

				
מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט	משרד החינוך המזכירות הפדגוגית אגף מדעים	מרכז מורים ארצי למורי המדע והטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים	משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה	אוניברסיטת תל אביב בית הספר לחינוך המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

פרק שני: חינוך STEM¹

התנועה לחינוך STEM

STEM הוא תנועת רפורמה רחבה בתחומי המדע, הטכנולוגיה, ההנדסה והמתמטיקה ששמה לה יעד לטפח כוח עבודה מקצועי בתחומים הללו ואזרחים אורייניי STEM במטרה להגדיל את כוח התחרות של ארה"ב בכלכלה העולמית (Hanover research, 2011). (1)

מבחינה היסטורית, ה-NSF² החל להשתמש במונח SMET כראשי תיבות למילים: מדע, מתמטיקה, הנדסה וטכנולוגיה בתחילת שנות ה-90 של המאה הקודמת, ומאוחר יותר טבע את המונח STEM המוכר כיום (Sanders, 2011) (10). במהלך העשור האחרון עמותה זו ממנה פרויקטים אחדים בנושא STEM, ביניהם הפרויקט "טכנולוגיה עבור כל אמריקאי" אשר היווה בסיס לפיתוחו של מסמך הסטנדרטים לאוריינות טכנולוגית בשיתוף עם מינהל האווירונאוטיקה והחלל הלאומי (NASA³). מסמך הסטנדרטים לאוריינות טכנולוגית יצר מסגרת עבודה המגדירה את הידע והמסוגלות של כל תלמיד כדי שיהיה בעל אוריינות טכנולוגית. חשוב להדגיש כי המסמך מציג סטנדרטים טכנולוגיים בלבד ולא תכנית לימודים המכוונת להשגתם (ITEEA⁴, 2007). (11)

פעילותו של ה-NSF, המוזכרת לעיל, והטמעתו של מסמך הסטנדרטים לאוריינות טכנולוגית כמעט בכל בתי הספר, האיצו את תהליכי היישום והטמעה של תכניות חינוכיות של ה-STEM בכיתות K-12 בארצות הברית.

המועצה הלאומית למדע (NSB⁵, 2007) (2) המליצה על שורה של צעדים שמטרתם שיפור החינוך בתחומי ה-STEM במטרה להבטיח כי כל התלמידים האמריקאים ירכשו ידע ומיומנויות הנדרשים להצלחה בעולם העבודה של המאה ה-21. המועצה מצביעה על חינוך בתחומי ה-STEM כאמצעי לטיפוח תרבות של חדשנות ותמיכה בדור הממציאים הבא שיסייע בעיצוב עתיד האומה במהפכות הגלובליזציה והטכנולוגיה של המאה ה-21 (NSB, 2007). איגוד המושלים הלאומי של ארצות הברית (NGA⁶, 2007) (3) מצביע על קשר ישיר בין יכולתה של אמריקה לחדש ולהתחרות בשוק העולמי לבין יכולתם של בתי הספר הציבוריים באמריקה לטפח את הידע והמיומנויות של הלומדים בתחומי STEM.

¹ Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM)

² The National Science Foundation (NSF)

³ The National Aeronautics and Space Administration (NASA)

⁴ The International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA)

⁵ National Science Board (NSB)

⁶ The National Governors Association (NGA)

				
מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט	משרד החינוך המזכירות הפדגוגית אגף מדעים	מרכז מורים ארצי למורי המדע והטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים	משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה	אוניברסיטת תל אביב בית הספר לחינוך המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

תחומי דעת בחינוך STEM

בדו"ח של שירות המחקר של הקונגרס האמריקאי (CRS⁷) המונח "חינוך בתחומי ה-STEM" (STEM education) מתייחס לתהליכי הוראה-למידה בארבעת התחומים הבאים: מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה. המונח מתייחס בדרך כלל לפעילויות החינוכיות לאורך כל שכבות שנות של הגיל החל מגן הילדים ועד ללימודים אקדמיים מתקדמים, במסגרות פורמליות ולא פורמליות (CRS, 2012) (4).

