

הכשרה והשתלמות מורים למדעים ולמתמטיקה



מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
TECHNION - ISRAEL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

THE S. NEAMAN INSTITUTE
FOR ADVANCED STUDIES IN SCIENCE & TECHNOLOGY

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה

סדנא:

**הכשרה והשתלמות מורים
למדעים ולמתמטיקה**

מרכז יום העיון: פרופ' מנחם פיינגולד
המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

5 בפברואר 1990

הדעות המובאות בפרסום זה הינן אלה של המשתתפים ביום העיון ואינן משקפות בהכרח את עמדתו של מוסד ש. נאמן למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה.

תוכן

תכנית הסדנא	1
<u>מושב א' - חינוך מדעי וטכנולוגי לקראת שנות האלפיים</u>	3
יו"ר: פרופ' זאב תדמור, מוסד נאמן	
פרופ' גד עילם, פרופ' אברהם ברמן, הטכניון דיווח על פעילות הפרויקט "חינוך מדעי וטכנולוגי לקראת שנות האלפיים"	5
ד"ר דן שרון, מנכ"ל משרד החינוך והתרבות מספר מטלות בתחומי הוראת המדעים והטכנולוגיה	12
פרופ' מנחם פיינגולד, הטכניון אינטגרציה של מדע וטכנולוגיה בבית הספר	19
פרופ' שלמה וקס, הטכניון הוראת המדעים - זיקה להוראת הטכנולוגיה	25
דיון	30
<u>מושב ב' - הכשרה והשתלמות של מורים - תוכן וצרכים</u>	37
יו"ר: עוזי צוק, משרד החינוך והתרבות	
פרופ' פיני תמיר, האוניברסיטה העברית הידע הדרוש למורה למדעים ודרכי הקנייתו	39
פרופ' מרים בן פרץ, אוניברסיטת חיפה דגמים קיימים וחדשים בהכשרת מורים	43
דיון	48

<u>מושב ג' - הכשרה והשתלמות מורים - המוסדות המכשירים והמורים</u>	51
יו"ר: פרופ' אברהם ברמן, הטכניון	
ד"ר דורון מור, משרד החינוך והתרבות	51
שיתוף הפעולה בין המוסדות להכשרת מורים באוניברסיטאות ובמכללות	
ד"ר יהודית ברנסקי, אוניברסיטת חיפה	55
תוכן מול שיטה בחינוך המורה למדעים	
ד"ר דוד זינגר, בית ספר אוהל-שם, רמת גן	58
הכשרת המורה לפיסיקה כמוזל להכשרת המורה למדעים	
דיון	61
<u>קליטה וחטבה של עולים חדשים</u>	64
שמואל אדלר, משרד הקליטה	64
היערכות משרד הקליטה לקראת עליה של אנשי מדע וטכנולוגיה	
שרה טרטקובסקיה, "אורט" קרית ביאליק	70
בעיות בקליטתם של מורים עולים	
רשימת המשתתפים	73
מוסד שמואל נאמן	76

תכנית הסדנא

מושב א' - יו"ר: פרופ' זאב תדמור, מנהל מוסד נאמן, הטכניון

דיווח על פעילות הפרויקט "חינוך מדעי וטכנולוגי לקראת שנות האלפיים"

פרופ' גד עילם, פרופ' אברהם ברמן, הטכניון

מספר מטלות בתחומי הוראת המדעים והטכנולוגיה
ד"ר דן שרון, מנכ"ל משרד החינוך והתרבות

אינטגרציה של מדע וטכנולוגיה בבית הספר

פרופ' מנחם פינגולד, הטכניון - הוראת מדע וטכנולוגיה:
המשמעות המעשית של אינטגרציה

פרופ' שלמה וקס, הטכניון - הוראה מדעית - זיקה להוראת
הטכנולוגיה

מושב ב' - יו"ר: פרופ' גד עילם, הפקולטה לפיסיקה, הטכניון

הכשרה והשתלמות של מורים - תוכן וצרכים

פרופ' פיני תמיר, האוניברסיטה העברית - הידע הדרוש למורה
למדעים ודרכי הקנייתו

פרופ' מרים בן פרץ, אוניברסיטת חיפה - זגמים קיימים וחדשים
בהכשרת מורים

מושב ג' - יו"ר: פרופ' אברהם ברמן, הפקולטה למתימטיקה, הטכניון

הכשרה והשתלמות מורים - המוסדות המכשירים והמורים
ד"ר דורון מור, משרד החינוך - שיתוף הפעולה בין המוסדות
להכשרת מורים באוניברסיטאות ובמכללות
ד"ר יהודית ברנסקי, אוניברסיטת חיפה - תוכן מול שיטה בהכשרת
המורה למדעים
ד"ר דוד זינגר, מנהל בי"ס אוהל-שם, רמת גן - הכשרת המורה
לפיסיקה כמודל להכשרת המורה למדעים

קליטה והטבה של עולים חדשים

מר שמואל אדלר, מנהל המרכז לקליטה במדע במשרד הקליטה -
היערכות משרד הקליטה לקראת עליה של אנשי מדע וטכנולוגיה
גב' שרה טרטקובסקיה, מורה בבית"ס "אורט" קרית ביאליק -
בעיות בקליטתם של מורים עולים

מושב א' - יו"ר: פרופ' זאב תדמור,

מנהל מוסד שמואל נאמן

מושב א' הוקדש לדיווח על פעילות הפרויקט "חינוך מדעי וטכנולוגי לקראת שנות האלפיים", דברי ד"ר דן שרון, מנכ"ל משרד החינוך והתרבות, על יעדי מערכת החינוך בישראל, ודיון בנושא אינטרקציה של מדע וטכנולוגיה בבית הספר.

פרופ' זאב תדמור, מנהל מוסד שמואל נאמן:

ברוכים הבאים לסדנא של מוסד שמואל נאמן. תענוג מיוחד לי היום לברך אתכם בנוכחותו של מר סם נאמן, מייסד מוסד נאמן, היושב כאן איתנו. מוסד שמואל נאמן הוא מדרכת החשיבה (Think-Tank) של הטכניון, והוא עוסק בעיקר בנושאי תעשייה, מדע וחינוך. אנחנו מנסים, וייתכן שאנחנו המקום היחיד בארץ העושה זאת, לפתח אסטרטגיה מקיפה לפיתוח התעשייה הישראלית, תדמיתה של התעשייה הישראלית והטכנולוגיה הישראלית לקראת המאה ה-21. אנחנו מנסים, ביחד עם עולם המדע הישראלי, האקדמיה וות"ת, לראות את המגמות ארוכות הטווח בתפוקה המדעית והאיכות המדעית הישראלית. אנחנו עוסקים בצורה מקיפה גם עם גורמים אחרים במגמות הפער הטכנולוגי והמדעי בין ישראל לארצות ערב.

מוסד שמואל נאמן עוסק במיגוון נושאים הקשורים לחינוך, בעיקר חינוך הנדסי, כמובן בשיתוף עם הטכניון. לפי פנייתו של מר עוזי צוק ממשרד החינוך התחלנו עכשיו לחקור סידרה של נושאים בחינוך העל-יסודי. כרגע אנו עוסקים בשלושה פרויקטים בנושא זה. האחד הוא "חינוך מדעי ומתמטי במערכת העל-יסודית" אשר בראשו עומדים פרופ' גד עילם, פרופ' אבי ברמן ואחרים. השני הוא מחקר על מערכת החינוך הטכנולוגית בראשות פרופ' אהוד לנץ, פרופ' וקט, פרופ' בר-לב ואחרים. גם פרופ' שיצר היה מעורב בזה והפרויקט עדיין נמשך. והשלישי הוא הפרויקט הביצועי היחיד שלנו והוא הוראות מתמטיקה, פיסיקה ומדעים ע"י סרטי וידאו במערכת בבתי-ספר תיכוניים ובמכנינות בראשות פרופ' מריו ליביו, מהפקולטה לפיסיקה.

לפני כחודש התקיים סנט מיוחד בהשתתפות ד"ר דן שרון ומר עוזי צוק, שדן במהות הקשרים בין הטכניון לבין מערכת החינוך הכללית, עם דגש על מערכת החינוך הטכנולוגית, מתוך תחושה בטכניון שאולי הטכניון צריך להיות יותר מעורב במתרחש במערכת. כתוצאה מהדיון בסנט יוקם לפי בקשת המשנה לעניינים

אקדמיים של הטכניון פורום רשמי במוסד נאמן, שתפקידו יהיה לדון בנושאי החינוך הטכנולוגי, בבעיות העומדות בפני החינוך הטכנולוגי ובקשריו עם הטכניון.

נושא הסדנא היום הוא הכשרת מורים, והיא נערכת במסגרת המחקר על החינוך המדעי והטכנולוגי במערכת העל-יסודית. את הסדנא אירגן פרופ' מנחם פיינגולד מהמחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה. את הסדנא הזאת ארגנו מתוך תחושה שכל דבר שיקרה למערכת החינוך העל-יסודית תלוי בסופו של דבר במורים, ולכן נושא הכשרת המורים הוא נושא מפתח. אני מתאר לי שנשמע היום הרבה דברים רלוונטיים ומעניינים בקשר לזה.

אני מבקש להתחיל את הישיבה ולהזמין את פרופ' גד עילם לדווח על הפרוייקט "חינוך מדעי וטכנולוגי לקראת שנות האלפיים". המחקר בנושא נעשה ע'י פרופ' גד עילם ופרופ' אברהם ברמן.

דו"ח על פעילות הפרויקט "חינוך מדעי וטכנולוגי לקראת שנות האלפיים"

את מטרת המחקר, הייתי מגדיר בקיצור כגיבוש מדיניות החינוך המדעי בישראל. המחקר נערך ע"י צוות של הטכניון בשיתוף פעולה עם אנשים ממוסדות אחרים, כאשר לחברי הצוות יש מעורבות בעשייה היום יומית במערכת החינוך בישראל. כלומר, הצוות כולל אנשים מהדיסציפלינות המדעיות, כימיה, פיסיקה, מתמטיקה ומהמחלקה להוראת המדעים. משרד החינוך לא תמיד יכול להקדיש זמן ומשאבים לראייה כוללת של החינוך המדעי בישראל, ואם משווים את ההשקעה במו"פ של חינוך מדעי בישראל לעומת שאר העולם, אפשר לראות שיש לנו עוד הרבה ללמוד ממדינות אחרות, בהן משקיעים בד"כ סדר גודל של 2%.

מטרת הדו"ח שלנו היא להיות אמין, מבוסס וישומי. בשלב השני של התכנית אנחנו מתכננים גם לכתוב תוכניות לימודים שיהיו רלוונטיות למסקנות ויתכן שאפילו נאמץ מספר בתי-ספר. המתודולוגיה מבוססת על סדנאות כמו זו שנערכת כאן, או כמו סדנא מאד מוצלחת שהיתה בנושא החינוך המדעי, ואחרת על החינוך למתמטיקה. בקרוב תתקיים סדנא נוספת, על חינוך למצוינות. המתודולוגיה מבוססת בחלקה על שיתוף פעולה עם אנשי שטח, כגון מורים, מפמ"רים ועוד. בין היתר אנחנו לומדים מה קורה במדינות אחרות, כמו למשל דו"ח מעולה שיצא בארה"ב תחת הכותרת "Science for all" Americans, אותו אני ממליץ לכולם לקרוא.

בשנת 1982 פורסם דו"ח וועדת דבורצקי שמטרתו היתה דומה למטרה שלנו. הדו"ח היכה גלים חזקים בתקשורת ובעקבותיו חלו שיפורים רבים במערכת. לדוגמא, שיפור חשוב שחל במערכת כתוצאה מדו"ח דבורצקי (אך לא רק כתוצאה ממנו), היה הגידול הרב במספר התלמידים הלומדים במגמות מדעיות או במסלולים מדעיים, או לוקחים מספר גבוה של יחידות מדעיות. יחד עם זאת, לא תמיד אפשר להסתכל על הסטטיסטיקה ולומר, בואו נטפח לעצמנו על הכתף בגאווה, כי יש 8,600 תלמידים שלומדים 2 יחידות פיסיקה ומעלה, מהם למעלה מ-7,000 ב-3 ו-5 יחידות. זאת מכיוון שאם קוראים את הדו"ח של המפקח שנמצא איתנו כאן לגבי בחינות הבגרות של השנה האחרונה, אז רואים, שדוקא לגבי אותן שאלות שדרשו הבנה מעבר להצבה בנוסחאות יש עוד הרבה מה ללמוד ומה לעשות. כלומר, הסטטיסטיקה בפני עצמה רחוקה מללמד אותנו מה באמת קורה בשטח.

אני רוצה לעמוד על כמה נקודות שבהם הדו"ח שלנו עומד לדון. הנקודה החשובה ביותר היא דווקא זאת שלא שיערנו שהיא תהיה המסקנה שלנו. ראשית, ישנה נקודה של הכשרת מורים, הקשורה בין היתר בתפקיד של המוסדות האקדמיות והמיכללות. אני חושב שזו בעיה שיש בה גם אלמנטים פוליטיים, ושאלות כגון איזה סמכויות צריך לתת למיכללות בחינוך המועמדים להוראה, לעומת הסמכויות שיש למוסדות להשכלה גבוהה; האם משרד החינוך צריך לעמוד על דרישתו של כלל המורים תהיה תעודת הוראה. כידוע יש היום מורים רבים שאין להם תעודת הוראה, כשם שיש מורים רבים המלמדים בכיתות העליונות שאין להם תואר שני כפי שמשרד החינוך דורש; איך צריך לנצל את גל העלייה הצפוי. ויש עוד דברים שקורים בשטח, למשל אם יש פיטורים ברפא"ל, רפא"ל והמערכת הבטחונית אולי יסבלו מכך, אבל מערכת החינוך תרוויח וכבר קרה שהופיעו בשטח מורים שבאו מרפא"ל, מתדיראן וממקומות כאלה.

נקודה שניה היא החינוך למצויינות. יש בנושא זה דעות שונות, החל מהדעה שיש להניח למצטיינים לנפשם, והם כבר יסתדרו לבד ויגיעו לצמרת גם ללא תמיכה מאיתנו, ועד לדעה שצריך להקים בתי-ספר מיוחדים למצויינים. נושא חשוב נוסף הוא חסל המדעי - מהו האיזון הנכון בין המדעים לבין המקצועות האחרים. עד היום נעשו הרבה טלאים בנושא הזה ולא נעשתה חשיבה כוללת. יש כל מיני כללים שלא תמיד מקפידים עליהם, כמו למשל שכל תלמיד בבית ספר תיכון צריך ללמוד יחידה אחת פיסיקה לפחות, וכן יחידה אחת כימיה ואחת ביולוגיה. מהי הרמה המדעית שצריך לדרוש מתלמידי המסלולים הטכנולוגיים? בעיה כאובה נוספת שרואים גם בטכניון, היא מספר התלמידות בחינוך המדעי. בטכניון יש בסה"כ כ-25% בנות במסלולים השונים. אמנם המספר גדל והלך בשנים האחרונות, והוא גדל בערך ב-80% בעשר השנים האחרונות, מספר המבטא גם את מה שקורה במערכת, אבל ברור שאנחנו עדיין רחוקים מהמצב האידאלי. יש נקודה מאד עדינה שגם דו"ח דבורצקי מתייחס אליה והיא תפקיד היועצות. עם שינוי המגמות למסלולים הכניסו לבתי הספר את היועצים והיועצות בצורה אינטנסיבית, ונראה לנו שהמוסד הזה לא ממלא את הציפיות שתלו בו. יש פה גם השלכה לגבי מספר התלמידות בחינוך המדעי.

נושא מאד חשוב הוא המעמד של הטכניון. בזמנו הסתכלו על הטכניון, והוא על עצמו, כעל מוסד אליטיסטי, בעל תפקיד אחד: לקבל את המועמדים הטובים ביותר ולהוציא את המהנדסים הטובים ביותר. המצב הזה השתנה. כיום הטכניון מגלה הרבה יותר מעורבות במה שקורה בחברה, החל מהנהלת הטכניון ועד אחרון הסטודנטים. אני רק רוצה להזכיר, שיש לנו כ-2,000 סטודנטים שמעורבים

בפרוייקטים שונים בחינוך, הייתי קורא לזה חינוך אפור או חינוך בין אפור ללבן בבתי-ספר יסודיים ובבתי-ספר תיכוניים. יש כאן פוטנציאל עצום שאפשר לנצל, פוטנציאל של מיטב הנוער ואנשים שעברו מסגרת מצויינת. הן בקרב הסטודנטים והן בקרב חברי הסגל יש האומרים שעדיין רחוק הפוטנציאל הזה מכלל המיצוי. כלומר, הטכניון היה רוצה לגלות הרבה יותר מעורבות ואני שמח שמשדך החינוך מברך על זה.

לבסוף אני רוצה להגיע לחלק שהוא אולי העיקרי בדו"ח שלנו, והוא מדבר על מה שקורה לאוכלוסיה שלא מקבלת חינוך מדעי ברמת 3 או 5 יחידות בפיסיקה, מתמטיקה וביוולוגיה, אוכלוסיה שבכיתה י' מסיימת, אם בכלל התחילה, את הלימוד המדעי. כל הדו"חות כפי שהם מסתכמים, למשל, במחקר שהוציאו פרופ' פיני תמיר ואחרים מראים, שמבחינה מדעית לגבי האוכלוסיה שלומדת 3 ו-5 יחידות מדעים, לישראל אין מה להתבייש בהשוואה למדינות אחרות. כאשר עושים דו"ח השוואתי גם כמותית וגם איכותית, מצבנו לא כל כך חמור. אבל כאשר מסתכלים על האוכלוסיה המסיימת את הלימודים המדעיים בכיתה העשירית, וקבוצה זו מהווה אחוז נכבד ביותר מהאוכלוסיה, אנחנו מגיעים למסקנות עגומות ביותר. אלה יהיו מקבלי ההחלטות, הם יהיו האוכלוסיה. מתברר שבקרב רבים מעורכי-הדין, הרופאים, הפוליטיקאים, קיימת בורות מדעית וטכנולוגית. בבורות זו צריך לטפל, וחלק נכבד מהדו"ח מוקצה לתוכניות קונקרטיות לטיפול בבורות המדעית והטכנולוגית, בעיקר במחשבים ובביוולוגיה שהם נושאים בעייתיים.

