

היסטוריה, פילוסופיה וסוציולוגיה של המדע

המשכיות ואי המשכיות במסורות של חברה מדעית וטכנולוגית בחינוך למדע

לאחר משבר ה"ספוטניק", שאירע בסוף שנות ה-50 של המאה ה-20, התברר שברית המועצות הקדימה את העולם המערבי והשיגה פריצת דרך טכנולוגית-מדעית ממעלה ראשונה, שבאה לידי ביטוי בחינוך למדעים ובהכשרה של כוח אדם מקצועי ואיכותי בתחומי המדעים. עד אז המטרה של לימודי המקצועות המדעיים בבתי הספר הייתה הכנת אחוז קטן של תלמידים לתעסוקה עתידית בתחום המדעי. גישה זו נחלה כישלון חרוץ בכמה תחומים ואף הביאה להפניית עורף של תלמידים למקצועות המדע. גישה זו גרמה להעברת דימוי סטריאוטיפי ומוטעה של המדע והביאה לאי-יכולת של התלמידים לפתח למידה משמעותית. כשלים אלה תרמו להתפתחות הגישה ההומניסטית לחינוך למדעים, המבטאת את מגוון הממדים החברתיים, התרבותיים, ההיסטוריים והפוליטיים של המדע, כשבראש המגמה ההומניסטית עמד הזרם: מדע-טכנולוגיה-חברה.

תנועת מדע-טכנולוגיה-חברה

תנועת מדע-טכנולוגיה-חברה (Science-Technology-Society, STS) נוצרה בתחילת שנות ה-70 של המאה ה-20, מתוך צורך לשקף את ההשפעה החברתית של קידמה מדעית וטכנולוגית. היא נפוצה באוניברסיטאות והחלה להשפיע גם על דרך לימודי המדעים בבתי הספר. תומכי הגישה החדשה טענו, כי מטרת החינוך למדעים אינה רק הפיכת מיעוט תלמידים למדענים ולמהנדסים איכותיים, אלא הקניית ידע ומיומנויות הקשורים למדע לכלל התלמידים, על מנת להכין להתמודדות מוצלחת עם האתגרים שמציבים הטכנולוגיה והמדע לאזרחי החברה המודרנית. הדוגלים בתנועה זו טענו, כי על המדע הנלמד בבתי הספר להיות בעל משמעות רבה יותר עבור התלמידים. גישת ה-STS כללה גם מעבר מהדימוי המסורתי הפוזיטיבי של המדע לתפיסה הקונטקסטואלית, הפוסט-פוזיטיבית. מעבר זה התאפשר בעקבות מחקרים חדשים על טיב ההתקדמות של הידע המדעי ועל שינוי הפרדיגמות המדעיות, שהדגישו את החשיבות של היסטוריה, פילוסופיה וסוציולוגיה של המדע. על כן הוצע, שהוראת המדעים בבתי הספר תקבל אופי בין-דיסציפלינרי ותחתור לקידום הבנת הקשר בין מדע, טכנולוגיה וחברה, החיוני בחברה דמוקרטית.

במרוצת השנים זרם ה-STS השפיע רבות על החינוך למדעים והביא לשינוי תכניות הלימודים במקצועות המדעיים באמריקה הצפונית ובאירופה. שינוי זה בא לידי ביטוי במגוון צורות, החל מהכנסת קטעים בודדים לספרי הלימוד של המקצועות המדעיים ועד ליצירת מקצועות ופרויקטים נפרדים, המוקדשים כולם לאינטראקציה שבין מדע, טכנולוגיה וחברה, למשל:

התקציר מבוסס על המאמר:

Vesterinen, V. M., Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, Á. (2014). History, philosophy, and sociology of science and science-technology-society traditions in science education: Continuities and discontinuities. In Matthews, M. R. (Ed.) (2014), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*. Dordrecht: Springer, 1895-1925.

