיפור חפץ או כלי קיים. בשכבות הגבוהות יותר, מגדירים בעיית תכנון שאפשר לפתור באמצעות הפיתוח של חפץ, כלי, תהליך או מערכת ולכלול בהגדרת הבעיה גם קריטריונים להצלחה ואילוצים הקשורים לחומרים שבהם אפשר להשתמש, לזמן או לעלות. יש להיעזר בידע מדעי שעליו מתבססת הגדרת הבעיה וההחלטה לגבי הפתרונות האפשריים. רצוי להביא בחשבון שיקולים, סביבתיים, חברתיים וטכנולוגיים.

דוגמאות לפעולות

- לשאול שאלות שניתן לחקור באופן מדעי במסגרת מעבדה, חדר מייקר, או מרחב משולב – לדוגמה מרחב STEM המשלב מעבדת מחקר ופיתוח, או מרחב טבע עם משאבים זמינים, ובמידת הצורך, לנסח השערה המבוססת על הסבר אפשרי, מודל או תיאוריה.

<https://mada.org.il/media/fmehf3fk/%D7%93%D7%A0%D7%9E%D7%A8%D7%A7-%D7%A0%D7%A2%D7%9C%D7%99-%D7%A7%D7%A1%D7%9D.pdf>.24

- לשאול שאלות הנובעות מתצפית מושכלת בתופעות, ומובילות את מהלך התצפית. כמו כן ניתן לשאול שאלות הנובעות מניסוי לדוגמה, שאלות המנסות לאתר קשרי סיבה ותוצאה אפשריים, כלומר, איזה קשר ייתכן שקיים בין משתנים או בין רכיבים במערכת, או שאלות על תוצאות שהתקבלו בחקר, כדי לנסח חיזוי שאותו אפשר יהיה לבדוק בחקר המשך, וכן שאלות על תוצאות מפתיעות של החקר, כדי להבהיר ולחפש מידע נוסף.
- בשכבות הגיל הצעיר מציגים לתלמידים ולתלמידות בעיות כמצבים שאנשים מבקשים לשנות. הם יכולים להשתמש בכלים ובחומרים כדי לפתור בעיות פשוטות, לייצג בדרכים מגוונות את הפתרונות שלהם ולקבוע איזה מהם הוא הטוב ביותר ומתאים לצרכים ולמטרות שלהם. בכיתות הגבוהות יותר התלמידים והתלמידות מגדירים בעיה ומציינים את הקריטריונים להצלחה ואת האילוצים לפתרונות האפשריים. התלמידים מביאים בחשבון את ההקשר הרחב שבמסגרתו מוגדרת הבעיה.

2. פיתוח ושימוש במודלים

במדע, מודלים יכולים להיות פיזיים או מוצגים בתרשימים, בגרפים או בייצוגים מתמטיים. הם משמשים לייצוג מערכת נחקרת, לסיוע בהעלאת שאלות ופיתוח הסברים. אפשר להפיק נתונים ממודלים מתמטיים ולהשתמש בהם לביצוע תחזיות ולתקשר רעיונות לאחרים.

מצופה מתלמידים להעריך ולדייק מודלים באמצעות השוואה בין המודל לעולם האמיתי והערכת מגבלותיו של המודל.

בהנדסה, אפשר להשתמש במודלים כדי לנתח מערכת על רכיביה ואת הקשרים ביניהם, כדי לראות היכן או באילו תנאים עלולים להתפתח פגמים או כדי לבדוק פתרונות אפשריים לבעיה. מודלים יכולים לשמש גם כדי להמחיש ולדייק תכנון, לחבר בין רכיבי התכנון, וכאב-טיפוס לבדיקת ביצועי התכנון.

המודלים כוללים דגמים, דיאגרמות, ייצוגים מתמטיים, אנלוגיות וסימולציות ממוחשבות. כל המודלים מכילים קירובים והנחות שמגבילים את טווח התוקף וכוח הניבוי, ולכן חשוב שהתלמידים יכירו במגבלותיהם.

דוגמאות לפעולות

- לפתח, להשתמש ולתקן מודלים לתיאור, בדיקה וחיזוי של תופעות ומערכות תכנון מופשטות יותר.
- להעריך מגבלות של מודל עבור אובייקט או כלי מוצע.
- לפתח או לשנות מודל - בהתבסס על ראיות - כדי להתאים למה שקורה אם משתנה או רכיב של מערכת משתנה.
- לפתח ו/או לשנות מודל כדי להראות את הקשרים בין משתנים, כולל אלה שאינם ניתנים לצפייה אך מנבאים תופעות נצפות.
- לפתח ו/או להשתמש במודל כדי לחזות ו/או לתאר תופעות.
- לפתח מודל לתיאור מנגנונים בלתי ניתנים לצפייה.
- לפתח ו/או להשתמש במודל להפקת נתונים כדי לבחון רעיונות לגבי תופעות במערכות טבעיות או מתכונות, כולל כאלה בקנה מידה בלתי ניתן לצפייה.
- בשכבות הגיל הצעירות - להבחין בין מודל לבין האובייקט, התהליך או האירועים שהמודל מייצג, להשוות בין מודלים, לפתח ולהשתמש במודל כדי לייצג כמויות, יחסים, סדרי גודל (גדול יותר, קטן יותר) ודפוסים בעולם הטבע ובעולם מעשה ידי אדם. בשכבות הגיל הבוגר יותר מפתחים מודלים של מערכות באופן שיתופי, משכללים אותו על בסיס עדויות על היחסים בין המשתנים שבמערכת, מפתחים מודלים תוך שימוש באנלוגיה, דוגמה או ייצוג מופשט המשמש לתאר עיקרון מדעי או פתרון הנדסי, מפתחים מודלים ומשתמשים בהם כדי לתאר תופעה נצפית או לחזות תופעה באופן מושכל, מפתחים דיאגרמה או אב-טיפוס פיזיקלי המייצג אובייקט מוצע, כלי או תהליך, מפתחים מודלים של מערכת המבוססת על גורמים במצב אי ודאות ושקשה לחזות אותם.

3. תכנון וביצוע תהליך חקר ותכן הנדסי

תהליך חקר יכול להיות מובנה על ידי המורה או באמצעות חקר פתוח שמאפשר לתלמידים ולתלמידות להתנסות באופן עצמאי, למשל בבחירת השאלה ו/או תכנון השיטות לבדיקתה. חקר מדעי יכול לשמש כדי לאפיין תופעה או לבחון הסבר, תיאוריה או מודל ואילו תכן הנדסי יכול לשמש כדי לפתח מוצר או מערכת טכנולוגית, לתקן או לשפר אותם או להשוות בין פתרונות שונים כדי לאתר את הפתרון הטוב ביותר במסגרת האילוצים ולתת מענה לצורך הקיים. בין שהתלמידים ותלמידות עוסקים במדע ובין שבהנדסה, חשוב כי יציינו את מטרת החקר והתכן, יחזו תוצאות ויתכננו דרכי פעולה שיספקו תמיכה במסקנותיהם או הפרכה שלהן. בניסוי החקר ובתכן ההנדסי מצופה מהתלמידים להבדיל בין המשתנים השונים בניסוי ובתכנון.

דוגמאות לפעולות

- לבצע חקר שמספק ראיות אמפיריות כמותיות לתמיכה בהסברים או פתרונות.
- לתכנן חקר תוך התייחסות למשתנים השונים, לחזרות ולבקרה, לבחירת הכלים הנדרשים לאיסוף התוצאות, קליטת המדידות והערכת רמות הנתונים הנדרשים כדי לתמוך בטענה.
- להעריך את דיוק השיטות השונות לאיסוף נתונים.
- לערוך חקר ולאסוף נתונים שישמשו כבסיס לראיות כדי לענות על שאלות מדעיות או לבחון פתרונות תכנון במגוון תנאים.
- לאסוף נתונים על הביצועים של אובייקט, כלי, תהליך או מערכת מוצעים במגוון תנאים.

4. ניתוח ופירוש של נתונים

מדענים ומהנדסים מקבלים החלטות על סמך הראיות שהתקבלו מהתהליך החקר. לפיכך, לאחר איסוף הנתונים, יש להציג את הנתונים בצורה שיכולה להביא לידי ביטוי את משמעות הנתונים – ואת הרלוונטיות שלהם – כך שהם יכולים לשמש כראיה לתמיכה במסקנותיהם.

מהנדסים לרוב מסתייעים ביצירת מודלים או אב-טיפוס ובאיסוף נתונים נרחבים על ביצועיו, כולל בתנאים קיצוניים. ניתוח של נתונים מסוג זה לא רק מסייע בקבלת החלטות תכנוניות ומאפשר חיזוי או הערכה של ביצועים, אלא גם עוזר להגדיר או להבהיר בעיות, לקבוע היתכנות כלכלית, להעריך חלופות ולחקור כשלים.²⁵

דוגמאות לפעולות

- להשתמש במגוון כלים לטבלאות, ייצוג גרפי, הדמיה וניתוח.
- לשפר את היכולות לפרש נתונים על ידי זיהוי תכונות ודפוסים משמעותיים.
- להשתמש במתמטיקה כדי לייצג קשרים בין משתנים ולהביא בחשבון מקורות שגיאה.
- במידת האפשר, על התלמידים להשתמש בכלים דיגיטליים כדי לנתח ולפרש נתונים.
- לייצג נתונים בטבלאות ו/או תצוגות גרפיות שונות (גרפי עמודות, ו/או תרשימי עוגה) כדי לחשוף דפוסים המציינים קשרים.
- לנתח ולפרש נתונים כדי להבין את התופעות, תוך שימוש בהיגיון לוגי, מתמטיקה ו/או חישוב.
- להשוות נתונים שנאספו על ידי קבוצות שונות על מנת לדון בדמיון ובהבדלים בממצאיהם.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. 25 Washington, DC: The National Academies Press, 61-62. <https://doi.org/10.17226/18290>.

- לנתח נתונים כדי לדייק צורך או בעיה או תכנון של אובייקט, כלי או תהליך מוצעים.
- להשתמש בנתונים כדי להעריך ולדייק את פתרון התכנון.

5. שימוש במתמטיקה וחשיבה חישובית

מתמטיקה היא אחד מהכלים להבנת המדע. לפיכך, ההוראה בכיתה חייבת לכלול ידע ומיומנויות יסוד מתמטיות. למרות שיש הבדלים באופן יישום מתמטיקה וחשיבה חישובית במדע ובהנדסה, מתמטיקה מפגישה לרוב את שני התחומים הללו על ידי כך שהיא מאפשרת למהנדסים ולמהנדסות ליישם את הצורה המתמטית של תיאוריות מדעיות, ומאפשרת למדענים ומדעניות להשתמש בטכנולוגיות מידע שתוכננו על ידי מהנדסים.

התלמידים והתלמידות צפויים להשתמש במתמטיקה כדי לייצג משתנים פיזיקליים ואת הקשרים ביניהם, ולבצע ניבויים כמותיים. יישומים אחרים של מתמטיקה במדע ובהנדסה כוללים לוגיקה, גיאומטריה, אריתמטיקה, אלגברה, סטטיסטיקה והסתברות. מחשבים וכלים דיגיטליים יכולים לשפר את כוחה של המתמטיקה על ידי אוטומציה של חישובים, קירוב פתרונות לבעיות שלא ניתן לחשב במדויק וניתוח מערכי נתונים גדולים הזמינים לזיהוי דפוסים משמעותיים. התלמידים צפויים להשתמש בכלי מעבדה המחברים למחשבים לצורך התבוננות, מדידה, רישום ועיבוד נתונים. כמו כן, התלמידים והתלמידות צפויים לעסוק בחשיבה חישובית, הכוללת אסטרטגיות לארגון וחיפוש נתונים, יצירת רצפי שלבים הנקראים אלגוריתמים, ושימוש בסימולציות.

דוגמאות לפעולות

- לנתח נתונים ולהשוות פתרונות תכנון חלופיים.
- להחליט אם נתונים איכותיים או כמותיים הם הטובים ביותר כדי לקבוע אם אובייקט או כלי מוצע עומדים בקריטריונים להצלחה.
- לארגן מערכי נתונים פשוטים כדי לחשוף דפוסים המצביעים על קשרים.
- לתאר, למדוד ולהעריך כמויות (לדוגמה, שטח, נפח, משקל, זמן) כדי לטפל בשאלות ובעיות מדעיות והנדסיות.
- להשתמש בגרפים או בתרשימים שנוצרו מאלגוריתמים פשוטים כדי להשוות פתרונות חלופיים לבעיה הנדסית.

6. בניית הסברים ותכנון פתרונות

מטרת המדע היא לייצר הסברים לתופעות, לטענות ולהכללות. התלמידים מצופים לבנות את ההסברים וליישם מתוך ידע שרכשו בשיעור או באופן עצמאי תוך חשיבה יצירתית. ההסבר נתמך במדעים בין היתר על ידי ראיות שמתקבלות מתצפיות, מניסויים, ממודלים ועוד.

מטרת ההנדסה היא לפתור בעיות. תכנון פתרונות לבעיות הוא תהליך שיטתי, הכולל את הגדרת הבעיה ולאחר מכן יצירת פתרונות, בדיקתם ושיפורם.

בהנדסה, המטרה היא תכנון פתרון ולא הסבר לתופעה. תהליך התכנון ההנדסי הוא איטרטיבי ושיטתי, וכך גם תהליך של פיתוח הסבר או תיאוריה במדע. עם זאת, לפעילויות של מהנדסים יש רכיבים שונים מאלה של מדענים. רכיבים אלה כוללים ציון האילוצים וקריטריונים לאיכויות הרצויות של הפתרון, פיתוח תוכנית תכן, ייצור ובדיקה של מודלים או אבות-טיפוס, בחירה בין פתרונות חלופיים כדי לייעל את השגת קריטריוני התכנון, ודיוק רעיונות תכנון המבוססים על ביצועי אב-טיפוס או סימולציה.

דוגמאות לפעולות

- להשתמש בראיות בבניית הסברים המציינים משתנים המתארים ומנבאים תופעות, ובתכנון מספר פתרונות לבעיות תכנון.
- לבנות הסבר ליחסים שנצפו (למשל, התפלגות הצמחים בחצר האחורית).
- להשתמש בראיות (למשל, מדידות, תצפיות, דפוסים) כדי לבנות או לתמוך בהסבר או לתכנן פתרון לבעיה.
- לזהות את הראיות התומכות בנקודות מסוימות בהסבר.
- ליישם רעיונות מדעיים כדי לפתור בעיות תכנון הנדסיות.
- ליצור ולהשוות מספר פתרונות לבעיה על סמך עד כמה הם עומדים בקריטריונים ובאילוצים של פתרון התכנון.

7. טיעון מדעי על בסיס ראיות ונתונים

דיון טיעוני הוא תהליך שבו מנסים להגיע להסכמות על הסברים ופתרונות. במדע, ההנמקה והטיעון מבוססים על עדויות והם חיוניים לזיהוי ההסבר הטוב ביותר לתופעה בטבע. בהנדסה, הנמקה וטיעון נחוצים כדי לזהות את הפתרון הטוב ביותר לבעיה הנדסית. תהליך הטיעון הדרוש לקידום והגנה על רעיון חדש או הסבר של תופעה הוא אבן דרך חשובה בלימודי המדעים וההנדסה.

חשוב שתלמידים ותלמידות ינסחו ויציגו טיעונים מדעיים כדי להבין את התרבות שבה חיים מדענים ומדעניות, ואת דרכי היישום של מדע והנדסה לטובת החברה. טיעון הוא תהליך המבוסס על ראיות והנמקה, שמוביל להסברים מקובלים על הקהילה המדעית ולפתרונות לתכנון המקובלים על קהילת ההנדסה.

דיון טיעוני במדע חורג מהגעה להסכמות בהסברים ובפתרונות תכנון. בין שחוקרים תופעה, בודקים פתרון לבעיה או בונים מודל שיספק מנגנון להסבר, התלמידים צפויים להשתמש בטיעון כדי להקשיב, להשוות ולהעריך רעיונות ושיטות מתחרים על סמך יתרונותיהם. מדענים ומהנדסים מנסחים ומעריכים טיעונים בעת חקירת תופעה, בדיקת פתרון תכנון, פתרון שאלות לגבי מדידות, בניית מודלים של נתונים ושימוש בראיות להערכת טענות.

דוגמאות לפעולות

- להבחין בין עובדות, ולהפעיל שיקול דעת מנומק על סמך ממצאי מחקר והשערות בהסבר.
- להעביר ולקבל ביקורות מעמיתים על הליך מוצע, הסבר או מודל על ידי ציון ראיות רלוונטיות והצגת שאלות ספציפיות.
- לבנות או לתמוך בטיעון באמצעות ראיות, נתונים או מודל.
- להשוות ולדייק טיעונים על סמך הערכה של הראיות שהוצגו.
- להשתמש בנתונים כדי להעריך טענות לגבי סיבה ותוצאה.
- לטעון בהצעות של פתרון לבעיה על ידי ציון ראיות רלוונטיות לגבי האופן שבו היא עומדת בקריטריונים ובאילוצים של הבעיה.
- לבנות טיעון משכנע התומך או מפריך טענות להסברים או פתרונות לגבי העולם הטבעי והמתוכנן.
- לבנות, להשתמש ולהציג טיעון בעל פה ובכתב, הנתמך בראיות אמפיריות ובנימוקים מדעיים, כדי לתמוך או להפריך הסבר או מודל לתופעה או פתרון לבעיה.
- להציג טיעון בעל פה או בכתב התומך או מפריך את הביצועים המפורסמים של מכשיר, תהליך או מערכת בהתבסס על ראיות אמפיריות לגבי השאלה האם הטכנולוגיה עומדת בקריטריונים ובאילוצים רלוונטיים.
- להעריך פתרונות תכנון מתחרים המבוססים על קריטריוני תכנון משותפים ומוסכמים.

8. איתור, הערכה ותקשור מידע מדעי וטכני

היכולת לקרוא, לפרש ולכתוב מידע מדעי וטכני היא מיומנות בסיסית של מדע והנדסה, כמו גם היכולת להציג מידע בצורה ברורה ומשכנעת. כתיבה מדעית מהותית הן למדע והן להנדסה, כדי להציג הסברים ותובנות מתהליך החקר ורעיונות לתכן הנדסי. לפיכך מצופה כי התלמידים יקראו ויבינו מידע מדעי מספר, ממאמר או מאמצעי תקשורת מהימנים אחרים כדי שיוכלו לסכם ולהציג רעיונות מדעיים ופתרונות לפתרון בעיות, ולתאר כיצד הם נתמכים בראיות. פיתוח הכתיבה המדעית של התלמידים, המשלבת בין היתר הצגה והפקת מידע מטבלאות, דיאגרמות ו/או תרשימים תואמים, כתיבת טיעונים, הסברים המבוססים על ראיות ועוד, יסייע בחיבור שבין הידע והמיומנות המדעיות ו/או הנדסיות אחרות.