בזאת אסיים את המבט החטוף על מחקר החינוך המדעי. אני רוצה להדגיש שהדו"ח יכול גם תוכניות לימודים. אני חושב שחלק מהדו"ח צריך להתבסס על מה שקורה כרגע בשטח מבחינת הפעלת תוכניות וידאו שהטכניון עוסק בה. אנחנו חושבים גם על אימוץ של בתי-ספר באיזור, כדי לעשות פרויקט חדשני כלשהו, Pilot Project, לגבי הפעלת אוכלוסיה שלא מקבלת חינוך מדעי מעבר לכיתה י'. אני מקווה שהדו"ח לא יהפוך לעוד דו"ח שמסתכלים עליו פעם אחת והוא נשאר במגירה.

פרופ' אברהם ברמן, המקולטת למתמטיקה, הטכניון

דיווח על פעילות הפרויקט "חינוך מדעי וטכנולוגי לקראת שנות האלפיים"

פרופ' אביתר העלה הצעה בסנט המיוחד, לה הוא קרא חוק אביתר, האומר שאדם יוכל לקנות מכשיר טכני רק אם הוא יודע להפעיל אותו. מספרים שעל שער האקדמיה של אפלטון היה רשום: "מי שאינו יודע גיאומטריה אל ייכנס", ובתרגום חופשי הייתי מתרגם את זה כ"אנשים חכמים צריכים לדעת מתמטיקה". כיוון שכולנו חכמים וכולנו נבונים חשוב שכולנו נלמד מתמטיקה. אפלטון רצה גם שהמושלים יהיו פילוסופים ושהפילוסופים ילמדו מתמטיקה, וגם זה מסר שכדאי שנלמד. אני לא מציע שהמתמטיקאים יהיו המנהיגים הפוליטיקאים, אבל חשוב שהמנהיגים ידעו לחשוב, ופיתוח יכולת החשיבה היא אחת המטרות של החינוך המתמטי. פיתוח יכולת החשיבה, פיתוח יכולת החישוב והיותה של המתמטיקה שפת המדעים, הן הסיבות שבגללן החינוך המתמטי ממלא תפקיד מרכזי בחינוך המדעי. אני רוצה לשוב ולצטט את ריצ'ארד הס ניקולסון שהוא ה- "Executive officer of the American Association for the Advancement of Science", שאמר שניתן ללמוד כימיה באוניברסיטה בלי ללמוד כימיה בבית-הספר, אבל אי אפשר ללמוד כימיה באוניברסיטה בלי ללמוד מתמטיקה בבית-הספר.

"The American Association for the Advancement of Science" הוא הגוף שפירסם את הדו"חות שפרופ' עילם הזכיר קודם על החינוך המדעי, ביניהם פרק על החינוך המתמטי. שוב, עוד מילות שבח על מתמטיקה. בגלל שהמתמטיקה היא מפאר היצירות של השכל האנושי ובגלל החשיבות העצומה של היישומים שלה בחיי היום יום בכלל ובפעילות מדעית וטכנולוגית בפרט, היו מספר וועדות מכובדות, גם אצלנו וגם בעולם בכלל שעסקו בתוכניות מתמטיקה והוראתה, פירסמו דו"חות חשובים ותוכניות חשובות. תוכנית חשובה מאד היא התוכנית של הוועדה בראשות פרופ' עמיצור שהציעה, מה שנקרא תוכנית הלימודים החדשה. מספר ההערות ומסקנות הביניים שאני רוצה לציין עכשיו מבוססות על יום העיון שקיימנו בנושא במאי, ומושפעות מדו"חות שונים ורבים שלא אפרט כאן, כמו דו"ח קוקרופט, דו"ח מאד מעניין שפורסם בהולנד.

איזו מתמטיקה חייב בוגר תיכון לדעת כחלק מהשכלתו התיכונית? מהן מטרות החינוך המתמטי? לפתח חשיבה לוגית, ללמד את התלמיד את שפת המתמטיקה, לפתח יכולת ביטוי בכתב ובעל-פה, להקנות הרגלי עבודה עצמית, לטפח

אינטואיציה מצד אחד וללמוד להכיר את מיגבלותיה מצד שני, לפתח חשיבה ביקורתית, לפתח יכולת הפשטה, ללמוד להבחין בין כלל ויוצא מן הכלל, לחנך את התלמיד לחוות את השלבים של עשייה מתמטית, של תצפית, העשרה, בניית אסטרטגיה של הוכחה, ללמד את התלמיד לבנות מודל לתיאור תופעות של העולם הממשי, ללמד אותו לפתור מודל כזה וליישם את הפתרון, ולהשוות את זה לניסיון, ללמד את התלמיד לפתור בעיות ודבר שלא פחות חשוב, להמציא בעיות.

את לימוד המתמטיקה צריך לעשות תוך משחק, נסיונות והנאה. בצורה כזו נמנעת אחת הבעיות העיקריות, היא החרדה ממתמטיקה. יש להעניק לתלמיד ביטחון ביכולתו ובכישוריו. לקשר בין המתמטיקה לבין מקצועות אחרים ולפתח ראייה הסטורית כדי להבין את מקומם והשלכותיהם של המושגים הנלמדים בתהליכים מדעיים תרבותיים וחברתיים. על התלמיד להכיר תורות מתמטיות קלאסיות, אך גם לדעת שהמתמטיקה התפתחה התפתחות עצומה במאה האחרונה, להכיר בכך שהיא מקצוע חי ותוסס. על התלמיד לשלוט באריתמטיקה של מספרים גדולים ובחישובי אומדן לבתי-הספר היסודיים, להכיר את אקסיומות הגיאומטריה האוקלידית ואת יסודות החישובים האלגבריים בחטיבת הביניים, לדעת סטריאומטריה, טריגונומטריה, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי, אפילו משוואות דיפרנציאליות שזה אחד הדברים שבלעדיהם אי אפשר לתאר שימושים מעניינים של מתמטיקה, או אפשר לתאר רק חלק מהם. עליו לדעת אלגברה לינארית ומתמטיקה דיסקרטית, בעיקר בגלל ההשפעה של התפתחות המחשב, וגם הסתברות וסטטיסטיקה. יש ללמוד נושאים במתמטיקה שימושית, כגון תיכנון לינארי ושימושים לכלכלה. יש בעיה אמיתית בהוראת מתמטיקה שימושית של ממש, ברמה של בית-הספר התיכון. מתמטיקה שימושית של ממש דורשת ידע רב, אבל חשוב לשלב בהוראה דוגמאות ואפילו סיפורים בכל מקום שאפשר על שימושים כמו טומוגרפיה, גנטיקה ועוד. עד כאן על ההכשרה הכללית.

מהי ההכשרה המתמטית הדרושה כהכנה ללימודים אוניברסיטאיים? כאן כדאי להפריד בין תלמידים המכינים את עצמם ללימודי חברה ותלמידים המכינים את עצמם ללימודי מדע או הנדסה. לא אכנס לפרטים, אבל אציין קושי שקיים בכל תוכנית לימודים והוא המעבר בין רמות ובין תוכניות. מרבית התלמידים בבית-הספר התיכון לא יודעים מה הם רוצים ללמוד. זאת נקודה שיש אליה התייחסות מלאה יותר במסקנות שתופענה בכתב. אני רוצה להזכיר נקודות חשובות ביותר בהכנה ללימודים הנדסיים והם עניין הגיאומטריה במישור, גיאומטריה אנליטית והגיאומטריה במרחב. כדאי להבדיל בין מקצועות שבהם

ניתן להשלים בקלות חומר חסר לבין מקצועות שבהם הדבר קשה. מקצועות הגיאומטריה הם מקצועות כאלה שקשה להשלים אותם בשלב מאוחר. הבנה גיאומטרית, ראייה גיאומטרית וראייה במרחב הם כישורים שצריך להקנות אותם לתלמיד מוקדם ככל האפשר ושאינן אפשרות ממשית להשלים אותם ברמה האוניברסיטאית.

בנושא תיכנון והפעלת תוכניות לימודים, נקודה חשובה שמועלית בדבריו של פרופ' עמיצור היא, שלא כל האנשים מתאימים ללמוד מתמטיקה באותן מידות של העמקה ומיומנות. לפי המלצות וועדת דבורצקי צריכים לפחות 3 יחידות לימוד במתמטיקה כך שיש לנו בפועל שלוש רמות לימוד, 3, 4, ו-5 יחידות. אני מציע לפתח ולחזק רמת לימוד של 6 יחידות לימוד ע"י הוספת פרק בחירה מתאים או חומר ברמה אוניברסיטאית.

אני מציע לשים לב בדו"ח להערות של גב' ויזי לונדון שהציגה בצורה מאד ברורה את הבעיות בהפעלת תוכנית הלימודים החדשה מנקודת ראות המורה וציינה נקודות חיוביות בתוכנית, אבל גם נקודות בעייתיות בשלוש הרמות שבהן התוכנית קיימת. נקודה אחת שאני חייב להזכיר כאן היא הקושי שיש למורים בהוראות נושא הוקטורים, נוסף לבעיה שהוראת הוקטורים בפני עצמה איננה מספיקה לתת ראייה מרחבית כפי שצריך, אבל בוודאי שהיא חשובה ויש לה ערך רב. הבעיה העיקרית היא בעיית הספרים, ואני רוצה לציין נקודה שבפירוש יכולה לעזור. באותה מסגרת של פרויקט הוידאו שפרופ' תדמור הזכיר, יוסרטו בקרוב הרצאות בנושא הוקטורים שיינתנו ע"י פרופ' דוד צילג. פרופ' דוד צילג, אם יורשה לי לומר, הוא אולי המורה הטוב ביותר בטכניון. ההזדמנות האחת שבה לא נבחר כמרצה המצטיין היתה כשהוא יצא לשנת שבתון. ההרצאות שלו שתוסרטנה בוידאו תהיינה ללא ספק מצויינות, ואני מציע שבמקביל, במסגרת מוסד נאמן, הפקולטה למתמטיקה בטכניון, או במסגרת אחרת, ייכתב גם ספר שיתאים לסרטי הוידאו ולתוכנית הלימודים. הסרט והתוכנית ביחד יסייעו בוודאי גם הם למניעת "חרדת המתמטיקה", אבל הפעם לא של התלמידים אלא של המורים.

אני רוצה בנקודה הזאת לסטות קצת ולהזכיר קושי שמספר מורים הצביעו עליו בעניין ההכנה לתוכנית, והוא יותר ההדרכה למורים מאשר ספרי הלימוד. הועלה גם הטענה שהקשר עם הפיקוח אינו מספיק. הסיבה לכך היא שהפיקוח נעשה ע"י אדם אחד בעוד שכמות העבודה היא עצומה. אני חושב שיש צורך לסייע לפיקוח על ההוראת המתמטיקה ע"י מפקחים אזורים, או בדרך אחרת,

אבל זו נקודה שדורשת עזרה.

אדבר בקצרה על מספר נקודות נוספות. מבחנים - מבחנים הם אמצעי חשוב מאד ליישום תוכנית לימודים. אחד הדברים היפים והחשובים בתוכנית הלימודים החדשה הוא השימוש בפרקי בחירה, וייתכן אפילו שהוא התנאי להצלחה. אחת הדרכים לעודד פרקים כאלה, כמובן לאחר שייכתבו ספרים מתאימים ופרקים מתאימים, הוא ע"י שימוש מתאים בבחינות, באמצעות תרגילים מיוחדים, או אולי בונוס מיוחד לתלמידים שייבחנו על נושאי בחירה. בנושא שימוש במחשב אני רוצה להפנות את תשומת הלב להצעות של פרופ' דובינסקי שמופיעות גם הן בדו"ח. הצעה חשובה שראוי לדון בה ברצינות רבה היא לנסות לשלב את השימוש במחשב בהפעלת תוכנית הלימודים החדשה, ולקיים ניסוי בבית-ספר אחד במספר כיתות על שילוב זה.

במסקנות הביניים אנחנו מציעים מספר הצעות איך לתאם בין הוראת המתמטיקה והוראת הפיסיקה לבין מקצועות אחרים. לגבי תפקידי המתמטיקאים באוניברסיטאות: מתמטיקאים יותר ויותר מעוניינים בנושא החינוך המדעי ומגלים מחויבות אליו, והמפגש היום הוא אחת הדוגמאות לכך. אסיים במספר מילים על מעמד המורה. אני רוצה להפנות את תשומת לבכם לשלוש הערות של פרופ' גדעון צבט. הוא אומר כך: "בכנס הבינלאומי שהיה בהונגריה היתה קבוצה שלמה של חוקרים מישראל שעוסקים בהוראת המתמטיקה וכמעט לא היו מורים באותה קבוצה. היו חוקרי חינוך אבל לא מורים, בעוד שבאותו כנס השתתפה קבוצה של 200 מורים מבריטניה שנשלחה לשם השתלמות ע"י משרד החינוך הבריטי". הוא עוד מוסיף בסוגריים "ועוד בתקופתה של מרגרט תאצ'ר". הערה שניה היא, "על המורה לבחור פרקי בחירה שהוא אוהב ולהעביר את אהבתו זו לתלמידיו". והערה השלישית: "המורה צריך להרגיש שהוא מקצוען ולו יכולתי" הוא אומר, "הייתי מכפיל את שכרו כפי שהחליטה ממשלת שוויץ בינואר 1980". וזה אולי מקום מתאים להעביר את רשות הדיבור למנכ"ל משרד החינוך.

ד"ר דן שרון, מנכ"ל משרד החינוך והתרבות

מספר מטלות בתחומי הוראת המדעים והטכנולוגיה

הייתי רוצה לדבר בקנה מידה יותר גדול ולא כל כך לרדת לפרטים. אם מדברים היום על היעד העיקרי של מערכת החינוך בארץ, כשאני מתכוון לאותו קטע של המערכת שמסתיים עם הכניסה לצבא, כלומר עד גיל 18, אפשר למעשה לראות שהיעד העיקרי המושג הוא תעודת בגרות, לטוב ולרע. כל אחד בכל גיל ובכל רמה, אם היה צריך לבחור דבר אחד שתיתן לו מערכת החינוך, היה בוחר בתעודת בגרות. בנושא הזה אני חושב שיש לנו הישגים יפים מאד, כי הצלחנו להגיע לכך שאחוז גבוה מאד מבני הנוער מקבל את התעודה. בעשר השנים האחרונות חל גידול של 75% במספר התלמידים המגיעים לכיתה י"ב. גידול של 75% בעשר שנים זה בערך 6.5% לשנה בממוצע. לתעודת בגרות מגיעים היום 55% שהם 40,000 תלמידים. גם בקנה מידה עולמי זה מספר משמעותי. זה היה החלק הטוב של הנושא. אבל יש גם מחיר ויש גם צדדים שצריך לתקן. מתוך העוצמה הזאת של 40,000, רק 12,000 מתקבלים לאוניברסיטאות. מה קורה עם אלה שלא הולכים ללמוד? זאת שאלה חשובה מאד. אחרי התיכון, בערך 4,000 לומדים בסמינרים, 1,000 לומדים מקצועות סיעודיים, ו-2,000 פקידות ומינהל. בסך הכל יש 7,000 טכנאים והנדסאים, שהוא, אגב, גידול מרשים ביותר במשך השנים האחרונות.

לפי דעתי, אחד הכשלונות של מערכת החינוך בארץ הוא, שאנחנו מבזבזים את הפוטנציאל האנושי היוצא מגדר הרגיל שאנחנו מכשירים עד רמת הבגרות ואז מפסיקים את ההכשרה ומשאירים את האנשים בחלל ריק. הבעיה היא לא רק מספרית, אלא גם איכותית ולזה אני רוצה להתייחס. אם לצטט מחקר שקראתי לא מזמן, הרי שלקראת שנת 2000 אנחנו צפויים לכ-64,000 בעלי תעודת בגרות בארץ, המקבילים ל-40,000 של היום.

כאשר אנו מדברים על תעודת הבגרות הישראלית, אני חושב שהבעיה הראשונה היא מהו המסר החבוי בה מבחינת התוכן ומבחינת העמדות. אנחנו משדרים לילדי התיכון ואף למטה מזה, שאם הם רוצים להמשיך כפי שאנחנו מחנכים אותם, עליהם ללכת לאוניברסיטה. זה בהחלט דבר טוב, אנחנו צריכים אנשים רבים בעלי השכלה אקדמית, אבל הוא בעייתי, משום שברגע מסויים אנחנו מפסידים בנושא הזה אלמנטים אחרים שהם בסה"כ חשובים בחברה. הניגוד הזה בין יכולת התלמידים להתקבל לאוניברסיטה כפי שקורה עם 12,000 לעומת אלה

שלא יכולים היא בעייתית ביותר. משמעות הניגוד היא שאנחנו מגדלים למעשה קבוצה די גדולה של אנשים שיהיו מתוסכלים, משום שהם אינם מגשימים את המשימה או את הרצון שאנחנו במו ידינו נוטעים בהם. כאן יש נקודה שלפי דעתי קוראת להתייחסות, האופי של הבגרות עצמה, התביעות שלה, המיומנויות שהיא דורשת לפתח כדי להצליח בה וכן הלאה. כל אלה יחד גורמים לכך שרק חלק מהילדים מסוגלים להגשים את עצמם אח"כ.

היינו בדרך לבגרות פלורליסטית, לבגרות הרבה יותר רחבה, והדרך הזאת באיזשהו מקום נעצרה. נשאלת השאלה, האם עשינו טוב בעצירה הזאת או לא? האוניברסיטאות אמרו בסדר, אתם הלכתם בדרך מסויימת ואנחנו נבדוק את הילדים בדרך אחרת. נכניס מערכת של בחינות יכולת ובחינות כושר כאלה ואחרות שמשקפות טוב יותר את מידת היכולת של הילדים להצליח בלימודים האקדמיים. יתרה מכך, אנחנו נבסס את שיקולי הקבלה ב-50% על המבחן הנוסף הזה. נכון שהמבחן הזה משקף היום במידה טובה ובהסתברות טובה את יכולת האדם להצליח, אבל למעשה יש בו מעין סקר דחוי. כשהנהגנו את הבגרות ואת כל המערכת שפעלה עד לפני כמה שנים בארץ, אמרנו שאנחנו הולכים על פלורליזם מפני שאנחנו רוצים לתת תשובות לקשת רחבה מאד של התעניינויות, לקשת רחבה מאד של אינטרסים ושל תעסוקות לעתיד של אנשים, לאו דווקא אקדמיות, אלא גם אחרות. ובחברה של היום יש צרכים שונים.