ארבעת תחומי הדעת מוגדרים באופן הבא:

- מדע (Science).** תחום שעוסק בחקר עולם הטבע באמצעות תצפיות, תיאורים, ניסויים ותיאוריות מסבירות (ITEEA, 2007) (11). מדענים מאמינים כי בעזרת האינטלקט ובעזרת מכשירים המרחיבים את טווח התפיסה של החושים שלנו ניתן לגלות דפוסים על טבעו של העולם הטבעי (AAAS⁸, 1990). (13) בהקשר החינוכי התחום כולל התייחסות לחוקי טבע בתחומי הפיסיקה, הכימיה והביולוגיה, וגם (לאחרונה) בתחומי מדעי כדור הארץ והיקום ומדעי הסביבה. התחום כולל את גוף הידע המשקף את ההבנה שלנו את העולם ואת הפרקטיקות שעושים בהן שימוש להרחבה ולביסוס הידע וכן לטיפול או יישום של עובדות, עקרונות, מושגים או מוסכמות הקשורים בתחומים אלה (NRC⁹, 2012) (12).
- טכנולוגיה (Technology).** תחום העוסק בחדשנות אנושית המשנה את הסביבה הטבעית. התחום כורך ידע ותהליכים במטרה לפתח כלים ומערכות במטרה לפתור בעיות, לספק מענה לצרכים ולרצונות אנושיים ולהרחיב את היכולות האנושיות (ITEEA, 2007) (11). שינוי העולם הטבעי נעשה באמצעות גישות ותהליכים שונים, לדוגמה: פתרון בעיות, מחקר ופיתוח, המצאה, חדשנות, נסיונות (experimentation) ותיכון (ITEEA, 2007). ה-AAAS (AAAS, 1990) מציינת כי במובן הרחב יותר, טכנולוגיה היא חלק מהתרבות האנושית ומאפשרת לנו להרחיב את היכולות שלנו לשנות את העולם. גם ה-ITEEA (ITEEA, 2007) וגם ה-AAAS (AAAS, 1990) מציינים כי חשוב לזכור כי התוצאות של שינוי העולם הטבעי עלולות לכלול בצד יתרונות בלתי צפויים, עלויות וסיכונים בלתי צפויות ולכן חשוב לקחת בחשבון בצד פיתוח טכנולוגי גם היבטים אלו. (11, 14). האקדמיה הלאומית להנדסה (NAE¹⁰) והמועצה הלאומית למחקר (NRC) מציינים כי הטכנולוגיה מוגדרת כ**תהליך** שבו בני האדם מתאימים את הטבע כך שיתאים לרצונותיהם וצרכיהם (NAE and NRC, 2002) (15).

⁷ The Congressional Research Service (CRS)

⁸ American Association for the Advancement of Science (AAAS)

⁹ National Research Council (NRC)

¹⁰ The National Academy of Engineering (NAE)

				
מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט	משרד החינוך המזכירות הפדגוגית אגף מדעים	מרכז מורים ארצי למורי המדע והטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים	משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה	אוניברסיטת תל אביב בית הספר לחינוך המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

- **הנדסה (Engineering).** תחום שעוסק בידע מתמטי ומדעי (מדעי הטבע) (שנרכש על ידי למידה, ניסיון, והתנסות) ומיושם תוך הפעלת שיקולי דעת לפיתוח דרכים לניצול כלכלי של משאבי טבע (חומרים, אנרגיה, יצורים חיים) לרווחת האנושות (ITEEA, 2007) (11).
- המועצה הלאומית למחקר (NRC, 2012) רואה בהנדסה גישה שיטתית לתיכון אובייקטים, תהליכים ומערכות במטרה לתת מענה לצרכים אנושיים.
- **מתמטיקה (Mathematics).** תחום שעוסק בחקר דפוסים תכונות ויחסים בין כמויות, תוך שימוש במספרים ובסמלים (ITEEA, 2007). מתמטיקה כוללת מתמטיקה עיונית ומתמטיקה שימושית, יש לה מקום מרכזי בתרבות המודרנית והבנה בסיסית שלה נדרשת להבנת מדע, הנדסה וטכנולוגיה (AAAS, 1990) (16).

העמותה הלאומית למדע בארה"ב (NSF) (5), מתייחסת למונח STEM באופן רחב יותר וכוללת בו גם את התחומים הבאים לדוגמה: מחשבים וטכנולוגיות מידע, מדעי כדור הארץ, אסטרונומיה ומדעי החברה (אנתרופולוגיה, כלכלה, פסיכולוגיה וסוציולוגיה). המחלקה לביטחון המולדת האמריקאית (DHS¹¹) מרחיבה עוד יותר את היריעה ופורסת אותה על פני תחומים נוספים כמו למשל: פליאונטולוגיה, פיסיקה אטומית, וטרינריה אנטומית, מידענות רפואית, תפעול מערכות חלל, מודיעין, לוחמת רשת (Cyber warfare) ועוד (6). מון ורונדל (Moon and Rundell, 2012) (7) מציגות ראייה על תחומית למונח חינוך STEM לפיה ההוראה צריכה להתמקד במכלול השיטות והתהליכים מעבר להוראת תחומי הדעת עצמם, המאפשרים התפתחות של ידע חדש.

