



מלימ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך
הפיקוח על הוראת
מדע וטכנולוגיה המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים



אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך
מדעי וטכנולוגי



מרכז מורים ארצי
למורי המדע והטכנולוגיה
בבתי הספר היסודיים

תהליך התיכון (פתרון בעיה טכנולוגית)

"למידה בדרך של פתרון בעיות היא תהליך הלמידה הבסיסי
המאפיין בני אדם ומאפשר להם לשרוד בסביבתם"
(West, 1992)

דברי רקע

מטרת התהליך

לפתור בעיות טכנולוגיות במטרה לתת מענה לצרכים אנושיים.

מאפייני כלליים של התהליך

- תהליך התיכון מתחיל מן הרגע שעולה צורך שאי אפשר לספקו בתנאים הקיימים או שהפתרון הקיים אינו מספק. לתהליך התיכון מאפיינים כגון:
- התהליך מיועד לפתרון בעיה טכנולוגית או להשגת מטרה מוגדרת.
 - לכל בעיה טכנולוגית יכולים להיות פתרונות אחדים.
 - קיימות מגבלות שונות שעל המתכננים להתחשב בהן כאשר מעלים רעיונות.
 - זהו תהליך חזרתי - קיים מעבר הלוך וחזור בין המשימות השונות ובתוך המשימה (חיזור).
 - בתהליך קיימת אי-ודאות כי תמיד ישנם נתונים נעלמים או בלתי צפויים.
 - יש להתחשב באילוצים כגון: מחיר, בטיחות, התאמה למשתמש והשפעות סביבתיות.
 - התוצר של התהליך הוא הפתרון האופטימלי המתחשב בדרישות, באילוצים ובאפשרויות הנתונות.
 - כדי למצוא ולייצר פתרון לבעיה נדרש ידע מתחומי תוכן שונים: מדעי, טכנולוגי, מתמטי, חברתי-תרבותי.

כדאי לדעת

המילה **תכן** מקורה בביטוי "תכן מוצרים" שמשמעותו תהליך שבו מגדירים מהם הצרכים מהמוצר, הדרישות והאילוצים. התהליך כולל חקירה, פיתוח, עיצוב, שרטוט, קבלת החלטות בנוגע לסוגי החומרים, בניית דגם, בדיקתו והערכתו.



מלימ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי וטכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך
הפיקוח על הוראת
מדע וטכנולוגיה המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים



אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך
מדעי וטכנולוגי



מרכז מורים ארצי
למורי המדע והטכנולוגיה
בבתי הספר היסודיים

תהליך פתרון בעיות (כללי)

תהליך פתרון בעיות הינו תהליך מורכב המאפיין את החשיבה של האדם ושייך במהותו לקבוצת תהליכים שמכונה "למידה מבוססת בעיות" (Problem Based Learning). למידה בדרך של פתרון בעיות היא תהליך חשיבה בסיסי המאפיין בני אדם ומאפשר להם לשרוד בסביבתם (West, 1992). היכולת לפתור בעיות היא אחת מהיכולות המנטליות¹ הבסיסיות הדרושות לתפקוד מוצלח במאה ה-21 בעידן המידע והתקשורת שבו אנו חיים (NRC, 2012). המושג **בעיה** רווח בשפת היומיום והשימוש בו נעשה בהקשרים שונים: בעיה מתמטית, בעיה כלכלית, בעיה סביבתית, בעיה טכנולוגית, בעיה מדעית ועוד. מקור המילה **בעיה** בעברית הוא בשפה הארמית מהמילה "**בעיא**" שמשמעותה היא צורך או משאלה שלא באו על סיפוקם. במצב כזה נוצרת אי התאמה שמוגדרת כפער בין הצורך לשנות את המציאות (מצב מצוי) לבין המציאות שאליה שואפים להגיע (מצב רצוי).