אנחנו יכולים לדבר על ידע אקדמי, אבל ידע אקדמי זה לא רק ידע, זאת גם תרבות חשיבה, וזאת גם גישה. מולו אפשר לשים את הידע הפרקטי ודווקא בטכניון יודעים טוב מאד מה ההבדל בין ידע אקדמי טהור לבין ידע פרקטי או יישומי. זה לא רק סוג המקצועות הנלמדים, אלא גם איך לומדים אותם ומהי הגישה המסתתרת מאחוריהם או מה תרבות החשיבה שהולכת יחד עם מקצוע פרקטי לעומת מקצוע אקדמי. בין היתר, פרט לאספקטים הלימודיים הטהורים יש גם עניין של עמדות שמתלוות. כלומר, לפרקטיקן יש אינטרס אחר לעומת התיאורטיקן. הפרקטיקן רוצה לפתור בעיה עכשווית, לא איכפת לו מה היא בדיוק התיאוריה שמשרתת אותו ומה הכלים, הוא רוצה פתרון לבעיה היישומית הספציפית. תיאורטיקן מתעניין במתודולוגיה הכוללת, בגישת החשיבה וכו'. הבגרות שלנו היא בגרות שבעיקרה היא תיאורטית. דיברו כאן על פיסיקה, על מתמטיקה, על ביולוגיה, דיסציפלינות מדעיות תיאורטיות לחלוטין. כאשר נלחמו את המלחמה הגדולה על עניין הבגרות צעדו, בעצם, עוד צעד לקראת העיוניזציה שלה, לקראת האקדמיזציה של הבגרות לעומת הבגרות היותר פלורליסטית שאנחנו דיברנו עליה. ילדים קוראים את המפה, הם רואים מה

שקורה. היום קורים מצבים שילדים, אפילו בכיתות מאוחרות של בית-הספר התיכון באים ואומרים רגע אחד, כדי להתקדם הלאה אני לא צריך את הטכנולוגיות למיניהן. בשביל מה אני צריך אותן? מה הן נותנות לי? תנו לי בבקשה רק מתמטיקה, אנגלית, ואולי 5 יחידות פיסיקה ואז אני עובר את הבגרות ומתקבל בכבוד למוסד לימודים אקדמי, כולל הטכניון והכל בסדר. למה אני צריך להתענות עם טכנולוגיות למיניהן או מקצועות אחרים שפירושם הרבה שעות וגישה שונה, גם מבחינה רוחנית זה לא בדיוק מתאים לי וכן הלאה. הבעיה הזאת נובעת מהסתירה הפנימית שקיימת למעשה בתוכנו בכל תהליך ההכשרה. כלומר, למעשה אנחנו עובדים על עוד דיכוטומיה בין העיוני והפרקטי שלא מצאנו לה פתרון.

לפי דעתי, לנקודה הזאת תהיינה השלכות מרחיקות לכת אם לא נדע לטפל בה נכון. את המסלול האקדמי בנינו בצורה מוגדרת, ברורה ומסודרת. כלומר, אתה עושה תואר ראשון ואם אתה מספיק טוב אתה עושה תואר שני, ואם אתה עוד יותר טוב אתה יכול גם להתקבל לתוכנית לדוקטורט, ואם כתבת וחקרת תהיה מרצה ואח"כ מרצה בכיר וכן הלאה. המסלול ברור, לעומת אפיקים אחרים של קידום בהם המסלולים מטושטשים. למשל, מישהו לומד טכנאות, ואח"כ ממשיך להנדסאות. אח"כ הוא נתקע. יתכן שהיו פתרונות כאלה ואחרים, אבל המסלול לא היה מוגדר מספיק. אולי היו פתרונות אבל לא בנינו ישויות חברתיות מתאימות כדי לקלוט קבוצות גדולות של מסיימים. ואז מה עשינו? יצרנו פה ושם מיני תארים שהם אמנם אקדמיים אבל לא בדיוק, כי הם לא איפשרו את כל הקידומים. לפי דעתי לא בנינו ישויות חזקות ורציניות של מערכות קידום לאנשים שיתמטרו ויתפקדו במישורים המעשיים.

למשל, מדוע לא חשבנו כמו מדינות אחרות להקים מיכללות של מה שנקרא אומנים, מאסטרים? לא שתלנו את הזרעים האלה בחברה במשך הרבה מאד שנים וההשכלה הערכית היחידה היתה ההשכלה האקדמית. התוצאות עד היום נותנות את אותותיהן במסגרת החברה בארץ ואני חושב שכאן יש נקודה חשובה ביותר שתובעת מאיתנו פתרונות ומחשבות. כמובן שאני מתייחס לנושא המיכלול, אני חושב שחשוב לדבר עליו מפני שאחרת לא נוכל להעמיד מערכת טובה של כוח אדם מאוזן. אם נבדוק את המצב בנושא הכשרת כוח אדם בעולם היום לקראת 1992, למשל באירופה, נגלה, שבמדינה שמצליחה מבחינה כלכלית, כמו גרמניה שהיא המדינה המצליחה ביותר באירופה מבחינה כלכלית, הפרופיל של כוח האדם הטכנולוגי שמייצרת מדינה מסוג זה בנוי מכך וכך בעלי תואר דוקטור, כך וכך בעלי תואר שני, ראשון, הנדסאים, טכנאים ובעלי מקצוע. והנה מגלים

שהמדינה הזאת מקיימת מעין "יחסי פלא" בין, לדוגמה, בעלי תואר ראשון לבין הנדסאים וטכנאים, או בין בעלי המקצוע שלה לבין ההנדסאים והטכנאים שלה. בדרך כלל הפקטור שאני למדתי מהתצפיות שערכתי במחקרים השונים הוא 2:1. כלומר, שני פועלים מקצועיים על כל טכנאי והנדסאי ושני טכנאים והנדסאים על כל מהנדס. זהו פרופיל כוח האדם המיומן שמסוגל לעשות את העבודה לרמותיה השונות. ובעלי הון המחפשים קרקע פוריה להשקעה ולהתפתחות מוצאים את גרמניה ולא את אנגליה למשל, שאין לה את התשתיות האלה, והיא איננה מסוגלת לבנות את כוח האדם שלה בפרופילים הנכונים. לגרמנים יש עוד כמה סיבות, הם מכשירים מעבר למערכת ההכשרה האקדמית סוגים נוספים של אנשים שגם הם מכובדים מאד. למשל, מורה בבית-ספר תיכון גימנזיום בגרמניה, הוא איש מאד מכובד עם משכורת ותנאים מתאימים. מאיסטר גרמני הוא לא אקדמאי, אבל לוקח לו עשר שנים אחרי גיל 18 לרכוש את התואר והוא איש מאד מכובד בחברה. הוא לא זקוק לתואר שני או לדוקטורט. הוא מתפתח כיישות מעשית, ישות שעובדת בתעשייה.

ובכן, בטווח היישויות שפועלות במשק הגרמני יש כל מיני דמויות, לא רק הדמות האקדמית. מה שקרה אצלנו זה שאנחנו הטלנו את יהבנו כולו על האקדמיה והאקדמיה מוצאת את עצמה תחת לחץ של דרישות שהיא לא בנויה לפתור. דבר הזה התברר לי כאשר באנו להעמיד דרישות עבור ההנדסאים והתברר שהפער בין המתמטיקה הנדרשת בקורס א' בטכניון לבין המתמטיקה שקיבל ההנדסאי, הוא פער שקשה מאד לגשר עליו. ואז אחד מהשניים צריך לוותר. שניהם יוצאים לא מרוצים מהעניין, מפני שההנדסאי קיבל מתמטיקה שהוא לא צריך והטכניון מקבל מישהו שלא יודע מתמטיקה כל כך טובה, וגם זה לא טוב. בסה"כ יש כנראה בחברה צרכים שצריכים ללמוד לגשר עליהם בדרכים אחרות והצרה שלנו היא, שלא עסקנו מספיק בביסוסם של מודלים אחרים, אידאות אחרות, ערכים אחרים וסולמות חשיבות אחרים בתוך החברה. נדמה לי שבנקודה הזאת הגיע הזמן לקדם מחשבות חדשות.

לאור מה שאמרתי, אני חושב שאם נבדוק היום את סולמות ההישגים ואת סולמות הבחינות לאורך הדרך, נראה שבמידה רבה אלה הם סולמות אקדמיים. כלומר, אנחנו כל הזמן פוזלים עם עין אחת לכיוון הזה. ושוב אני אומר בלי רצון לזלזל או לפגוע בכבודו של מישהו, נדמה לי שזה לא יתכן שנמשיך לחנך רק לכיוון האקדמי. אני חושב שאנחנו מוכרחים להרחיב במסגרת מערכת החינוך את מושג ההישגיות, על מה אנחנו מעניקים תגמולים חיוביים. אני חושב שהאופקים שלנו יותר מדי צרים, הן בבחירת הנושאים והן בערכים שעל פיהם

אנחנו פועלים. אנחנו מוכרחים למצוא דרכים לכלול בתוך מערכת החינוך גם היבטים אחרים, ששייכים יותר לעולם המעשה. פלא פלאים שעכשיו אומרים שאין לנו פועלי בניין. אנחנו חוננו מישהו לעבוד בבניין? המערכת כולה מבחינת פירמידת הערכים שהיא בונה בקרב לומדיה, לא בנתה ברצינות פועלי בניין או פועלים אחרים. אז אין פלא שפועלי הבניין באים מהגדה.

יש לנו עוד תפישה אחת שלמי דעתי צריך לשנות. אנחנו כל הזמן מדברים מן התיאוריה אל היישום. היום הדברים שונים. היום אני חושב שצריכים לבנות עולם ערכים אחר שבו הפרקטיקה, המעשיות, הייצור, שווים בערכם לתיאוריה. אין לי שום ספק בכך שיש הרבה מאד דברים שהם פרקטיים בעיקרם. למשל, אומר ידידי טון ברטון, "רבותי, תפסיקו לדבר על טכנולוגיה ותתחילו לדבר על יצוא במערכת החינוך". זה לא שהוא מתנגד לטכנולוגיה, אבל טכנולוגיה איננה בראש הדגל. שם צריך לשים את הערך האמיתי שעליו מדברים וצריכים לדבר על יצוא. לא איכפת לנו שתהינה טכנולוגיות, איכפת לנו שהן תוכלנה לייצא. זה מתקשר לעולם המעשי, כי כדי ליצא צריכים להיות מעשיים, צריכים לדעת דברים שאינם בהכרח תיאורטיים. יש בהחלט מקום גם לתיאוריה, ולהנדסה, אבל התפישה צריכה להיות מהסוג הזה.

אתן לכם דוגמא איך אנחנו בוחנים ידע. אנחנו נותנים עיפרון ונייר ושואלים שאלות. איזה שאלות? שאלות תיאורטיות, כי אין שאלות אחרות שאפשר להביע באמצעות עיפרון ונייר. אנחנו לא מדברים עם תלמיד על ביצוע, וכאשר לפעמים אנחנו מדברים איתו על ביצוע במסגרת מערכת החינוך הטכנולוגי אז נותנים לו פרוייקט, ואז כשהוא בא למקום חזה נותנים לו בפירוש קרדיט יותר נמוך. המערכת צריכה ללמוד לפתח קריטריונים חדשים להערכת התלמידים שיהיו בהם גם אלמנטים מעשיים יותר ואז אפשר לדבר על יזמות ועל יצירתיות וכו'. יש צורך לחבר בקשר מחודש ויותר טוב את עולם העבודה עם עולם בית-הספר. מסורתית, מאז המאה ה-19 נהוג להתייחס לבית-הספר כאל דבר נפרד מעולם העשייה. נאמר, שבית-ספר הוא בועה והתלמידים עוד יספיקו להגיע לעולם החיצוני. לפי דעתי, זה כבר לא נכון. לבתי-הספר צריך שיהיו קשרים הדוקים עם הקהילות שבתוכן הם מתפקדים ועם המוסדות הקהילתיים למיניהם, כולל מוסדות היצור והפיתוח וכן הלאה.

מערכת החינוך צריכה לעבור מחינוך לידע מסויים לחינוך ליכולת, לפיתוח מיומנויות ולפיתוח היכולת של הפרטים המתחנכים בה. אנחנו צריכים להיות מסוגלים להתרכז בפיתוחם של כשרונות שונים ומגוונים של הלומדים, ואני

כולל בתוך זה גם קשת רחבה של אספקטים תעשייתיים.

נקודה נוספת שהייתי רוצה להתייחס אליה היא עניין המורה. רבותי, אנחנו מפעילים במערכת החינוך זאבים בודדים. המורה בדרך כלל ניצב בודד מול כיתתו. נכון שיש מערכות מסוימות של סיוע, יש תוכניות לימודים, אבל בעקרון מקצוע ההוראה איננו נהנה מספיק מתשתיות סיוע רלוונטיות לעבודתו היום יומית. אני מתכוון למרכזי מידע, מרכזי תמיכה, ומרכזים אחרים שיעבדו בצמוד לבית-הספר. לדוגמא, כאשר מדובר על מחשבים בהוראה, כולכם תסכימו איתי שלא נעשה מספיק בארץ בעניין הזה. יש לזה הרבה סיבות כגון חוסר ציוד אבל הסיבה החשובה ביותר היא שהמחשב לא רלוונטי מספיק לתוכנית הלימודים העיקרית. אפשר לסיים תיכון ולהיכנס לכל מוסד אקדמי בלי לדעת מילה אחת במחשבים. זה לא הכרחי וזה לא מתאים מבחינת תרבות החשיבה, כי המחשב הוא לא בדיוק המתמטיקה שאתה דיברת עליה. יש בעיה עם המחשבים. לכן הם לא כל כך נכנסו והיו תירוצים, כמו אין ציוד, אין מספיק מורים ותירוצים אחרים שחלקם באמת נכון. אם תבדקו מתי ואיפה זה כן הצליח, והיו בארץ מקומות כאלה, תגלו שמאחורי ההצלחה נמצא מרכז תמיכה אוהד ופעיל שנתן גיבוי לנושא בצורה יום יומית. מורים קיבלו סיוע, הראו להם יום יום ושעה שעה כיצד לעבוד עם המחשבים ואז כעבור כמה שנים כאשר התרחשה ההצלחה. הבאתי את זה רק כדוגמא, אבל ככלל אנחנו חייבים לחשוב במושגים של המורה כעובד בתוך קהילה מסוימת, שצריכה להיות תומכת, ולעזור בגישור בין הצרכים שלו בכיתה לבין הקהילה שמסביב. אנחנו צריכים בכלל לדבר על בית-הספר כבעל תוכנית לימודים "מאפשרת", במקום תוכנית לימודים שהיא יותר קשוחה בדרישותיה הכלליות.

אני מסיים בנקודה אחת חשובה. אם תחשבו מהי הגישה העיקרית השלטת בהוראת המדעים, הייתם בוודאי מסכימים איתי שהמצב אינו "התלמיד כמרכז חקר", אינו הצגת המדע בפני התלמידים אלא, ויש לי הוכחות כתובות בדוקטורטים שנעשו בארץ. המדע הוא היכל יפה, מסודר, והמורה לוקח את התלמיד הצעיר לתוך ההיכל הזה צעד אחר צעד ואומר לו, תיזהר, אל תשאל יותר מדי שאלות, אתה עוד קטן, אתה עוד לא כל כך יודע, תלמד במשך הזמן. זו פחות או יותר הגישה ואם התלמיד מסכים ובא איתנו אנחנו נותנים לו לעשות את הבחינה והוא עבר את המדע של בית-הספר. אני אומר, שדוקא באותם מסלולים אותם אנחנו רוצים לראות כמעשיים ודוקא באותם היבטים שאנחנו רוצים לראות אותם כאפליקטיבים צריך להתחיל לחשוב גם קצת אחרת ולראות איך אפשר להתייחס לדברים בצורה קצת שונה ואולי פחות דיסציפלינרית.

לקראת סיום דבריו השיב ד"ר שרון לשאלה: מה צריך לעשות כדי שאצלנו, כמו בגרמניה, אפשר יהיה לקרוא למורה בבית ספר גימנזיום ובבית ספר מקצועי פרופסור, ולתת לו משכורת מכובדת.

ד"ר דן שרון:

אין לי שום ספק בכך שצריך לתת למורים משכורות מתאימות, כי מורה שמתפרנס מ-700 שקל לא יכול לחיות בכבוד. ניקח לדוגמה מורה זכר ונשווה אותו עם מורה נקבה. המורה הזכר עובד במערכת החינוך, ואני מדבר עכשיו על החינוך העל-יסודי, משהו כמו משרה פלוס, עד משרה וחצי. הוא רץ עם תיק 36 שעות בשבוע. ניסיתם פעם ללמד 36 שעות בשבוע במשך כמה שנים? ואילו המורה הנקבה, גורלה יותר גרוע, כי היא מלמדת 24 שעות אבל יש לה עוד משרה בבית. אז גם גורלה לא שפר. אנחנו קוראים לזה מקצוע, אבל מתי אפשר במקצוע הזה באמת ללמוד, להתקדם, לעסוק בענייני פיתוח וכן הלאה. יש בעיה, לפי דעתי מקצוע ההוראה איננו בנוי כמקצוע הכולל את כל המימדים של מקצוע, כולל השתלמות עצמית, קידום, הערכת הסביבה וגם משכורת כאחד המרכיבים. גם בנקודה הזאת אנחנו לא נותנים להתפתח כראוי, וזה נובע מכך שהחברה בארץ הקצתה רק משאבים מסויימים למערכת החינוך שלה.

פרופ' זאב תדמור:

תודה רבה לד"ר דן שרון. אני מזמין את פרופ' מנחם פיינגולד מהטכניון לדבר על אינטגרציה של מדע וטכנולוגיה בבית-הספר.

פרופ' מנחם פיינגולד, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון

אינטגרציה של מדע וטכנולוגיה בבית הספר

אחד האספקטים הידועים ביותר של מחקר ופיתוח בחינוך הוא תסמונת ה-Bandwagon. רעיונות חדשים, חלקם טובים וחלקם לא, מתקבלים על ידי חוקרים וכותבים במספרים הולכים וגדלים, עד אשר, בנקודה בלתי מוגדרת, רעיונות יותר חדשים מופיעים, וחוקרי הקוריקולום קופצים ל-Bandwagon חדש. אינטגרציה בצורה זו או אחרת היא כעת Bandwagon כזה, ואנו מתקדמים כעת אל הירידה הבלתי נמנעת בהתעניינות. מאחר ואני משוכנע בחשיבות האינטגרציה בחינוך, ובמיחד במדע וטכנולוגיה, אני מציע שנצל את ההתעניינות הקיימת כעת כדי לקדם את האינטגרציה בבתי ספר.