מטרות בחינוך STEM

- לחינוך בתחומי ה-STEM יש מטרות אחדות:
- הכנת לומדים לאתגרים ולהזדמנויות בכלכלה של המאה ה-21.
 - שיפור האפקטיביות הכללית של מערכות החינוך.
 - טיפוח כוח עבודה שהוא אורייני STEM מספק ערך, פרודוקטיביות וחדשנות לכלכלה (Hanover research, 2011) (1).

¹¹ The United States Department of Homeland Security (DHS)

				
מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט	משרד החינוך המזכירות הפדגוגית אגף מדעים	מרכז מורים ארצי למורי המדע והטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים	משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה	אוניברסיטת תל אביב בית הספר לחינוך המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

בהתחשב בתפקיד הקריטי של המדע והטכנולוגיה בקביעת עתידה הלאומי של ארצות הברית המועצה המייעצת לנשיא האמריקאי במדע וטכנולוגיה (PCAST¹², 2010) (8) (NRC, NRC-וה- (9) 2011) מצביעים על ארבע מטרות מרכזיות לחינוך בתחומי ה-STEM:

- **פיתוח אזרחים אורייניי STEM:** כל אזרחי ארצות הברית (גם אלו שלא יהיו בעתיד מתמטיקאים, מדענים או מהנדסים) צריכים להיות בעלי ידע והבנה בתחומי ה-STEM. הבנה זו תאפשר להם להצליח בחיים הציבוריים ובקריירה, ולקבל החלטות מושכלות בנושאים אתם מתמודדת אוכלוסיית ארצות הברית והעולם כולו.
- **בנייה והגדלה של כוח עבודה מקצועי בתחום ה-STEM:** כלכלת ארצות הברית זקוקה לאספקה הולכת וגוברת של עובדים בתחומי STEM כדי לפתור בעיות, להניע צמיחה כלכלית, להבטיח רמת החיים ושגשוג עתידי של המדינה. מסיבות אלו יש צורך בטיפוח כוח עבודה עתידי בתחומים אלה.
- **פיתוח מומחים עתידיים בתחום ה-STEM:** כדי לעמוד בחוד החנית של המדע והטכנולוגיה בעולם, ארצות הברית זקוקה לחוקרים בתחום ה-STEM אשר יובילו רעיונות חדשניים והמצאות חדשניות ובכך יפרצו דרכים חדשות עבור התעשייה ויהוו מקור השראה עבור הדור הבא של מדענים, מהנדסים ומתמטיקאים. מומחים בתחומי ה-STEM תרמו לצמיחה הכלכלית של ארצות הברית, לקידום הטכנולוגיה, למחקר הרפואי, להבנת היקום שלנו, להפחתת רעב ועוד. ארצות הברית מבקשת לשמור על יתרונות אלה בעזרת חינוך STEM אשר יוביל לטיפוח מאגר גדול של מומחי STEM בעלי הידע, המנוף והמעוף כדי לקדם את תחומי המדע והתעשייה.
- **סגירת פער בהישגים והשתתפות של נשים ומיעוטים בכוח העבודה בתחומי ה-STEM:** האומה האמריקאית צריכה לממש את מלוא הפוטנציאל של אזרחיה, ובפרט נשים ומיעוטים, כדי לתת מענה לצרכיה הלאומיים. חינוך STEM צריך לזהות ולטפח כשרונות לא מנוצלים. תחומי ה-STEM יפיקו תועלת רבה הנשאבת ממגוון נקודות מבט, תרבויות ורעיונות.

אוריינות STEM

בדו"ח "חדשנות אמריקה - בניית סדר יום של מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה" שפרסם איגוד המושלים הלאומי של ארצות הברית (NGA) בשנת 2007, צוין כי מטרתו העיקרית של חינוך STEM היא פיתוח "אוריינות STEM" שהיא היכולת ליישם את ההבנה של "איך העולם פועל!" בתוך ובין התחומים של מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (NGA, 2007).