ללמידה מבוססת בעיות יש כמה מטרות מרכזיות:

- הגברת המוטיבציה ללמידה והעברת האחריות של הלמידה על כל היבטיה ללומדים.
- פיתוח יכולות של "הכוונה עצמית בלמידה"² (self-regulated learning): יכולות קוגניטיביות ומטה-קוגניטיביות, אוריינטציות מוטיבציוניות (כגון: נטיות והרגלי למידה) והתנהגותיות (כגון: ניהול זמן ובחירת שיטות ללמידה) (Zimmerman, 1986, 2001).
- פיתוח יכולת גנרית של פתרון בעיות, שניתן יהיה להשתמש בה לפתרון בעיות חדשות ובלתי מוכרות. יכולת זו כוללת קשת רחבה של מיומנויות חשיבה מסדר גבוה ובכללן חשיבה יצירתית וחשיבה ביקורתית, מיומנויות למידה שיתופיות, ומיומנויות למידה בסביבה עתירת מידע.
- פיתוח הבנה מעמיקה של מושגים ועקרונות בתחום שבו עוסקת הבעיה כך שניתן יהיה לשלוף אותם בעת הצורך לפתרון בעיות ולניתוח סיטואציות חדשות.
- פיתוח חשיבה אנליטית לניתוח הבעיה והבנת נסיבותיה וחשיבה אינטגרטיבית-סינתטית שתתבטא ביכולת ליצור אינטגרציה בין תחומי הדעת הקשורים בהבנת הבעיה ובפתרונה.

¹ כשירות מנטלית: תמהיל של ידע ומיומנויות המאורגנים סביב עקרונות יסוד של תחום הידע והקשרים ביניהם ולא כעובדות נפרדות או כהליכים נפרדים ושטחיים

² הכוונה עצמית ללמידה: פנו לאתר [בהבניה מתמדת](#)



מלי"מ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי וטכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך
הפיקוח על הוראת
מדע וטכנולוגיה המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים



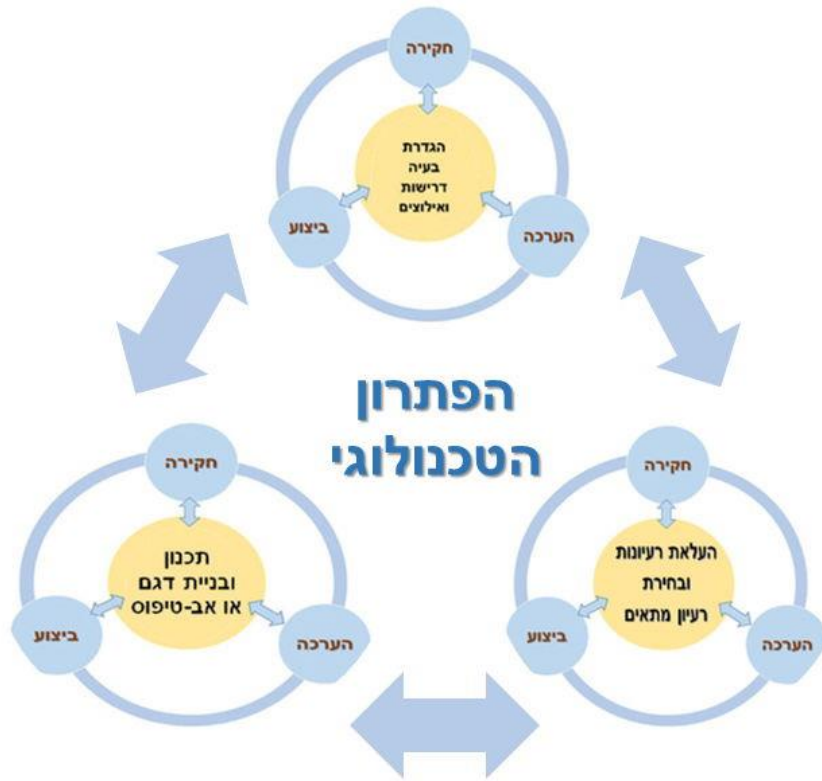
אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך
מדעי וטכנולוגי