תלמידים ותלמידות צריכים להיות צרכנים ביקורתיים של מידע במדע והנדסה, לצפות בדיווחים על פיתוח או יישום מדעי-טכנולוגי ולזהות את הרעיונות העיקריים, לזהות מקורות לטעויות ולפגמים מתודולוגיים ולהבדיל בין תצפיות לבין מסקנות, טיעונים מהסברים וטענות מראיות.

דוגמאות לפעולות

- לרכוש ולהטמיע מידע מספרים או מדיה מהימנה אחרת כדי להסביר תופעות או פתרונות לבעיית תכנון.
- להעביר מידע מדעי או טכני בעל פה או בכתב, לרבות בצורות שונות של מדיה, וכן טבלאות, דיאגרמות ותרשימים להערכת התקפות של רעיונות ושיטות.
- לקרוא באופן ביקורתי טקסטים מדעיים המותאמים לשימוש בכיתה כדי לקבוע את הרעיונות המרכזיים ולקבל מידע מדעי או טכני לתיאור דפוסים ועדויות על העולם הטבעי ופתרונות התכנון, ולהעריך את הדיוק של רעיונות ושיטות.
- לאסוף, לקרוא ולסנתז מידע ממספר מקורות מתאימים ולהעריך את האמינות, הדיוק וההטיה האפשרית של כל פרסום ושיטות הנמצאות בשימוש, ולתאר כיצד הם נתמכים או לא נתמכים בראיות.
- להעריך נתונים, השערות ומסקנות בטקסטים מדעיים וטכניים לאור מידע או מול מתחרים.
- להציג מידע מדעי או טכני (למשל, על אובייקט מוצע, כלי, תהליך או מערכת) בכתב או באמצעות מצגות בעל פה.

שער שלישי:

הוגנות בלמידת STEM



1.3 תפיסת ההוגנות בחינוך

"הוגנות היא הוודאות כי ישנה גישה שווה לחינוך איכותי כלפי כולם – כזה שיקדם הזדמנויות למידה לכל אורך החיים גם עבור אנשים עם מוגבלויות, גם עבור אנשים מקבוצות תרבותיות שונות וגם עבור ילדים במצבי סיכון."

(Education 2030: Incheon Declaration, UNESCO)

על פי גישת ההוגנות בחינוך, לכל ילדה וילד יש כישורים, יכולות ומוטיבציה, והם זכאים להזדמנות שווה לממש את יכולותיהם ולבחור את דרך חייהם, ללא כל קשר למעמדם החברתי, הכלכלי או התרבותי. הוגנות בחינוך באה לידי ביטוי בדרכי הוראה-למידה-הערכה, סביבות למידה ויחסים עם כלל קהילת בית הספר, באופן שמאפשר לכלל הלומדים תנאים מיטביים להשתתפות פעילה ויוזמת.²⁶

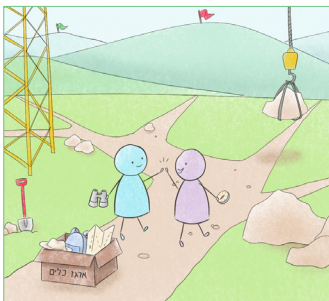
על פי מדדי ה-OECD, ישראל מתמודדת עם פערי השכלה בין שכבות וקבוצות, אי מיצוי פוטנציאל, פערי הישגים על בסיס רקע סוציאקונומי ומוביליות נמוכה בקרב שכבות מוחלשות.²⁷ בעוד שהוגנות בחינוך הכרחית תמיד, ההתפתחויות הטכנולוגיות והשינויים המואצים בסביבה, בשוק העבודה וביחסים בין אנשים וקבוצות, יוצרים בין הקבוצות השונות בחברה **פערים הולכים ומתרחבים ביכולת לנצל הזדמנויות.**

סביבה חינוכית הוגנת שוקדת על הסרת חסמים מבניים מערכתיים, כדי שלכל אחת ואחד יתאפשר להשתתף באופן פעיל ויוזם, לשאול שאלות, להתנסות, להשמיע קול, להביע דעה ולטעות.

כיצד נראית הוגנות בחינוך?

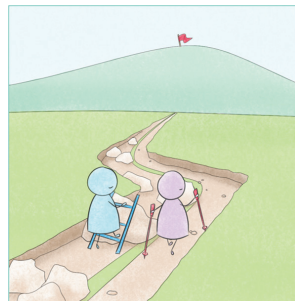
הצגה ויזואלית מאפשרת לנו להבין את מושג ההוגנות ביחס למושגים קרובים בחינוך:

אזרח: גילאור הפקות למידה



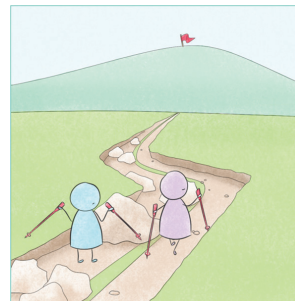
הוגנות

מצב שבו כלל התלמידים והתלמידות זוכים להזדמנויות, ללא תיוג; בוחרים ולוקחים כלים המותאמים לצורכיהם ומסייעים להם לממש את עצמם ביעדים מגוונים; לצד זה, וביחד איתם, המערכת מסירה חסמים המהווים מכשול בדרכם.



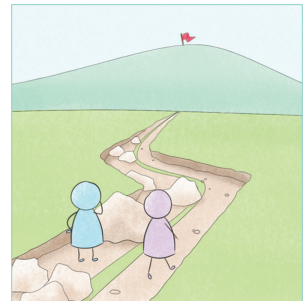
שוויון הזדמנויות

מצב שבו התלמידים והתלמידות מקבלים כלים מותאמים לצורכיהם, אך באופן שמתייג אותם בדרך ליעד אחיד.



שוויון

מצב שבו כלל התלמידים והתלמידות מקבלים כלים זהים, ללא התאמה לצורכיהם האישיים בדרך ליעד אחיד.



חסר שוויון

מצב שבו יש תלמידים ותלמידות שמגיעים לביה"ס עם הון סימבולי גבוה ודרכם פנויה יחסית מחסמים, בעוד שאחרים צריכים להתגבר על מכשולים רבים בדרכם ליעד אחיד וללא סיוע.

McGee Banks, C. A., & Banks, J. A. (1995). Equity pedagogy: An essential component of 26 multicultural education. *Theory into practice*, 34(3), 152-158.

27. הרשות הארצית למדידה, והערכה בחינוך, משרד החינוך (2019). [פיזה 2018: מבט ישראלי](#)

זכותו של כל תלמיד להצלחה ולשגשוג מחייבת את מערכת החינוך להכיר ולהוקיר את ההבדלים בין התלמידים והתלמידות, ולממש פרקטיקות פדגוגיות היוצרות את התנאים שבהם כל אחד מהם, ללא קשר לנסיבות הולדתו או חייו, יוכל לממש את הפוטנציאל האישי שלו. ההוגנות יכולה להפוך את המסגרת הבית ספרית לקרש קפיצה לצמצום פערים ולמוביליות חברתית של התלמידים והתלמידות.

מכאן, שהזכות לרכישת הידע, המיומנויות והערכים המאפשרים השתתפות תעסוקתית במקצועות STEM, צריכה לעמוד לכלל ילדי וילדות מערכת החינוך הישראלית, בדגש על אלו שנסיבות חייהם יוצרות חסם להשתתפות ולהצלחה.

כיצד ההוגנות מקדמת את ההשתתפות ב-STEM?

ממצאים מצביעים על כך שאפשר למתן את השפעת הגורמים החברתיים והסביבתיים על סיכויי התלמידות והתלמידים להשתתף במקצועות ה-STEM, בעזרת טיפוח תפיסת העצמי שלהם כ"מדעית", וזאת בזכות הגדלת הון סימבולי הקשור לעולם המדעי, שנקרא "הון מדעי". הון מדעי של אדם הוא סל סמלי, שמכיל את כל הידע המדעי, העמדות כלפי המדע והחוויות המדעיות שצבר, לצד ההיכרות שיש לו עם דמויות העוסקות במדע.²⁸

ההון המדעי הוא רכיב מהותי ביצירת תמונת עתיד ושאיפה לעסוק במקצועות STEM. אדם שירגיש שהמדע אינו רלוונטי וחשוב לחייו לא ירגיש את עצמו כ"מדעי", וסביר שלא יבחר בתחומים הקשורים למדע כמסלול קריירה בעתיד.

חינוך בגישת STEM בין-תחומי תורם לפיתוח אוריינות מדעית ולהגדלת הון מדעי של התלמידות והתלמידים, ובכך מעודד פיתוח של זהות מדעית. כל אלו בתורם מסייעים בהגברת המסוגלות של התלמידים לפתור בעיות עכשוויות ורלוונטיות של העולם האמיתי.

הקהילה שבה חיים ולומדים התלמידות והתלמידים ממלאת תפקיד חשוב בטיפוח תחושת המסוגלות והזהות המדעית, והיא יכולה לסייע בהסרת חסמים המעכבים השתתפות ושגשוג של כלל הלומדים. על פי תפיסת ההוגנות בחינוך, הסרת החסמים מתבצעת באמצעות הקצאת משאבים, יצירת סדירויות ופדגוגיה מתאימה ברמת הקהילה והסביבה (המכונה גם אקוסיסטם), שמעודדות טיפוח של סביבה חינוכית מיטבית לצד יישום פרקטיקות פדגוגיות הנותנות מקום וערך למגוון זהויות התלמידות, התלמידים ומשפחותיהם.

יישום הוגנות בחינוך בגישת STEM משמעה שהתלמידים יכולים ללמוד על עצמם ועל סביבתם, לרכוש מיומנויות ודפוסי חשיבה שנדרשים בעולם המשתנה, להשתתף ולהשפיע על המרחב החינוכי שבו הם לומדים ולממש את שאיפותיהם. ההוגנות אם כן, מסייעת בשיפור העניין במדע וטכנולוגיה ובמקביל גם מחזקת את התועלת החברתית הנובעת מהגדלת מעגל המשתתפים העוסקים במקצועות STEM.

<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10080166/1/the-science-capital-teaching-approach-pack-for-teachers.pdf> .28

ערכי ההוגנות

המשאבים, הסדירויות והפרקטיקות המקדמים הוגנות בחינוך נשענים על שבעה ערכי ליבה, המייצרים אקוסיסטם הוגן ללמידה בעולם משתנה.²⁹ ערכים אלו מופו והוגדרו כדי להסיר חסמים ולהגביר את ההשתתפות ואת המעורבות של התלמידים, התלמידות, הצוותים וקהילת בית הספר בתהליך החינוכי. יישום תפיסת ההוגנות ומימושה יאפשרו לכולם להשתתף באופן פעיל ויזום ויביאו לשגשוג. ערכי הליבה האלה הם הבסיס ליישום פרקטיקות מקדמות הוגנות.

אכפתיות



1. אכפתיות: יצירת קשר חם ופיתוח אמפתיה כלפי התלמיד או התלמידה. הכבוד, ההערכה וההתחשבות בהם מייצרים תחושת מוגנות, מחויבות ואחריות, ומעודדים השתתפות ולמידה. אכפתיות מותנת גם בקיומה של הכלה – היכולת לקבל ולשאת את רגשותיו של הילד ולשלובו בסביבה.

לדוגמה: בגישת STEM נשאף שהמורים יכבדו את התלמידים, משפחותיהם, הקהילה והנכסים התרבותיים של כל אחד מהתלמידים והתלמידות, יתעניינו בהם באופן אותנטי כחלק אינטגרלי מכלל התהליכים הפדגוגיים, וירתמו אותם לחיבור מיטבי לנושא הלימוד ולתהליך החקר ופתרון הבעיות.

גמישות



2. גמישות: גמישות המערכת באה לידי ביטוי במתן אפשרויות בחירה, עידוד התלמידים לקדם שינוי והתאמת סביבת הלמידה ודרכי הלמידה לצורכיהם, במטרה להבטיח תנאים הוגנים ללמידה ולעודד תודעת צמיחה (Growth Mindset).

לדוגמה: בגישת STEM נשאף שהתלמידים יהיו שותפים בעיצוב תהליכי הוראה-למידה-הערכה ושהתהליכים יהיו מגוונים ומותאמים לשונות בכיתה. בכך שתלמידים ותלמידות יבחרו את הבעיה שהם מצופים לפתור, יחלקו את הידע והמחשבות שלהם עם עמיתיהם לקבוצה, ויעריכו ביחד עם המורה את ביצועיהם, תתחזק האמונה והיכולת שלהם להתמודד עם האתגר הלימודי, שהוא למעשה אתגר אמיתי בחייהם.

נגישות



3. נגישות: נגישות היא תנאי סף ללמידה. מכלול רחב של צרכים, זכויות, אפשרויות ותנאים פיזיים צריך להתקיים בסביבה הלימודית לטובת מיצוי הפוטנציאל של הלומדים והמלמדים.

לדוגמה: בגישת STEM נשאף לנגישות לסביבות למידה חדשניות עתירות בצידוד מדעי, טכנולוגי, הנדסי וחישובי, המזמנות עבודה קבוצתית ומעודדות חשיבה יצירתית.

29. המידע מבוסס על סקירת ספרות שנערכה בנושא ותוקף במחקר הערכה לקראת פרסום. להרחבה אפשר לקרוא [בקישור זה](#).

אמון



4. אמון: יחסים מבוססים על פתיחות, על מוגנות, על היות הלומד והמלמד בעלי אמונה ביכולת להצליח ועל היותם כנים, כשירים ועקביים ברצון להצליח. אמון כמרכיב של מערכת גומלין (אקוסיסטם) הוא מפתח לסביבה בטוחה המעודדת חשיבה יצירתית וביקורתית.

לדוגמה: בגישת STEM נקנה לתלמידים ביטחון בכך שמותר לטעות ולהתנסות. הכישלון הוא חלק מתהליך הלמידה וחשוב להביע דעה גם אם אינה מקובלת, ולקיים שיח ביקורתי ולא שיפוטי.

איכות



5. איכות: עידוד התנהלות מקצועית ופיתוח תוצאות בעלות ערך גבוה ומדויק תוך שיפור מתמיד. האיכות מזמנת לכל תלמיד ותלמידה חינוך מיטבי.

לדוגמה: בגישת STEM נעודד למידה מעמיקה (deeper learning) כגון למידה בין-תחומית, תהליכי חקר מדעי וניתוח נתונים, לשם פיתוח הפתרון הטוב והמתאים ביותר לצורך תוך הערכת התהליך והתוצר ולימוד של תהליכי טיעון.

שקיפות



6. שקיפות: שקיפות רלוונטית למגוון רחב של תחומים פדגוגיים וארגוניים. כשיש שקיפות, לכל מי שעומד בפני קבלת החלטות יש את הידע והנתונים הנדרשים והבנה של "כללי המשחק". כך קבלת ההחלטות נעשית באופן מושכל. השקיפות מחזקת את האמון של הפרט במערכת ותורמת לצמיחה ולהתפתחות.

לדוגמה: בגישת STEM נדגיש את חשיבות היושרה, הפרסום והשיתוף של ממצאי החקר המדעי והפיתוח ההנדסי לטובת הקהילה והחברה בכלל (אחד העקרונות של האוריינות המדעית). דוגמה נוספת: נוביל תהליך הערכה מעצבת שבו התלמידים שותפים לקביעת היעדים האישיים של עצמם, מודעים לציפיות הלימודיות והחברתיות מהם, ומקבלים באופן מתמשך משוב והזדמנות לשיפור.

מגוון



7. מגוון: הכרה בריבוי קבוצות, כישורים, קולות ונקודות מבט בקרב התלמידים והתלמידות. משפחות התלמידים והתלמידות וההון המדעי שלהם תורמים להעשרת תהליך הלמידה המדעי ולאיכות תוצריו.

לדוגמה: בגישת STEM נשאף שהתלמידים ייחשפו למגוון ייצוגים שאינם סטריאוטיפיים, של מדעניות, מדעניות, מהנדסות ומהנדסים, ומודלים לחיקוי הנתפסים כמייצגים מטרה בת השגה.

3.2 פרקטיקות מקדמות הוגנות בגישת STEM

בגישת STEM בין-תחומי מקדם הוגנות, נבחרו שבע פרקטיקות-על מובילות המשקפות את כל עקרונות ההוגנות, שיסייעו בקידום השתתפות כלל התלמידים והתלמידות בפעילויות.

1. רתימת ההון המדעי



משקפת ערכי הוגנות: **מגוון, גמישות ואכפתיות**

מה זה אומר?



ההון המדעי של אדם הינו סל סמלי שמכיל את כל הידע המדעי, העמדות כלפי המדע והחוויות המדעיות שצבר (כמו קריאה או צפייה בחומרים הקשורים למדע והשתתפות בפעילויות מדעיות), לצד ההיכרות שיש לו עם דמויות העוסקות במדע. חיזוק מרכיבי ההון המדעי משפיע על זהות האדם כ"שייך" למדע, ומניעים למוביליות חברתית-כלכלית דרך הגדלת מספר העוסקות והעוסקים במקצועות STEM.

על הצוות החינוכי לשאוף לגלות ידע קודם של תלמידים או של משפחותיהם שעשוי לרתום אותם לתהליכי הלמידה. למשל תחביבים של התלמידים, ניסיון תעסוקתי של הורים ובני משפחה אחרים, ידע תרבותי ומסורתי העשוי להיות רלוונטי, התנסויות משמעותיות ועוד (אפשר למצוא [בקישור הזה](#) את תרגום המאמר המלא של פרופ' לואיז ארצ'ר בנושא).

מה אפשר לעשות?