האם אנו זקוקים לאינטגרציה של מדע וטכנולוגיה בבתי הספר? אם מטרתנו היא להכין את התלמידים לחיים במאה ה-21 בעולם הנעשה יותר ויותר טכנולוגי, אין אנו יכולים להרשות את המשך הוראת המדעים, המתמטיקה והטכנולוגיה כפי שהיא נעשית היום. אין אנו יכולים להציג לפני הנוער תפיסה מוטעית של המדעים והטכנולוגיות כאילו אינם קשורים זה בזה. אם נקבל את הצורך בשינוי רדיקאלי, אנו צריכים להיות מוכנים לפתח תוכניות לימודים חדשות, חומרי לימוד חדשים, סוגים חדשים של מעבדות, תוכניות הכשרת מורים חדשות ובתי ספר חדשים. אנו חייבים גם להיות מוכנים לעמוד בלחצי ההתנגדות מצד גורמים שונים.

כיצד מלמדים מדע וטכנולוגיה היום?

כל מדע נלמד כאילו שהוא מקצוע נפרד, וברוב המקרים סעיפי המשנה של המקצועות גם הם מופרדים זה מזה. מתמטיקה נלמדת כמעט ללא התייחסות לנושאים מדעיים. טכנולוגיה נלמדת רק במסלולים טכנולוגיים תוך התייחסות מועטה למדע וכמעט ללא שיתוף פעולה עם המורים למדעים.

מהן אופציות האינטגרציה?

א. הפרדה בין מקצועות המדע והטכנולוגיה: כל אחד נלמד כמקצוע נפרד כפי שמקובל היום. אינו מתקבל על הדעת בהתחשב בצרכי החברה הטכנולוגית.

ב. הפרדה בין המקצועות תוך סידור הגיוני של נושאי הלימוד: זהו מצב ביניים בין היעדר אינטגרציה לבין אינטגרציה מושלמת של מדע וטכנולוגיה. בדיקת תוכניות הלימודים בבתי הספר הטכנולוגיים והמקיפים, מראה שסדר הלימוד של הסעיפים השונים במקצועות השונים, אינו מתאים בכלל לקשרים הלוגיים הבין דיסציפלינריים שלהם. למשל, אין קשר קוריקולרי הגיוני בין המועד הנקבע להוראת חום בתוכנית הפיסיקה (אולי בכיתה ט'), לבין המועד הנקבע ללימוד מכונות תרמיות בתוכנית הלימודים הטכנולוגית (אולי בכיתה יא').

כיום מתנהל מחקר על סדר הוראת סעיפי הטכנולוגיה והפיסיקה בבית ספר מקיף ברשת אורט. נעשה נסיון לבדוק את התוצאות של פיתוח והפעלה של תוכנית לימודים בפיסיקה וטכנולוגיה, לפיה קיים סדר הגיוני בין סעיפי הלימוד השונים. תוכנית כזאת דורשת שיתוף פעולה בין מורים ותכנון קפדני וזאת על מנת לא להשפיע על הסטטוס של כל אחד מהמקצועות המעורבים.

הפעלת תוכנית לימודים כזאת, עם סדר הגיוני בין הסעיפים, דורשת הרבה מן המערכת:

1. יש צורך בניתוח קפדני של תכניות הלימודים ופיצול התכניות לסעיפי לימוד קטנים בכל אחד מהמקצועות.
2. יש לזהות את כל קשרי הביניים ולקבוע את גורמי הסדר הרצויים בין תת הסעיפים השונים.
3. יש צורך בהכנת תוכנית לימודים שתשקלל את גורמי הסדר בכל אחד מהמקצועות הקשורים בתכנית. ייתכן וזה יחייב שינויים מרחיקי לכת כגון דחיית לימוד מקצוע מסוים כשם שדוחים את הקורס הראשון בפיסיקה בטכניון.
4. יש צורך בשיתוף פעולה של כל הגורמים הקשורים בשינויים מסוג זה, ביניהם משרד החינוך, רשתות החינוך, מנהלים, מורים, תלמידים והורים.

ג. מדע וטכנולוגיה כמקצוע מאוחד: למרות העובדה שיצירת סדר הגיוני בין סעיפי הלימוד תביא ללימוד אופטימלי במקצועות השונים, אין היא מהווה אינטגרציה כי היא איננה משנה את מבנה המקצועות השונים וגם אינה משנה את הקשרים בין המקצועות השונים. לעומת זאת, אינטגרציה של דיסציפלינות כמו פיסיקה, מתימטיקה וטכנולוגיה מחייבת שינוי במבנה המקצועות כפי שהם מוצגים לתלמיד. העובדה שהיא מחייבת שינוי מוסקת

מאחת המטרות העיקריות של אינטגרציה, שהיא לעזור לתלמיד לבנות מבט על העולם אשר אינו תלוי בדיסציפלינה מסוימת, ובלתי תלוי במורה מסוים. תלמיד הלומד מדע וטכנולוגיה בתוכנית אינטגרטיבית, אינו מבדיל בין המקצועות וגם אינו מתבקש לומר איזה מקצוע הוא לומד בשיעור מסוים. נובע מכך שאינטגרציה של מדע וטכנולוגיה בכיתה מחייבת ארגון מחדש של תוכנית הלימודים ופיתוח מחדש של אמצעי הלימוד. יש להניח, שהיא תופעל בצורה היעילה ביותר באמצעות קבוצות הוראה (team teaching), תחייב תוכנית אינטנסיבית של הכשרה תוך הוראתית, ותביא לרמה גבוהה מאד של שיתוף פעולה בין מורים.

קיים פן אחר של אינטגרציה, S.T.S, הנהנה כיום מהתעניינות רבה מעבר לים, במיוחד בארצות הברית ואנגליה. בארצות הברית קיים איגוד לאומי למדע, טכנולוגיה וחברה (NASTS), בעל בסיס רחב מאד, אשר מטרתו ליצור הבנה של השפעת הטכנולוגיה על החברה במטרה להשיג שליטה על השפעה זאת. הדגש העיקרי בחינוך הוא להציג בפני התלמיד את נקודות הראות הרבות על נושאים טכנולוגיים. במובן זה הוא מציג את נושא הבנת הטכנולוגיה כמרכיב הכרחי של החברה הדמוקרטית.

כאן בישראל, נסיונות להעלות את נושא ה-ST.S בבתי ספרנו, נתקלו בעבר בטענות כגון שהוראת ST.S מרככת את לימוד המדע על ידי הוראה על מדע במקום הוראת מדע. במובן זה, לדעתי, מפתחי הקוריקולום הישראליים מעכבים התקדמות.

מה נשיג באינטגרציה ובאיזה מחיר?

סדר הגיוני של סעיפי הלימוד יביא ללימוד אופטימלי בכל אחד מן המקצועות הכלולים בתכנון מחדש. נוסף על זה הוא יחסוך זמן רב. יתרונות אלו יושגו במחיר של ארגון מחדש של תוכנית הלימודים ושל מערכת השיעורים בבתי הספר. הוא גם ידרוש שיתוף פעולה בין מורים והחלפה רציפה של מידע.

אינטגרציה תאפשר הפעלת תוכנית לימודים ריגורוזית באותה מידה כמו תוכנית לימודים הבנויה לפי מקצועות בודדים. במקביל תציג בפני התלמיד תאור של נושאים מדעיים וטכנולוגיים מנקודות ראות שונות ושוות ערך. תאור זה לא יוגבל להבנת העקרונות הפיסיקליים עליהם מושתתת מערכת טכנולוגית מסוימת, אלא ירחיב את אופק התלמיד להבנה רחבה יותר של העולם הפיסיקלי.

מי הם בעלי העניין וכיצד הם עשויים להשפיע על תהליך קבלת ההחלטות?
מורים העלולים לראות שינוי קוריקולרי כאיום פוטנציאלי. זה היה המצב במקרה של מורה מסוים לפיסיקה בבית ספר טכנולוגי, שטען כי קבלת תוכנית לימודים בפיסיקה הוותה עבורו הרעת תנאי העבודה משום שהכריחה אותו להשתמש בחומרי לימוד חדשים. הוא גם התנגד התנגדות עזה לכל סוג של אינטגרציה של פיסיקה וטכנולוגיה מאחר והוא ראה בכך הורדת סטטוס הפיסיקה לרמה של מקצוע משרתי.

ארגוני המורים העלולים לראות כל שינוי כאיום על תנאי העבודה של המורים או על תוכניות הלימודים. דוגמא לכך היתה ההתנגדות המאורגנת של מורים לרפורמה בחטיבת הביניים, בעיקר בטענה שהיא השפיעה לרעה על הסטטוס של מורים שמצאו שכבר לא יוכלו ללמד בכיתות ז' ו-ח'.
דוגמא אחרת היא ההתנגדות הנמרצת הקיימת היום של שני ארגוני המורים לרפורמה בחינוך הטכנולוגי עליה הכריז משרד החינוך. התנגדות זאת מבוססת על הטענה שהרפורמה תצמצם את החינוך הטכנולוגי של תלמידי מסמ"ר ומסמ"ם וישאיר אותם ללא כישורים מקצועיים בסיום בית הספר התיכון.
ייתכן כמובן, שהתנגדות זאת מבוססת על החשש שמורים יפסידו מקומות עבודה, או שייאלצו לעבור השתלמות. אולי ישתפר המצב כאשר נדע יותר על טיבה של רפורמה חדשה זו.

מוסדות להכשרת מורים העלולים לראות את הגישות החדשות להכשרת מורים כאיום על מעמדם. למשלף ייתכן ומכללות ירצו להשקיע יותר זמן בהכשרה בנושאים פדגוגיים ופחות זמן בנושאים המדעיים והטכנולוגיים.

מפתחים קוריקולריים, אקדמיים ולא אקדמיים, אינם משוחררים מאינטרס אישי, וייתכן שיהיה להם עניין בהמשך של הגישה המקובלת והסגנון המקובל של פיתוח קוריקולרי. ייתכן גם שבהתחשב בלחצים בפיתוח חומר לימודי, יהיו טיעונים מנוגדים של "quick and dirty" לעומת "slow and rigorous" כגישות בפיתוח קוריקולרי.

משרד החינוך פועל במסגרת אילוצים פוליטיים, כספיים ואחרים העלולים להיות מנוגדים לצרכי הוראת המדעים והטכנולוגיה. למשל בבתי ספר רבים הסובלים כפי הנראה מבעיות כספיות גדולות מן הרגיל, דרישת הוראת הפיסיקה אינה מקוימת, במיוחד ברמות מסמ"ם ומסמ"ר, אבל לפעמים גם ברמות גבוהות יותר. דוגמא אחרת, הצעה טכניונית לפתח תוכנית פיסיקה המשולבת בתוכניות

הטכנולוגיות נדחתה בעבר מאחר והיה זה יותר חסכוני להשתמש בתוכנית פיסיקה לא אינטגרטיבית הקיימת כבר, שתוכננה לבתי הספר עיוניים. רשתות חינוך הפועלות בבתי ספר רבים, אינן תמיד פועלות בהתאם לאותם עקרונות המקובלים על ידי משרד החינוך. למשל לפחות אחת הרשתות הגדולות מתנגדת בתוקף לרעיון של חלוקת תלמידים ל"תלמידי בגרות" ול"תלמידי גמר", כפי שמקובל כעת במשרד החינוך.

המוסדות להשכלה גבוהה מעורבים מאד בתהליך של הגדרת תוכניות הלימודים בבתי הספר באמצעות תנאי הקבלה לאוניברסיטאות. למרבה הצער, הם מפסידים את ההזדמנויות הניתנות להם לכוון את החינוך בישראל על ידי כך שהם מגבילים את התעניינותם לבחינות הבגרות, ורק לאותו חלק של אוכלוסיית בית הספר שממשיך ללימודים על תיכוניים.

התלמידים מהווים את הקבוצה הגדולה ביותר של בעלי ענין, אבל בשלב זה השפעתם על תהליך השינוי נוגעת רק לבחירת נושאי לימוד מרשימה מוכנה מראש.

כיצד יכולה מערכת הכשרת המורה להביא לשינוי?
סקר שנעשה ב-1988 על ידי המרכז להוראת המדעים ע"ש עמוס דה שליט (באוניברסיטת תל אביב) דיווח שהמחסור במורים הוא הגדול ביותר במדע ובמתימטיקה בכל הרמות. נקבע שיש להכפיל את קצב הכשרת המורים למדע ולמתימטיקה תוך תוספת 25 תקנים במחלקות להכשרת מורים, יחד עם תוספת במשרות של אסיסטנטים, שיפור מעבדות, רכישת ציוד וכו'.
צרכי המערכת יגדלו עוד יותר אם יתקבל עקרון האינטגרציה של מדעים, מתימטיקה וטכנולוגיה. בלי שים לב לסוג האינטגרציה שיתקבל, המוסדות להכשרת מורים יצטרכו להתאים את עצמם לצרכי הכשרת מורים להוראה בתוכנית אינטגרטיבית ולשיתוף פעולה הדוק עם מורים אחרים. בטכניון למשל, זה היה מחייב שפרחי הוראה יצטרכו לא רק לקחת קורסים אינטרדיסציפלינריים, אלא שיהיה גם צורך בפיתוח קורסים חדשים כדי להכין מורים לעתיד לאפשרויות, לבעיות ולמלכודות של הוראה אינטגרטיבית.

אם יאומץ רעיון האינטגרציה, הצורך בהכשרה תוך-שירות יהיה הרבה יותר דחוף מן הצורך בהכשרה קדם-שירות. מורי המתימטיקה, הפיסיקה, הכימיה, הביולוגיה והטכנולוגיות השונות הם כמעט חסרי נסיון בהוראה אינטגרטיבית. אפילו אותם מורים המלמדים שני מקצועות כמו מתימטיקה ופיסיקה, מגבילים בדרך כלל את שילוב שני המקצועות למתן שיעור נוסף במקצוע אחד על השבון

השני, כדי לעמוד בדרישת תוכנית הלימודים או בחינות.

לסיכום, מספר הצעות לשינוי בהכשרת מורים:

1. בדיקת תוכניות הלימודים במסלולים הטכנולוגיים והעיוניים, במגמה לקבוע את הדרך הטובה ביותר לקידום האינטגרציה ולקביעת היקף האינטגרציה והמקצועות המעורבים.
2. פיתוח קוים מנחים למפתחי קוריקולום, למוסדות להכשרת מורים, למורים, למנהלים ולבעלי עניין אחרים, לשינוי לקראת אינטגרציה של מדעים, מתימטיקה וחינוך טכנולוגי.
3. פיתוח תוכניות חדשות לקידום האינטגרציה. ייתכן וזה יוביל לדוגמא להבדלים בין תוכניות הפיסיקה במסלולים הטכנולוגיים לבין תוכניות הפיסיקה במסלולים העיוניים.
4. שכנוע משרד החינוך לעודד ולקדם השתתפות מורים בתהליך של שינוי קוריקולרי על ידי השאלתם לקבוצות לפיתוח קוריקולרי באוניברסיטאות.
5. תכנון מחדש של תוכניות הכשרת המורים כדי להבטיח לא רק שפרחי הוראה בטכנולוגיה ילמדו מדע, כפי שמקובל היום, אלא שפרחי הוראה במדע ילמדו לפחות טכנולוגיה אחת.
6. לתכנן מחדש את הקורסים בדרכי ההוראה, כדי לכסות לפחות דיסציפלינה מדעית אחת, מקצוע טכנולוגי אחד והוראה אינטגרטיבית.
7. לעשות את כל הנ"ל לא רק בהתאם לצרכי תלמידי הבגרות, אלא גם לצרכי תלמידי הגמר.

פרופ' זאב תדמור:

תודה רבה. בהקשר לאינטגרציה של מדע וטכנולוגיה, אנחנו ערכנו לפני כשנה וחצי סדנא בינלאומית יחד עם מכון ון-ליר בנושא *Innovation at the crossroads between Science and Technology*. את הסדנא אירגן פרופ' קרנצברג שנחשב לאבי הפילוסופיה של הטכנולוגיה בעולם. בעקבות הסדנא שבה הופיעו מיטב האנשים בעולם בנושאי הפילוסופיה וההסטוריה של הטכנולוגיה, אנשי תעשייה, נשיאי אוניברסיטאות ואנשי אקדמיה, פנינו אל פרופ' קרנצברג בבקשה להוציא ספר לנוער או לבתי-ספר על ההסטוריה והפילוסופיה של הטכנולוגיה. ייתכן שהחוברת תכלול גם אלמנטים מתוך התעשייה ודברים אחרים. הספר יודפס בעברית ובאנגלית. אני מזמין כעת את פרופ' שלמה וקס מהטכניון, לדבר על "הוראת מדעים - זיקה להוראת הטכנולוגיה".

הוראת המדעים - זיקה להוראת הטכנולוגיה

מבוא

בעיית הפער בין הוראת המדעים והוראת הטכנולוגיה בביה"ס התיכון החריפה לאחרונה ובולטת במיוחד לאור ההתקרבות המואצת בין הטכנולוגיה והמדע בכלל. פער זה בחינוך נותן אותותיו בכלכלה כך שעלול להוצר מצב בו המשאבים המדעיים של חברה או מדינה אף אם הם גדולים, אין הם מיושמים כראוי לרווחתם של כלל אזרחיה של אותה מדינה. העצמאות הכלכלית נפגמת, ובסופו של דבר נוצרת נדידת מוחות לסביבה תומכת יותר (שיש לה משאבים טכנולוגיים/יישומיים בנוסף למשאבים המדעיים).

לבעיה זו היבטים רבים, כלכליים, חברתיים, מדעיים, הנדסיים, טכנולוגיים וחינוכיים. הטיפול בה צריך להיעשות בגישת-על, ברמה לאומית, ע"י קברניטי המשק בשיתוף עם התעשייה ומערכת החינוך.

במחלקה להוראת המדעים בטכניון נעשה ניסיון צנוע לטפל בצורה מוגבלת בבעיה זו, מהיבטה החינוכי.

הזיקה בין טכנולוגיה למדעים - ההיבט הפדגוגי

אין זה סוד שבחלק גדול ממוסדות החינוך התיאום בין המורים המלמדים מקצועות שונים רופף למדי.

המטרות הכלליות של אחד מקורסי המוסמכים להוראת הטכנולוגיה והמדעים בטכניון, המתיחס לבעיה זו כוללות בין השאר:

1. הכרת הקשר האינטרדיסציפלינרי של נושאים מתחומי המדעים והטכנולוגיה - תיאוריות הוראה לחשגת העברה מירבית.
2. חקר אפשרויות לאיתור תכנים בתחום הטכנולוגיה והגדרת זרישות קדם רלוונטיות מתחומי המדעים.
3. שיפור ההוראה ע"י שיתוף בין מורים למדעים לבין מורים לטכנולוגיה.

במטרות הלימודיות האלטרנטיביות של הקורס יש התיחסות נפרדת למורה למקצועות טכנולוגיים ולמורה למדעים.