מרכז מורים ארצי
למורי המדע והטכנולוגיה
בבתי הספר היסודיים

תהליך פתרון בעיות טכנולוגי

תהליך של פתרון בעיה טכנולוגית כולל שלוש משימות מרכזיות הקשורות זו בזו (ראו תרשים). בכל משימה נדרשים תהליכי חקירה שמטרתם לאסוף מידע שנחוץ לביצוע המשימה, תהליכי הערכה וביצוע של מיומנויות. לתהליך פתרון הבעיות יש כיוון ברור (הפתרון לבעיה או מענה לצורך) אך ביצועו דורש חזרה לאחור (חיזור), לשלבים הקודמים של התהליך, על מנת לבדוק, לתקן ולשפר את התוצר הסופי. התרשים הבא מתאר את שלוש המשימות המרכזיות ואת פעולות החקירה, ההערכה והביצוע השזורות בתהליך.



תרשים 1: נווט תהליך הפתרון הטכנולוגי / תהליך התיכון

- הגדרת הבעיה, דרישות ואילוצים: התוצרים של שלב זה הם: זיהוי צרכים, הגדרה של בעיה טכנולוגית, הכנת רשימה של דרישות מהמוצר ושל האילוצים.
- העלאת רעיונות ובחירת רעיון מתאים: התוצר של שלב זה הוא רעיון מתאים שעונה על הדרישות מהמוצר ועל האילוצים.
- תכנון ובניית דגם או אב-טיפוס: התוצר של שלב זה הוא דגם או אב טיפוס שנותנים מענה לצורך ואשר מתפקדים בהתאם לדרישות מהמוצר.



מלי"מ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי וטכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך
הפיקוח על הוראת
מדע וטכנולוגיה המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים



אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך
מדעי וטכנולוגי



מרכז מורים ארצי
למורי המדע והטכנולוגיה
בבתי הספר היסודיים

מילון מושגים

פתרון טכנולוגי: כל דבר שהאדם בונה ומפתח על מנת לספק את הצרכים שלו. פתרונות טכנולוגיים יכולים להיות מוצרים טכנולוגיים כמו מזונות מעובדים, תרופות, בגדים, כלים, מכשירים, מכונות ועוד וגם שיטות טכנולוגיות של עיבוד חומרים וייצור מוצרים.

דגם: כאשר בניית המוצר מורכבת ומסובכת ו/או כאשר קיימים אילוצים שבגללם אי אפשר לבנות את המוצר בונים (כדאי לחושב על שימוש בפועל אחר: מייצרים, מרכיבים, מכינים...) דגם. בעזרת הדגם אפשר להסביר את מבנה המוצר ואת תפקודו. לדגם אין את המאפיינים האמתיים של המוצר במציאות (דוגמה: גודל, משקל, סוגי החומרים, מנגנוני פעולה) אך הוא צריך להציג את התפקוד של המוצר.

אב-טיפוס: מוצר ראשוני שיש לו את כל המאפיינים של המוצר במציאות. בונים אב-טיפוס כדי לבדוק את מידת התאמתו לדרישות מהמוצר. לאחר הבדיקות משפרים את האב-טיפוס עד לקבלת המוצר המוגמר.

אופיו של תהליך התיכון

באופן פורמלי התהליך כולל שלוש משימות מרכזיות שחשוב לבצען (הגדרת הבעיה, הדרישות והאילוצים, העלאת רעיונות לפתרונות ובחירת רעיון מתאים ותכנון ובנייה של מוצר). במציאות החשיבה גמישה יותר ולא תמיד פועלים לפי סדר הפעולות. התנועה בתוך התהליך תלויה בדמיון וביכולת של פותר/ת הבעיות. התהליך מתרחש תוך כדי פעולות שונות כגון, תכנון, איתור צרכים, הערכה ובנייה. עם זאת, אי אפשר לדעת מראש מהו סדר הפעולות וזמן הופעתן. אלה משתנים מאדם לאדם, ובמקרים מסוימים משתנים אף עבור אותו אדם במצבים שונים. לדוגמה, כאשר קיימת דרישה לדיוק, עדיף לתכנן את רוב המהלכים מראש, ואילו במקרים אחרים שבהם קיימת דרישה לזריזות, עדיף להכין תכנית שלדית או חלקית ולהמשיך בתכנון תוך כדי עשייה. לאור זאת, חשוב לספק לתלמידים מרחב לפעולה. תוך כדי פעולתם יש לשלב שאלות מטה-קוגניטיביות שמטרתן להביא את התלמידים לביצוע המשימות המרכזיות. לדוגמה, יש תלמידים "בעלי אינטליגנציה באצבעות" שיפנו מיד לבניית המוצר. לתלמידים כאלה מוצע להציג שאלות כגון: כיצד תוכל לדעת האם המוצר עונה כל הדרישות מהמוצר? הרעיון שבחרת מתאים אך אולי יש רעיונות נוספים מתאימים יותר?