- **חיפוש משמעות והקשרים רלוונטיים לחיי התלמידים בכל שיעור** – בפיתוח יחידת לימוד או מערך שיעור נתבונן בעולמם של התלמידות והתלמידים: מה מעניין אותם, אילו נושאים מעניינים אותם. הרלוונטיות לעולמם יכולה לבוא לידי ביטוי בפתיח, בנושא הצגת היחידה, בהתנסויות שונות, במיומנות שיש לילדים. למשל ביחידה על מליחות, אפשר לשאול מי ביקר או ביקרה בים המלח, מי טעם או טעמה מי ים? בפיתוח של השיעור נשאל איך נושא השיעור רלוונטי לעולם התלמידים? למשל בהקשר של רעש, אפשר לשלב ילד שאוהב לתופף.
- **חיבור לתרבות ולמשפחה של התלמידים** – לחפש הקשרים תרבותיים נקודות מוצא לשיעור, ולשקף את הידע והמיומנויות המדעיות הקיימים בתרבות או בסביבה הקרובה של התלמיד. למשל בהקשר של תסיסת מזון, אפשר לשאול באילו מאכלים שמכינים בבית שלכם יש תהליכי תסיסה? (חלות, אינג'רה, לחוח, בירה, ספינג', פיתות, חצ'פאורי וכו'). בתהליך פתרון בעיה, אפשר לבקש מהילדים לפנות אל קרובי משפחה כדי לאתר בעיית עולם אמיתית או להתייעץ כיצד הם היו פותרים את הבעיה.
- **חיבור לעולם האמיתי** – בכל נושא של שיעור יש להביא דוגמאות ליישום שלו בעולם, למשל בשיעור על מגנטים אפשר להראות רכבת מגנטית ביפן. כאשר הנושא רחוק יותר מעולם הילדים ניתן לחפש נקודות חיבור נוספות. לדוגמה אם שואלים על טיול בחורשה ותלמידים לא משתפים שהיו בחורשה, אפשר לשאול אם הם מכירים סיפור על יער או חורשה ומשם להמשיך את השיח.
- **מי משתמש בזה? – בלמידה של מיומנות מדעית או טכנולוגית מסוימת, אפשר לשאול את הילדים מי משתמש במיומנות הזאת? למשל שקילה – מי שוקל? אחות בטיפת חלב, שקילת מזון במטבח, דיאטנית, כימאים בערבוב חומרים וכו'. לחלופין, אפשר לשאול באיזו מיומנות מדעית השתמשתי לאחרונה תוך מתן סל אפשרויות לבחירה, הלקוחות מהאוריינות המדעית, או ממיומנויות החקר המדעי.**
- **מחוץ לבית הספר** – כדי לעודד פעילות מדעית לא פורמלית, אפשר לתת כשיעורי בית פעילות כגון עריכת ניסוי בבית, איתור תופעה בשכונה, ביקור בסופרמרקט, ביקור במוזיאון מדע ועוד.

2. תודעת צמיחה (Growth Mindset)

משקפת ערכי הוגנות: **אכפתיות, אמון וגמישות**



מה זה אומר?



תודעת צמיחה היא האמונה של אדם ביכולתו להשתנות, להתפתח, ללמוד ולצמוח באמצעות מסירות ועבודה קשה, והיא כוללת את היכולת לקבל מכשולים וטעויות כחלק בונה בתהליך הלמידה (להבדיל מאנשים עם תודעה מקובעת, שחוששים מלנסות, לטעות ולהיראות לא מספיק חכמים, ומוותרים בקלות ובשלב מוקדם על משימות מאתגרות). תודעת צמיחה מסייעת לאדם להתמודד באופן פעיל ועקבי עם האתגרים המורכבים בעת הזו, ובכך היא מחזקת תחושת תקווה.

מה אפשר לעשות?

- **מתן משוב חיובי הממוקד בתהליך** – משוב הנותן משקל למאמץ ולא רק לתוצאה, כדי שיגרום לתלמיד ולתלמידה לרצות להמשיך להתנסות. למשל, שימוש במשפטים מצמיחים ומעודדים: "עדיין לא הצלחת...", "יש לך אפשרות לנסות שוב", "מה תעשה/תעשי אחרת בפעם הבאה?" "ראיתי שניסית מספר פתרונות שונים, מה למדת מההתנסות?"
- **הצבת אתגרים ועידוד התנסות** – בניית יחידות הוראה המתמקדות בהתנסות, בתרגול, בשיח ובמשוב, המציבות בפני התלמידים והתלמידות אתגרים, לצד מתן תמיכה ויצירת שלבים בדרך לפתרון. יש להנכיח בשיח הכיתתי את הקושי ואת העובדה שאתגר הוא חלק מהדרך להצלחה. למשל לאחר ביצוע משימה אפשר לשאול מה היו הקשיים או האתגרים שלכם? איך התמודדתם איתם? ולתת דוגמאות לכשלים של מומחים בתחומי המדע והטכנולוגיה בדרך לפתרון, ואף מהניסיון האישי של ההורה.
- **פיתוח תמונת עתיד** – חיזוק המוטיבציה ותחושת המסוגלות של התלמידים על ידי חשיפה והפגשת התלמידים עם בעלי ובעלות מקצוע מתחום ה-STEM, המגיעים מהעולם התרבותי של התלמידים. במהלך השיעור יש לתת דוגמה באיזה אופן בעלי מקצוע שונים משתמשים במיומנות מדעיות שנלמדו זה עתה.
- **הוראה מפורשת של המושג וחיבור הלמידה מכישולן** – נלמד את התלמידים על היכולת של המוח להתפתח ועל כך שאפשר לפתח את המוח באמצעות למידה ותרגול. כמו כן נוביל שינוי תפיסתי הנוגע להתמודדות עם כישלונות ואתגרים ולראיית הכישולן כהזדמנות ללמידה, להתפתחות ולשיפור. יש לעודד תהליך של למידה מתוך כישולן, על ידי שאלות רפלקטיביות כגון "במה לא הצלחתי היום, ומה למדתי מכך?".

3. הוראה מודעת מגדר

משקפת ערכי הוגנות: **אכפתיות, מגוון וגמישות**



מה זה אומר?



אנו עדים באופן עקבי, בארץ ובעולם, להשתתפות יחסית נמוכה של נשים בלימודים ובמקצועות STEM. מן המחקר עולה כי נשים נוטות שלא לבחור במסלול מדעי טכנולוגי בשל השפעות חיצוניות כגון ציפיות מגדריות ומוטות של הצוות החינוכי וההורים, המחיר החברתי שבנות נשים עלולות לשלם על בחירתן והאווירה התחרותית הרווחת בתחומים אלו. כמו כן, ישנן השפעות שמקורן בתפיסות עצמיות ובסטריאוטיפיים מגדריים שמחזיקות הנשים עצמן, שעלולים לגרום

להן לחוות איום סטריאוטיפי, לייחס את הצלחותיהן לגורמים מקריים (ולא לכישרון או להשקעה מצידן) ולפתח תמונת עתיד שלתחושתן אינה תואמת את סגנון החיים האופייני למקצועות ה-STEM, ובשל כך לבחור מסלול לימודים וקריירה אחר. בחברה הערבית שיעור ההשתתפות במקצועות ה-STEM נמוך, בייחוד בקרב בנים, בשל השפעות הקשורות בקודים תרבותיים. על כן, עלינו למתן את ההשפעה הרבה שיש לגורמים החיצוניים והפנימיים על קבלת ההחלטות של הנשים (ושל הגברים במגזר הערבי) בהמשך חייהם. על תהליכי ההוראה להיות מודעים להבדלים בין המינים בלמידה ולהקשר התרבותי, ובהתאם לכך לעשות מאמצים מודעים להשתתפות בנות וקידומן במגזר היהודי ובנים במגזר הערבי. שימוש בדרכי הוראה איכותית ורגישה מקדם את כלל התלמידות והתלמידים.

מה אפשר לעשות?

- **פיתוח תמונת עתיד מורכבת -** בעזרת חשיפה לדמויות של נשים ממגוון מקצועות ה-STEM (לשים לב לא לתת רק דוגמאות סטריאוטיפיות). על הדמויות הנשיות להיות יחסית צעירות בגיל ובשייכות התרבותית הרלוונטית לתלמידים. כמו כן, יש לשלב ייצוגים נשיים בתוכן הנלמד ולנצל הזדמנויות לימודיות לשבירת סטריאוטיפים מגדריים. היות ובנות המגיעות מרקע משפחתי-תרבותי שמרני נוטות להימנע מקריירה טכנולוגית מדעית, בשל החשש שהדבר יפגע בחיי המשפחה וגידול הילדים, יש להציג לתלמידות דמויות מגוונות המחזיקות בשלל האפשרויות במקביל.
- **הפחתת האווירה התחרותית בכיתה -** על ידי פרקטיקות של השהיית זמן התגובה לאחר שאילת שאלה, מניעת התפרצויות של תלמידים למענה על שאלות, מענה בסבב ולא לפי הצבעה ומתן לגיטימציה לטעויות וללקיחת סיכונים. בנוסף לכך, נעודד למידה שיתופית בקבוצות קטנות ומעורבות, וניתן עדיפות לפעילויות כגון עבודות חקר, משחק ופעולות יצירתיות, המאפשרות הערכה חלופית ודרכי הוראה איכותית נוספות.
- **למידה לשם הבנה -** למידה מעמיקה מעודדת חיבור רגשי לתוכן הנלמד ומפחיתה תחושות ניכור הנפוצות בלמידה אלגוריתמית של "שינון". נוכל לעשות זאת על ידי יצירת מפת מושגים, העמקה לשם הבנה של נוסחאות (ולא רק "הציבו ופתרו"), היכרות עם תפיסות שגויות, למידה מטעויות וניתוחן.
- **רלוונטיות וחיבור לסוגיית עולם אמיתית -** למידה על נושא קרוב ורלוונטי לעולמם של תלמידים יעודד חיבור לתוכן הנלמד. על כן יש להביא דוגמאות מהתקשורת או המחשבות מחיי היום יום או מהסביבה הקרובה בהקשר לחומר הנלמד. רצוי שהדוגמאות יהיו מגוונות ומעולמות שונים כגון בישול, ספורט, אופנה, נהיגה וכו' ולהדגים באמצעות דמויות נשיות כגון נהגת או שחקנית כדורסל. אם אין דוגמה מוחשית רלוונטית, אפשר ליצור סיפור מסגרת לתוכן הנלמד.
- **סדר וארגון -** ברמה הפיזית - למידה בסביבה אסתטית, נעימה ומסודרת מפחיתה תחושות לא נעימות ומייצרת חוויית למידה חיובית. ברמת התוכן - יש להקפיד על רישום מסודר על הלוח, הקצאת זמן בתחילת שיעור לסקירת ההקשר הרחב של התוכן הנלמד וסיכום החומר בסיום, אצל תלמידות ותלמידות כאחד.
- **מודעות לפערים מגדריים -** על המורה לשים לב להשתתפות בשיעור - האם יש הבדל בהצבעה בין בנים לבנות, ובמשך הדיבור שלהם בכיתה? האם היה הבדל בחיבור לתכני השיעור? האם עודדתי תלמידים ותלמידות להשתתף במידה שווה? האם הפניתי שאלות בצורה שווה? האם ייחוס ההצלחה של התלמידים או התלמידות הוא פנימי (בזכות למידה והתמדה) או חיצוני (מזל, מבחן קל)?

4. הגדלת מעגל המשתתפים והמשתתפות

משקפת ערכי הוגנות: נגישות, איכות, מגוון



מה זה אומר?



בכל כיתה יושבים תלמידות ותלמידים שקולם אינו נשמע בשיח הכיתתי. השתתפות במשימה או בדיון כיתתי יוצרת חיבור לעולם התוכן הנלמד ותחושת שייכות למסגרת החברתית של הלמידה, לכן יש חשיבות להבנה ולהסרת החסמים המונעים מתלמידים ותלמידות להשתתף. לצד זאת, חשוב לכבד את בחירתם של אלו הבוחרים לא להשתתף, כל עוד יש עדות לכך שהם לומדים ומתפתחים בעולם הידע הנלמד, לאפשר שלבים בלמידה שבהם נחוצה השהיית שיפוט לצורך חשיבה יצירתית ולהקפיד על יחס סבלני ומכבד בין התלמידים וכלפיהם.

בגישה STEM בין-תחומי נדאג שכלל התלמידים והתלמידות בבית הספר יזכו להזדמנויות ללמידה, ויוכלו להשתתף בהתנסויות במדע והטכנולוגיה ובמפגשים עם דמויות מעוררות השראה ומקרבות (relatable) העוסקות בתחומי STEM. בהובלה של תחרויות ונבחרות, יש להקפיד על תכנון באופן המעודד התמדה בהשתתפות של תלמידים ממגוון הרקעים, והקפדה על היעדר תיוג.

מה אפשר לעשות?

- **תכנון הוגן של תחרויות** – יש לוודא שתחרויות STEM יתמקדו בהשתתפות ובלמידה ולא רק בתוצאות. בתחרויות יש נטייה לעיסוק יתר באופטימיזציה של תוצרים וקישוטים, והדבר גורע מאיזון בריא בין למידה ותהליכי תכן וחקר לבין העיסוק בתוצרים. כמו כן, חשוב שההשתתפות בתחרויות תיעשה על ידי קבוצות תלמידים ולא תלמידים בודדים ולאפשר לקבוצות מגוונות של תלמידים ותלמידות להשתתף. בנוסף לכך, ריבוי תחרויות עלול לעורר תסכול אצל תלמידים לאור חוסר ההצלחה לעלות לשלבים מתקדמים בתחרות, או אי זכייה, ועקב כך הם עלולים לסרב להשתתף בעתיד בתחרויות אחרות.
- **הימנעות מתיוג תלמידים וברירתם מהקבוצה** – יש להקפיד על פעילויות כיתתיות או שכבתיות, שלא מיועדות רק ל"נבחרות" של תלמידים חזקים ו"נוחים" או לתלמידים חלשים. כמו כן, לשים לב שלא רק קבוצות מצוינות (כגון כיתת אמירים או נבחרת רובטיקה) זוכות להנות מפעילויות STEM.

5. מתן מקום לכל קול

משקף ערכי הוגנות: גמישות, אכפתיות, אמון, מגוון



מה זה אומר?



יש תלמידים ותלמידות שיעדיפו להביע את עצמם באמצעות שיח; יש שיעדיפו דרכים אחרות, כגון כתיבה, ציור, סיפור, משחק; ויש שלא ישתתפו. כל תגובה היא לגיטימית, ולכל אחד ואחת קצב משלהם. על המורה לשאול להעדפותיהם ולערוך מיפוי בנושא. חשוב שכלל התלמידות והתלמידים ירגישו שיש להם מקום בטוח ומכבד להשמיע את עמדותיהם ומחשבותיהם, באופן שיעזור להם לגבש את זהותם. מרחב המאפשר השמעת קול מעודד תלמידים להפגין את יכולותיהם, את חוזקותיהם ואת ההון המדעי שלהם.

מה אפשר לעשות?

- **גיוון בדרכי ההבעה העצמית בהתאם למאפיינים אישיים, תרבותיים ושפתיים** – למשל, עבודה בקבוצות קטנות עם שאלות הכוונה לשיח ותפקיד לכל ילד וילדה בקבוצה; משימות מגוונות; אפשרות לביצוע משימות בקצב משתנה (איטי או מהיר); שימוש באמצעי הבעה יצירתיים שאינם ורבליים, כמו עשינות (Hands On) ועוד.
- **עידוד חשיבה ביקורתית** – דרך שאלות פתוחות שהמורה לא יודעת עליהן את התשובה מראש, שיקוף רעיונות מגוונים שעולים בכיתה והטלת ספק במובן מאליו או בהנחות המוקדמות שיש לתלמידים ולתלמידות על העולם.
- **בחינת מידת ההבעה** של התלמידים והתלמידות לאחר זמן, הבנת הגורמים לכך ותכנון פעולות להמשך.

6. בחירה וקבלת החלטות

משקפות ערכי הוגנות: **מגוון, איכות וגמישות**



מה זה אומר?

בחירה מקדמת את היכולת שלנו להפוך את הלמידה לרלוונטית ומשמעותית דרך התאמתה למאפייני התלמידות והתלמידים, לצורכיהם ולעניין שלהם. היכולת לבחור מעלה את המוטיבציה ואת תחושת האחריות על תהליך הלמידה.



מה אפשר לעשות?

- **הוראה מפורשת של ערך הבחירה** – איך בוחרים בקבוצה, כיצד אפשר לקבל החלטות והחשיבות של הבעת עמדה.
- **הגדרת מטרות ההוראה-למידה-הערכה** – הצוות החינוכי מגדיר את מטרות ההוראה-למידה בשיתוף עם תלמידים באופן הדרגתי וכחלק משגרות הלמידה, בתוך מסגרת תחום תוכן הנבחר על ידי המורה.
- **הנחיה, עיצוב וצורכי הלמידה** – התלמידים שותפים לעיצוב תהליכי הלמידה. הלמידה משותפת למורים, למורות, לתלמידים ולתלמידות, ויחד חוקרים ולומדים.
- **בחירה בהרכב הלמידה** – קבוצתית, פרטנית, כיתתית.
- **בחירה בדרך הלמידה** – סינכרונית, א-סינכרונית, למידה דרך משחק ועוד.
- **בחירה במרחב הלמידה** – כיתה, מסדרון, חצר, קהילה ועוד.
- **פתרון בעיות** – התלמידים מתנסים בבחירת פתרונות לסוגיות מהעולם האמיתי, בעיצוב ובפיתוח פתרונות אלה.
- **חקר** – התלמידים מתנסים בבחירת נושא החקר, שיטת החקר והמשתנים.
- **חיזוק מידת ההשתתפות** – יש לשאוף להעלות בהדרגה את מידת ההשתתפות של התלמידים בעיצוב תהליכי הלמידה, כפי שהדבר משתקף בסולם ההשתתפות של הארט.



30. האיור על פי הארט, 1992. להרחבה אודות סולם ההשתתפות ראו בקישור, עמוד 19: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://education.academy.ac.il/SystemFiles/23298.pdf>

7. הערכה מסכמת ומעצבת

משקפת ערכי הוגנות: **אמון, שקיפות ומגוון**



מה זה אומר?



הערכה מעצבת של הלמידה מיושמת כחלק משגרות הלמידה בהתייחס לידע ולמיומנויות ובשילוב דיאלוג בין המורה לתלמידים.

התלמידים מודעים לאופן שבו הם יוערכו. משקל רב בהערכה ניתן לתהליך הלמידה, למאמץ שהושקע ולעבודה האישית והקבוצתית. ההערכה הסופית מכילה בתוכה צומתי הערכה לכל אורך תהליך הלמידה והערכה של התוצר הסופי.

מה אפשר לעשות?

- **שיתוף התלמידים בתהליך ההערכה של עצמם** – על ידי קביעת יעדים אישיים עם המורה ומתן אפשרות להערכה עצמית עם מחוון. מדי נקודת הערכה יש לבחון את התקדמות התלמיד או התלמידה ביחס להערכה הקודמת שלהם, ולא בהשוואה לשאר תלמידי הכיתה.
- **יצירת מגוון דרכי הערכה** – כגון הערכת עמיתים, הערכה עצמית, הערכה קבוצתית, הערכה בשותפות ההורים או מומחים מהקהילה שהיו שותפים בפיתוח הפעילות. כמו כן, הערכה יכולה להיות בכתב, במצגת, בפרזנטציה, בפיתוח של דגם או מוצר ועוד.
- **מספר רב של נקודות הערכה** – לאורך תהליך הלמידה, יש לעודד רפלקציה והערכה בכל שלב. אפשר לקיים הערכה בתחנות שונות או לבקש מתלמיד לייצר תלקיט המעיד על תהליך הלמידה שעבר. על סמך כלל נקודות ההערכה ישוקלל הציון הסופי.