א. מטרת הוראתיות של המורה לטכנולוגיה:

1. להגדיר תכני ידע מדעיים הדרושים ללימוד נושא טכנולוגי נתון בתוכנית הלימודים.
2. ליצור קשר עם המורים למדעים (והתלמידים), לבירור מידת שרירותו של ידע קודם נדרש.
3. לבסס הוראת הנושאים הטכנולוגיים על עקרונותיהם המדעיים.

ב. מטרת הוראתיות של המורה למדעים:

1. ליצור קשר עם המורה לטכנולוגיה לתיאום מועדי הוראות של נושאים במדעים ובטכנולוגיה.
2. לכלול דוגמאות ותרגילים מתחום הטכנולוגיה בשיעורי המדעים.

הקשר האינטרדיסציפלינרי

אחד מסממני ההתפתחות הטכנולוגית-מדעית בעשורים האחרונים הוא ההתקרבות בין הטכנולוגיה והמדעים. רוב המערכות בתחומים רבים (למשל, רפואה ותעשייה) הן מערכות אינטגרטיביות. נושאים טכנולוגיים בתעשייה ובשירותים המודרניים הם לרוב עתירי ידע ובעלי אופי בינתחומי (רובוטיקה, תיב"מ, ביו-טכנולוגיה וכד').

בטבלה הבאה מובאים מספר מאפיינים של נושא לימודי בסיסי לעומת נושא לימודי יישומי.

<u>מאפיין</u>	<u>נושא בסיסי</u>	<u>נושא יישומי</u>
אורך חיים	ארוך	קצר
תומך בנושא אחר	לרוב	לעיתים
גורם מניע	לעיתים	לרוב
גורם מקשר	לרוב	לעיתים
קושי בלמידה	מופשט	מוחשי
משך למידה	ארוך	קצר

הבסיס התיאורטי להשגת העברה - תיאוריות הכללה

ההנחה הבסיסית היא שידע בדיסציפלינה מסוימת (מתמטיקה למשל), אינו מבטיח יישומו הנאות בדיסציפלינות אחרות ולעיתים אף לא באותה הדיסציפלינה. מימי קדם (אריסטו) ועד התקופה המודרנית (אינשטיין) מחפש האדם עקרונות מאחדים בתחומי הידע: חוקים המאחדים את הטבע.

בתיאוריה של היסודות הזהים הגיע Thorndike (1901) למסקנה שהעברה (transfer) מתרחשת רק אם קיימים יסודות או מרכיבים זהים (או דומים) במצב האימון (למידה) ובמצב החדש (יישום) והלומד מודע לדמיון בין המרכיבים, זאת בניגוד לתיאוריות קודמות של הדיסציפלינות הפורמליות.

תיאוריות ההכללה מתיחסות למקרים בהם אין יסודות זהים לחלוטין במצב הלמידה המקורי ובמצב החדש. העברה באמצעות הכללה מתרחשת במקרים בהם פועל אותו עקרון בשני המצבים.

הניסויים של Judd (1908) ולאחר מכן של Hendrickson ו-Schroeder (1941) הביאו לידי מסקנה שיש ללמד את העקרון הכללי במצב א', לתרגלו גם במצב ב', לקבל הדרכה לשימוש בעקרון למצבים חדשים ולהגיע לידי הבנת המצב החדש בהקשרו לעקרון הכללי ובדרכי יישומו.

אנו מסיקים מכך שרצוי שלמידת עקרונות תהיה מלווה בדוגמאות ויישומים - לא רק לשם המחשת קיומו של העקרון, אלא גם להעמקת ההבנה ולהצבעה על הפוטנציאל שלו במסגרות רחבות יותר (מצב חדש).

דוגמאות של עקרונות מאחדים

לשם המחשת האפשרויות של תיאוריות ההכללה נביא מספר דוגמאות של עקרונות ונושאים מאחדים מתחומי המדעים והטכנולוגיה:

הקונספציה המשותפת	צורת האנרגיה		צורת מידע (יחידות)	נגיעה
	מכנית	חשמלית		
<u>כוח</u>	מכני	שדה חשמלי	לחץ תרמי	אנאלוגי/דיגיטלי
	לחץ מכני	שדה מגנטי	הפרשי טמפ'	אנאלוגי (Nw, Kg, Deg)
	שדה כובד	פוטנציאל	וזרימת חום	(Volt)
	מומנט	מתח		סוללה תנור

הקונספציה המשותפת	צורת האנרגיה		צורת	
	תרמית	חשמלית	מכנית	מכנית
<u>עבודה</u>	מכונת כביסה. שואב אבק. מקדחה. תנור. רובוט.	אנאלוגי Kg, Joule (Cal)	פעולת מנוע (מכונות סילון). חום מוקרן.	הרמת משא פצוץ סלע פעולת אלקטרומגנט. חום מוקרן. אנרגיה מוקרנת (גלים) אלקטרו- מגנטיים).
<u>קצב</u>	מכונת. מערבל. רשמקול.	אנאלוגי , Hz, m/Sec (Amp)	זרימת חום. זרם חשמלי. תדר.	מהירות. תאוצה. מהירות זוויתית. זרימת אוויר. זרימת נוזלים.
<u>התנגדות</u>	שמני סיכה. החלקה (על קרח).	אנאלוגי ודיגיטלי (Ohm)	תלות ההתנגדות בטמפ'. התנגדות תרמית.	חיכוך (סטטי ודינמי). צמיגות. משכך זעזועים. בטור ובמקביל. מוליכות חשמלית.

הקונספציה המשותפת	צורת האנרגיה		צורת מכנית	נגיעה לאדם
	תרמית	חשמלית		
<u>בקרה</u>	תרמוסטט.	חשמלית:	מכנית:	קוצב
	בקרת מזגן.	מנוע חשמלי,	שסתום,	לב.
		וסת קול	ברז,	מערכת
		במקלט,	מהירות	בקרה
		מחשב.	מכונית.	על מצב
				חולה.
				דוגמאות
				מבקרת
				תהליכים
				בבית,
				במשרד
				ובמפעל.

תשומת לב מרובה יש לתת לתכנים הכרוכים בשליטה על אמצעים טכנולוגיים כמו מתמרים למיניהם בהקשר של קונספציות הנ"ל למשל:

- מיקרופון הוא למעשה דוגמה של אמצעי הממיר אנרגיה של קול לאנרגיה חשמלית (הרמקול - מבצע המרה בכוון הפוך).
- הסוללה ממירה אנרגיה כימית לחשמלית.
- הממיר האלקטרוני Analog to Digital Converter ממיר מידע אנלוגי לדיגיטלי.

סכום

על בסיס התיאוריות הנ"ל יש להביא את המורה-סטודנט לידי תכנון מערך למידה בדיסציפלינה שלו במטרה לשפר את יעילות ההוראה ע"י שיתוף פעולה עם עמית בדיסציפלינה האחרת הקשורה לנושא. ליישם המערך ולבדוק יעילותו והשפעתו על למידת הנושא האמור והנושאים מהדיסציפלינה האחרת. המורה לטכנולוגיה צריך להעמיק ההתבססות המדעית, והמורה למדעים צריך לחזק את הרלוונטיות הטכנולוגית באמצעות יישומים טכנולוגיים של העקרונות התיאורטיים.

דיון

פרופ' זאב תדמור:

תודה רבה לפרופ' וקס. עם סיום דבריו, נפתח את המושב לדיון כללי.

דוד סלע, מנמ"ר פיסיקה, משרד החינוך והתרבות:

ברצוני לגעת בשתי נקודות שהוזכרו ע"י כמה מהפותרים. הראשון, הנושא של מטרות הוראת המתמטיקה. הייתי רוצה לשאול עד כמה המטרות האלה נקבעו גם עפ"י הצרכים של מקצועות אחרים. האם בין קובעי מטרות המתמטיקה היו רק אנשי מתמטיקה או האם שותפו גם אנשים מדיסציפלינות אחרות, ממדעים אחרים. פרופ' פיינגולד דיבר על סדר הלימוד במחקר שנעשה באחד מבתי-הספר. אני חושב שנושא סדר הלימוד אפילו בתוך אותו מקצוע הוא רלוונטי ביותר לגבי מקצועות אחרים. לדוגמא, נושא הוקטורים נדרש לפיסיקה כבר בכיתה י' בנושא של כוחות, בעוד שאנשי המתמטיקה קבעו אותו בשלב מאוחר יחסית. הבעיה פה היא לא של תכנים אלא רק של תיאומים.

נושא שני הוא נושא הכשרת מורי מתמטיקה. בזמנו מורי מתמטיקה צמחו מתוך פקולטות בהן הם למדו גם מדעים אחרים בצד המתמטיקה. מתמטיקה-פיסיקה היה נושא מאד פופולרי וחלק ממורי המתמטיקה צמחו מהתחום הזה. היום לפחות ופחות מורי מתמטיקה יש הכשרה בתחומי מדעים אחרים. בפגישות שניהלתי עם מורים למתמטיקה ולפיסיקה, באתי אליהם בטענה, מדוע הם לא יכולים לתרגל את אותם נושאים מתמטיים שמופיעים בתוכנית הלימודים בעזרת בעיות מתחום הפיסיקה. התשובה שהם נתנו לי היתה שאין להם את הכישורים ואין להם דקע בפיסיקה על מנת שיוכלו לתרגל בעיות פיסיקליות בלימוד המתמטיקה.

אחד הויכוחים שמתנהלים לאחרונה ביני לבין המפקח על האלקטרוניקה והחשמל נוגעים לענין סדר הלימוד. זאת מאחר ויותר ויותר תלמידים מתחום הטכנולוגיה לומדים מדעים וביניהם גם פיסיקה. צרכי הלימוד במקצוע מסויים מכתיבים גם את סדר הלימוד של המקצוע השני הנלווה לו. בתחום הפיסיקה אנחנו נמצאים בבעיה מבחינת סדר הלימוד, מכיוון שנושאים כמו אלקטרוניקה דורשים ידע מוקדם בתחום החשמל בפיסיקה. לדעתי ולדעת אנשי פיסיקה אחרים ישנה בעיה אמיתית בלימוד נושאים פיסיקליים ברמה גבוהה לכיתות נמוכות כמו כיתה י' כאשר בכיתה י"א אנשי הטכנולוגיה במגמות מסויימות דורשים כבר לסיים את לימודי הפיסיקה ברמה הגבוהה כדי שיוכשרו לקראת המשך הלימודים הטכנולוגיים. שמענו שבטכניון היו הצעות לדחות את הפיסיקה

הבסיסית עד לאחר הצטברות ידע במתמטיקה. ברמה התיכונית אנחנו נמצאים בבעיה אמיתית, מכיוון שעדת אנשי הפיסיקה הגבוהה דורשת גם בשלות מבחינה מחשבתית ומבחינת ההתפתחות של התלמיד, וזו לא יכולה להיעשות לפני כיתות י"א וי"ב. זאת בעוד שאנשי הטכנולוגיה לוחצים שנושאי פיסיקה מסויימים ברמה גבוהה יילמדו כבר בכיתות נמוכות.

אורי צולר, אוניברסיטת חיפה, אורנים:

ראשית, לדעתי הגישה של להספיק חומר אבד עליה הכלח, ואין לה שום ביסוס מדעי, לא מחקרי ולא מקצועי. זה לא רציני לבנות מערכות שהמוטיב המרכזי שלהן הוא להספיק חומר. בלי לפרט, כולם מבינים מה המסקנות האופרטיביות לזה.

שנית, כשהתחילו בארה"ב עם המשבר, הדבר המרכזי שעלה היה הקמת פרויקט 2061 ובו הציגו את השאלה המרכזית, מה צריך בוגר בית-ספר תיכון לדעת כשהוא מסיים? זה נידון לכישלון מלכתחילה, מפני שזהו המודל שבו קודם שואלים מה ללמד ואח"כ מתחילים לחשוב בשביל מה צריכים את זה. השאלה היא לא מה ללמד או מה הוא צריך לדעת, השאלה המרכזית היא איזה סוג של בוגר אנחנו רוצים וזוהי נקודת ההתחלה. האם אנחנו רוצים אדם שיהיה מסוגל לחשוב בעצמו, האם אנחנו רוצים אדם שלא יקבל באופן אוטוריטיבי מה שהוא שומע, וכו'.

מכאן נובעת הנקודה השלישית. אם 75,000 תלמידים ניגשים לבחינות בגרות, כ-40,000 מצליחים, ו-12,000 מגיעים למוסדות להשכלה גבוהה, איזה היגיון יש לשעבד את כל המערכת לצרכים של אותם ה-12,000, שקרוב לוודאי היו מצליחים בכל מערכת? ואיזו מטרה הבחינה משרתת? למשל, מי שטוב במתמטיקה לא בהכרח יהיה רופא טוב ובכל זאת ממשיכים לבחור רופאים לפי מתמטיקה. אין לזה שום קשר, אנחנו עושים דברים לא הגיוניים.

ואחרון חביב, מה שקובע זה לא מה שאנחנו אומרים ומטיפים, אלא מהו המסר שהתלמיד מקבל. אפשר להטיף לו 20 פעם תגיז רק את האמת ובדיוק מצלצל הטלפון, ואומרים לו תגיז שאני לא בבית, ואז זהו המסר, ולא משנה מה שאתה מספר לו. בעולם וגם בארץ הוצגו תוכניות אינטגרטיביות ששילבו מדע וטכנולוגיה. בכל מקום שזה נכשל, זה נכשל בגלל האקדמיה, ובמקומות שזה מצליח, זה מצליח למרות האקדמיה. למה? מפני שאנחנו באקדמיה רגילים לחשוב באופן דיסציפלינרי, אנחנו דואגים לכבודו של המקצוע כדי להמשיך את הקיום

שלנו עם כל מה שמשתמע מזה.

המסקנה היא, שאם רוצים לעשות משו צריך לחשוב מה רוצים ולשנות או ליצור את המערכת בהתאם. ואם הבחינות ימשיכו לבחון את הידע היבש ואולי קצת הבנה, אז לא נקבל אדם חושב, כי התלמיד מקבל את נקודות הציון שלו עבור חזרה על מה שהוא שמע.

להלן תקציר הערות המשתתפים בדיון:

ד"ר זן שרון סקר את הדרך בה התפתח השימוש במחשבים בתעשייה והשליך מכאן לכניסתם למערכת חינוך העולמית.

הוא הסביר שהיום המחשבים נכנסים לחינוך בצורה אינטנסיבית וזאת כתוצאה מהחלטת החברות להיכנס לשוק החינוך, וקבע, שיש צורך לשנות את אסטרטגיית הלמידה ואת עמדת המורים בכיתה בהתאם לכך.

פרופ' זויסטובסקי הסביר שמושג האינטגרציה הוא מושג ותיק בחינוך כי הוא עצמו לימד לימודים אינטגרליים לפני 40-50 שנה. הוא הסביר את מצבו הקשה של המורה העומד מול כיתות גדולות, ונעזר בספרי לימוד ובתוכניות לימודים שאינם מתאימים לצרכי החינוך. פרופ' זויסטובסקי הדגיש את הבעיות של היעדר טכנולוגיה מתאימה בחינוך ואת הצורך לשפר את הקיים.

אורי אבנר, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה:

אני רוצה להמשיך את דבריו של אורי צולר שאמר, ראשית תחשוב מה אתה רוצה ואחר כך תכוון את המערכת בהתאם. אני חושב שצריך להתחיל בשלב יותר מוקדם והוא נסיון להעריך את מה שכבר עשית. צריך להרחיב את הפרספקטיבה של הערכת התיפקוד של החינוך התיכון על מנת שאפשר יהיה לנקוט עמדה לגבי הכיוון שרצוי או מותר לשנותו. ההערכות הקיימות הן מוטעות וקצרות רואי. הן מוטעות בגלל האינדיקטורים שיש לנו כדי להעריך את התיפקוד של החינוך התיכון. למשל, תוצאות בחינות הבגרות וכבר נאמר שזהו אינדיקטור גרוע בגלל קריטריונים מוכתבים או מומלצים ע"י המוסדות להשכלה גבוהה. אבל החינוך התיכון מכשיר גם אנשים שלא מגיעים לתעודות בגרות וכמובן, יש כאלה שמגיעים לתעודות בגרות ואינם טורחים או אינם מטוגלים להגיע ללימודים אוניברסיטאיים. צריך גם לנסות להעריך את התפוקה שמגולמת בדמותם של אנשים אלה.

ההערכות האלה גם הן קצרות רואי, משום שכדי לדעת מה עולה בגורלו של בוגר תיכון צריך לתת לו הזדמנות להתבגר שנים אחדות ולנסות להעריך את הקריירה ההשכלתית והתעסוקתית שלו, על מנת לראות האם הציפיות שהתגלמו בתוכנית הלימודים שהושקעה בו מגיעות למימוש כעבור שנים אחדות. אני אומר את זה לא כנחתום שמעיד על עיסתו, כלומר שיש סטטיסטיקה, אבל אני חושב שזה חשוב לדעת שישנם נתונים שמאפשרים לעשות הערכה כזאת ויתכן שיש לקחים חשובים שנובעים ממנה. מערכת החינוך התיכון הגיעה להישג עצום בכך שבמרוצת 20 השנים האחרונות היא הפכה למערכת חינוך להמונים. היום כ-80% מאוכלוסית בני ה-17 מגיעים לסיום לימודים תיכוניים, בעוד שאחוזים בודדים עד 10% משנתון מגיעים ללימודים אוניברסיטאיים. ברור שתוכנית לימודים ומבנה לימודים שמתאים ל-80% לא יכול ולא צריך להתאים את עצמו לאותם אחוזים בודדים שיוכלו להגיע ללימודים אוניברסיטאיים.

מתברר שחלק ניכר מאד ממסיימי הלימודים התיכוניים אינם לומדים לימודי המשך כלשהם. בכללם גם כאלה שהגיעו לתעודת בגרות. יש לנו נתונים שמראים מה חלקם ומה מאפיין את אלה שתעודת הבגרות היתה בשבילם השלב הטרימינלי בהשכלתם. אם תעודת בגרות מכוונת את עצמה כלפי הכשרה לאוניברסיטאות, מדוע אלה שרכשו תעודת בגרות ולא מגיעים לחינוך אוניברסיטאי אינם ממשיכים באף סוג של לימודי המשך או לימודים על-תיכוניים? אינני רוצה להיכנס לסוגיות שנויות במחלוקת, אבל לאלה שאינם ממשיכים בלימודים יש פרופיל חברתי מוגדר מאד. כלומר, המערכת איננה עונה על הצרכים או על האילוצים והמיגבלות של קבוצות אוכלוסיה מסוימות. אם נשנה את המבנה של המערכת, ונעשה אותה יותר אליטיסטית או יותר גמישה, צריך לראות מייד שיש לכך השלכות לגבי הסיכויים והכיוונים לטווח ארוך של קבוצות אוכלוסיה שונות ובאופן דיפרנציאלי.