- ❖ הוספת תכנים מפוזרים של STS ללימודי מדע מסורתיים, כדי להעלות את התעניינות ואת המוטיבציה של התלמידים ללימודי מדע, ללא ההערכה על התוכן
 - ❖ הכנסה לא שיטתית ומזדמנת של תוכני STS לתכנית הלימודים המסורתית, שכללה הערכה שטחית בנושאים אלה, וכחלק מההערכה הכללית
 - ❖ הכנסה שיטתית ומודעת של תוכני STS לתכנית הלימודים: פרקים ויחידות לימוד ממוקדים התייחסו למקצועות המדעיים הנלמדים, יחד עם קיום ההערכה בנושא
- ניתן להצביע על זרמים שונים של גישת ה-STS, שכל אחד מהם מתייחס למכלול האתגרים הנוצרים מתוך האינטראקציה בין מדע, טכנולוגיה וחברה מזווית ראייה ייחודית:
- ❖ **זרם יישומי:** התמקדות בחשיבות הקשר שבין מדע לטכנולוגיה לשם פתרון בעיות פרקטיות, קידום שגרת חיים והתפתחות הטכנולוגיה הקיימת. הגישה משלבת בין פיתוח יכולות קוגניטיביות להקניית מיומנויות מעשיות ועבודה יישומית יצירתית.
 - ❖ **זרם היסטורי:** התפתחות המדע מוצגת כתוצר של הפעילות האנושית, המוטמעת בחברה ובתרבות. הדגש הוא על שימוש נרחב בטכניקות פדגוגיות, המקדמות חשיבה יצירתית וביקורתית, המביאות להתעניינות גבוהה ולמעורבות רגשית של התלמידים
 - ❖ **התמקדות בממד הקוגניטיבי של בעיות קונטרוברסליות:** הנוצרות בעקבות האינטראקציה שבין מדע לטכנולוגיה. הדגש של זרם זה הוא על פיתוח מיומנויות של חשיבה מורכבת, הבנת זוויות ראייה מרובות, חשיבה ביקורתית וקבלת החלטות מושכלת.
 - ❖ **זווית הראייה של ערכים:** משלימה את הגישה הקודמת על ידי הדגשת הממד האתי של הבעיות הנוצרות בעקבות האינטראקציה שבין מדע לחברה.
 - ❖ **זרם סוציו-תרבותי:** מתייחס למדע ולטכנולוגיה כמוסדות חברתיים, המנסה להבין את ארגונם הפנימי ואת הקשרים שבין מדע לפוליטיקה, לכלכלה ולתרבות.
 - ❖ **זרם של צדק חברתי ואקו-צדק:** מתייחס להיבטים סוציו-פוליטיים של המדע ומדגיש את החשיבות של חינוך לאחריות אזרחית.

מחקרי הערכה על תוצאות היישום של הגישות המבוססות על תפיסת ה-STS במסגרת החינוך למדעים בחטיבות ביניים ובבתי ספר תיכוניים מראים, כי תפיסה זו גורמת לתלמידים ולתלמידות לפתח יחס חיובי יותר כלפי המדע ולהגיע להבנה טובה יותר של התחום, יותר מאשר לימודים בגישת ההוראה המסורתית. בנוסף לכך, הוראה המבוססת על תפיסת ה-STS מצמצמת את הפער בין בנים לבנות בהתייחסותם למדע. ממצאים אלה השפיעו על מגוון תפיסות תיאורטיות ויישומיות בחינוך למדעים ועל התפתחות גישות חדשות.

חינוך סביבתי וחינוך לפיתוח בר-קיימא

מראשית הקמתה, תנועת ה-STS התייחסה בדאגה רבה להשפעות ההרסניות של הטכנולוגיה על הסביבה. דאגה זאת השפיעה גם על הפרקטיקה החינוכית בבתי הספר. בשנת 1977 הוועדה הבין-ממשלתית הראשונה לחינוך למדעים הציבה יעדים עיקריים לחינוך הסביבתי:

- ❖ קידום המודעות בדבר התלות ההדדית בין הגורמים הכלכליים, החברתיים, הפוליטיים והסביבתיים.
- ❖ מתן אפשרות לכל אחד לרכוש ידע, ערכים, מחויבויות ומיומנויות הדרושים להגנת הסביבה.
- ❖ קידום צורות חדשות להתייחסותם של אנשים, קבוצות והחברה בכלל כלפי הסביבה