שער רביעי:

עקרונות ודרכים ליישום מיטבי

של גישת החינוך ל-STEM בין-תחומי
מקדם הוגנות



4.1 עקרונות ודרכים ליישום מיטבי של גישת החינוך ל-STEM בין-תחומי מקדם הוגנות, בזירות השונות של בית הספר היסודי



	עקרונות מובילים
 <p>הזירה החינוכית: הוראה-למידה-הערכה</p> <p>הזדמנויות למידה בהלימה לתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה תוך שילוב הידע עם המיומנויות (עיצוב הפעילויות והתכנים) וקידום פרקטיקות מדעיות (חקר) והנדסיות</p>	
<p>התלמידים והתלמידות מתנסים בשילוב של פרקטיקות מדעיות והנדסיות בתוך הקשרים תוכניים מגוונים מהעולם האמיתי בהקשר לתוכנית הלימודים, כחלק משגרות הלמידה, כולל תהליכים פתוחים ומונחים של חקר מדעי ותוכן הנדסי.</p>	<p>שילוב פרקטיקות מדעיות (חקר) והנדסיות</p>
<p>התמצאות מדעית – התלמידים והתלמידות מזהים שאלות, הסברים ותיאורים מדעיות וכן מאפיינים מרכזיים של מחקר מדעי. התלמידים מעריכים דיווחים במדיה הקשורים למדע ומזהים היבטים אתיים של ניסויים מדעיים.</p>	<p>אוריינות מדעית</p>
<p>הסבר מדעי של תופעות – התלמידים והתלמידות משתמשים בידע מדעי לתיאור ולהסבר של תופעות, יחסי גומלין והתרחשויות וכן כדי לנסח ולהעריך טענות מדעיות. התלמידים מזהים מודלים, בונים אותם משתמשים בהם ומעריכים אותם ומיישמים חשיבה מערכתית.</p>	
<p>ביצוע והערכה של מחקר מדעי – התלמידות והתלמידים מתנסים בכל שלבי תהליכי חקר סגורים ופתוחים ומזהים את מגבלות המחקר.</p>	
<p>פרשנות מדעית של נתונים – התלמידות והתלמידים רוכשים כלים לניתוח ממצאי החקר המדעי והשלכותיו על הסביבה והחברה, וכן מזהים את ההשלכות האפשריות של ידע מדעי על סוגיות חברתיות, סביבתיות ומוסריות.</p>	
<p>הצוות החינוכי מפתח מיומנויות ומעריך את רכישתן באמצעות הגדרה של ביצועי התלמידים והתלמידות המצופים בכל תחומי הידע והמיומנויות, בהתבסס על תוכנית הלימודים במדע, טכנולוגיה ומתמטיקה.</p>	<p>אוריינות מתמטית, חשיבה יצירתית, חשיבה ביקורתית</p>



הזירה החינוכית: הוראה-למידה-הערכה

הזירה החינוכית:

הזדמנויות למידה (המשך)

הגדרה ותיחום של בעיות הנדסיות – הכרות מעמיקה ולמידה של הצורך או הבעיה, אפיון וניסוח שלהם.

אוריינות הנדסית

איסוף מידע של פתרונות קודמים לבעיות דומות או צרכים דומים, איסוף מידע על עקרונות מדעיים הקשורים בתפקוד הצפוי מהמוצר והעקרונות המדעיים העומדים בבסיס תכנונו. הגדרת הדרישות מהתוצר והתמקדות ברעיונות ישימים לפתרון המיטבי.

תכנון פתרונות לבעיות הנדסיות – התלמידים והתלמידות בוחרים ברעיון על פי קריטריונים מדידים להערכת המוצר. התלמידים מתכננים, מפתחים ומדייקים את הרעיון כדי לקדמו לידי מוצר ונעזרים בפיתוח של מודל הנדסי. התלמידים והתלמידות מיישמים את הפיתוח של הרעיון ובונים את התוצר בהלימה להגדרת הדרישות מהתוצר.

אופטימיזציה של פתרון התכן – בכל אחד משלבי התהליך התלמידים בוחרים את התוצר ואת השלכותיו תוך קידום חשיבה מערכתית וביקורתית. התלמידים משתמשים בידע המדעי ובפרקטיקות החקר ותכן ההנדסי כדי לשפר את איכות התוצר ההנדסי-טכנולוגי.

הלמידה מתקיימת בהקשר לסוגיות בעולם האמיתי (לדוגמה, יעדי האו"ם לפיתוח מקיים) והיא מעודדת תחושת שייכות ואחריות מקומית וגלובלית. הפעילות מקנה הזדמנויות:

מיומנויות רגשיות וחברתיות:

• טיפוח תודעת צמיחה

- מודעות עצמית (מסוגלות עצמית ותודעת צמיחה)
- הכוונה עצמית
- התנהלות חברתית (עבודת צוות)
- אוריינות גלובלית

• קישור ב'תפיסת הלמידה המתחדשת'

• להכיר ולהאמין ביכולתם העצמית להשתפר בהתמודדות עם משימות על ידי השקעה של זמן ומאמץ. לפתח ולטפח חוזקות.

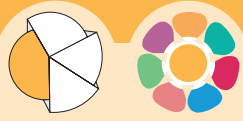
• חשיבה מטה-קוגניטיבית ותכנון הלמידה: להציב מטרות לטווח קצר וארוך, ולהגדיר שלבים להשגת יעדים. חשיבה רפלקטיבית בשלבי העבודה, הערכה עצמית של הלמידה ותיקון או שינוי העבודה בהתאם לרפלקציה.³¹

• עבודה בצוות: במהלך העבודה הצוות מוודא שכל חברי הצוות משתתפים, מקבלים ערך מוסף מעבודת הצוות ומביאים לידי ביטוי את חוזקותיהם. הם מתנסים בבחירת פתרונות מיטביים בשיתוף פעולה ובהסכמה לגיבוש ידע משמעותי במדע וטכנולוגיה.

31. מעגל התכנון, פעולה ורפלקציה.

<https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/aar-cycle/>

הזירה החינוכית: הוראה-למידה-הערכה



הוגנות בתהליכי הוראה-למידה-הערכה לעידוד השתתפות בעזרת עקרונות ההוגנות בהקשר של STEM

<p>כלל התלמידים והתלמידות בבית הספר זוכים להזדמנויות ללמידה בגישת STEM בין-תחומי, השתתפות בהתנסויות במדע והטכנולוגיה ומפגשים עם דמויות מעוררות השראה ומקרבות (relatable) העוסקות בתחומי STEM. בהובלה של תחרויות ונבחרות יש להקפיד על עיצובן באופן המעודד התמדה בהשתתפות של תלמידים ותלמידות ממגוון רקעים, והקפדה על היעדר תיוג.</p>	<p>הגדלת מעגל המשתתפים (משקף נגישות, איכות, מגוון)</p>
<p>כלל התלמידים והתלמידות זוכים לכבוד ומקום להשמעת עמדותיהם ומחשבותיהם תוך פיתוח חשיבה ביקורתית. כולם זוכים לדרכים להפגין את יכולותיהם, חוזקותיהם וההון המדעי שלהם.</p>	<p>מתן מקום לכל קול (משקף גמישות, אכפתיות, אמון)</p>
<p>תלמידים ותלמידות שותפים לעיצוב תהליכי הלמידה בהתאם לצורכיהם, בזכות מתן מקום לבחירה, בתוך מסגרת תחום תוכן הנבחר על ידי המורה. הפעילויות כוללות לימוד של ערך הבחירה, איך בוחרים בקבוצה, מתן מקום לתהליכי קבלת החלטות והבעת עמדה.</p>	<p>בחירה וקבלת החלטות (משקף מגוון, איכות וגמישות)</p>
<p>הערכה מעצבת של הלמידה מיושמת כחלק משגרות הלמידה בהתייחס לידע ומיומנויות ובשילוב דיאלוג בין המורה לתלמידים ולתלמידות. הם מודעים לאופן שבו הם יוערכו. משקל רב בהערכה ניתן לתהליך הלמידה, למאמץ שהושקע ולעבודה האישית והקבוצתית. ההערכה הסופית מכילה צומתי הערכה לכל אורך תהליך הלמידה והערכה של התוצר הסופי.</p>	<p>הערכה מסכמת ומעצבת (משקף אמון, שקיפות ומגוון)</p>
<p>ההוראה בכיתה מעודדת מאמץ, ניסוי וטעייה, מאמינה ביכולת התלמיד והתלמידה להשתפר ולהצליח. ההערכה מושפעת במידה רבה מתהליך הלמידה ולא רק מהתוצאה.</p>	<p>תודעת צמיחה (משקף אכפתיות, אמון וגמישות)</p>
<p>הצוות החינוכי שואף לגלות ידע קודם של תלמידים או של משפחותיהם שעשוי לרתום אותם לתהליכי הלמידה. למשל תחביבים, ניסיון תעסוקתי של הורים, ידע תרבותי ומסורתי העשוי להיות רלוונטי, התנסויות משמעותיות ועוד (הרחבה ניתן למצוא בקישור הזה).</p>	<p>רתימת ההון המדעי (משקף מגוון, גמישות ואכפתיות)</p>
<p>תהליכי ההוראה מודעים להבדלים בין המינים בתהליכי הוראה-למידה-הערכה ולהקשר התרבותי, ובהתאם נעשים מאמצים מודעים להשתתפות וקידום בנות במגזר היהודי ובנים במגזר הערבי.</p>	<p>הוראה מודעת מגדר (משקף אכפתיות, מגוון וגמישות)</p>

עקרונות מובילים		יישום מיטבי
הזירה החינוכית: סיבות ומרחבי למידה בגישת STEM		
בבית הספר	מרחבים מקדמי למידת STEM	הלמידה מתרחשת במרחבים המעודדים סקרנות, פליאה, חקר ופתרון בעיות, כגון מעבדה, מרחב מייקר, חממה, חצר בית הספר ועוד. המרחבים מציגים מגוון תרבותי ומגדרי לא סטריאוטיפי.
	ארגון הלומדים	ארגון הלומדים בכיתה באופן המאפשר חקר, בניית מודלים, הצגת תוצרים מתוך תמיכה בעבודה פרטנית וקבוצתית עם תלמידים.
בקהילה	מרחבי למידה מהעולם האמיתי	הלמידה מתקיימת במרחב ציבורי פתוח (פארקים), במרחבים טבעיים או במרחבים בנויים, כגון מוזיאונים למדע, מרכזי חדשנות, מעבדות מחקר ופיתוח במוסדות אקדמיים, תעשייה, עסקים מקומיים המעודדים חיבור הידע הנלמד בהקשר הרלוונטי לעולם האמיתי מתוך שמירה על כללי הבטיחות.
	מפגש עם אנשי מקצוע בתחומי STEM	התלמידים והתלמידות מתנסים פעילים (לא רק צופים) באופן ישיר עם אנשי מקצוע או סטודנטים בתחומי STEM או סביבות עבודה מקצועיות, מתוך רגישות למגוון מגדרי ותרבותי.
	שימוש בכלים טכנולוגיים	התלמידים והתלמידות משתמשים בכלים טכנולוגיים (כגון חיישני מד אור, מד דציבלים, פלס, סימולציות, קוד ורובוטיקה) בתהליכי חקר ופתרון בעיות כחלק משגרות הלמידה בהלימה לתוכניות לימודים במדע וטכנולוגיה.
עזרי למידה	שימוש בכלי מעבדה	התלמידים והתלמידות משתמשים בכלי מעבדה (ציוד יסודי - חומרים וכלים)
	סביבות דיגיטליות	התלמידים והתלמידות מתנסים בתהליכי הוראה-למידה-הערכה בסביבות דיגיטליות חדשניות (כגון יישומונים, קורס דיגיטלי, מציאות מדומה, מציאות וירטואלית ועוד) כחלק משגרות הלמידה.

הזירה החינוכית:		מנהיגות וצוות חינוכי
תפקיד ההנהלה		
מומחיות	צוות הניהול מקדם בניית תוכנית עבודה שנתית ב-STEM, ודואג לחשיפתה ולחיבורה לכלל קהילת בית הספר.	
פיתוח מקצועי	לפחות מורה אחד מהצוות החינוכי מוסמך להוראת מדעים (או ישתתף לפחות ב-180 שעות של השלמה דיסציפלינרית).	
שיתוף פעולה	כל חברי הצוות המוביל STEM משתתפים בפיתוח מקצועי ייעודי STEM בין-תחומי מקדם הוגנות בהקשרים מדעיים ופרקטיקות מדעיות והנדסיות. יש לתת את הדעת בפיתוח המקצועי של צוותי הוראה נוספים לחיבורים STEM בין-תחומי, תחומי הדעת השונים מתוך חקר פרקטיקה ויישום פרקטיקות מקדמות הוגנות.	
שיתוף פעולה	הצוות החינוכי פועל בשיתוף פעולה, לאור תוכנית העבודה, בשגרות עבודה קבועות בפיתוח והתאמה משאבי הוראה-למידה-הערכה בין-תחומיים (בכל שכבות הגיל) בחקר הפרקטיקה.	

	יישום מיטבי הורים וקהילה	עקרונות מובילים הזירה החינוכית:
	<p>הצוות החינוכי מקדם שותפות עם כלל ההורים והקהילה כחלק משגרות העבודה. מגוון המשפחות נוכחות ומעורבות בצמתים המרכזיים לאורך הפעילות (תכנון ויישום).</p>	שותפות עם הורים
	<p>הצוות החינוכי מקדם שותפות עם גורמים בקהילה (למשל: מוסדות וארגונים בתחומי הרשות, התעשייה, האקדמיה, החינוך הבלתי פורמלי) כחלק משגרות העבודה.</p>	שותפות עם גורמים בקהילה
	<p>בית הספר מתואם ומקדם שותפות עם הרשות או האשכול והמחוז.</p>	מעטפת אזורית

שער חמישי:

בתי ספר מקדמי STEM



5.1 ייחודיות בית ספרית - STEM בין-תחומי מקדם הוגנות

בתי ספר רבים רואים כיום את חשיבות החינוך בגישת STEM בין-תחומי, ורואים בה הזדמנות לקדם את ההוגנות בין כותליהם. יחד עם זאת, הדרך לשם מאתגרת ודורשת הטמעת שינויים בהיבטים רבים ושונים: בדרכי ההוראה, בדרכי הלמידה, בדרכי ההערכה ובפיתוח סביבות הלמידה; וכן ביצירת שותפויות בתוך בית הספר ומחוצה לו, בפיתוח מקצועי, ברכישת ציוד וביצירת סדירויות תומכות.

פרק זה מציע אבני דרך לבתי הספר, שיבססו את יכולתם בצורה הטובה ביותר להתקדם לעבר חינוך בגישת STEM בין-תחומי, מורכב, מדויק ואיכותי יותר, וכן המלצות לדגשים חשובים בתהליך, בפן של החינוך המדעי-טכנולוגי ובהיבט ההוגנות. כדי לעבור את תהליך ההכרה, משרד החינוך מציע לבתי ספר המעוניינים לקבל הכרה רשמית להיותם בתי ספר בעלי ייחודיות STEM בין-תחומי מקדם הוגנות, להגיש עדויות ומסמכים נוספים (שיפורטו בהמשך).

אנו מכירים בכך שהטמעת גישת החינוך STEM בין-תחומי מקדם הוגנות, היא תהליך מורכב, ולרוב נדרשות שנים מספר כדי להגיע למופעו המלא. משום כך נקבעו שלוש רמות של מומחיות בתוך הייחודיות:

Pro-STEM

בית ספר מומחה STEM

High-STEM

בית ספר מוביל STEM

Go-STEM

בית ספר ממוקד STEM

רמה שלישית: בית הספר מתנהל באופן הדומה למרכז מו"פ (מחקר ופיתוח). כלל תלמידי בית הספר חוקרים שלל סוגיות מהארץ ומהעולם, נדרשים לפתור בעיות ולפתח מוצרים. התלמידים מיישמים את הידע שרכשו על פי תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה בעזרת פרקטיקות של חקר מדעי, פתרון בעיות ויישומים מתמטיים בפיתוחים שלהם. לשם כך הם עובדים בין מרחבי הלמידה השונים ועוברים ביניהם, בתוך בית הספר ובקהילה, יחד עם מומחים ובשיתוף מוסדות שונים באזור מגוריהם. כלל מורי בית הספר שותפים לתכנון תהליכי STEM וליישומם. בהוראה ניתן מקום רב לחשיבה ביקורתית ולחשיבה רפלקטיבית, המסייעות לאחר מכן בתהליכי הלמידה ובתהליכי ההערכה המעצבת של התלמידים.