משום כך צריך לנסות להבין קודם כל איך פעלה המערכת עד כה. אפשר להראות בנתונים שהגמשה של הדרישות לתעודת בגרות שהתרחשה בעקבות הרפורמה של סוף שנות ה-70, לא זו בלבד שהעלתה את שיעורי הלמידה, כלומר איפשרה ליותר נערים ונערות לסיים לימודים תיכוניים, אלא היא גם תרמה לצימצום הפערים הבין-עדתיים והשיגה עוד שליחות חברתית בהזדמנות זו. כמובן, לא כל אלה שהגיעו לסיום הלימודים התיכוניים יכלו ורצו להמשיך בלימודים אוניברסיטאיים. ד"ר שרון דיבר על הצורך בשילוב של ידע עיוני עם גישה יישומית מעשית. מה יותר מבוקש מבוגר תיכון שיש לו תעודת בגרות שאינו רוצה להמשיך בלימודים אוניברסיטאיים אבל יכול, בהכוונה מתאימה, להגיע

ללימודים על-תיכוניים ולהיות איש סמי-פרופסיונלי מאד מוכשר ורצוי. מדוע זה לא מתרחש למעשה?

לבסוף אני רוצה בכל זאת לצטט כמה מספרים. אם כן, לפני שנתיים, בשנה"ל תשמ"ז זכו בתעודת בגרות אינטרנית קרוב ל-23,000 תלמידים. פחות מרבע מהם קיבלו תעודת בגרות במסלול הטכנולוגי. יש הבדל חשוב מאד בין שני המסלולים מבחינת הסיכויים להצליח בבחינות הבגרות. 70% מהנבחנים במסלול העיוני הצליחו להשיג תעודת בגרות לעומת 45% בלבד מבין הנבחנים לתעודת בגרות במסלול הטכנולוגי. אלה שוב דוגמאות של נתונים שמחייבים בדיקה חוזרת שיטטית ויסודית מאד של תפקוד המערכת עד עכשיו. לבסוף אני יכול לומר שיש מעט נתונים שמצביעים על מה שעולה בגורלם של בוגרי החינוך התיכון שאינם ממשיכים בלימודים על-תיכוניים, למשל בשוק העבודה. מסתבר שיש יתרון להיות בעל תעודת בגרות גם מבלי שהמשכת ללמוד. זה מתבטא בשוק העבודה למשל בכך, שחלק גדול יותר מבעלי תעודת בגרות עיונית, ממשיכים בפקידות בהשוואה לבעלי תעודת בגרות טכנולוגית שלא המשיכו. אפשר לתת דוגמאות נוספות, השאלה היא אם זה היעד שהיינו רוצים להגיע אליו. יש הרבה נתונים מהסוג הזה ואני מזמין אתכם לשאול להתעניין ואנחנו נשמח להעמיד לרשות כל דורש מידע נוסף.

ד"ר דן שרון:

אני מסכים לכל מה שאמרת, ואני רוצה להוסיף נתון אחד. לטטר טורו כתב לא מזמן מאמר, שנדמה לי שהתפרסם ב-Scientific American, על פרופיל העובד המקצועי של שנותינו. הוא כתב שהבסיס לעבודתו צריך להיות 12 שנות השכלה. מעבר להן צריך לבנות את הבסיס המקצועי הספציפי, זאת אומרת שכדי לתפקד בסביבה הטכנולוגית של היום גם כעובד צריכים 12 שנות השכלה.

פרופ' זאב תדמור:

מחקרו של לטטר טורו נעשה במסגרת M.I.T Commission שבדקה מדוע התעשייה האמריקאית מפגרת אחרי היפאנים בהישגים מעשיים. אחת המסקנות שלו היתה מהות החינוך בתיכון שביפאן היא הרבה יותר כללית ומפותחת מאשר בארה"ב. הוא ייחס לזה במידה ניכרת את ההבדל בהישגים בין שתי התעשיות.

פרופ' יהודה תריט:

מכיוון שמאגר הידע שלנו גדל כל הזמן, ישנה בעיה לאחראים על מערכת ההוראה כיצד לסדר את המערכת כדי להתמודד עם גידול זה. לפני כ-30 שנה

מושב ב' - יו"ר: עוזי צוק, משרד החינוך והתרבות

מושב ב' הוקדש לנושא של הכשרה והשתלמות של מורים - תוכן וצרכים.

עוזי צוק, משרד החינוך והתרבות:

ראשית אני רוצה לענות לאורי אבנר על הנושא של סטטיסטיקה בנושא בחינות הבגרות. השאלה היא איך אתה מסתכל על הכוס, חצי מלאה או חצי ריקה. נכון שמתוך כ-28,000 תלמידים מסיימים תעודת בגרות, 5,000-6,000 הם בוגרי התיב הטכנולוגי. נתון שני שנתת כמה שנים אחורנית, היה אחוז ההצלחה של תלמידים בבגרות בתיב עיוני, לעומת אחוז הצלחה של תלמידים מתיב טכנולוגי. אפשר להסתכל על המספרים ולנתח אותם מכיוונים שונים. אני חושב שהנקודה המרכזית היא המסר או המטלה החברתית שהתיב הטכנולוגי לוקח עליו והוא למעשה הטיפול באוכלוסיות החלשות. לא תמצא בתי-ספר עיוניים שבהם ישנם תלמידים שמראש הוגדרו ככאלה שלא יכולים להגיע לתעודת בגרות מלאה או חלקית. אתה מוצא אותם לומדים במסגרות החינוך הטכנולוגי. כלומר, כשאתה מדבר או מציג נתון של 70% הצלחה בבגרות של תלמידי מסלול עיוני, מדובר על 70% הצלחה מתוך אלה שמראש הוגדרו ככאלה שיכולים להצליח, במבחנים פסיכומטריים ובהישגים בתום חטיבת-ביניים, וההישגים של אלה שלמדו בתיב טכנולוגי, כולל אותם אלה שניגשו למקצוע אחד בבחינת בגרות ובסטטיסטיקה מופיעים כמי שניגשו לבגרות חלקית, זאת אוכלוסיית תלמידים שמראש היה ברור שהיא לא יכולה להגיע לתעודת בגרות והיא הגיעה למקצוע זה או אחר כהישג אישי של התלמיד.

בחצי הראשון של היום שמענו בעיקר על הנושא של גישות ושיטות להוראה. למעשה, עקב האכילס של מערכת ההוראה במקצועות המדעיים הנם המורים בשתי רמות. רמה אחת היא כמות, ורמה שנייה היא איכות. אנחנו נמצאים היום בפני גל עלייה מבריה"מ והנתונים הסטטיסטיים מראים שתיפתור בעיית כמות המורים במדעים, כי מטבע הדברים העולים בגל העלייה הקודם סגרו פערים של כמות, אבל בהחלט לא סגרו פערים של איכויות. איכות מתקשרת אצלי גם עם שיטות הוראה ואלו שאנו מוצאים היום במערכת החינוך, הן אותן שיטות הוראה שהיו לפני עשר שנים. המרכז הישראלי להוראת מדעים משקיע משאבים עצומים בפיתוח תוכניות וחומרי לימוד, כמו למשל תוכנית המתמטיקה החדשה של פרופ' עמיצור שפותחה בירושלים והוזכרה כאן. לעומת זאת, מבט על המתרחש בתי-הספר מגלה שימוש בספרים מהשוק הפרטי, אספיס וכדומה. אני לא רואה את הספרים שפותחו ע"י האקדמיה נקלטים במערכת. יכול להיות שהדחיפה אינה משמעותית, יכול

להיות שהמורים מעדיפים את הגישה של פתרון מיידי.

אני מזמין את פרופ' תמיר לדבר על הידע הדרוש למורה למדעים ודוכי הקנייתו.

הידע הדרוש למורה למדעים ודרכי הקנייתו

אשתדל במשך הזמן העומד לרשותי לעמוד על שלוש נקודות. הנקודה הראשונה היא מסגרת לתיאור הכשרה של מורים, עם דגש על מורים למדעי הטבע, הנקודה השנייה היא בעיות של הכשרת מורים לגבי ידע בתחום הדיסציפלינרי שלהם, ובנקודה האחרונה אשתדל לספר בקצרה על גישה שאני מציע לטיפול בהיבטים מסויימים של הכשרת המורה. המערכת שברצוני להציג לפניכם מבוססת במידה מסויימת על עבודה של ידיד שלי, פרופ' לי שולמן מאוניברסיטת סטנפורד, עם מספר שינויים ולפי דעתי שיפורים שהכנסתי בה.

ראשית, היא מבוססת על שני תחומים שמהווים לפי דעתי את מה שמורה צריך לדעת. האחד הוא ידע, המחולק לידע של "מה" וידע של "איך". הידע של ה"מה" הוא ידע עובדתי, אינפורמטיבי. הידע של ה"איך" מכוון למיומנויות או כיצד להשתמש בהם. כמובן ששני הדברים האלה אינם זהים לחלוטין. בהוראה כמו בהרבה מקצועות אחרים לא מספיק לדעת מה, אלא חשוב מאד ואולי מכריע לדעת איך. עיקרון שני שהמערכת בנוייה עליו הוא ההתייחסות לארבעה מרכיבי היסוד בחינוך שהם: התלמיד, המורה, תחום הדעת והחברה. הדבר הראשון שמורה צריך לדעת ושנשכח לפעמים, הוא שהמורה צריך להיות בעצמו אדם מחונך. כאן זה נקרא General Liberal Education או חינוך ליברלי כללי. הוא צריך להיות איש תרבות, בעל ערכים, להכיר את תרבות עמו וחברתו, וכו'. החלק השני שקשור להוראה זהו ההופעה האישית. מורה צריך לדעת איך הוא נראה, איך הוא מדבר, איך אנשים אחרים מתייחסים אליו, ואיך התלמידים רואים אותו, מבחינת התנהגות, סדר, ניקיון ושיטטיות. המורה הוא דוגמא לתלמידיו, הם לומדים ממנו, מתחנכים על ידו, לא רק על סמך מה שהוא אומר או מה שהוא מחייב אותם לעשות, אלא גם על פי התנהגותו שלו.

התחום שעליו אתעכב יותר, הוא התחום של חומר הלימודים. זהו תחום שעד לאחרונה הוזנח מאד לפי דעתי בנושא של הכשרת מורים. ההנחה היתה שאם סטודנט, פרח-הוראה, לומד לימודי מדע בטכניון או באוניברסיטה או בכל מוסד אחר הרי שמבחינת ידע הוא יודע מספיק, יש לו הכנה מספקת בחומר הלימודים להוראה. לדעתי ההנחה הזאת מוטעית, מכיוון שלעיתים קרובות מאד הידע שעליו נבחן סטודנט בטכניון או באוניברסיטה שונה או לא מספיק לעומת הידע שנדרש ממורה שמלמד בבית-ספר תיכון ואפילו יסודי. אני מחלק את הידע

לארבעה תחומים. קודם כל ידיעה. המורה צריך להיות בקיא ברעיונות העיקריים ובתיאוריות של הדיסציפלינה שלו. אני ראיתי הרבה סטודנטים, אבל גם מדענים חוקרים שאם תשאל אותם מהם הרעיונות המרכזיים של המקצוע שלהם, יגמגמו די הרבה לפני שיענו תשובות חלקיות. מיומנויות הן בדרך כלל מה שרוב המדענים יודעים בתחומם. מורה צריך לדעת את המיומנויות על מנת שיוכל להקנות אותן לתלמידיו.

התחום השני של ידע של מורים הוא ידע פדגוגי כללי. כאן הכוונה היא איך לעמוד לפני כיתה, איך לנהל דיון, איך לשאול שאלות, איך לשמור על משמעת. כל אותן מיומנויות שבדרך כלל אנחנו מזהים אותן עם פדגוגיה ואני חושב שרוב המוסדות להכשרת מורים מודעים לו. במה שנוגע לתלמיד, דוגמא לידיע פדגוגי היא תיאוריית הלמידה של פיאז'ה. דוגמא למיומנות היא איך לטפל בתלמידים היפראקטיביים או שמהווים בעיות משמעת. לגבי תוכניות לימודים, המורה צריך לדעת מהן, מה המבנה שלהן, למשל מהו הרציונל של בלום. בלום הוא אחד האנשים שסידרו את המטריצות של תכנים ומיומנויות שאליהם הוא התכוון בעקבות טיילר שהיה הראשון שסידר את זה. הכנת יחידת לימוד, למשל, היא מיומנות של פדגוגיה כללית.

התחום השלישי הוא ידע פדגוגי דידיקטי. מורה צריך להכיר שיטות שונות ואמצעים שונים של הוראה, כגון אמצעי המחשה וצריך להיות מסוגל להשתמש בידע הפדגוגי שלו כדי, למשל להיות מסוגל לנסח שאלות ברמות שונות, ולבסוף, הגורם הרביעי של הערכה. מורה צריך לדעת דרכי הערכה שונות, צורות שונות של מבחנים ולהיות מסוגל לחבר מבחנים מטיפוסים שונים. אני חושב שעד כאן אלה דברים שאין עליהם ויכוח.

התחום הבא שעליו אני רוצה לדבר נקרא ידע פדגוגי ייחודי לתחום הדעת, שהוא שונה באופן משמעותי וברור מידע פדגוגי כללי. זהו ידע פדגוגי שקשור קשר אמיץ לתחום דעת מסויים והוא שונה מתחום דעת אחד למישהו. למשל, לגבי התלמיד זה כולל את התחום החשוב המתפתח במהירות של ידיעה של מיסקונצפציות ופרקונצפציות שילדים באים איתם לבית-הספר והכרה של המיסקונצפציות האלה בכל מיני נושאים שמופיעים בתוכנית הלימודים. המיומנות הקשורה לזה תהיה, למשל, איך לערוך דיאגנוזה ולמצוא מהן המיסקונצפציות או הפרקונצפציות שהתלמידים נכנסים איתן לבית-הספר, על מנת שאפשר יהיה לבנות את ההוראה בהתאם לכך. לגבי תוכניות לימודים, מדובר על ידע של המושגים שמהווים דרישות קדם, מושגים דרושים ללימוד של נושא, כמו

למשל מתמטיקה שדרושה לפיסיקה שהזכיר דוד סלע. המיומנות שצריך מורה לדעת לגבי תוכניות לימודים, היא למשל איך לחבר ולתכנן מעבדה חוקרת ברמות שונות, איך להתאים אותה לתלמידים שונים וכדומה. לדעת שמעבדה או הוראה במעבדה כוללים דיון מוקדם, עבודה וסיכום. לא להסתפק רק בעבודה בלי לתת לה משמעות, מיומנות. הערכה - מה זו בחינה מעשית במעבדה, ואיך מעריכים אותה ואת המיומנות של תלמידים במעבדה.

לבסוף, צריך להכשיר את המורים ליסודות של מקצוע ההוראה. סטודנטים לתעודת הוראה מבלים הרבה יותר שעות בלימוד תכני הלימוד במקצועם מאשר בקורסים להכשרת מורים. בנוסף לכך, בדרך כלל ההערכה המוקדמת שלהם הרבה יותר גבוהה לפרופסורים במקצועות שלהם, מאשר לפרופסורים שלהם בהכשרה. התוצאה מכך היא, שמה שמשפיע השפעה מכרעת על המורים לעתיד, זה מה שהם לומדים, מה שהם למדו כל חייהם בבית-הספר היסודי והתיכון, ומה שהם ממשיכים ללמוד במסגרת הקורסים הדיסציפלינריים באוניברסיטה. קשה מאד לבקש מהאנשים שעוסקים בהכשרת מורים לשנות שינויים דרסטיים תוך זמן קצר, שנה או שנתיים ושעות מועטות יחסית שעומדות לרשותם במערכת השבועית. המסקנה היא שהדרך ההגיונית לטפל בתפישות שונות של Subject Matter, היא בקורסים באוניברסיטה. הייתי רוצה למשל לראות באוניברסיטה קורס שמשמש בשיטה מתקדמת בהוראה, למשל שימוש בגישה הסטורית להוראה. קורס אחר שבו התלמידים יעסקו בניתוח מחקרים. קורס אחר שבו התלמידים יעבדו במעבדות חוקרות. ואם את כל ההתנסויות האלה הם יקנו במהלך לימודיהם, יתנסו בהם כתלמידים, יש סיכוי הרבה יותר גדול שהם אכן ישתמשו בהם מאוחר יותר, במהלך עבודתם כמורים.

השמרנות בבית-הספר מקורה בשמרנות בבתי-ספר קודמים, בשמרנות הצומחת ומשגשגת באוניברסיטאות. עד כדי כך שמדי פעם סטודנט שלי לתעודת הוראה ניגש אלי ואומר, כל הדברים האלה שאתם אומרים על חקר וקידום, כל זה טוב ויפה. ובאמת היה לי בבית-הספר התיכון בביולוגיה התנסויות מהסוג הזה, אבל כשאני בא לאוניברסיטה כל זה נגדע בעודנו באיבו.

הדבר השלישי שרציתי לומר הוא, שלמרות שיש לנו מעט מאד זמן בהכשרת מורים, יש לי הרגשה שגם את הזמן המועט הזה אנחנו לא תמיד מנצלים בצורה יעילה. אני רואה במסגרת הכשרת מורים יותר מדי הרצאות תיאורטיות על איך צריך לעשות דברים ופחות מדי התנסויות של ממש ביישום התיאוריה. מצד שני, אני לא מתכוון לכך שהייתי רוצה שכל מה שמורה ילמד במסגרת הכשרת מורים

זה התנסות כשוליה של מורה בעל ותק בבית-ספר, כי ישנה סכנה גדולה מאד בכך שאותם מודלים שמרניים ימשכו כתוצאה מזה, והרעיונות היפים והחדשניים והיצירתיים שאולי בכל זאת נשמע עליהם במסגרת לימודי תעודת הוראה באוניברסיטה, גם הם יגדעו לפי אותה אימרה מפורסמת שאומר מורה לסטודנט שמגיע אליו. תשכח כל מה שהחבר'ה האלה אמרו לך שם באוניברסיטה, עכשיו אתה אצלי בכיתה, וככה עושים, וככה מלמדים.