המונח פיתוח בר-קיימא, אוזכר לראשונה בשנת 1987, הוגדר כפיתוח העונה על צורכי הדור הנוכחי בלי להתפשר על יכולת הדורות הבאים למצוא את המענה לצרכיהם. מונח הקיימות מקשר בין בעיות הסביבה לנושאים של שוויון גלובלי וצדק חברתי. שינוי בתפיסת הסביבה השפיע על דפוסי החינוך הסביבתי ועל הפרקטיקה המדעית. כתוצאה מכך, גם אונסק"ו החל בקידום הנושא ונוצר תחום מחקר חדש – **מדע הקיימות**, החותר להבנת דפוסי האינטראקציה בין הטבע, המדע, הטכנולוגיה והחברה ולקידום המעבר לעולם צודק יותר ובר-קיימא. מדע הקיימות הוא בין-דיסציפלינרי במהותו, והוא נשען על התפיסה הפוסט-פוזיטיביסטית של המדע כמוטמע בהקשרים החברתיים והסביבתיים ומתייחס למדע כתחום יישומי.

נראה, אם כן, כי לתנועת ה-STS יש מאפיינים משותפים רבים עם החינוך הסביבתי ועם החינוך לפיתוח בר-קיימא, שכן גם חינוך לפיתוח בר-קיימא שם דגש על הכנת התלמידים למעורבות אזרחית. פירוש הדבר הוא, שעל המערכת החינוכית לא רק להקנות לתלמידים את הידע על האינטראקציה שבין מדע לסביבה ואת היכולת לקבל החלטות מודעות בתחום הסביבה בחיי היום-יום, אלא עליה לפתח מיומנויות לחשיבה ביקורתית על חוות דעת של מומחים ולעורר בתלמידים רצון להשתתף בתהליך של פיתוח וניסוי רעיונות חדשים. לעתים, חינוך סביבתי וחינוך לפיתוח בר-קיימא נתפסים כחלק מהמסגרת הכללית של חינוך מדע-טכנולוגיה-חברה-סביבה (STSE), שמטרתו לקדם אזרחות פעילה בקרב התלמידים.

חינוך ממוקד בנושאים סוציו-מדעיים

הגישה המתמקדת בנושאים סוציו-חברתיים התפתחה כחלק מתפיסת ה-STS, וגם מתוך אי-שביעות רצון מהיעדר מסגרת סוציולוגית עקבית להוראת נושאי STS בבתי הספר. הוראה המבוססת על נושאים סוציו-מדעיים מדגישה את השילוב בין הפן הקוגניטיבי של הלמידה לעקרונות מוסריים ומתמקדת בנושאים חברתיים קונטרוברסליים, הקשורים להתפתחות הטכנולוגיה והמדע. בדרך כלל, מדובר בבעיות חסרות פתרון חד-משמעי ובשאלות פתוחות, כאשר הדרך לפתרון קשורה לא רק לתפיסות ולשיטות מדעיות, אלא גם לתפיסות חברתיות. גישת הנושאים הסוציו-מדעיים חולקת את החזון ואת התפיסות הפדגוגיות עם תפיסת ה-STS. היא רואה את היעד העיקרי של חינוך למדעים בקידום אזרחות פעילה, על סמך פיתוח מודעות מדעית גבוהה. יחד עם זאת, היא מתמקדת בדילמות אתיות ומתאפיינת בדגש על ההתפתחות המוסרית והרגשית של התלמידים. היא מעצבת את הלמידה בהתבסס על ניתוח מקרים ייחודיים ותורמת לפיתוח מיומנויות מדעיות, מיומנויות של חשיבה ביקורתית ולהתפתחות מוסרית-רגשית.

אחד הדגמים של הגישה הסוציו-מדעית מזהה את שלבי הלמידה הבאים :

זיהוי אפשרויות : לזהות את הדרכים האפשריות של פתרון הבעיה/פעילות בתחום ייחודי.