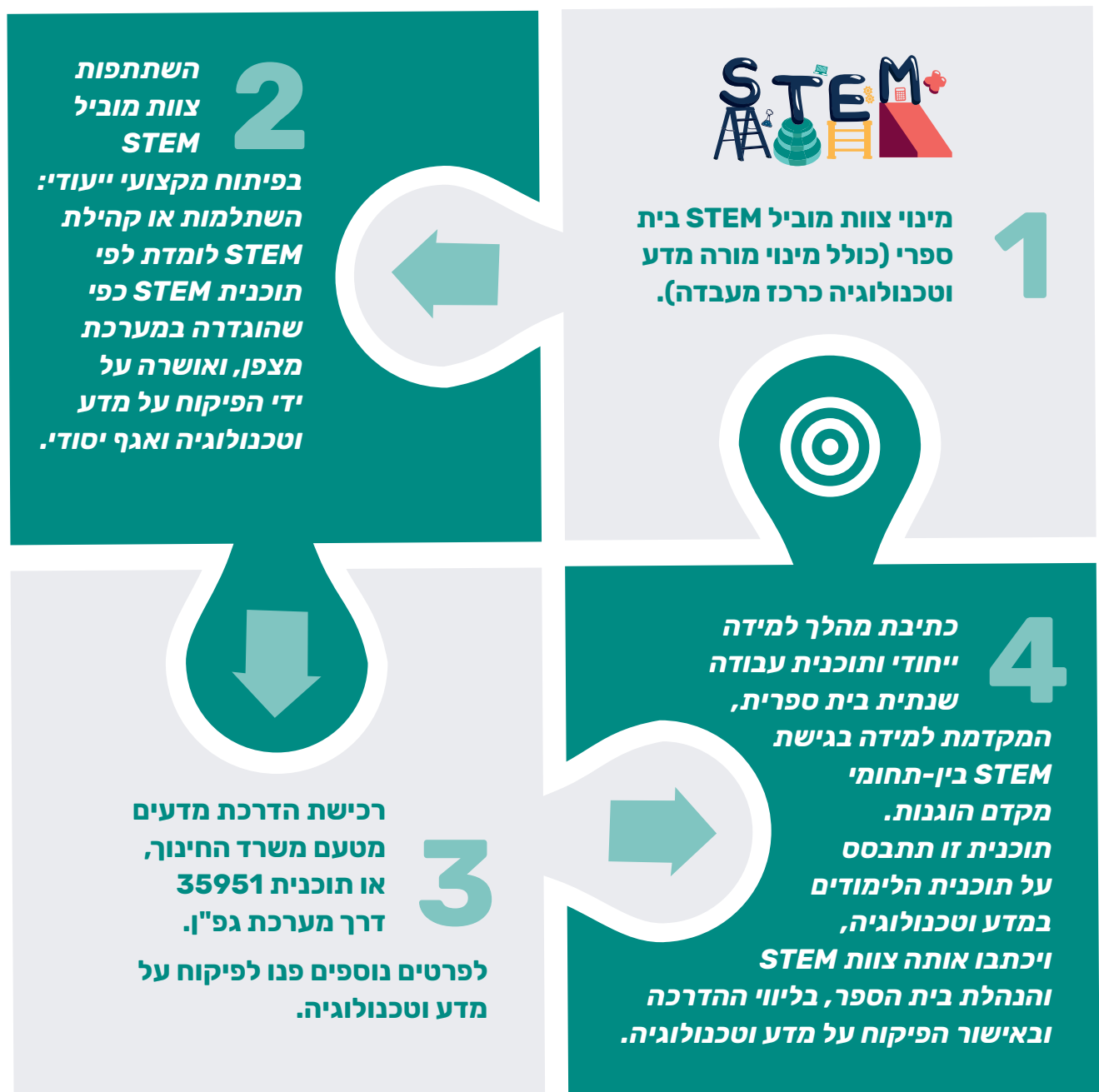
רמה שנייה: בית ספר שקיימת בו התשתית ללמידה התנסותית מגוונת, תוך כדי תהליכי חקר מדעי ופתרון בעיות פתוחים ההולמים את תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה (Hands-On Minds-On) במעבדה, במרחב ה-Make ובקהילה. בפעילויות ה-STEM ניתן מקום לתלמידים לחשוב באופן יצירתי, לבחור, לקבל החלטות ולעבוד בצוות. דגש רב ניתן לתרומה הייחודית של כל תלמיד ותלמידה לתהליך. בבית הספר ישנו צוות רב-תחומי המוביל את הוראת ה-STEM, בשיתוף הורים ומומחים, ולפחות בארבע משכבות הגיל.

רמה ראשונה: בית ספר שקיימת בו התשתית להוראה איכותית תחומית ובין-תחומית של מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה. התשתית כוללת צוותי הוראה מקצועיים ומוסמכים, המובילים את הוראת STEM; סדירות המאפשרת שילוב מופעי למידה בין-תחומית; מרחב מעבדה מצויד וחיבור עם הורים ומומחים בקהילה. בבית ספר ממוקד STEM ישנו דגש רב על לימוד אוריינות מדעית ומתמטית. מתקיימות בו מגוון פעילויות STEM המעודדות תהליכי חקר מדעי ופתרון בעיות הנמצאות בהלימה לתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה לפחות בשתי שכבות גיל, עבור כלל תלמידי השכבה, ולתלמידים ולתלמידות ניתנת הזדמנות להכוונה עצמית בלמידה ועידוד תודעת צמיחה.

כדי לקבל הכרה על ידי משרד החינוך בייחודיות זו, על בית הספר לעמוד בדרישות תנאי הסף ולהציג עדויות ומסמכים שיעזרו להעריך את רמת המומחיות שלו. להלן רשימה של תנאי הסף והעדויות הנדרשות לכל אחד משלבי המומחיות. בסיום המסמך מופיע פירוט על תהליך הגשת הבקשה להכרה.

תנאי סף להכרה בבית ספר בעל ייחודיות STEM בין-תחומי מקדם הוגנות בבית הספר היסודי

מנהלי ומנהלות בית הספר יוצרים תנאים מיטביים (משאבי זמן, מקום, תקציב וסדיריות) למימוש למידה בגישת STEM בין-תחומי מקדם הוגנות.



מסמכים שיש להגיש להוכחת רמת המומחיות

מכתבי המלצה: על בית הספר להגיש לכל הפחות שלושה מכתבי המלצה שיכתבו גורמים שונים, כגון מדריכת STEM, המפקח הכולל, הממונה המחוזי על הוראת המדעים, מומחים מהאקדמיה או מהתעשייה השותפים לתהליכי STEM בבית הספר, מנהל אגף החינוך ברשות המקומית, גוף אחר העוסק בחינוך מדעי-טכנולוגי ומלווה מקרוב את בית הספר וכדומה. המכתבים יהיו ממוענים לוועדת ההכרה בייחודיות, ושם ינמקו את המלצתם, בצירוף דוגמאות.





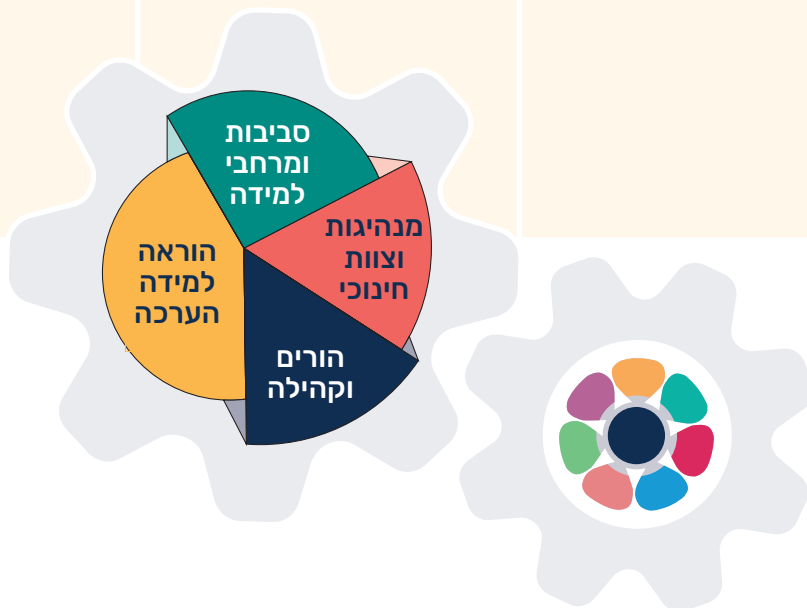
עדויות לתהליכי הלמידה ותוצריה: על בית הספר להגיש מסמכים, כגון תוכניות עבודה, תוכניות לימוד, עדויות לתוצרי תלמידים ותלמידות מערכת שעות במערכות המשרד, אישור השתתפות בפיתוח מקצועי, תדפיס הוצאות במערכת גפ"ן לטובת שכר תוספתי, פעילויות או ציוד וחומרים לטובת STEM. כמו כן ניתן לצרף תמונות, סרטונים, תלקיט תלמיד לדוגמה, הערכות רפלקטיביות של תלמידים ותלמידות וכל מסמך אחר שבית הספר מוצא לנכון, ובתנאי שיקפיד על כללי האתיקה ופרטיות התלמידים.



להלן טבלה המרכזת את הנושאים שעל אודותיהם נבקש להמציא עדויות:

נא לשים לב, כל שלב מכיל את הסעיפים של השלב הקודם לו. כך למשל: בית ספר המעוניין להיות מוכר כ-Pro-STEM יצטרך להגיש עדויות גם להוכחת הסעיפים משלבי המומחיות Go-STEM ו-High-STEM.

רמה שלישית Pro-STEM	רמה שנייה High-STEM	רמה ראשונה Go-STEM	
<p>התלמידים מתנסים בביצוע של תהליך תכן הנדסי מלא פתוח (פתרון בעיה טכנולוגית) משולב בתהליך חקר מדעי מלא פתוח, תוך שילוב של חשיבה מתמטית</p> <ul style="list-style-type: none"> השתתפות כל שכבות הגיל בהתאמה למאפייני הגיל דגש על בין-תחומיות בין המקצועות המדעיים (מדעי החיים, מדעי החומר ועוד) דגש על אוריינות גלובלית דגש על חשיבה ביקורתית. 	<p>התלמידים מתנסים בתהליכי חקר ופתרון בעיות מונחים בהלימה ליכולות התלמיד / הכיתה תוך שילוב של חשיבה מתמטית</p> <ul style="list-style-type: none"> 4 שכבות גיל תוצרי תלמידים כעדויות להעמקה בידע ולביצועי הבנה העמקה בפרקטיקות של החקר המדעי וגם התכן (design) ההנדסי דגש על עבודת צוות דגש על חשיבה יצירתית. 	<p>התלמידים מבצעים תהליכים מובנים של חקר מדעי ושל פתרון בעיות תוך שילוב של חשיבה מתמטית בהלימה לתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה</p> <ul style="list-style-type: none"> 2 שכבות גיל (בעדיפות ד'ו') דגש על מודעות עצמית והכוונה עצמית בפתרון בעיות (העצמה דרך פתרון בעיות) דגש על אוריינות מדעית ומתמטית. 	 <p>הוראה- למידה- הערכה:</p> <p>הזדמנויות למידה</p>
<ul style="list-style-type: none"> דגש על הערכה מסכמת ומעצבת. 	<ul style="list-style-type: none"> דגש על מתן מקום לכל קול דגש על בחירה וקבלת החלטות דגש על הוראה מודעת מגדר. 	<ul style="list-style-type: none"> דגש על השתתפות כלל התלמידים והתלמידות בלמידה דגש על תודעת צמיחה. 	 <p>הוראה- למידה- הערכה:</p> <p>הוגנות</p>



רמה שלישית Pro-STEM	רמה שנייה High-STEM	רמה ראשונה Go-STEM	 סביבות למידה
<ul style="list-style-type: none"> ● הלמידה מעודדת שילוב בין מרחבי STEM ● הלמידה במרחבי STEM מתקיימת באופן תדיר ● מרחב רב-תכליתי מקדם STEM משותף למגוון תחומי הדעת בבית הספר. 	<p>הלמידה מתקיימת במרחבים מקדמי STEM מעבדה ו-Maker space.</p>	<p>חדר מקצוע או מעבדה מצוידת ופעילה.</p>	 מנהיגות וצוות חינוכי
<ul style="list-style-type: none"> ● למידה בסביבה מחוץ לבית הספר מספר פעמים בשנה במגוון מקומות ● מספר מפגשים משמעותיים עם מגוון מומחי STEM. 	<p>למידה בסביבה מחוץ לבית הספר או עם מומחי STEM מספר פעמים בשנה.</p>	<p>כל שכבה המשתתפת ב-STEM יוצאת ללמידה בסביבה מחוץ לבית הספר סביב בעיה מהעולם האמיתי או נפגשת עם מומחים מתחומי STEM.</p>	 קהילה
<p>כל מליאת המורים משתתפת בפיתוח מקצועי ומלווה בהדרכה.</p>	<p>צוות רב-תחומי משתתף בפיתוח מקצועי ומלווה בהדרכה.</p>	<p>צוות מורי מדע וטכנולוגיה (לכל הפחות) משתתפים בפיתוח מקצועי ויעודי ומלווים בהדרכה.</p>	<p>● חבר בצוות STEM הוא מוסמך להוראת מדעים, ובבית הספר ישנו מורה מוסמך להוראת מתמטיקה</p> <p>● גמול ריכוז מעבדת מדעים ניתן למורה שהוסמך להוראת מדעים.</p>
<p>בבית הספר יש איש חינוך שעבר הכשרה טכנו-פדגוגית ומאייש את התפקיד לפחות 5 ש"ש.</p>	<p>בית הספר מעניק 2 ש"ש למורה מוביל STEM או מוביל קהילת השקפה, נוסף לעבודת ההוראה.</p>	<p>הנהלת בית הספר מזמינה הורים ומומחים מהקהילה לתרום מהמומחיות שלהם לתהליכי הלמידה.</p>	
<p>מוסדות וארגונים בתחומי הרשות, התעשייה, האקדמיה והחינוך הבלתי פורמלי הם שותפים ומעורבים בתכנון ויישום תוכנית העבודה השנתית ב-STEM בהתאם לחוזרי מנכ"ל²⁹.</p>	<p>הורים ומומחים מהאקדמיה והתעשייה שותפים בחשיבה ובתכנון הפתרון לבעיות העולם האמיתי.</p>		

²⁹ [בשער שמונה](#) ניתן לקרוא בהרחבה המלצות על שיתופי פעולה.

5.2 תהליך ההכרה בייחודיות הבית ספרית

כל בתי הספר המעוניינים בהכרה בייחודיות STEM בין-תחומי מקדם הוגנות, יצטרכו ראשית לעבור דרך שלב המומחיות הראשון, רק לאחר מכן יוכלו לבקש לעבור לרמת המומחיות השנייה ולבסוף לבקש הכרה בשלב בשלישי.

הכרה בשלב Go-STEM

יש להגיש את העדויות וההמלצות אודות עשיית בית הספר בשנת הלימודים הקודמת ומחצית הלימודים הראשונה של שנת הלימודים הנוכחית.

הכרה בשלב High-STEM

יש להמתין לפחות שנה ממועד ההכרה כבית ספר Go-STEM עד להגשת בקשה להכרה כבית ספר High-STEM. בתי ספר שיספקו את העדויות וההמלצות הנדרשות, יזמנו לריאיון. פרטים על מועד הריאיון, משתתפים מומלצים ורשימת שאלות אפשריות, יישלחו לבית הספר עד שבועיים לפניו.

הכרה בשלב Pro-STEM

יש להמתין לפחות שנתיים ממועד ההכרה כבית ספר High-STEM עד להגשת בקשה להכרה כבית ספר Pro-STEM. פרטים על מועד הריאיון, משתתפים מומלצים ורשימת שאלות אפשריות, יישלחו לבית הספר עד שבועיים לפניו. בית ספר שעבר את הריאיון, יתואם מולו סיור פיזי בבית הספר. הנחיות מפורטות יישלחו בהמשך. סיור בבית הספר יתקיים לרוב בחודשים פברואר-אפריל.

הוועדה לבחינת הבקשות היא באחריות אגף מדעים ואגף א' לחינוך יסודי.
לברורים בנושא הגשה לוועדה יש לפנות לממונה מדע וטכנולוגיה המחוזי
ולמפמ"ר מדע וטכנולוגיה בילי פרידמן: bilifr@education.gov.il

שער שישי:

תכנון סביבת למידה מקדמת STEM



6.1 מבוא: מטרה והגדרות פדגוגיות ומרחביות מטרת הפרק: עקרונות תכנון

פרק זה עוסק בתכנון ובעיצוב מרחבים ייחודיים, שמאפשרים תהליכים מעצימי למידה, חקר, התנסות מדעי טכנולוגי: **D-STEM (Design STEM)**. למידה זו מבוססת על חקר מדעי ופתרון בעיות בגישה מקדמת הוגנות. מטרת מרחבים אלו היא לתמוך בתשתיות פיזיות, המותאמות לפדגוגיות המושתתות על המהות של כל אחד מתחומי הדעת ועל קשרי הגומלין ביניהם (STEM אינטגרטיבי).

הפרק מיועד לצוותי חינוך ולרשויות, שבכוונתם להקים מרחב D-STEM לימודי ייחודי ליישום תהליכי למידה ועשייה ברוח תפיסת ה-STEM האינטגרטיבי. לאור זאת, הפרק מציג התבוננות דו-כיוונית, המזמנת חיבור ייחודי בין פדגוגיה תומכת STEM אינטגרטיבי ובין תכנון אדריכלי תואם.

הגדרת המרחב ומהותו בראיית פדגוגיית STEM

מרחבי D-STEM לעיצוב ולהטמעת תרבות למידה מדעית-הנדסית התנסותית תומכים בעשייה, בפעילות (agency) ובחקר עצמאי, כחלק מתהליכי למידה המערבים את הלומד בשלבים השונים של תהליך החקר. גישה זו, הנמצאת בשלבי פיתוח והטמעה בבתי הספר, מבקשת מרחב שיכול להתאים לתהליכים שונים, עכשוויים ועתידיים: מרחבי למידה שמעודדים אהבת למידה, חדוות גילוי, סקרנות, יצירתיות, מקוריות וחשיבה ביקורתית. גישה זו דוגלת בחתירה מתמדת להתקדמות, להתפתחות, ולפיתוח מיומנויות של לומד עצמאי ולפעילות במרחבים שיהיו בני-קיימא ומתאימים להתפתחות בעולם משתנה.

מרחבים אלו, המקדמים יישום של STEM אינטגרטיבי, יזמנו תהליכי למידה שונים, יתמכו בהם ויעצימו אותם. תהליכי הלמידה הללו מבוססים על העיקרים האלה:



מיקום המרחב בבית הספר

שילוב מרחבי D-STEM בבתי הספר יותאם למקרים הבאים:

- הקמת מרחב D-STEM בתהליך תכנון בית ספר חדש, והטמעתו כחלק מהחזון הבית ספרי.
- הקמת מרחב D-STEM בבית ספר שנמצא בתהליכי התחדשות החזון החינוכי ושיפוץ מבני.
- הקמת מרחב D-STEM בבית ספר קיים עם עתודות מרחביות, שמעוניין בהתחדשות החזון הבית ספרי.
- הקמת מרחב D-STEM בבית ספר קיים ללא עתודות מרחביות.
- הצעות לשילוב מרחבי D-STEM על פי נתונים אלו יפורטו בסעיף 6.6 בהמשך.

6.2 המרכיבים של סביבת עולם אמיתי מקדמת STEM והוגנות

להלן מוצגת דיאגרמה מושגית, שסוקרת את הזיקה בין למידה בין-תחומית, הוגנות ומרחב כמכלול, ומשקפת את הקשרים ביניהם. בהמשך הפרק יפורט כל אחד מהמרכיבים.



איור 1. סביבת עולם אמיתי מקדמת STEM והוגנות

6.3 מאפייני גישת STEM

גישת החינוך STEM בין-תחומי מקדמת הוגנות בבתי הספר היסודיים

המציאות שבה אנו חיים כיום מאופיינת בגדילה ניכרת של ידע ובגלובליזציה שלו, בפיתוח מואץ של טכנולוגיות, ברב-תרבותיות ובאי-ודאות. מגמות אלה דורשות התמודדות עם אתגרים מורכבים ועם פתרון בעיות, שהמענה עליהם אינו יכול להתבסס על הסבר פשוט וחד-משמעי.