מלימ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי וטכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך
הפיקוח על הוראת
מדע וטכנולוגיה המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים



אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך
מדעי וטכנולוגי



מרכז מורים ארצי
למורי המדע והטכנולוגיה
בבתי הספר היסודיים

התהליך ההנדסי

ההנדסה מוגדרת כביטוי לתבונה האנושית ותכליתה הוא לפתור בעיות ולתת מענה לצרכים אנושיים-תרבותיים. להלן מוצגות שתי הגדרות רווחות למושג הנדסה אשר תומכות זו בזו: המועצה האמריקאית לפיתוח מקצועי של מהנדסים³ (ECPD) מגדירה הנדסה כ"יישום יצירתי של עקרונות וחקר מדעי לתיכון (Design) או לפיתוח מבנים, מכונות, מנגנונים, או לייצר תהליכים; או לבנות או להפעיל מוצרים מתוך הבנה מליאה של התיכון שלהם; או לדעת לנצל אותם בנפרד או בשילוב; או לחזות את ההתנהגות שלהם תחת תנאי פעולה ספציפיים; כל זה תוך התחשבות בפעולה המיועדת, בכלכליות של הפעולה, בבטיחות של הפעולה מבחינת הנפש והרכוש" (Barak, Hacker, 2011).

אורט ישראל מגדיר את ההנדסה כמרכיב של הטכנולוגיה העושה שימוש בשיטות חקר מדעיות, בידע מדעי ובמודלים מתמטיים. ההנדסה היא תורה המבוססת על ידע מדעי ומתמטי, תוך שילוב יכולת שיפוט, ניסיון וחשיבה לוגית בתהליך הפתרון של בעיות מעשיות (קיפרמן ודינוביץ, 2006). הגדרת ההנדסה שתוארה לעיל מוסיפה להגדרה הפילוסופית של הטכנולוגיה את הרובד של יישום עקרונות מדעיים ומתמטיים בתהליך הפיתוח הטכנולוגי. לפיכך, אפשר להסיק שבין שני המושגים טכנולוגיה והנדסה מתקיים יחסים של הכלה: המושג טכנולוגיה הוא מושג כולל ורחב שמכיל בתוכו את ההנדסה. לפיכך אפשר לומר שהנדסה היא גם טכנולוגיה, אך אי אפשר לומר שטכנולוגיה זהה להנדסה (שכן לטכנולוגיה יש קיום גם ללא הנדסה). מקצועות ההנדסה למיניהם (לדוגמה: הנדסת חשמל, הנדסת אנרגיה, ביוטכנולוגיה, הנדסה ביו-רפואית), הם ביטוי ליישום שיטתי של ידע והבנה מדעית בטכנולוגיה, ובמקרים רבים הם הפכו כיום ממקצוע הנדסי למדע יישומי. הדבר מתבטא בכך שידע מדעי מאפשר לנו "לדעת" כיצד יתנהגו מוצרים עוד לפני שבנינו או הפעלנו אותם. יתרה מזאת, המדע מאפשר לנו לחשוב על התנהגויות שלא חשבו עליהן לפני כן וכך מביא ליצירה של טכנולוגיות חדשות. המהנדסים עושים אם כן שימוש בידע מדעי וטכנולוגי המשולב באסטרטגיות תיכון כדי לתת מענה לבעיות מעשיות. במובן הרחב, ההנדסה מבוססת על התמודדות עם בעיה ותכנון פתרון בעבורה. השיטה הבסיסית היא קודם כל לתכנן גישה כללית לפתרון ואחר-כך להיכנס לפרטים של האובייקט (צעצוע מכני, מנוע מכונית). למדע ולהנדסה הרבה מאפיינים משותפים: שימוש במודלים מתמטיים, יחסי הגומלין שבין יצירתיות וחשיבה לוגית, רצון להיות מקורי וחדשני, יכולות מקצועיות ספציפיות הנדרשות, אחריות ציבורית וכדומה. באוכלוסייה יש יותר מהנדסים ממדענים, אלא שמדענים