- ❖ קביעת קריטריונים מתאימים להשוואה בין דפוסי פעילות שונים

- ❖ חיפוש מידע : הבהרת ממצאים מדעיים ומידע כללי באשר לקריטריונים להשוואה

- ❖ סקירה : הערכה השוואתית של היתרונות והחסרונות של הפעילות
- ❖ ביצוע בחירה : רכישת ידע על סמך הניתוח הקודם
- ❖ רפלקציה : בדיקת תהליך קבלת ההחלטה וזיהוי שיפורים אפשריים

טיב המדע

פיתוח אוריינות מדעית וטכנולוגית כרוך בכינון מטה-ידע הנובע מהרפלקציה הבין-דיסציפלינרית על מדע וטכנולוגיה. גישת ה-STS דורשת פיתוח הבנה מעמיקה בדבר טיב המדע ודרכי פעילותם של המדענים במטרה ליצור דימוי חיובי של המדע בקרב התלמידים. לעומת זאת, תכניות הלימודים המסורתיות נבנו על סמך התפיסה הפשטנית של המדע, הגורמת ליצירת דימוי מייתי ומוטעה, כמו תפיסות בדבר אבסולוטיות הידע המדעי. הבנת התהליכים המקדמים מדע חיונית, כדי לפתח את היכולת של הערכת טענות מדעיות ואת היכולת לחוות דעה בנושאים הסוציו-מדעיים. הוראת טיב המדע מתרחשת בשני מישורים:

- ❖ הוראה סמויה במהלך הפעילויות הקשורות ללימודי מקצועות מדעיים
- ❖ הוראה גלויה של תוכני מערכת הלימודים הניתנים להערכה. ההוראה מתרחשת באמצעות רפלקציה, דיונים משותפים ופיתוח מיומנויות מטה-קוגניטיביות

אוריינות מדעית וטכנולוגית

בשנים האחרונות, פיתוח אוריינות מדעית וטכנולוגית נתפס כאחד היעדים העיקריים של החינוך למדעים. עוד בשנות ה-80 של המאה ה-20, האיגוד הלאומי של מורים למדע בארצות הברית, בהשפעת תומכי תנועת ה-STS, הגדיר את היעדים של חינוך למדעים בבתי הספר כהכנת אזרחים בעלי מודעות מדעית, אשר מבינים כיצד מדע, טכנולוגיה וחברה משפיעים זה על זה ומסוגלים להשתמש בידע זה לקבלת החלטות מושכלות בחיי היום-יום. החתירה לאוריינות מדעית אפיינה גם את מערכות החינוך למדע במדינות אחרות, כשבראש ובראשונה את בריטניה, הולנד וקנדה.

האוריינטציה לפיתוח אוריינות מדעית נבעה משילוב של מספר גורמים:

- ❖ דגש גובר והולך על תפיסות STS בעקבות כישלון החינוך המדעי המסורתי
- ❖ פרסום מחקרים שהראו, כי מרבית התלמידים למדעים בבתי הספר אינם מתעניינים בנושאי מדע ואינם שוקלים קריירה בתחום
- ❖ תנועת זכויות האדם והתנועה הסביבתית: אוריינות מדעית נתפסה כאמצעי לקידום יכולת האזרחים לקבלת החלטות שוויונית ודמוקרטית יותר

במרצת הזמן התפתחו תפיסות שונות של האוריינות המדעית ויעדיה. ניתן לראות אותם כנמצאות ברצף שבין שתי עמדות קוטביות:

- ❖ הענקת ידע לתלמידים ומיומנויות המאפיינות את המדענים המקצועיים
 - ❖ אוריינות כמכלול ידע ומיומנויות שדרושים לאזרח מן השורה כדי לפעול במגוון מצבים מחוץ לעולם המדעי, בין היתר, בהתייחס לאתגרים הנובעים מאינטראקציה בין מדע לחברה
- הגדרות האוריינות המוצעות על ידי תומכי תנועת ה-STS קרובות, בדרך כלל, לעמדה השנייה. **תפיסות פרוגרסיביות של האוריינות המדעית כוללות מסגרות קונצפטואליות רחבות הכוללות:**