גישת החינוך STEM בין-תחומי היא גישה פדגוגית, שבה התלמידים לומדים את הקשרים ההדדיים בין-תחומי מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה. גישה זו מספקת תשתית ללמידה שיתופית, פיתוח יכולות חקר מדעי ופתרון בעיות, והצגת התיכון ההנדסי לתלמידים.

גישת ה-STEM הבין-תחומי מקדמת למידה התנסותית (hands on, minds on). זו למידה המשלבת תוכן, מיומנויות ועמדות בתחומי מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה, וכל זאת תוך כדי פתרון סוגיות מהעולם האמיתי. מטרתה להסביר תופעות, לפתור בעיות או לפתח מוצר באופן שאינו מתאפשר באמצעות תחום דעת אחד בלבד. לדוגמה, התמודדות עם סוגיות שונות מתחומי הבריאות, הסביבה, האנרגיה ושינוי האקלים, מחייבת התייחסות רב-תחומית מתחומי דעת שונים, ומבוססת על ידע על אודות הקשרים שביניהם ועל הבנתם.

העדויות מצביעות על כך שיש צורך להגיע ללמידה בגישת STEM עם ידע רלוונטי בתחומי הדעת, ובעיקר במדע ובמתמטיקה, כדי ליהנות מהתועלת שמתלווה אליה. במילים אחרות, הגישה מספקת הזדמנות אותנטית ליישום של ידע לאחר שנלמד באופן דיסציפלינרי.

למידה בין-תחומית בתחומי STEM

ידע בין-תחומי מוגדר כיכולת לשלב ידע ודרכי חשיבה של שני תחומי דעת או יותר. מטרתו ליצור פיתוח חשיבה, כגון הסבר של תופעה, פתרון בעיה או ייצור מוצר בדרך שלא הייתה סבירה אם רק תחום דעת אחד היה מעורב בתהליך. למשל, שילוב של מדע והנדסה זה עם זה ועם תחומי תוכן אחרים יכול להעצים את הבנת התחומים והקשרים בין המושגים המשותפים. ההבנה, הזיכרון ושליפה עתידית של הידע משתפרים כאשר המושגים מקושרים ומאורגנים ברשת תפיסית.

ידע בין-תחומי כזה יכול לקדם את כל התחומים בתנאים מסוימים. העיקרי שבהם הוא שהרעיון, או הבעיה המנחה את הלמידה, מבוססים על תוכן ייחודי במדע ובמתמטיקה, תואמים את הפרקטיקות בטכנולוגיה והנדסה, ומותאמים לשלב ההתפתחותי ולגיל המשתתפים.

עקרונות של חיבור איכותי בין מדע והנדסה לתחומים אחרים

לשם הבטחת איכותו של החיבור בין מדע והנדסה ובין-תחומים אחרים, יש לשמור על ארבעת העקרונות האלה:

1. שילוב מוחלט בהוראה, בתהליכי תכנון ובחומרים. ההתנסויות יתמכו באופן מפורש ומכוון בבניית הידע והמיומנויות של התלמידים, הן בכל אחד מתחומי הדעת והן בשילוב ביניהם.
2. יש לתמוך בידע התלמידים בדיסציפלינות הספציפיות. יש ללמד מדע ומתמטיקה בנפרד וכעומדים בפני עצמם, כדי שאפשר יהיה ליישם את הידע ולשלב בהתנסויות למידה אינטגרטיביות.
3. שילוב רב יותר אינו בהכרח טוב יותר. התמקדות בהזדמנויות ליישום הדיסציפלינות בדרכים שתומכות בהן הדדית, יכולה לסייע לתלמידים ולהבטיח למידה ופיתוח פרקטיקות בדיסציפלינות משולבות.
4. תלמידים יתנסו בחקר מדעי ובתיכון הנדסי בהקשרים מתחומים שונים.

מאפייני בסיס לתהליכי ההוראה-למידה-הערכה של STEM בין-תחומי

קידום פרקטיקות של חקר מדעי ותיכון הנדסי, המבוססים על סוגיה מהעולם האמיתי שקשורה לנושאים בתוכנית הלימודים, ויישום פרקטיקות אלה.

1. אוריינות מדעית ואוריינות מתמטית.
2. קידום מיומנויות כמו חשיבה יצירתית, עבודת צוות ומכוונות עצמית בלמידה.
3. למידה התנסותית במעבדה ומחוץ לכיתה.
4. לימוד בין-תחומי המיישם ידע לפי תוכניות הלימודים במדע ובמתמטיקה, ושנלמד בנפרד בכל אחד מהתחומים.

6.4 עקרונות פדגוגיים מקדמי הוגנות וביטויים במרחב

הוגנות בתהליכי הוראה-למידה-הערכה בגישת STEM בין-תחומי עוסקת ברתימת כלל הלומדים באשר הם ובקידומם. תפיסת ההוגנות מעודדת חוויית למידה המזמנת השתתפות ומקדמת צבירה של הון מדעי. אלה המרכיבים העיקריים בהוגנות:

1. הגדלת מעגל המשתתפים והמשתתפות 
2. מתן מקום לכל קול 
3. בחירה וקבלת החלטות 
4. הערכה מסכמת ומעצבת 
5. הוראה רגישת מגדר 
6. רתימת הון מדעי 
7. תודעת צמיחה (Growth Mindset) 

איור 2. פרקטיקות מקדמות הוגנות והון מדעי

ערכי ההוגנות

כדי להסיר חסמים מהמשתתפים ולעודדם להשתתפות מיטבית, עלינו לקדם עקרונות כמו שקיפות, מגוון, גמישות, אמון, איכות, נגישות וכו'. למרחבי STEM יש תפקיד חשוב בתמיכה בעקרונות אלה ובשיקוף שלהם. המרחבים מעניקים השראה לארגון החללים ולעיצובם, על החומרים והאובייקטים שנמצאים בתוכם. הטבלה המצורפת משקפת את עקרונות ההוגנות ואת האופן שבו הם מתבטאים, הן מבחינה פדגוגית והן מבחינה מרחבית.

ערכי ההוגנות	ביטוי פדגוגי	תמיכת המרחב בערכים הפדגוגיים	אובייקטים מרחביים
נגישות	<ul style="list-style-type: none"> במרחב STEM קיים ציוד טכנולוגי, מכני ומגוון, הנגיש לתלמידים שונים בגילים שונים. 	<ul style="list-style-type: none"> מרחב המאפשר נגישות או נראות לכל הציוד המגוון. 	<ul style="list-style-type: none"> מרחב שקוף ומגן לציוד כבד.
שקיפות	<ul style="list-style-type: none"> שקיפות בתהליכי התכנון ואופן בחירת הפתרונות. שקיפות בהצגת התוצאות והתוצרים כפי שהתקבלו. שקיפות בתהליכי ההערכה והמשוב. 	<ul style="list-style-type: none"> נראות חשיבה: עידוד ביטוי עצמי לתהליכי חשיבה. נראות למידה: קשר עין התומך בנראות ציבורית של הלמידה, מזמין ונגיש למעורבים. 	<ul style="list-style-type: none"> נראות חשיבה: אביזרים לביטוי עצמי, לוחות וקירות כתיבה ומגנט המיועדים לכתיבה אנלוגית ולהקרנה, כולל מסכים דיגיטליים קבועים וניידים. נראות למידה: מחיצות שקופות. נראות תהליכים: הצגת תהליכים באופן אנלוגי וחזותי לטובת השראה, כגון טקסט, שרטוט או מודל.

אובייקטים מרחביים	תמיכת המרחב בערכים הפדגוגיים	ביטוי פדגוגי	ערכי הוגנות
<ul style="list-style-type: none"> • מרחב חשיבה לעבודה אינדיווידואלית • מרחב חשיבה ושיח לקבוצה קטנה ובינונית • מרחב למליאה • ריהוט במנעדים משתנים: בין ריהוט קבוע לנייד; קשיח ורך; כיתתי וביתי 	<ul style="list-style-type: none"> • ריבוי אפשרויות מרחביות: מרחב מרכזי ומרחבי משנה • ריבוי מערכי ישיבה וסוגי ישיבה. • בחירה היכן מתאים למשתתף ללמוד. 	<ul style="list-style-type: none"> • קיימת אפשרות למגוון תהליכי למידה במרחב: חקר מדעי, ידע הנדסי ומידענות. • התלמידים נחשפים למגוון מודלים של מדענים ומדעניות, מהנדסים ומהנדסות, כמוודלים בני השגה. • מתן מקום לכל קול בתהליכי הוראה, למידה והערכה. • בין-תחומיות. 	<p>מגוון</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ריהוט נייד המעודד שימוש עצמאי, ומאפשר תמיכה בפעולות שונות בדרך המתאימה לתלמיד • מרחב משתנה ודינמי, המעודד יצירתיות וביטוי עצמי מגוון וחופשי. 	<ul style="list-style-type: none"> • מרחב המעודד שינויים ושימוש חופשי מתוך בחירה בכל האביזרים והריהוט - באופן התומך בלמידה מיטבית על פי צרכיהם של כל תלמיד ותלמידה. 	<ul style="list-style-type: none"> • קיים מרחב המאפשר חשיבה ביקורתית, רפלקטיבית ויצירתית. • הלמידה מקדמת תודעת צמיחה. • סומכים על התלמידים בשימוש בציוד ובשמירה עליו. 	<p>אמון</p>
<ul style="list-style-type: none"> • שולחנות בגבהים שונים, ניידים ומתקפלים. • כיסאות ניידים בגבהים שונים. • לוחות כתיבה ומסכים דיגיטליים ניידים. 	<ul style="list-style-type: none"> • מרחב דינמי עם אביזרים ניידים. • מרחב המעודד עבודות צוות ושיתופיות. 	<ul style="list-style-type: none"> • תהליכי הוראה, למידה והערכה גמישים, ומותאמים לתהליכי החקר ופתרון בעיות. • קיימת גמישות במשימות לפי השונות בין הלומדים. • התלמידים נדרשים לגמישות בעבודת צוות, התמודדות עם כישלונות ועוד. 	<p>גמישות</p>

אובייקטים מרחביים	תמיכת המרחב בערכים הפדגוגיים	ביטוי פדגוגי	ערכי הוגנות
<ul style="list-style-type: none"> • מרחב מואר באור טבעי, מזמין בעיצובו ובצבעוניותו, עם תאורה ייחודית לאזור תצוגת מוצרי העבודה. • בחירת חומרים אקולוגיים ומערכות מקיימות, כגון מים אפורים ומתחמי איסוף מיחזור (אם רלוונטי). • עיצוב ביופילי להעצמת WELL BEING, המאפשר קשר עין עם הסביבה החיצונית הירוקה והטבעית, בשילוב אלמנטים מהטבע. 	<ul style="list-style-type: none"> • מרחב מכבד, מזמין, אסתטי, נגיש ומאפשר בחירה. • מרחב המתוכנן על פי ערכי הקיימות, כדוגמה להתמודדות עם סוגיות רלוונטיות. 	<ul style="list-style-type: none"> • מתן כבוד ללומדים והתעניינות אמיתית לגביהם, כחלק מתרבות הלמידה. • אכפתיות כלפי הסביבה, המובעת דרך פתרון סוגיות מהעולם האמיתי. • סוגיות נבחרות רלוונטיות לחיי התלמידים. • עידוד אכפתיות הדדית בין התלמידים לסביבתם האנושית והפיזית. 	<p>אכפתיות</p>
<ul style="list-style-type: none"> • מרחב הכנה צמוד, שקוף ונגיש לאזורי הלמידה. • ארונות אחסון שקופים לציווד. • מדפים פתוחים, סגורים או שקופים, לתוצרים בתהליכי עבודה שונים. 	<ul style="list-style-type: none"> • מרחב הכנה נגיש, כחלק אינטגרלי מהמרחב המרכזי. • אביזרי קצה טכנולוגיים נגישים. • מתחם לתצוגת תוצרים בתהליכי עבודה שונים. • עידוד חשיבה ביקורתית על ידי אפשרות לביטוי עצמי. 	<ul style="list-style-type: none"> • גישה לציווד מדעי וטכנולוגי איכותי, המאפשר חקר מדעי, תכנון ובנייה הנדסית. • איכות בתהליכי החקר והתיכון ההנדסי. • הוראה דיסציפלינרית איכותית, ויישומה בתהליך בין-תחומי משותף. • תכנון הלמידה והתוצרים יהיה בהלימה לגיל וליכולות הלומדים. • תהליך הלמידה עומד במרכז, והתוצר הוא אמצעי לקדם את התהליך ולשכלל אותו. • קידום חשיבה ביקורתית, חשיבה יצירתית ומכוונות עצמית בלמידה. 	<p>איכות</p>

6.5 עקרונות-על למרחב D-STEM מרחב התנסות Hands-ON Minds-ON ZONE



תפקידו של מרחב D-STEM הוא לתמוך בעיצוב תהליכים המזמנים תנועה דינמית בין ידע, התנסויות, תחומים, אנשים ורעיונות – במרחב המרכזי ובמרחבים הסמוכים לו.

המרחב מזמן מנעד של מתודות הוראה, כגון: הבניית ידע ואיסופו; ניסוי חקר מדעי עצמאי ושיתופי; פתרון בעיות; תיכון מוצרים, בנייתם והצגתם, ועוד. מתודות אלה תומכות בתהליכים מורכבים של חקר פתוח ועשייה באופן יצרני ויצירתי.

מרחב על-זמני

מטרת המרחב היא לתמוך בפדגוגיה STEM, דינמית מתפתחת ומשתנה, ובמגוון רב תהליכים. לפיכך, המרחב יתוכנן בגישת תכנון ועיצוב למציאות משתנה, ובחשיבה הוליסטית על חוויית משתמש וחויית למידה ייחודית. גישת תכנון זו מאפשרת עיצוב המרחב בדרכים מגוונות גמישות ומשתנות לטובת תמיכתו בחידושים פדגוגיים וטכנולוגיים.

מיצוי פוטנציאל הלומדים

מרחב ההתנסות הינו מקום לביטוי ועשייה התומך בכל תלמידה ותלמיד למצוינות לפי היכולות והפוטנציאל הטמונים בהם, הן בעצמאותם כיחידים והן בקבוצות ההשתייכות השונות.

מרכז השפעה בית ספרי וקהילתי

שילוב מרחב D-STEM בבית הספר הוא חלק מיצירת תרבות למידה חדשה. משום כך יש להתייחס למרחב זה כאל מרכז בעל פוטנציאל הפריה והשפעה על כלל התרבות הבית ספרית. תפיסה זו תאפשר תהליך למידה יצירתי, המתרחש בנראות ציבורית מקסימלית ושקוף לכלל באי המקום, פתוח באופיו וגמיש לשינויים.

השפעת מרחב D-STEM על תרבות הלמידה תועצם על ידי חשיבה הוליסטית הכוללת החלטות שונות, כגון: מיקום המרחב באזור מרכזי ככל האפשר; ניצול מרחבים סמוכים ומרחבים נוספים ליד המרחב המרכזי, עבור פעולות למידה תומכות STEM בין-תחומי דוגמת חשיבה, שיתוף ועוד.

נראות חשיבה ונראות תהליכי למידה בין-תחומיים

המרחב יתמוך בהעצמת שיתופיות, ביטוי עצמי ובין-תחומיות, דרך נראות של תהליכי למידה ותהליכי חשיבה. הנראות תמומש בתמיכה במגוון דרכי ביטוי אנלוגיות ודיגיטליות, גם במרחב עצמו וגם במרחב החיצוני הסמוך לו, למשל:

מחיצות זכוכית המאפשרות כתיבה, לוחות כתיבה ומגנט, מסכים דיגיטליים קבועים וניידים, אישיים וקבוצתיים. תהליכי העבודה ותוצריה יוצגו על ידי תצוגות פיזיות פתוחות או מוגנות, ועל ידי תצוגה דיגיטלית בתוך המרחב ומחוץ לו.

גמישות מרחבית ותפעולית

המרחבים יתוכננו בצורה שתאפשר יעילות מרבית, זרימה אופטימלית ושינויי אסטרטגיות, בהתאם לצרכים במהלך שיעור או במהלך תהליכי הפרויקט.

המרחב יתמוך בגמישות מרבית ובמעבר יעיל בין אלמנטים קבועים לאלמנטים ניידים. לשם כך יהיו במרחב אלמנטים ניידים המאפשרים הגדרות מרחב יזומות על ידי המשתמשים, כגון מחיצות אקוסטיות ולוחות כתיבה ניידים להגדרת מרחבי משנה.

המרחב יכיל אזור מרכזי פתוח, גמיש, גדול ככל האפשר, שיכלול אלמנטים ניידים בלבד.

בהיקפי המרחב יתוכננו מערכות כגון מים, חשמל וארונות אחסון קבועים. לטובת גמישות מערכתית, המרחב יהיה מרושת במערכת חשמלית צמודת תקרה, במסילות המאפשרות הזזת אביזרי החשמל באופן אופקי וחיבור אנכי בכל נקודה במרכז המרחב הגמיש.

תהליכים גמישים במרחב עבודה אג'ילי

לטובת העצמת יצירתיות וניווט בין ידע אנשים ורעיונות, המרחב יאפשר "ספונטניות מאורגנת" ומתח בין מנעדים התומכים בעצמאות ושיתופיות, דמיון ועובדות, בין סדר לאי-סדר, ובין משחק לעבודה.³⁰

"Creativity is fundamental...
and evolving from contradictory performances as
order and disorder, rigor and imagination,
hard work and play, solitude and interactions, and sharing.

The critical tension between those contrasts
suggests that creativity emerges on the edge of chaos
while related to navigation between people, knowledge, and ideas."

(Montuori & Donnelly, 2013, p. 4)

השראה מתוך מונטאורי 2013 עמוד 4: הקשר בין יצירתיות קולקטיבית לאדריכלות - אדריכלית ד"ר ענת מור-אבי

לפיכך, תכנון המרחב יאפשר סוגים שונים של התנהגויות למידה ופעילויות שונות. כמו כן, ישולבו אביזרים, ציוד מדעי ומערכות טכנולוגיות שונות המאפשרות חקר מדעי, ביטוי עצמי, עשייה ושיתוף. העזרים הטכנולוגיים והמערכות ימוקמו כך שיהיו חלק אינטגרלי מתהליכי הכנה ולמידה, ויחשפו את הלומדים לכל שלבי התהליך. המרחב יאפשר סנכרון מלא בין תהליכי הוראה, התנהגויות למידה, טכנולוגיות ומערכות.

מרחב ה-D-STEM יתוכנן במתכונת של סטודיו עבודה דינמי וחינוכי (agile), הכולל פעילויות במעבדה הבית ספרית ופעילויות

Montuori, A., & Donnelly, G. (2013). The changing face of creativity. In *Academy of Management Proceedings* (Vol. 1, p. 17312)..30 Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management.