לכן מוכרחה להיות איזושהי חוליה מקשרת, כך שמחנכי המורים יוכלו להקנות לסטודנטים שלהם התנסויות בצורה משמעותית. אחד הדברים שאני עושה כבר מספר רב של שנים ונדמה לי שהוא נושא תוצאות חיוביות, הוא דרך הוראה שאני קורא לה מיקרו הוראה, אבל לא המודל הקלאסי של דווייט אלן. במשך שנה שלמה אני מעביר סמינר דידקטי בביולוגיה. החצי הראשון של השנה מוקדש להתנסות, שהיא הוראה על ידי סטודנטים. הסטודנטים מלמדים תלמידי תיכון שבאים לאוניברסיטה כל שבוע. הם מתחלקים לצוותים של שלושה, וכל צוות מכין שיעור שלם, ומתחלק בהוראתו, כך שתלמיד אחד מתחיל, השני ממשיך והשלישי מסיים. את השיעור הראשון בשנה אני נותן לסטודנטים כדי שהם יראו איך אני מעביר אותו. את השיעור השני אני נותן לתלמידי התיכון והסטודנטים צופים. בשני המקרים מנתחים את השיעור שלי. אני חושף את עצמי לחלוטין ומעודד אותם לבקר אותי, כך שנוצרת אווירה של פתיחות שבה הסטודנטים לא רק שמקבלים דוגמא של הוראה כפי שאני מעוניין בה, אלא הם גם פתוחים לביקורת. ואחר כך הסטודנטים מלמדים כל שבוע קבוצה אחרת ואנחנו מקליטים את השיעור בזמן שמלמדים אותו ואחרי שתלמידי התיכון הולכים אנחנו נשארים לניתוח ורפלקציה על השיעור הזה.

בכך אני משיג התנסות אמיתית בהוראה בתנאים יותר מבוקרים. אני משיג הזדמנות להעלות בעיות קונקרטיות ולספק פתרונות המבוססים על הידע והנסיון שלי, על מחקר חינוכי, ודברים רבים שמורה רגיל בבית-ספר אין לו מושג עליהם או שהוא יודע עליהם מעט מאד. אני פותר בזה גם את אחת הבעיות המרכזיות של הכשרת מורים והיא שאנחנו מנסים ללמד את הסטודנטים לפתור בעיות שלא מוכרות להם כלל מאחר ומעולם לא לימדו. אבל אם הבעיות האלה עולות מתוך ההתנסויות שלהם, הן הופכות למאד רלוונטיות ואפשר לדון בהן בצורה משמעותית ולהפיק מכך תועלת. אני מביא את זה כדוגמא לגישה כוללת יותר, זה סוג אחד של פעילות ואפשר היה לחשוב על הרבה פעילויות דומות. תודה.

עוזי צוק:

תודה רבה לפרופ' פיני תמיר. אני מזמין את פרופ' מרים בן-פרץ להציג דגמים קיימים וחדשים בהכשרת מורים.

פרופ' מרים בן פרץ, אוניברסיטת חיפה

דגמים קיימים וחדשים בהכשרת מורים

הנושא שלי הוא דגמים קיימים וחדשים בהכשרת מורים. במקום להתחיל במה שכולנו מכירים והוא היכן מכשירים מורים, כמה שנים וכו', אני אשתדל להתחלק איתכם במסגרת קונצפטואלית שלא מושלמת ולא טקסונומיה, אבל אלה הם קווי מחשבה על כמה הנחות הנמצאות מאחורי הדגמים המוכרים האלה. ההנחות או התפישות האלה יכולות לסייע לנו בניתוח הפרקטיקה הקיימת בישראל ואולי גם בעיצובם של דגמים חדשים.

אתיחס לשלוש קטיגוריות בעניין הזה. הקטיגוריה הראשונה היא תפישת המורה, ומהניתוח של האופן שבו אנחנו תופשים מורה אפשר לגזור תוכניות הכשרה עתידיות ולנתח תוכניות הכשרה קיימות. הקטיגוריה השנייה היא תפישת תהליך ההכשרה עצמו, מה פירוש להכשיר אדם למלא תפקיד פרופסיונלי, וגם כאן יש כמובן מסגרות שונות ומה שאני מציעה הן אלטרנטיבות בתפישות האלה, ולא רשימה מלאה. הקטיגוריה השלישית שהיא חשובה מאד ואולי לפעמים החשובה מכולם, בעיצובם של תוכניות להכשרת מורים, היא הקטיגוריה של אילוצים מעשיים, למרות שזו הקטיגוריה שאולי מכתובה יותר מכל את הדגמים שאנחנו רואים במציאות ואת האפשרות שלנו ליזום ולהכין דגמים חדשים. בתור דוגמא אתן את נושא קליטת העליה או נושא המחסור במורים במדינה כמו קליפורניה. אילוצים אלה מכתובים דגמים של הכשרת מורים.

בעניין הכשרת מורים תופס כלל, שלפעמים נשכח, והוא שמה שלא כדאי לעשות בכלל גם לא כדאי לעשות היטב. יש לפעמים רושם שאנחנו עושים דברים, בין בחיינו האישיים ובין בחיינו המקצועיים, בין בהוראת המדעים ובין בהכשרת מורים במדע או בתחום אחר, שכלל לא כדאי לעשות אותם, אבל למרות זאת אנחנו משתדלים לעשות אותם בצורה הטובה ביותר. יש לזה השלכות. ובכן, האם המורה נתפש כאומן שצריך ללמוד את אומנותו? האם הכשרת המורה צריכה לספק לו את הכלים לביצוע הטוב יותר של אותה אומנות? בתור דוגמא, ניתן לסווג את כל הדגמים של הכשרת מורים במסגרת של הקניית מיומנויות. כל הדגמים

האלה תופשים את המורה כבעל אומנות, וכמו שהחייט יודע לתפור כך המורה יודע להורות ואפשר ללמד אותו, כי יש דרכים מקובלות לעניין הזה. תפישה אחרת של המורה, שהרבה מדברים עליה ומעט מגשימים אותה, היא התפישה של המורה כמקבל החלטות. החלטות האמורות להיות מבוססות על ידע עיוני מקצועי בתחומים שפרופ' תמיר הזכיר קודם כגון פסיכולוגיה, סוציולוגיה וכדומה.

אני אומרת שהרבה מדברים על זה ומעט עושים את זה, מפני שזה אמנם דגם שנראה מאד אטרקטיבי, אבל תרגום התיאוריות לשפת מעשה הוא בעייתי ביותר. כמו כן, המחקר מעלה ספיקות עד כמה המורים מקבלים החלטות על פי דגמים של קבלת החלטות. אבל אלה לא התפישות היחידות והאפשרויות של ראיית המורים כבעלי מקצוע. למשל, האם המורה נתפש כאחראי לתחום ההוראה שהוא מלמד או כאחראי להתפתחותו של הלומד, או כאחראי למילויים של צרכים חברתיים. תשובה אפשרית שהוא אחראי לכל, אמנם נשמעת מצויין, אבל לא מתבצעת ואולי גם לא ניתן לבצע אותה. מערכת החינוך בארה"ב, למשל, דווקא בחידושים וברפורמות שבה, קיבלה החלטה שהמורה אחראי לתחום הדעת. לכן אותו לי שולמן שהוזכר ע"פ פרופ' תמיר, מדבר על דגמים חדשים של התמחויות מורים, במאמץ אדיר לשפר את הכשרת המורים בארה"ב (למרות שהמאמץ מכוון להיות כלל עולמי). הפרוייקט הזה עתיר משאבים אנושיים, פיננסיים, ומשאבי זמן, וכולו ממוקד באחריות המורה ללמד בתחום מדע.

בארה"ב יש מדי שנה כמיליון בנות בגיל הטיפש-עשרה שנכנסות להריון וזה איננו עניינו של המורה, זה אינו שייך להכשרת המורה או לתעודת ההוראה. ובכל זאת, במדינות שונות כמו גם בישראל, המורה נתפש כ"מניף כמה דגלים בו-זמנית". יש היום עוד תפישה של המורה, לא האומן שמלמדים אותו מיומנויות ולא האיש שיודע לתרגם תיאוריות לעשייה על בסיס תהליך מובנה של קבלת החלטות ושל שיקול דעת בין האלטרנטיבות, אלא תפישה שכל כולה אינה אלא יכולת מעשית המתגבשת בזמן תהליך. האנשים העוסקים בזה כמו Connelly ו-Clandinin קוראים לתפישה הזאת Personal Practical Knowledge. כמובן שהתפישה הזו של המורה מעלה ספיקות ביחס למהותו של תהליך ההכשרה, מפני שאיך אפשר לכוון תהליך שבעצם בונה את עצמו על פני חמש שנים או יותר? שוב, האלטרנטיבות מגוונות מאד.

אחד מסלעי המחלוקת בישראל הוא בין מה שקרוי הדגם הבו-זמני והדגם ההירארכי. הדגם ההירארכי הוא הדגם של האוניברסיטאות. קודם תלמדו את ה-Subject Matter, אחר כך נלמד אתכם איך ללמד אותו. ראשית חוכמה - קנה

חוכמה. הדגם הבו-זמני הוא הדגם של הסמינרים והמיכללות, ולדעתי הולך ומתפתח בו אנדרוגינוס מסויים. הדגם של הסמינרים אומר, שצריך לשלב בין לימוד החומר לבין לימוד ההוראה. כלומר, זוהי תפישה שונה של תהליך ההכשרה, וגם זאת רק אפשרות אחת. מה בעצם תפקידו של המחנך? האם הוא מטפל בלומד או ב-Subject? זה נכון גם ביחס לתפישת תהליך ההכשרה, האם הוא ממוקד בחומר הלימוד או בהכרת הלומד.

ושוב, אם נחזור לישראל, הסמינרים שהם פדגוגיים טוענים שרק הם יכולים להכשיר את המורה שיבין לנפש הילד, שידע ללוות את צמיחתו. האוניברסיטאות כמובן גאות ביכולתן לעסוק ב-Subject. אפשר לשלב בין השניים, השאלה היא איך. אבל אלה עדיין לא האלטרנטיבות היחידות. בכוונה אני מציגה כאן גורמים שונים בצורה דיכוטומית שאינם מופיעים בצורה הקיצונית שלהם במציאות, אבל כל אחד מהפרמטרים האלה נותן לנו אפשרות לבדוק הכשרת מורים או לתכנן הכשרה. הדיכוטומיה הברה היא בין התפישה של הכשרת המורים כתהליך פתוח או כתהליך סגור. למה הכוונה? פרופ' תמיר אמר קודם, שהוא יודע איך הוא רוצה שתלמידיו הסטודנטים ילמדו. האנשים שפיתחו כל נושא הוראה זוטא, והיו רבים כאלה, יודעים הרי איך צריך ללמד. זה הדגם הסגור. דגם סגור יכול ללוות נושא כמו למידה בדרך אחרת. יכולה להיות סתירה פנימית בין הפתיחות לבין מה שהיית רוצה שיקרה בכיתה. בין הדרך שפרח ההוראה ילמד לבין הדרך שאתה בעצם מכשיר אותו, האופן שאתה תופש את תהליך הכשרתו. את דגם התפישה הפתוחה אין לנו. דרך אגב, כל אחד מאיתנו חושב שהוא מורה מעולה ולכן הוא יודע איך מלמדים. לכן אמרתי, מה שאני מציגה כאן דיכוטומי ואיננו הייב לתפוס במציאות.

שתי אבחנות נוספות: אנחנו כל כך רגילים לכך שהכשרת מורים היא מוסדית, לא משנה באיזה מוסד. סמינר, מיכללה, אוניברסיטה. אבל מוסד, שבו יש מורים, תוכנית לימודים, מערכת שעות וגם מערכת בחינות. תופשים את הכשרת המורים כתהליך שבו מלמדים באופן מאורגן ומסודר. לעומתה יש תפישה שאומרת, שלא צריך מוסד להכשרת מורים ולא צריך תוכנית לימודים. צריך משהו שהוא mentorship, מעין תהליך שוליה. מי שרוצה להיות מורה ילמד להיות מורה ע"י כך שיעבוד עם מורה. אפשר להרחיק לכת עוד יותר, ולבטל גם את תהליך השוליה, בתנאי שבאיזשהו שלב תוכיח שאתה אמנם יודע ללמד. ואבחנה האחרונה בתפישת הכשרת המורים, ובעניין זה כל המסגרות וכל הדגמים שווים, זאת תפישה שמבחינה בין הכשרת קדם-הוראה לבין השתלמות. כולם אומרים, תלמד עד שתקבל תעודת הוראה, ואחר כך אם תרצה, תלך גם

לחשתלמות. יש תפישה של הכשרת המורים שדוחה את האבחנה הזו מכל וכל, ולפיה אין נקודת חתך שבו אפשר להגיד שחסתיים תהליך ההכשרה להוראה. אין בישראל דגם כזה.

לגבי הבחינות: השאלה החשובה היא מתי בוחנים ולאיזה צורך. בישראל זה פשוט, זהו מאפיין המשותף לכולם, סמינרים, מכללות ואוניברסיטאות - בוחנים עם תום ההכשרה. תנאי המעבר יכולים להיות שונים, והדרישות יכולות להיות שונות, אבל מי שעובר, מקבל תעודת הוראה המוכרת ע"י משרד החינוך המעניק לנושאי רישיון הוראה. יש דגמים אחרים לגמרי עם תפישה אחרת לגבי מועדי ומטרות הבחינות. לי שולמן במשך השנים האחרונות עוסק בפיתוח של דגם בחינות לפרחי-הוראה לפיהם לתעודת הוראה ולרישיון אין משמעות. לאחר שמורה מלמד לפחות חמש שנים, הוא יכול, וולונטרית (כי אנחנו מדברים על ארה"ב), ללכת לבחינות התמחות. כמו שהרופאים יכולים להפוך להיות רופאים מומחים, כך גם המורה יכול להיות מומחה לדרך הוראה מסוימת.

אבל הדגם המעניין ביותר להכשרת מורים הוא דווקא הדגם היפאני. כולם חושבים שאין כמו יפאן, כי היא תמיד ראשונה בכל המבחנים הבינלאומיים, ובודאי בהוראת המדעים או במתמטיקה. איך מורה יפאני מוכיח שהוא יכול להיות מורה? אני נדהמתי כששמעתי פעם את הסיפור הזה מפרופסור יפאני העומד בראש מחלקה להכשרת מורים. הוא די התלונן על העניין הזה. ביפאן לא כל כך חשוב מאיפה המורה בא, ומה הרקע ההשכלתי שלו. כמובן צריך תואר אקדמי, אבל אין חובה לעבור את תהליך הכשרת המורים. מדוע? כי ביפאן, כאשר יש צורך במורים, הם מקיימים בחינות ומתמודדים בבחינה על קבלת העבודה רבותי, לא על קבלת תעודת הוראה או תעודת התמחות, אלא על קבלת העבודה עצמה מתמודדים בבחינות. הם די מתחכמים ועושים את הבחינות בכל המחוזות באותו יום, כדי שאנשים לא יוכלו לרוץ ממקום למקום. וזה פתוח, מי שסיים אוניברסיטה יכול לגשת לבחינות. אם מורה למד את מה שחושבים במחוז מסוים שמורה צריך לדעת, נבחן והצליח, הוא מקבל את העבודה.

אם נשתמש במערכת הזו של מושגים בשביל לבדוק מה קיים אצלנו, אפשר יהיה לומר למשל שבסמינרים הדגם ההכשרתי הוא פדגוגי, הוראתי, בו-זמני ולרוב סגור. כשאני שומעת הוראה זוטא אני נתפסת חרדה, אבל זה מה שיש. בכל מקום שמלמדים בו הוראה זוטא זה כבר נתפש כמאד סגור, כי בהוראה זוטא מלמדים איך ללמד. האוניברסיטאות נמצאות בקצה השני, בדגם אקדמי, הוראתי, לא בו-זמני - המשכי, ואפשר להמשיך ולתת כמה אלטרנטיבות. אחת היא,

אלטרנטיבה של ה-mentorship שכבר הזכרתי, שבה מוותרים על המסגרת המוסדית, והשנייה, לפי הדוגמא של הכשרת מורים בדגם של הכשרת רופאים כמו בקנדה, שהוא דגם בפירוש פתוח, כי הוא מתחיל בפתרון בעיות. הוא הוראתי, הוא בו-זמני וזה די נדיר באוניברסיטאות שעוסקים באיך ובמה באותו זמן, והוא כמובן אקדמי. ודוגמא אחרונה לא מיפאן אלא מסין. מי שבאמת חושב שההוראה היא אומנות וצריך לתרגל אותה, אז מה שאנחנו עושים בדגמים שלנו לא כל כך מוצלח.

הדגם הסיני יותר מוצלח לעומתנו, כי אנחנו כל הזמן פוסחים על שני הסעיפים, אקדמי ופדגוגי, פתוח וסגור - אנחנו רוצים הכל יחד. הדגם של הסינים הוא דגם של רכישת אמנות מסויימת, אבל לא כמו בהוראה זוטא שבה מלמדים איך לשאול שאלות, איך לבחון, ואיך לפתוח ולסגור שיעור. מהיום הראשון שבו פרחי ההוראה נכנסים למסגרת, הם נותנים שיעורים מבוקרים ע"י מוריהם ועמיתיהם. זה לב ליבו של התהליך. אגב, זה לא מפריע לתהליך בסיך להיות מאד אקדמי, מאד אוריינטי. לומדים הרבה מאד Subject Matter, וכמו שחקנים הם חוזרים על אותו תפקיד שוב ושוב כדי לעשות אותו טוב יותר. הם משחקים את תפקיד המורה בכיתה.

דיון

פרופ' שמואל אביטל, המחלקה להוראת המדעים, הטכניון:
אני עובד בהכשרת מורים משנת 1959 עם הפסקה של ארבע שנים. הכשרתי בין 50 ל-100 מורים שברובם הגדול ממשיכים בהוראה. בדברי אתיחס לפרט אחד בשיטת הכשרת המורים בטכניון, שלפי מיטב ידיעתי, זו גם השיטה באוניברסיטאות אחרות בארץ, פרט לשתיים. הכוונה לכך שהתלמיד המתכונן להוראת המתמטיקה בביה"ס לומד את המקצוע בפקולטה למתמטיקה, ומקבל הכשרה לדרכי הוראה במחלקה להוראה (או בפקולטה אחרת). הבעיה היא שבמספר רב של מקרים הסטודנט לא מביא מן הלימודים בפקולטה למתמטיקה תשתית מספקת שאפשר לבנות עליה את הכשרתו להוראה בכיתה. מקוצר זמן אסתפק בדוגמא אחת. כל מורה למתמטיקה חייב לדון בכיתה בחוקי החילוף והקיבוץ. כדי להבין את משמעותם של חוקים אלה עלינו לחשוף את הלומד גם לדוגמאות שליליות של אופרציות שבהן קיים חוק הקיבוץ אך לא קיים חוק החילוף. הדוגמא המתאימה ביותר בבית הספר היא קבוצת הפונקציות והאופרציה של הרכבה. לצערי כמעט אף פעם לא פגשתי תלמיד שהביא עימו מלימודיו בפקולטה למתמטיקה התמצאות בנושא זה. אפשר להביא דוגמאות רבות אחרות. אגיד ברורות, מסיבות רבות אני תומך בשיטה שהמקצוע יילמד בפקולטה למתמטיקה ולא במחלקה להוראה. אולם היה טוב אם המרצים במקצוע יהיו מודעים לצרכים אלה של סטודנטים שפניהם להוראה, וישתמשו בהדגמות מתחומים הקרובים לנלמד בבתי הספר. לא יזיק אם מרצים למתמטיקה יהיו מודעים להבדלים שבין התשתית המדעית של המקצוע לבין התשתית הפדגוגית.