- ❖ ידע מדעי בסיסי (עובדות מדעיות, חוקים ותיאורטיות)
 - ❖ ידע אודות המדע, דהיינו הבנת התהליכים והמתודות הגורמות לפיתוח הידע המדעי
 - ❖ הבנת המתודה האפיסטמולוגית המדעית
 - ❖ פיתוח מיומנויות ודרכי חשיבה המשקפות את הגישה המדעית
- בהתבסס על תפיסת האוריינות המדעית, פותח גם מונח אוריינות טכנולוגית, שעומד במרכזו של החינוך המודרני לטכנולוגיה. **ניתן להבחין בין הרכיבים הבאים של המודעות הטכנולוגית:**
- ❖ מודעות לאפשרויות של שימוש בטכנולוגיה
 - ❖ מיומנויות שימוש בטכנולוגיה
 - ❖ מיומנות ליצור ארטיפקטים טכנולוגיים
 - ❖ יכולת ההערכה של ההשלכות האישיות והחברתיות של השימוש בטכנולוגיות מתקדמות.
 - ❖ תודעה טכנולוגית: יכולת לעבוד במסגרת התפיסה המאפיינת את הטכנולוגיה המודרנית: הגדרת הבעיה, תיאור מדדים לפתרון טכנולוגי, הצבת קריטריונים להערכת פעילות טכנולוגית
 - ❖ הערכה של הפיתוחים הטכנולוגיים החדשים
- לאור האמור, ניתן להצביע על כמה רכיבים מרכזיים של האוריינות המדעית והטכנולוגית, שאמורים להיות במוקד החינוך למדעים בבתי הספר:
- ❖ למידת מדע וטכנולוגיה: הקניית ידע קונצפטואלי ותיאורטי של מדע וטכנולוגיה, הכרה של מגוון טכנולוגיות שונות
 - ❖ למידה על מדע וטכנולוגיה: פיתוח הבנה של טיב המדע, מתודות ושפת המדע והטכנולוגיה, הערכת ההתפתחות של מדע וטכנולוגיה, מודעות לאינטראקציות בין מדע וטכנולוגיה, חברה וסביבה, רגישות להשלכות אישיות, חברתיות, כלכליות, סביבתיות ואתיות של יישומים מדעיים וטכנולוגיים
 - ❖ עשיית מדע וטכנולוגיה: פיתוח מיומנות ומעורבות בחקר מדעי ובפיתרון בעיות מדעיות וטכנולוגיות
 - ❖ מעורבות בפעילות חברתית-פוליטית וזאת בעקבות הקניית מיומנויות ומחויבות לפעילות מושכלת, יעילה ואחראית במגוון נושאים הקשורים לאינטראקציה בין מדע/טכנולוגיה לחברה ולסביבה
- לסיכום, הסקירה הנוכחית מאפשרת לראות את התהליך של יישום גישות הומניסטיות חדשניות ללימודי מדעים בבתי הספר. תנועת ה-STIS השתיתה בסיס לחינוך הומניסטי למדע. הגישה ההומניסטית מאתגרת את החינוך המסורתי למדע וניתן להצביע על כמה שינויים קונצפטואליים עיקריים: (א) מעבר מדגש על "המדע למדענים" ל"מדע לכולם": על החינוך למדע להיות מחויב לכלל התלמידים – לא רק לאלה שיבחרו בקריירה מדעית; (ב) התמקדות ברלוונטיות של הלמידה: על מנת להשיג חינוך משמעותי הלמידה חייבת להיות רלוונטית לחיי היום-יום של התלמידים; (ג) התמקדות במיומנויות עיקריות נוספות בתחום המדע והטכנולוגיה, לא רק במיומנויות ובידע המאפיינים את המדענים, אלא בידע ובמיומנויות הנדרשים מאזרח מן השורה ליישום אזרחות טובה. מיומנויות אלה כוללות: חשיבה מסדר גבוה, יכולת לקבלת החלטות מודעת, יכולת לקיים תקשורת ודיון, עיצוב ופיתוח פרויקטים; (ד) התמקדות בתכנים הקשורים להיסטוריה, לפילוסופיה ולסוציולוגיה של המדע.