רב-תחומיות ובין-תחומיות. פעילויות אלה יאפשרו התנהלות אותנטית, חווייתית, ניסויית ועצמאית, תוך כדי תנועה ודינמיות של מנחי הפרויקט ושל לומדים בכל רחבי המתחם המרכזי והמרחבים הסמוכים.

המרחב הדינמי מבקש להנחיל תרבות שמאפשרת בחירה ותנועה ספונטנית, עצמאות הלומד והקבוצה ומעברים טבעיים בין תהליכים. מכיוון שכך, המרחב יאפשר מנעד של איכויות אדריכליות: בין פתוח לסגור, שקט לרועש, פרטי לציבורי, בין התאספות להסתעפות, בין חשיבה אינדיווידואלית לשיתוף מעמיק, ועוד. המרחב יאפשר קשר עין של באי המקום באמצעות שילוב מחיצות שקופות לשם נראות תהליכי ההתנסות. השקיפות מאפשרת תחושת שיתוף ושייכות לקהילה חוקרת.

לסיכום, מרחב D-STEM דינמי מאפשר פעילויות והתנהגויות שונות ואף מנוגדות לטובת קידום הוגנות, שיתופיות ויצירתיות בחיבור בין ידע, רעיונות ואנשים.

6.6 מהלכים לבחירת טיפוסים ואיכויות מרחביות

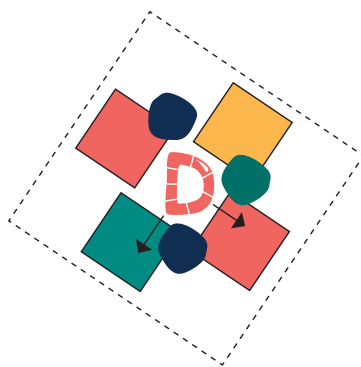
ההתארגנות המרחבית מתייחסת לשילוב מרחב D-STEM בסוגים שונים של בתי ספר וסטטוס תכנוני, כגון בתי ספר קיימים, חדשים או מתחדשים (ראו בהמשך תיאור גרפי לכל אחת מהאפשרויות). לכל אחד משלושת הטיפוסים המוצעים למרחב D-STEM יש השפעה על התרבות הבית ספרית, ולכן בחירת הטיפוס והאיכויות האדריכליות ייעשו בהלימה לפוטנציאל המרחבי הנתון, לתרבות הבית ספרית ולחזון הפדגוגי.

טיפוסים מארגנים למרחב D-STEM משפיעים

איור 3. D-STEM - עקרונות מארגנים למרכזי השפעה

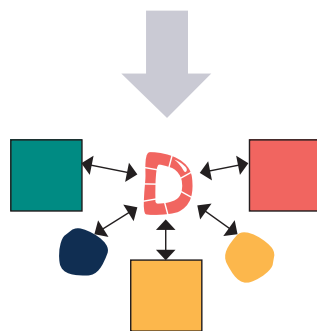
בחירת טיפוס ובניית פרוגרמה פדגוגית ומרחבית

מרחב D-STEM משקפים ערכים תרבותיים, כגון גיוון, גמישות, שקיפות והכלה. השיקוף מציג מנעד של סוגי מרחבים שונים,



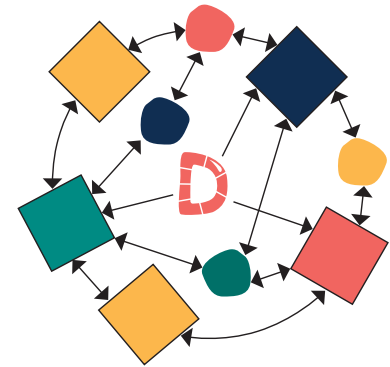
D-STEM Lab
נגיש/מרכזי

מרחב במתחם חדר קיים של מקצוע מדעים, לרבות חדר הכנה (85 מ"ר) הכולל חלוקה חדשה שמקדמת חזון פדגוגי ונראות חזון.



D-STEM Hub
נגיש/מרכזי

מרחב במקום מרכזי בבית הספר, עם נראות וגישה מקסימליות לכל באי בית הספר, כולל מרחבים לא פורמליים לחשיבה ולשיתוף ברחבי בית הספר ובסמיכות אליו.



D-STEM Puzzle
מסעף

מרחב פעילות תומכי STEM, כגון מרחב חשיבה פרטניים או בקבוצות קטנות ועוד, הפזורים בשכבות הגיל השונות ובאזורים שונים במרחב הבית ספרי לקידום למידה רב-גילאית.

מרחב פורמלי 

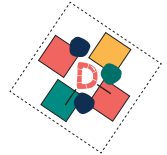
מרחב לא פורמלי 

המיועדים לתמוך בהתנהגויות למידה שונות ומשתנות, ובתהליכי למידה מורכבים ודינמיים. לטובת בניית פרוגרמה שמכילה התייחסות לצרכים השונים בכל בית ספר, להלן סדר הפעולות הנדרש:

1. בחירת טיפוס מארגן בית ספרי

D-STEM Lab

ארגון מרחב במעבדה קיימת. יש להתייחס לסוגי ההפרדה הפנימית בין המרחבים במעבדה: האם ההפרדה בקיר קבועה או ניידת? בנוסף לכך, יש להתייחס לרמת השקיפות, כגון שקיפות למחצה או מלאה, עם או בלי אפשרות שליטה בעזרת וילון.



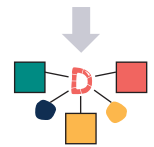
D-STEM Puzzle

מרחב מרכזי ומרחבי משנה בבית הספר. בבחירת המרחבים השונים יש להתייחס לדרגות שונות של קרבה, כגון ארגון מתכנס באותה קומה עם סמיכות מרבית בין המרחבים השונים, או ארגון מבוזר באותה קומה ובקומות הסמוכות (מתכנס-מבוזר). כמו כן יש להתייחס למידת ההשתלבות של מרחבי המשנה, למשל מרחבי חשיבה ועבודה קבוצתית עם פעילויות בית ספריות אחרות (חד-שימושי-רב-שימושי).



D-STEM Hub

מרחב מרכזי בית ספרי עם מרחבי משנה סמוכים. יש לבחור מרחב שנמצא בנגישות ונראות מרביות.



2. בחירת מרחבי יסוד ומרחבים משניים

- מרחב סטודיו מרכזי להצגת ידע, חומרים, עשייה ושיתוף לעד 34 תלמידים, בחישוב של 3.5-4 מ"ר לתלמיד.
- מרחב חשיבה אישי.
- מרחב חשיבה ושיתוף לקבוצה קטנה (2-3 תלמידים).
- מרחב חשיבה ושיתוף לקבוצה בינונית (3-8 תלמידים).
- מרחב לא פורמלי למפגש ספונטני (פנימי או חיצוני או שניהם).
- אזורי תצוגה למוצרים פיזיים ודיגיטליים.
- אזורי אחסון מאובטחים, סגורים, סגורים עם נראות, פתוחים וכו'.

3. בחירת קונספט המרחב (הבחירה לכל סוג מרחב בנפרד)

- מרחב פורמלי (מרכזי) לא פורמלי (מרחבי משנה)
- סגור / נעול פתוח / חצי פתוח
- עבור יחידים עבור קבוצה / מליאה
- אנלוגי (פיזי) דיגיטלי (וירטואלי)
- מרחב אטום ללא נראות מרחב שקוף ברמות שונות, לנראות מלאה או חלקית
- ציוד נייד ציוד קבוע
- זיקה למרחב חיצוני ותאורה טבעית זיקה לפנים בית הספר
- שימוש במרחבים חיצוניים, כגון חצר לימודית ומרחבי העיר

4. אובייקטים, מערכות וריהוט במרחב (הבחירה לכל סוג מרחב בנפרד)

- שולחן מעבדה (משטח עם ציפוי מגנטי, משטח לעבודת נגרות וכו')
- אובייקטים להצגת תוצרי הלמידה (אנלוגי/דיגיטלי)
- אובייקטים אישיים / אובייקטים קבוצתיים לתיעוד הלמידה (אנלוגי/דיגיטלי)
- פתרונות אחסון (אישיים וקבוצתיים)
- ארונות תצוגה לכלים ולדגמים
- ארונות אחסון לציוד לימודי
- משטחי עבודת הכנה
- מערכת מים וכיורים
- שולחן מעבדה (משטח עם ציפוי מגנטי, משטח לעבודת נגרות וכו')
- כיסא סטודיו נייד, בגובה רגל או בגובה חצי בר
- מושבים אלטרנטיביים רכים
- מחיצות אקוסטיות ניידות להפרדה
- לוחות כתיבה ומגנט קבועים וניידים
- קירות לתליית ציוד נגיש
- מסכים דיגיטליים קבועים וניידים

5. טכנולוגיה

- שילוב ציוד ואביזרים טכנולוגיים, כגון ציוד רובוטיקה, מדפסות תלת-ממד, אמצעי הגדלה, מדפסות לייזר וכדומה.
- שילוב ציוד תקשורת צפייה ושמע לשיעורים היברידיים, בשיתוף בתי ספר אחרים מהארץ ומחו"ל.
- שילוב מקרנים לצפייה אימרסיבית.

פיזי שילוב טכנולוגיה וירטואלי
כפלטפורמת למידה

6.7 סיכום

כדי שמרחבי D-STEM יתמכו בערכי ההוגנות עליהם להיות כחומר ביד היוצר, דהיינו להעצים פרקטיקות שמקדמות הון מדעי, ולהשתנות בהתאם לפדגוגיה דינמית ומתפתחת.

סביבות הלמידה והעבודה תומכות הן בחיבור ובהבניה בין ידע STEM בין-תחומי ובין אנשים ורעיונות, והן בהתנסות בחקר מדעי וטכנולוגי לפתרון בעיות, הנותן מענה ללמידה רלוונטית ומשפיע על נושאים עכשוויים.

מרחבי STEM הם סוכני שינוי בעלי פוטנציאל השפעה על כל אחד ואחת מבאי בית הספר. מרחבים אלה מנחילים תרבות למידה בית ספרית ומקדמים תהליכי חקר מדעי, חשיבה, למידה והתנסות בערכי הוגנות. מיקום המרחבים באזורי גישה מרכזיים בתוך המרקם הבית ספרי יהיה מקור להנחת תרבות זו והדהודה באקלים הבית ספרי, תוך כדי עיסוק בסוגיות מהעולם האמיתי ופיתוח מיומנויות של המאה ה-21.

דוגמאות לפרוגרמות לשלושת טיפוסים מרחבי D-STEM

להלן דוגמאות לפרוגרמות מורחבות, העוסקות בכל ההיבטים הפדגוגיים והמרחביים הקשורים למרחבי STEM הפוטנציאליים.

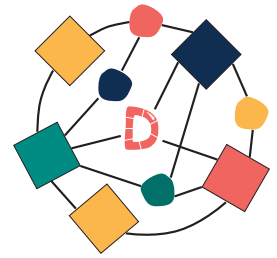
הפרוגרמות כוללות התייחסות לנושאים האלה:

- **סוג המרחב במרקם הבית ספרי:**
חדר מעבדה, מרחבים במרקם בית ספרי, מרחב מרכזי.
- **ערכים ותרבות מקום:**
הרחבת תרבות החקר המדעי, מרחב לחשיבה עצמאית.
- **מהות המרחב, סוג המרחב, תפקידו ושימושו:**
חדר הכנה, חדרי חשיבה, חדרים לעבודה קבוצתית קטנה, מרחבים לעבודה קבוצתית בינונית, מרחב למליאה.
- **מספר התלמידים והתלמידות (מינימום ומקסימום):**
- **פעולות ותהליכים לימודיים:**
למידה התנסותית, חקר, איסוף ידע וייצוג, שיתוף והחלפת רעיונות.
- **התנהגויות למידה רצויות:**
חושב, משתף, באופן עצמאי, בקבוצות.
- **מהי חוויית המשתמש המבוקשת עבור התלמיד:**
אקטיבי או פסיבי, בתנועה או בישיבה קבועה, עצמאי או נשלט, וכדומה.
- **מתודות הוראה:**
הנחיית מליאה או בקבוצות, תיווך למידה, הצגת ניסויים וכדומה.
- **אביזרים טכנולוגיים:**
מחשבים, מסכים, ציוד לימודי.
- **מערכות ותשתיות:**
חשמל ותקשורת, מים וכו'.
- **סוג הריהוט.**
- **שטחים לכל מרחב, יסוד ומשנה.**

דוגמה לפרוגרמה מורחבת מותאמת ל-D-STEM Puzzle

עוגנים קבועים מגוונים: מרחבי פעילות STEM הפזורים בשכבות הגיל השונות באזורים שונים במרחב הבית ספרי ובהם מקודמות פעולות מגוונות

ערכים סטמיים: עוגנים ושלוחות בכל חלקי בית הספר: חשיפה רב-גילאית, השפעה לפיתוח תרבות חקר ועשייה כלל בית ספרית

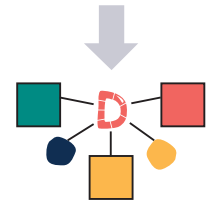


מהות המרחב	מרחב עשייה	מרחבי שיתוף	מרחבי חשיבה
	מרחב סטודיו יצרני, מעבדת מייקר ועשייה	בקבוצה קטנה במנעד איכויות (פורמליים ולא פורמליים, סגורים ושקופים, מוגדרים חצי פתוחים, וציבוריים	לאינדיוידואל ולקבוצה קטנה במנעד איכויות (מרחבים פורמליים ולא פורמליים, סגורים ושקופים, מוגדרים חצי פתוחים, פרטיים וציבוריים)
מספר תלמידים	17-34	4-8	1-6
פעולות לימודיות	חקר ופיתוח מדעי: איסוף ידע, בניית תוצרים, אזור משחק הרכבה, הצגת מידע	חקר מידעי ומדעי: חשיבה משותפת, איסוף ידע, החלפת רעיונות, הצגת מידע	חקר מידעי מדעי: חשיבה, תכנון ואיסוף ידע
התנהגויות לימודיות	פוקוס על מקור הידע; חשיבה בקבוצה גדולה, חקר מעשי ועשייה	חשיבה בקבוצת עבודה קטנה/בינונית	חשיבה, פוקוס
תפיסת המשתמש או חוויית המשתמש	פסיבי ואקטיבי, עצמאי ומנוהל חלקית	אקטיבי, עמית חוקר	אקטיבי, עצמאי
מתודות הוראה	הרצאה, הנחיה תאורטית ומעשית	הנחיה	נגישות בעת הצורך
אביזרים טכנולוגיים	ברקו ומסך, מסך חכם אינטראקטיבי ראשי, 2 מסכי תצוגה ושיתוף	מסכי תצוגה ושיתוף 55"	מחשבים ניידים לפי הצורך
מערכות ותשתיות	מערכת חשמל צמודת תקרה; משתלשלת במיקומי השולחנות או במודול קבוע, שקע A בהיקף כל 2 מטר	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות ואופציה לעמודי חשמל במרכז השולחן	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות
ריהוט	שולחנות סדנה ניידים בגובה עמידה 90 ס"מ, משטחי עבודה היקפיים בשילוב ארונות אחסון עליונים וארונות אחסון שקופים, מדפי תצוגה ועגלות ניידות לאחסון נייד	קפסולת עבודה קבוצתית, שולחן עגול מרכזי, או שולחן עבודה מלבני צמוד לקיר המסך.	קפסולת עבודה פרטנית, מדף עמוק היקפי לעבודה פרטנית, שולחן עגול מרכזי, או שולחן עבודה מלבני צמוד לקיר המסך
שטחים	136-68 מ"ר: 4 מ"ר לתלמיד ללמידה פעילה	18-9 מ"ר	15-2 מ"ר

D-STEM Hub-ל מותאמת מורחבת מורחבת

מרחב במיקום מרכזי בית סיפרי עם נראות וגישה מקסימלים לכל באי בית הספר כולל מרחבים לא פורמליים לחשיבה ושיתוף.

ערכים: ריכוז נראות ומרכזיות; מיקרוקוסמוס: חשיפה קהילתית למחקר פיתוח ועשייה כעוגן תרבות למידה חוקרת ומפתחת.