³ ECPD: The American Engineers Council for Professional Development



מלי"מ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך
הפיקוח על הוראת
מדע וטכנולוגיה המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים



אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך
מדעי וטכנולוגי



מרכז מורים ארצי
למורי המדע והטכנולוגיה
בבתי הספר היסודיים

רבים עושים כיום עבודה שאפשר לתארה כהנדסה ולעומתם מהנדסים רבים עוסקים בעצם במדע. מבין שני התחומים הללו, להנדסה כיום יש השפעה ישירה יותר מהמדע על מערכות חברתיות ועל התרבות והיא בעלת השלכות מידיות על מידת ההצלחה או הכישלון של מיזמים אנושיים. החלטות בתחום ההנדסה מערבות תמיד ערכים אישיים וחברתיים, כמו גם שיקול דעת מדעי, בין אם מדובר בתכנון חלק למטוס או בתכנון מערכת השקיה.

ככל שטכנולוגיות נעשות יותר מתוחכמות הקשר שלהן למדע מתחזק. בכמה תחומי דעת כמו הפיסיקה של המצב המוצק, המערבת טרנזיסטורים ומוליכים למחצה, היכולת לעשות והיכולת לחקור תלויות זו בזו עד שלא ניתן להפריד את ההנדסה והמדע. טכנולוגיות חדשות דורשות לעתים קרובות הבנות חדשות. מחקרים חדשים דורשים לעתים קרובות טכנולוגיות חדשות.

הטכנולוגיה בת זמננו נתפסת כתחום דעת רב-תחומי הנמצא בקשרי גומלין הדוקים עם המדע. לתחומים כמו ביו-טכנולוגיה ואלקטרוניקה אין קיום ללא קשרי גומלין סימביוטיים בין המדע לבין הטכנולוגיה. כך למשל, הנדסה גנטית מחיבת ידע בתחום הביולוגיה המולקולרית (מבנה הדנ"א, תהליך שעתוק של גנים, שיבוט גנים וכד'). ללא תשתית זו, הטכנולוגיה (כמו השתלת גנים) לא תוכל להשיג את יעדיה. כל תהליך החקר המדעי הקשור בהנדסה גנטית לא יתאפשר אף הוא ללא המכשור הטכנולוגי המאפשר למשל גידול תאים בתרבית רקמה, מיצוי דנ"א, סימון גנים באמצעות חומרים רדיואקטיביים ועוד. יחסי גומלין ברמה סימביוטית שכזו מקשים על העברת קו חוצץ בין מדע לבין הנדסה. כיום הטכנולוגיה המודרנית כוללת מדענים שעוסקים בפיתוח הטכנולוגי ומהנדסים שמתפקדים כמדענים.

הליבה המתודולוגית של הטכנולוגיה ושל ההנדסה היא תהליך התיכון (Design process). בתוך קהילת אנשי המקצוע שעוסקים בתיכון קימת מידה מסוימת של הסכמה ביחס להגדרה הכללית ולשלבים של התהליך: התהליך מתחיל בזיהוי בעיות והגדרתן ובניתוח צרכים וממשיך דרך סדרה של מחזורים שבם נבחנים, נחקרים ומוערכים פתרונות פוטנציאליים עד למציאת תשובה משביעת רצון ולמימושה בפועל. תהליך התיכון מתפרש באופן גמיש ופתוח על ידע של אנשי המקצוע, דבר המביא תצורות חלופיות של מבנהו ושלביו. הגמישות בהגדרת מאפייני התהליך נובעת מגורמים שונים, כגון: מהות הבעיה או התחום הטכנולוגי, אילוצי זמן ומימון, או מידת החדשנות המאפיינת את הבעיה או את הפתרון המבוקש (מיודוסר, 2006).