¹² The President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST)

				
מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט	משרד החינוך המזכירות הפדגוגית אגף מדעים	מרכז מורים ארצי למורי המדע והטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים	משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה	אוניברסיטת תל אביב בית הספר לחינוך המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

אוריינות STEM כוללת ארבעה סוגי אוריינות כדלהלן:

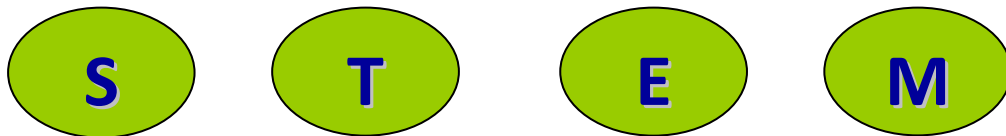
- **אוריינות מדעית:** היכולת להשתמש בידע מדעי כדי להבין את העולם הטבעי כמו גם לקחת חלק בהחלטות המשפיעות על עולם זה.
- **אוריינות טכנולוגית:** היכולת להשתמש, לנהל, להבין ולהעריך טכנולוגיה.
- **אוריינות הנדסית:** ההבנה של האופן שבו טכנולוגיות מתפתחות דרך תהליך התיכון ההנדסי.
- **אוריינות מתמטית:** היכולת לנתח, לנמק ולהציג רעיונות באופן יעיל, לנסח לפתור ולפרש פתרונות לבעיות מתמטיות במגוון רחב של מצבים.

תלמיד בר אוריינות STEM מתנסה בפתרון בעיות, ניתוח, הצגה/שיתוף ומיומנויות טכנולוגיות (NGA, 2007).

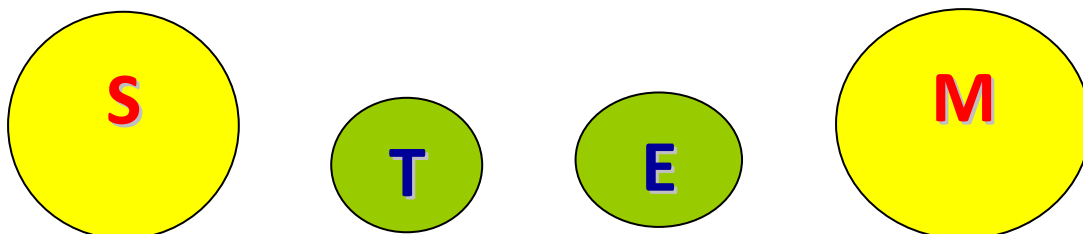
מודלים קוריקולריים לחינוך STEM

דאגר (Dugger, 2010) מציג ארבעה מודלים לחינוך STEM. (18):

- הוראת כל תחום דעת כמקצוע לימוד נפרד תוך התייחסות מצומצמת לתחומים האחרים.

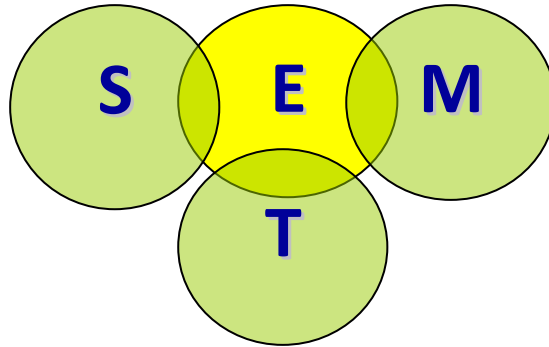


- הוראת כל אחד מארבעת תחומי הדעת בדגש על אחד או שני תחומים. (לדוגמה: תכנית לימודים שבה הדגש המרכזי הוא הוראת תחומי המדע והמתמטיקה והתייחסות קטנה יותר לתחומי ההנדסה והטכנולוגיה).

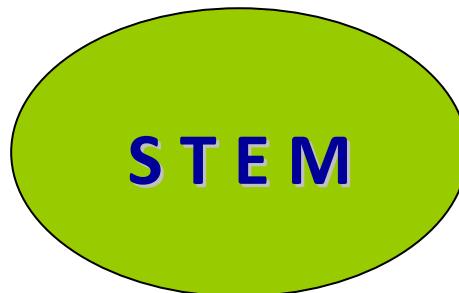


				
מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט	משרד החינוך המזכירות הפדגוגית אגף מדעים	מרכז מורים ארצי למורי המדע והטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים	משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה	אוניברסיטת תל אביב בית הספר לחינוך המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

- שילוב אחד מתחומי הדעת בהוראת כל אחד משלושת התחומים האחרים (לדוגמה: שילוב של הנדסה בהוראת תחומי המדע, הטכנולוגיה והמתמטיקה).



- שילוב של התכנים של כל ארבעת תחומי הדעת זה בזה והוראה שלהם בראייה אינטגרטיבית (לדוגמה: שילוב של טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה בשיעורי המדע).