מהות המרחב	מרחב עשייה	מרחבי שיתוף	מרחבי חשיבה
	לחקר יצרני מרכזי "שקוף" (חושף, מזמין מבשר), פתוח למליאה ברצף טריטוריאלי באזור הציבורי הבית ספרי	סמוכים בקבוצה קטנה ובינונית במנעד איכויות (פורמליים ולא פורמליים, סגורים ושקופים, מוגדרים חצי פתוחים, פרטיים וציבוריים)	סמוכים עבור יחידיים ואופציה לקבוצה קטנה 2-3 תלמידים במנעד איכויות (פורמליים ולא פורמליים, סגורים ושקופים, מוגדרים חצי פתוחים, פרטיים וציבוריים)
מספר תלמידים	40-20	8-2	עד 6 תלמידים יחידים או שתי קבוצות קטנות בכל מרחב
פעולות לימודיות	חקר מדעי: איסוף ידע, בניית תוצרים, אזור משחק הרכבה, הצגת מידע	חקר מדעי: חשיבה משותפת, איסוף ידע, החלפת רעיונות, הצגת מידע	חקר מדעי: חשיבה, תכנון ואיסוף ידע
התנהגויות לימודיות	פוקוס על מקור הידע. חשיבה בקבוצה גדולה; חקר מעשי ועשייה	חשיבה בקבוצת עבודה קטנה או בינונית	חשיבה, פוקוס
תפיסת המשתמש או חוויית המשתמש	פסיבי ואקטיבי, עצמאי ומנוהל חלקית, קשר עין עם כל העמיתים	אקטיבי, חבר קהילה	אקטיבי, עצמאי
מתודות הוראה	הרצאה, הנחיה תאורטית ומעשית, רצף נראות	הנחיה	נגישות בעת הצורך
אביזרים טכנולוגיים	מקרן ומסך, מסך חכם אינטראקטיבי ראשי, 2 מסכי תצוגה ושיתוף, בחירה לפי החלטה בית ספרית: מדפסות תלת-ממד, לייזר, ציוד רובוטיקה וכו')	מסכי תצוגה ושיתוף 55"	מחשבים ניידים לפי הצורך
מערכות ותשתיות	מערכת חשמל צמודת תקרה, משתלשלת במיקומי השולחנות או במודול קבוע, שקע A בהיקף כל 2 מטר	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות ואופציה לעמודי חשמל במרכז השולחן	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות

מרחב עשייה	מרחבי שיתוף	מרחבי חשיבה	
שולחנות סדנה ניידים בגובה עמידה 90 ס"מ, כיסאות חצי בר ניידים, משטחי עבודה היקפיים בשילוב ארונות אחסון עליונים וארונות אחסון שקופים, מדפי תצוגה ועגלות ניידות לאחסון נייד. לוחות כתיבה וביטוי אנלוגי קבועים וניידים	מרחב עם מדף עמוק היקפי לעבודה פרטנית, שולחן עגול מרכזי, או שולחן עבודה מלבני צמוד לקיר המסך	קפסולות חשיבה שקטה, עמדות עבודה מוגנות חצי סגורות, מרחב סגור עם עמדות פרטניות	ריהוט
75-100 מ"ר	9-18 מ"ר	2-15 מ"ר	שטחים

דוגמה לפרוגרמה מורחבת מותאמת ל-D-STEM Lab עוגן קבוע מרחבי קיים: מעבדה קיימת וחדר ההכנה ערכים: הרחבת תרבות החקר המדעי בתוך מרחב קיים		
מהות המרחב	מרחב מעבדה ראשי	מרחב חשיבה ושיתוף
	מרחב סטודיו יצרני, מעבדת מייקר או עשייה	ליחיד ולקבוצה קטנה, סגור ושקוף, מחולק לשני חדרי חשיבה ליחיד ולקבוצות קטנות (מרחב הכנה לשעבר)
מספר תלמידים	17-34	1-4
פעולות לימודיות	חקר מדעי: איסוף ידע קבוצתי, בניית תוצרים, אזור משחק הרכבה, הצגת מידע	חקר מדעי: איסוף ידע פרטני, תכנון, שיתוף, החלפת רעיונות
התנהגויות לימודיות	פוקוס על מקור הידע, חשיבה בקבוצה גדולה ובמליאה מלאה. עשייה תוך חקר	חשיבה ועבודה עצמאית, עבודה בקבוצה קטנה
תפיסת המשתמש או חוויית המשתמש	פסיבי ואקטיבי, עושה, חוקר ומשתף	אקטיבי, עצמאי, חושב ומשתף
מתודות הוראה	הרצאה, הנחיה, ניהול עשייה, ניהול שיתוף	הנחיה קבוצתית, קבוצה קטנה
אביזרים טכנולוגיים	מקרן ומסך, מסך חכם ראשי, 2 מסכי תצוגה ושיתוף	מחשבים ניידים לפי הצורך, מסך טלוויזיה 55" לשיתוף
מערכות ותשתיות	מערכת חשמל צמודת תקרה; משתלשלת במיקומי השולחנות או במודול קבוע, שקע A עמדת עבודה בהיקף כל 2 מטר	חשמל ותקשורת בהיקף הקירות
ריהוט	שולחנות סדנה ניידים בגובה עמידה 90 ס"מ, משטחי עבודה היקפיים בשילוב ארונות אחסון עליונים וארונות אחסון שקופים, מדפי תצוגה	מדף עמוק היקפי לעבודה פרטנית, שולחן עגול מרכזי, או שולחן עבודה מלבני צמוד לקיר המסך
שטחים	70 מ"ר	2X7.5 מ"ר

שער שביעי:

הוראה בגישת STEM בין-תחומי

בכיתות א'-ב' בחינוך היסודי



7.1 גישת STEM לכיתות א'-ב' בבתי הספר היסודיים: סקירה קצרה של הספרות המחקרית

חלק א: השפעות STEM

ממצאים מחקריים מדגימים שלימודי STEM החל מגילאי קדם בית ספר ובית הספר היסודי תורמים רבות לפיתוח הילדים, הן ברמה הקוגניטיבית והן הרגשית. לדוגמה, קרמני ואלדמיר³¹ מצאו כי תוכנית התערבות המכוונת לפרויקטים המשלבים מדע מתמטיקה וטכנולוגיה בקרב תלמידי קדם יסודי העלתה את היכולות המתמטיות שלהם בצורה ניכרת וכן את המודעות והעניין של הילדים בתחומי מדע ואת השימוש בטכנולוגיה כמו חיפוש ושימוש במשחקים חינוכיים. נמצא כי הלימודים, שאותם מלמדים מורים שעברו הכשרה ייעודית, השפיעו באופן חיובי ומובהק גם על הישגים לימודיים במדעים וגם על עמדות כלפי תחומי STEM. ניכר כי חשיפה לתכנים מדעיים וטכנולוגיים בצורה חווייתית וידידותית בגילאים צעירים מובילה לעלייה במוטיבציה, סקרנות אינטלקטואלית, עמדות חיוביות ורצון ללמוד עוד במקצועות אלו.³²

שילוב לימודי STEM באופן הולם בכיתות הנמוכות תורם לטיפול מוקדם של חשיבה ביקורתית, מיומנויות פתרון בעיות מורכבות ויצירתיות, ובמילים אחרות – לכישורי למידה מסדר גבוה שיסייעו לתלמידים רבות בהמשך החיים.³³ דז'רנט מצאה כי לימודי STEM כבר בגיל צעיר מעודדים יכולות הקשורות במתן מענה לסוגיות ואתגרים אקטואליים ברמה הלאומית והעולמית, ומפתחים יכולות אלה. השילוב של לימודי מדעים ו-STEM, והקשר לפתרון בעיות, חשוב ומתבקש בגילאים צעירים במיוחד. דבר זה התבטא בדוגמה מחקרית מעניינת, שבה נמצא כי תלמידים שהשתתפו בפעילויות מדעיות בכיתה א' הפגינו שיפור במיומנויות פתרון בעיות בהשוואה לתלמידים שלא עשו כן.³⁴

לפיכך, מומלץ לחשוף את התלמידים בגילאי בית הספר היסודי ללימודי STEM איכותיים ומגוונים כבר מכיתות א'-ג' כדי למקסם את הפוטנציאל הלימודי והאישי שלהם בתחומים אלו.

חלק ב: דגשים לגיל הצעיר

בכתב העת *European Journal of STEM*³⁵ יצא גיליון לחינוך בגישת STEM בגילים צעירים, ובו מאמר העורך שהוקדש לנושא. להלן כמה המלצות בנוגע להבדלים שבין יישום לימודי STEM לילדים צעירים לעומת בני נוער ומבוגרים, ובהן דגשים מיוחדים הנוגעים לכיתות הנמוכות:

א. יש לשים דגש על למידה באמצעות משחק, סיפורים, דמיון ויצירתיות. לפי ון קולן, "ההקשרים שבהם מתבצע חינוך STEM בגיל הרך שונים בהשוואה לחטיבת הביניים ומתמקדים בלמידה מבוססת משחק [...] ניתן לשלב את תחומי ה-STEM במרכזי משחק ייעודיים. למשל, אפשר לחקור מושגים מתמטיים באמצעות בנייה בעזרת קוביות בניין, פאזלים ומשחקי קופסה."

ב. מומלץ להקפיד על פעילות גופנית, תנועה ועיסוק פיזי בחומרים כחלק מהלמידה.

ג. חשוב לשלב בלימוד שימוש רב בדימויים ויזואליים והמחשות באביזרים קונקרטיים. יש לנסות לקשר את הלמידה לעולם היומיומי ולסביבה הטבעית של הילד.

ד. מומלץ לחלק את הלמידה לשלבים קצרים עם הפסקות והפעלות.

31. Kermani, H., & Aldemir, J. (2015). Preparing children for success: Integrating science, math, and technology in early childhood classroom. *Early Child Development and Care*, 185(9), 1504–1527. <https://doi.org/10.1080/03004430.2015.1007371>

32. DeJarnette, N. K. (2012). America's children: Providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and math) initiatives. *Education*, 133(1), 77–84.

33. Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., & Hughes, G. (2013). The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, 113(5), 215–226.

34. Chesloff, J. D. (2013). Why STEM education must start in early childhood. *Education Week*, 32(23), 27–32.

35. Ejiwale, J. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning*, 7(2), 63–74.

באותה אסופת מאמרים הודגשו, בשונה מהמצוין למעלה, הפרקטיקות הרלוונטיות לגילי היסודי הגבוהים יותר, ובהן: הסתמכות על חשיבה מופשטת והבנה תאורטית, שימוש במודלים וסימולציות ממוחשבות, דגש על למידת עמיתים בקבוצות קטנות, קישור הלמידה לאתגרים ובעיות עכשוויות בחברה ובטכנולוגיה, ושאפה ליצירת פרויקט גמר המכנס יחד תחומים שונים שנלמדו. נקודה חשובה לשימת לב היא כי ישנן מגבלות ביכולת הילדים הצעירים לחקור ולבקר תהליכים מדעיים באופן עצמאי. נמצא כי חשוב לאזן בין פיתוח כישורי חשיבה בסיסיים, כמו מיון והשוואה, ובין חשיבה גבוהה יותר כמו ניתוח ויישום. "בין אם מדובר בגינון, בבניית מבצרים, בהערמת קוביות, במשחק בשולחן המים או בהסתדרות לפי גובה בכיתה, ילדים מפגינים מוכנות ברורה לעסוק בלמידת STEM מוקדם בחייהם".³⁵

חלק ג: אתגרים

קיימים מספר אתגרים ביישום תוכניות מבוססות STEM האופייניים למגוון גילאי בית הספר³⁶ ורלוונטיים גם לגילאים הצעירים, למשל:

1. הכנה והכשרה לא מספקות של מורים בתחומי STEM.
 2. צורך בהתאמה קפדנית של תוכן הלימודים ושיטות ההוראה ליכולות של ילדים צעירים.
- נדגיש כי ההתמודדות עם חסמים אלו, החל מרמת בית הספר היסודי, היא קריטית להצלחת יישום החינוך במקצועות STEM.

McClure, E. R., Guernsey, L., Clements, D. H., Bales, S. N., Nichols, J., Kendall-Taylor, N., & Levine, M. H. (2017). STEM starts early: Grounding science, technology, engineering, and math education in early childhood. The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop. [STEM Starts Early: Grounding Science, Technology, Engineering and Math in Early Childhood \(joanganzcooneycenter.org\)](https://www.joanganzcooneycenter.org/early-grounding-science-technology-engineering-and-math-in-early-childhood)

Ejiwale, J. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning*, 7(2), 63–74. ³⁶

שער שמיני:

המלצות ודגשים בשילוב שותפים

מהמגזר העסקי והמסחרי
בפעילויות STEM



8.1 המלצות ודגשים בשילוב שותפים מהמגזר העסקי והמסחרי בפעילויות STEM

חלק זה נסמך בעיקרו על מסמכי מדיניות של משרד החינוך האוסטרלי³⁶ שהתבססו על מגוון יישומי שיתופי פעולה עם גורמים חיצוניים בתחום החינוך ל-STEM. בכל ביצוע של שיתוף פעולה בין בית ספר לגורם עסקי יש לשים לב לנושא האיסור הכללי לשלב פרסומת מסחרית במוסדות החינוך והתנאים לקבלת היתר במקרים מסוימים כפי שמופיע בחוזר המפמ"ר.³⁷

שיתופי פעולה בין בתי ספר לגורמים חיצוניים כמו מוזיאוני מדע, מכוני מחקר, חברות הייטק, ורשויות מקומיות הם הזדמנות פז להעשרה ולהעמקה של חינוך בגישת STEM. באמצעות חיבורים אלו תלמידות ותלמידים נחשפים ליישומים מעשיים ולבעיות אותנטיות הדורשות אוריינות מדעית, אוריינות מתמטית, אוריינות טכנולוגית, חשיבה יצירתית וחשיבה ביקורתית – כל אלה מיומנויות מפתח במאה ה-21.

שיתופי פעולה חיצוניים אפקטיביים בתחומי STEM חייבים להיות מתוכננים היטב. כמו כן יש לשלב חוויות למידה פעילות למשל דרך פרויקטים משותפים, הרצאות מומחים, ביקורים באתרים ומפגשי מנטורינג. באמצעות אלו, תלמידים יכולים לראות כיצד הידע שרכשו בכיתה בא לידי ביטוי ומיושם בעולם האמיתי. הדבר מעניק להם תחושת מטרה ומשמעות חיובית בנוגע למקצועות אלו.

חיבור הלמידה להקשר רחב יותר תורם לפיתוח זהות מקצועית עתידית, ומעורר השראה לקריירה אפשרית בתחומים המדעיים-טכנולוגיים. התלמידים נחשפים לעולם חדש, מבינים שישנן אפשרויות שונות פתוחות בפניהם, וחווים באופן בלתי אמצעי את הערך והרלוונטיות של מקצועות ה-STEM לפתרון אתגרי העתיד.

עם כל זאת, חשוב לציין כי שיתופי פעולה כאלו טומנים בחובם סיכונים שחשוב להתייחס אליהם (ראו בהמשך).

הזדמנויות חיוביות לשיתופי פעולה

א. סיורים ואירועים יכולים לעורר השראה וסקרנות בנושאי STEM. כך, מפגש דרך יציאה לסיור למשל במוזיאון המדע או בחברה המסחרית עשוי לעורר סקרנות ולתמוך בתוכנית STEM הרלוונטית.

ב. פתרון בעיות מהעולם האמיתי בתעשייה מעורר עניין ומוטיבציה בקרב תלמידים. תלמידים מקבלים אתגר מקצועי כמו פיתוח מוצר, או פתרון בעיה אמיתית שחברה מתמודדת איתה. פעילות זו מפתחת כישורים מעשיים ותחושת רלוונטיות.

ג. תחרויות STEM הרלוונטיות לשיתופי הפעולה המדוברים יכולות לאתגר תלמידים מצטיינים, דבר שנובע מטבעו הפתוח של תהליך פתרון בעיות בתחרויות STEM.

ד. חשיפה לטכנולוגיה ואספקת ציוד על ידי הגורם החיצוני מאפשרת למידה ומאיצה אותה, אם משתמשים בחשיפה זו בצורה נבונה: שילוב טכניקות ואלמנטים של משחקיות וטכנולוגיה בתהליך הלמידה כדי להפוך אותו למעניין ואינטראקטיבי יותר, או רכישה של טכנולוגיות וציוד מתקדמים כדוגמת מדפסות תלת-ממד, רובוטיקה, מעבדות ממוחשבות וכדומה, מאפשרים למידה חוקרת ותומכים בה. אם שיתוף הפעולה כולל שימוש בטכנולוגיות ואספקת ציוד, חשוב לשים דגש על שימוש נכון בטכנולוגיה, שמאיץ ומגביר את העניין ויכולת הלמידה.

ה. תוכניות מיוחדות – למשל מחנות קיץ המציעים חוויית לימודי STEM רציפה ואינטנסיבית יותר.

ו. פעילויות חוץ-לימודיות – מועדונים, תחרויות, קורסים ופרויקטים בשעות אחר הצהריים ובחופשות שמרחיבים את לימודי ה-STEM.

³⁶ [best practice guide - establish stem partnerships\(2\).pdf](#)

³⁷ [וועדת החסיונות ופרסומת מסחרית | משרד החינוך \(www.gov.il\)](#)

ז. **התנסות מעשית** – הצמדת תלמידים לעבודה מעשית במקצועות STEM כדי לחשוף אותם לאפשרויות קריירה ולהתנסויות בתפקידים שונים.

אזהרות ודגשים חשובים

א. **יש להימנע משיתופי פעולה עם עסקים שניים במחלוקת או בלתי אתיים**, כגון חברות סיגריות, אלכוהול, מוצרים עתירי סוכר או חברות מזהמות. יש לשקול אם עיסוקו של העסק ופעילותו סותרים את הערכים והמטרות של בית הספר.

ב. **יש לוודא שתחרויות STEM יתמקדו בהשתתפות ובלמידה, ולא רק בתוצאות**. חשוב שההשתתפות בתחרויות תיעשה על ידי קבוצות תלמידים ולא תלמידים בודדים. אזהרה זו איננה ספציפית בהכרח לשותפות חינוכית-עסקית, ברם הצורך בנראות חברות מסחריות עשוי להטות את כף התהליך החינוכי לטובת תוצר עם אפקט נראות גבוה על חשבון התהליך הלימודי.

בנוסף לכך, ריבוי תחרויות עלול לעורר תסכול אצל תלמידים לאור חוסר ההצלחה לעלות לשלבים מתקדמים בתחרות, או היעדר זכייה, ועקב כך הם עלולים לסרב להשתתף בעתיד בתחרויות אחרות. לכן, מומלץ לנהוג במשנה זהירות בריבוי תחרויות.

ג. **יש להיות מודעים שיוזמות כגון סיורים ואירועים נועדו בעיקר לעורר השראה ועניין, ופחות לשפר הישגים באופן ישיר**. בהמשך לסעיף הקודם, הצורך האפשרי של שותפים מסחריים בהצגת תוצרים נראים לעין עשוי לפגוע באופי התהליכי של מעשה החינוך.

ד. **שיתופי פעולה בחסות הגורם החיצוני עם הורים וקהילה הם יעילים ביותר כאשר מקיימים אותם באופן מתמשך ובמגוון דרכים**. חשוב שהתלמידים יכירו בערכם של עיסוקים מגוונים של הורים, לשלב את כל המגדרים וסוגי המשפחות, ולתת הזדמנות רחבה ככל האפשר לכמה שיותר תלמידות ותלמידים להזמין את הוריהם. יחד עם זאת, שיתופי פעולה עם חברות מסחריות מובגלים בזמן, מטבע הדברים. בהקשר זה, חשוב כי שיתופי פעולה עם הקהילה וההורים יישמרו גם מעבר למסגרת הזמן של שיתוף הפעולה החינוכי-עסקי.

במסמכי המדיניות של אוסטרליה, בדקו את מידת התועלת והכדאיות של כל סוג של שיתוף פעולה. המסקנות היו כדלהלן:

השפעה חיובית מוכחת

תחרויות (ראו מגבלות המצינות למעלה), פעילויות חוץ-לימודיות, התנסות מעשית, למידה מקצועית מקוונת, קהילות למידה מקצועית, שותפויות בין מורים לאנשי מקצוע מתחומי STEM.

מידת השפעה חיובית אך לא חד-משמעית

פרויקטים ארוכי טווח העוסקים בבעיות אמיתיות מהעולם, "גיימיפיקציה" – שילוב אלמנטים של משחק בלמידה.

מידת השפעה שאין בה מספיק ראיות לקבלת מסקנות

סיורים, אירועים עם מומחים מהתעשייה, שימוש בצידוד ייעודי וטכנולוגיות.

לסיכום, שילוב מושכל של שיתופי פעולה חיצוניים בלימודי STEM הוא מפתח להפיכת החומר הנלמד לבעל משמעות עמוקה יותר, ולעידוד מוטיבציה פנימית בקרב התלמידים והתלמידות. יש לשים לב כאמור לניהול נכון של כל שיתוף פעולה שכזה תוך כדי שמירה על הפן הלימודי, הערכי והענייני שלו.