התהליך ההנדסי במהותו אינו שונה מתהליך התיכון. ההבדל בין שני התהליכים מתבטא בכך שבתהליך ההנדסי מיושמים בפתרון גם עקרונות מדעיים ומתמטיים.

יחסי הגומלין שבין תהליך החקר המדעי לתהליך התכן ההנדסי מתוארים עלי ידי קיפרמן ודינוביץ (2006) בתרשים הבא:



מלי"מ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



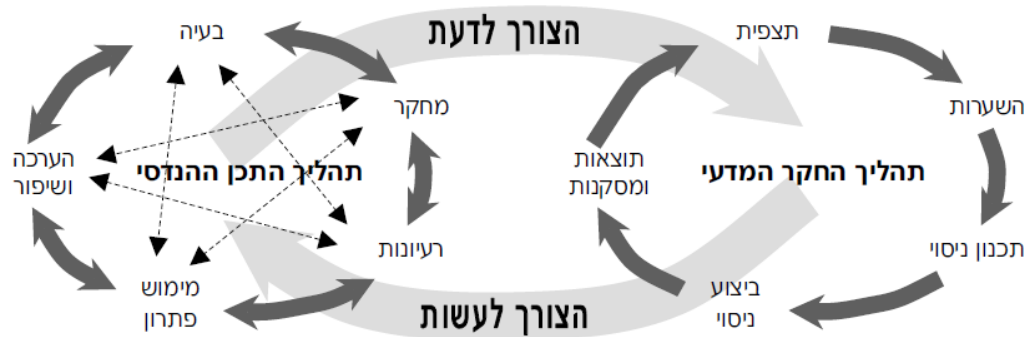
משרד החינוך
הפיקוח על הוראת
מדע וטכנולוגיה המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים



אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך
מדעי וטכנולוגי



מרכז מורים ארצי
למורי המדע והטכנולוגיה
בבתי הספר היסודיים



התהליך ההנדסי (הפיתוח) מוזן מתהליך החקר המדעי בשל הצורך לדעת את העקרונות המדעיים שיישומם דרוש לפתרון ההנדסי. תהליך החקר המדעי (המחקר) מכוון לתהליך ההנדסי בשל הצורך לעשות טכנולוגיה שתיתן מענה לצרכים אנושיים. תהליכי חקר מדעי יכולים להיות משולבים במשימות השונות של תהליך התיכון: בחינה מוקדמת של דרישות מהמוצר, בדיקת היתכנות של רעיונות שונים, בדיקת חומרים מתאימים לבנייה, בדיקת תפקוד המוצר בתנאי סביבה משתנים ועוד.



מלי"מ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי וטכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך
הפיקוח על הוראת
מדע וטכנולוגיה המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים



אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לחינוך
המרכז לחינוך
מדעי וטכנולוגי



מרכז מורים ארצי
למורי המדע והטכנולוגיה
בבתי הספר היסודיים

רשימת מקורות

Barak, M., 2011, Hacker, 2011, **Fostering Human Development Through Engineering and Technology Education**. Sense Publishers, Rotterdam.

Mioduser, D., and Dagan, O., 2006, **The effect of alternative approaches to design instruction (structural or functional) on students' mental processes**, technology education (original copy).

West, S.T. 1992. **Problem based learning – A viable addition for secondary**

Zimmerman, B. J. & Schunk, D. H. (Eds) 2001. **Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives** (2nd ed). Mahawah, NJ: Erlbaum.

הלוי, ג, 1999. **תכן הנדסי**, בית הספר לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה, המכון הממשלתי להכשרה טכנולוגית, משרדי החינוך והרווחה.

קיפרמן, ד, דינוביץ, ר, 2006. **מדריך לעבודת גמר בטכנולוגיה מוכללת**, הוצאת הספרים אורט ישראל, תל-אביב

קן טראמפ, 2012. **פיתוח ידע בר העברה ומיומנויות המאה ה-21** (תקציר של דוח שפורסם על ידי ה-NRC).