מוצעים גם מודלים על תחומיים שנקודת המוצא שלהם היא מתודית – לדוגמה: פתרון בעיות המחייב שימוש בידע טכנולוגי מדעי הנדסי ומתמטי ותהליכי חקר מדעי ותיכון.

ייתכן וצריך להביא 2-3 שורות שאומרות שכיום יש מחלוקת אודות ההטמעה והישום של הסטם – מירי כאן אפשר לבקש רפרנס ממיוזר.

מקורות

				
מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט	משרד החינוך המזכירות הפדגוגית אגף מדעים	מרכז מורים ארצי למורי המדע והטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים	משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה	אוניברסיטת תל אביב בית הספר לחינוך המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

1. Hanover Research.2011. K-12 STEM education overview. Washington, DC:
Hanover Research. <http://www.hanoverresearch.com/wp-content/uploads/2011/12/K-12-STEM-Education-Overview-Membership.pdf>
2. National Science Board.(NSB), (2007). *A National Action Plan for Addressing the Critical Needs of the U.S. Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education System.* (Draft for Public Comment). Arlington, VA: National Science Foundation. Retrieved from http://www.nsf.gov/nsb/documents/2007/stem_action.pdf on 26 August 2013.
3. National Governors Association (NAG), (2007). *Innovation America: Building a Science, Technology, Engineering and Math Agenda.* NGA Center for Best Practices. Washington, DC.
4. Gonzalez, H. B., & Kuenzi J.J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. Congressional Research Service. . <http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-EducationPrimer.pdf>
5. Graduate Research Fellowship Program (GRFP) PROGRAM SOLICITATION NSF 13-584, <http://www.nsf.gov/pubs/2013/nsf13584/nsf13584.pdf>
6. <http://www.ice.gov/doclib/sevis/pdf/stem-list.pdf>
7. Moon J. & Rundell Singer S, (2012) "Bringing STEM into Focus", Education Week, vol. 31, no. 19 (February 1 ,2012), pp. 32, 24.
8. The President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST), (2010). Prepare and Inspire: K-12 Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Education for America's Future."., pp. 15-17. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-stem-ed-final.pdf>
9. National Research Council (NRC), (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, technology, Engineering, and Mathematics. Committee on Highly Successful Science Programs for K-12 Science Education. Board on Science Education and Board on Testing and*

				
מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט	משרד החינוך המזכירות הפדגוגית אגף מדעים	מרכז מורים ארצי למורי המדע והטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים	משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה	אוניברסיטת תל אביב בית הספר לחינוך המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

Assessment. Washington, DC: The National Academies Press.

http://www.stemreports.com/wp-content/uploads/2011/06/NRC_STEM_2.pdf

10. Sanders, M. (2009) STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4). 20-26.
11. The International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA), (2000/2002/2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, Virginia.
<http://www.iteaconnect.org/TAA/PDFs/xstnd.pdf>
12. National Research Council.(NRC), (2012). *A Framework for K–12 Science Education*. Committee on the Foundations of Assessment. J.W. Pellegrino, N. Chudowsky, and R. Glaser (Eds.)
13. American Association for the Advancement of Science: Project 2061. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. Retrieved from:
<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap1.htm> on 26 August 2013.
14. American Association for the Advancement of Science: Project 2061. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. Retrieved from:
<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap3.htm> on 26 August 2013.
15. National Academy of Engineering (NAE), & National Research Council (NRC). (2002). *Technically Speaking: Why all Americans need to know more about technology*, G., Pearson and A., T., Young Eds, National Academy of Sciences Washington, DC: National Academy Press..
http://books.google.co.il/books?id=ge66gAFcKxIC&printsec=frontcover&hl=iw&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
16. American Association for the Advancement of Science: Project 2061. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. Retrieved from:
<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap2.htm> on 26 August 2013.

				
מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט	משרד החינוך המזכירות הפדגוגית אגף מדעים	מרכז מורים ארצי למורי המדע והטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים	משרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה	אוניברסיטת תל אביב בית הספר לחינוך המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי

17. Katehi, L., G. Pearson, and M. Feder. 2009. "Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects." National Academy of Engineering and National Research Council, p. 17.
http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12635
18. Dugger, E. W. (2010). Evolution of stem in the United States. Paper presented at the 6th Biennial International Conference on Technology Education Research in Australia retrieved from:
<http://www.iteea.org/Resources/PressRoom/AustraliaPaper.pdf>. on 26 August 2013.