נושא אחר שמתכנני הפקלוטה החינוכית צריכים להיות מודעים לו הוא הרמה של הוראת המקצועות המדעיים במכללות השונות. לצערי יש פה הרבה מה לתקן ומוטב שנה אחת קודם.

נקודה שלישית, שלצערי היא הרבה יותר בעייתית מאלה שהזכרתי קודם, היא רמת המקצועות המדעיים בבית הספר היסודי. בית ספר זה צריך לתת תשתית אריתמטית ואולי גם גיאומטרית שישמשו בסיס ללמידת האלגברה והגיאומטריה בחטיבת הביניים ובחטיבה העליונה. לצערי רוב התלמידים אינם מביאים עימם תשתית כזאת ואנו עדים לתלמידים המוציאים מחשבון כיס כאשר עליהם לחשב 5X7. הגיע הזמן לתת את הדעת לנעשה בהכשרת המורה היסודי.

ולבסוף בחינות הבגרות. לדעתי במדינה קטנה כמו שלנו, שאוצרה הגדול ביותר

הוא כוח האדם המדעי, חיוני שיהיה שלב שימש אתגר לתלמיד המסיים את לימודיו. עלינו לעשות כל מאמץ לשמור ולשפר את טוהר הבחינות, ונלמד לחנך, ולכן גם לבחון, לא רק לידע אלא בעיקר לדרכי חשיבה מדעית. אם נצליח לעשות זאת, נלמד להעריך את חשיבותן של בחינות אלה.

מושב ג' - יו"ר: פרופ' אברהם ברמן, הטכניון

מושב ג' הוקדש לנושא הכשרה והשתלמות מורים - המוסדות המכשירים והמורים, ולקליטה והטבה של עולים חדשים.

פרופ' אברהם ברמן, הפקולטה למתימטיקה, הטכניון: נושא המושב הוא "הכשרה והשתלמות מורים - המוסדות המכשירים והמורים", וירצו בו שלושה, ד"ר דורון מור, ד"ר יהודית ברנסקי וד"ר דוד זינגר. אני מזמין את ד"ר דורון מור לדבר על שיתוף הפעולה בין המוסדות להכשרת מורים באוניברסיטאות ובמכללות.

ד"ר דורון מור, מנהל האגף להכשרה והשתלמות מורים, משרד החינוך:

שיתוף הפעולה בין המוסדות להכשרת מורים באוניברסיטאות ובמכללות

בנושא שיתוף הפעולה בין בתי-הספר לחינוך באוניברסיטאות והמיכללות להכשרת מורים של משרד החינוך, אני מבטט את דברי על שלוש הנחות יסוד.

ההנחה הראשונה אומרת ששתי המערכות הקיימות להכשרת מורים, בתי-הספר לחינוך באוניברסיטאות, והמיכללות והסמינרים להכשרת מורים, שתיהן מערכות לגיטימיות, חיוניות, ולכל אחת יתרונות שיש לטפח וחסרונות שצריך לשפר. הנחת היסוד השנייה אומרת שמקובלת עלינו הגישה הפלורליסטית להכשרת מורים, ושבחברה דמוקרטית יש ברכה בתחרות הוגנת בין מערכות. אבל אנחנו מדינה קטנה, המשאבים שלנו מאד מצומצמים, גם בכוח אדם מעולה, כי כוח אדם תמיד יש, אבל כוח אדם מעולה יש מעט. לכן אנו מצוויים על יעילות ועל חיסכון מירביים. אנחנו לא יכולים להרשות לעצמנו כפילות וביזבוז. והנחת היסוד השלישית אומרת, שלפיכך, העולה משתי ההנחות הראשונות הוא, שאנחנו חייבים ליצור ולטפח שיתוף פעולה וסיוע הדדי ככל שניתן בין שתי המערכות הללו, ע"י ניצול היתרונות של כל אחת מהן. במישור התיאורטי הדברים האלה התקבלו כבר לפני שנים, אבל בפועל הם כמעט לא מתקיימים. היו נסיונות במשך 42 השנה האחרונות ואולי עוד קודם, ליצור שיתוף פעולה והסתיעות הדדית בין שתי המערכות, אבל מנקודת מבט רחבה כל מערכת פעלה בנפרד ונקודות החיבור ביניהן היו קטנות.

בשנתיים האחרונות חל שינוי ונוצר שיתוף פעולה ההולך ומתהדק. מה שאני מתכוון לעשות זה פשוט לספק אינפורמציה. אני חושב שחלק גדול מהאינפורמציה הזאת לא ידוע. ראשית לגבי פורומים של שיתוף פעולה. קיימים ופועלים שלושה פורומים לשיתוף פעולה. הראשון הוא פורום של ראשי בתי-הספר לחינוך ונציגי משרד החינוך והתרבות עם יו"ר רמ"א - ראשי מיכללות אקדמיות. היום יש תשע מיכללות אקדמיות שמעניקות תואר B.Ed או B.Tech.Ed או BSc.Tech.Ed והן משתפות פעולה במסגרת ערה. בפורום זה דנים בנושאי חינוך כלליים. הפורום השני הוא יותר ספציפי. זהו פורום של ראשי המחלקות או החוגים להכשרת מורים. הפורום יושב עם נציגי משרד החינוך ודן בנושא הכשרת מורים למעשה. ה"קליינט" המקבל למעשה את המורים המסיימים את האוניברסיטאות הוא מנהל האגף לחינוך על-יסודי במשרד החינוך וגם הוא משתתף בדיונים.

הפורום השלישי הוא, ליתר ידיוק, ארבע קבוצות עבודה שלקחו על עצמן לטפל בארבעה נושאים. כל צוות כזה מורכב מנציגים של אוניברסיטה אחת או שתיים, מראש אחד או שניים של מיכללות אקדמיות ומנציגי משרד החינוך. הנושא הראשון בו הם מטפלים הוא הוצאת בטאון משותף לנושא הכשרה והשתלמות. הנושא השני הוא הקרדיטציה ההדדית בין שתי המערכות. השלישי, נושא ההתנסות המעשית בהכשרת מורים, והרביעי, מחקר ופיתוח משותפים. למעשה, כמה מן הפרוייקטים שהיו בשלבי דיון בשנה שעברה הם כרגע בביצוע מעשי. הנושא הראשון הוא הבטאון המשותף. החלטנו על הוצאת בטאון משותף לאוניברסיטאות ולמערכת הכשרת המורים של משרד החינוך והתרבות בנושא חקר הכשרת מורים והשתלמותם. השדה הזה הוא שדה רחב מאד וכאשר שומעים מרצים מכובדים מצטטים מחקרים שנעשו בעולם אז הם מצטטים פעם מארה"ב ופעם מסין ומיפאן, ופעם מצרפת ומאוסטרליה. כשהם נשאלים מה קורה בישראל, מסתבר שלא נעשה מספיק, לא אומר מעט מאד, אבל לא מספיק. אנחנו חושבים שיש טעם בבמה כזאת שתתן ביטוי למחקרים בנושאי הכשרה והשתלמות של מורים. גייסנו את התקציב, בנינו מערכת, התחלנו באיסוף חומר והתפרסם קול קורא למחברים. הבטאון יקרא בשם "דרכים בהוראה", והיינו רוצים להוציא את הגיליון הראשון בנובמבר, לאחר חופשת הקיץ. כאמור זהו פרויקט משותף של שתי המערכות.

לגבי נושא הקרדיטציה. יש כאן התלבטות מסוימת, הנובעת מכך שחלק הולך וגדל מהבוגרים בעלי תואר בוגר הוראה של מערכת המיכללות והסמינרים, רוצה ללמוד לתואר שני. בשעתו כאשר מספר בוגרי מערכת המיכללות היה קטן, אפשר

היה לטפל בכל אחד מהם בנפרד. אבל בימינו מספר הבוגרים גדל משנה לשנה וחלק גדול מתוכם כבר לאחר הוראה בפעילה בשטח, במשך שלוש או ארבע שנים ומדרך הטבע אנשים רוצים להשלים או להרחיב את השכלתם, חלקם רוצה לפרוש מההוראה, חלקם רוצה לשוב להוראה עם ידע רחב יותר ואנחנו רואים בזה פוטנציאל גדול מאד להכשרת מורים לחטיבה עליונה. משום כך, בדקנו באוניברסיטאות השונות מהם תנאי הקבלה של בעלי תואר B.Ed ללימודי תואר שני ואנחנו חושבים שבעתיד הלא רחוק זאת תהיה אוכלוסיית יעד מבוקשת. אלה הם מורים שקיבלו את השכלתם המעשית גם במיכללות וגם בשטח והם מבקשים להוסיף באקדמיה את מה שהם מרגישים שחסר להם.

לגבי ההתנסות המעשית, התחלנו בפרוייקט ייחודי במיכללות ואנחנו מציעים לאוניברסיטאות להצטרף אליו. הפרוייקט נקרא ליווי בקליטה ועניינו הוא, שהמיכללות מלוות את בוגריהן בשנת עבודתם הראשונה. לדעתנו, האחריות של המיכללה והנהלתה נמשכת אחרי שהיא לימדה את התלמיד במשך ארבע שנים, ונתנה לו תעודה. האחריות של המיכללה נמשכת עד לראיית הבוגר נקלט במערכת ההוראה ומצליח לעבור את השנה הראשונה שהיא השנה הקריטית ויוצא לדרך המלך.

התחלנו בפרוייקט ניסויי בשבע מיכללות אקדמיות וההדים מהשטח הם הדים נלהבים. מטרת הפרוייקט הן שלוש. הראשונה - סיוע בפועל למורים בשנתם הראשונה. כל מי מאיתנו שהיה מורה זוכר את השנה הראשונה, ויש כאלה שמתבטאים בעזרת המונח טראומה, איזו טראומה זאת להיכנס מעולם שבו אתה מטופח ומגונן ופתאום צריך להתמודד עם כיתה הטרוגנית, עם עולים, בלי עולים, יום חינוך קצר, יום חינוך ארוך. פתאום אתה נשאר לבד. מהעולם ההוא יצאת ובבית-הספר החדש איש לא מכיר אותך. לפעמים יש בתי-ספר קולטים לפעמים לא, ואנחנו צריכים לתת הגנה וסיוע. המטרה השניה היא מניעת נשירה, והיא חופפת באופן חלקי לראשונה. היו מורים טובים שנשברו בשנת עבודתם הראשונה והסכימו לגמור את השנה ולהישאר בהוראה על יסוד העזרה שקיבלו מצוות הפרוייקט. המטרה השלישית היא לא פחות חשובה. מדריכי המיכללה שמלווים את המורים בשטח נוכחים לדעת במה הם שגו בתהליך ההכשרה. הם חוזרים למיכללה אחרי קבלת משוגב מהשטח ומציעים שיפורים בתהליך ההכשרה. זאת המטרה השלישית, השפעה על תהליך ההכשרה עצמו לאור הניסיון המצטבר. משרד החינוך החליט להכפיל את היקף הפרוייקט בשנה הבאה, אמנם לצרכי המיכללות בלבד, אבל אני ביקשתי שנצטרף גם אוניברסיטה אחת או שתיים וכל הקודם זוכה. כמובן שבצוות הליווי ישבו הנציגים של האוניברסיטאות

שתצטרפנה ואנחנו נוכל ללמוד זה מיתרונותיו וחסרונותיו של זה.

נושא פרוייקט נוסף הוא נושא של מחקר ופיתוח. כפי שאמרתי הנושא של הכשרה והשתלמות מורים לא נחקר מספיק. לכן הקמנו את מופ"ת, המכון למחקר ופיתוח תוכניות, המציע או מקבל תוכניות מחקר. בדרך כלל יש עדיפות לתוכניות מחקר משותפות שמשותפים בהם גם חוקרים מטעם המיכללות וגם חוקרים מטעם האוניברסיטאות. באופן כללי אני חושב שקיים כר נרחב לשיתוף פעולה, סיוע הדדי ולימוד הדדי, למרות ואולי אפילו בגלל השוני בגישות. אנחנו פתוחים להצעות ונשמח לשמוע רעיונות נוספים. תודה רבה.

פרופ' אברהם ברמן :

תודה רבה. ד"ר יהודית ברנסקי תדבר כעת על תוכן מול שיטה בחינוך המורה למדעים.

תוכן מול שיטה בהכשרת המורה למדעים

אני עוסקת מזה שנים רבות בהכשרת מורים בכל הרמות באורנים. אם ד"ר מור דיבר על שיתוף פעולה בין המיכללות והאוניברסיטאות, הרי שלנו יש מוסד שממילא מורכב משני הדברים גם יחד.

בעיית הוראת המדעים אולי לא קשורה ישירות לחינוך בבית-הספר היסודי. אבל אני מקווה שבסוף דברי תראו שחוסר הקשר הוא רק לכאורה והקשר הוא למעשה, לפחות לדעתנו, הקבוצה העוסקת בהכשרת המורים היסודיים במדע, משמעותי ביותר. אם נסתכל על המצב של הוראת המדעים בבתי-הספר שיכול היה להיות טוב יותר, אני חושבת שאפשר לראות את זה כמו מעגל קסמים שבאורנים ובקבוצה שאיתה אני עובדת בחרו לשבור. הבעיה בחולייה הזאת היא המורה בבית-הספר היסודי. אני חושבת שכולכם מכירים את המוטו של הנביא התורן של הפטיכולוגיה הקוגניטיבית, דגם הטובל, שלפיו הגורם היחידי המשפיע ביותר על הלמידה, הוא ידע מוקדם של הלומד. אם אנחנו מקבלים את האימרה הזאת ואם אנחנו רוצים להתייחס אליה, אז ברור לגמרי שאנחנו צריכים לטפל בבעיה בשלבים מה שיותר מוקדמים.

כאשר אנחנו רוצים לעשות את זה אנחנו בעצם עומדים בפני קיר גבוה ביותר והוא מצב ההכשרה וההשכלה של המורים היסודיים. אני לא צריכה לספר לפורום הזה שבמשך רוב ההסטוריה של המדינה אני חושבת ש-95% מהמורים היסודיים לא קיבלו שום הכשרה מדעית, לא במסגרת הלימודים הקודמים שלהם ולא במסגרת ההכשרה שלהם. אולי רק בעשר השנים האחרונות התחילו לטפס לתוך המערכת את תוכניות המדע. עדיין לא פתרו למעשה את הבעיה המרכזית שהיא חוסר התייחסות וחוסר אסוציאציות מוחלט של המורים לבעיות מדעיות ביום יום.

אני חושבת שאני לא צריכה בפורום הזה לפרט על האוצר העצום על אושר שגננת יכולה לתת אילו רק ידעה איך, אילו ידעה כיצד לנצל את כל התופעות שמסביבה כדי לעורר ולמשוך את תשומת הלב הילדים לקשר בין מושגים מדעיים שונים לבין מה שקורה מסביב. אני משתדלת להבהיר שאני לא מתכוונת ללמידה מסודרת של נושא זה או אחר במדע, אני מתכוונת באמת להפנייה של תשומת הלב בכל מקרה אפשרי. כמו מורה בכיתה א' שתלמיד שלו בא עם ילקוט כבד על הגב עם רצועות דקות ואפשר אולי להרחיב את הרצועות ולהקל עליו. מה יותר פשוט

מלהבהיר את המושג הזה בלשון לקרוא לו בשם, אבל לתת לילד תחושות והרגשות. כולכם ודאי יודעים את ההבדל בין ילד שבא מבית שבו הוא קיבל אסוציאציות מדעיות, ואני מדברת על ילדים צעירים ביותר, לא ילדים שעומדים לבחור במגמה ריאליסטית, אלא ילדים בבית-ספר יסודי בכיתה ב' או ג' שקיבלו בבית את עולם האסוציאציות המדעיות. הוא יפתח את זה בעתיד בצורה הרבה יותר טובה ופתוחה מאשר ילד שהדבר הזה לא קיים אצלו. כיוון שאנחנו לא יכולים לחנך את ההורים אז כנראה שהדרך היחידה היא בכל זאת לנסות ולעשות משהו עם המורים.

אני בדקתי את הבעיה הזאת יותר לעומק לאחרונה באנגליה, שם ערכנו שאלון על שימוש של מורים בבתי-ספר יסודיים במושגים מדעיים. מדובר במושגים יום-יומיים, לא שום דבר מתוחכם. לצורך המחשה, אחת הדוגמאות הבולטות ביותר היתה נושא של לחץ אטמוספרי, כמו איך עובד מזרק, או איך אפשר למוץ מיץ מתוך בקבוק אטום לגמרי שאוויר לא נכנס לתוכו. הרכבנו שאלון בכיוון הזה עם מספר נושאים נוספים כמו התנדפות, כמו למה כאשר נוגעים בשטיח הוא לא קר והריצפה כן, איפה מופיעה השתקפות של אדם במראה אם היא מודבקת לגוש בטון, וכו'. הדברים היו מאד בסיסיים וגם צורת התיקון של השאלון היתה מאד ליברלית ובאמת רצינו רק אסוציאציות לדברים מוכרים בלי הסברים יותר מדי מעמיקים.

דוגמא אחת היא למה קשה למוץ מיץ מתוך בקבוק אטום והנשאלים היו צריכים להסביר בכמה מילים. דוגמא שנייה קצת יותר מפורטת היא על הכנת מתקן השקיה שיש לו מיכסה ותלמיד מציע לעשות חור מפוקק במיכסה כדי לשפר את זרימת המים. השאלה היתה מה דעת הנשאל על ההצעה, האם הוא מסכים או מתנגד. שאלה נוספת לדוגמא היתה כאשר מנפחים בלון מה מכניסים לתוכו, רק אוויר או גם אנרגיה או שניהם וכך הלאה. חלק מהשאלות האלה ניתנו גם לתלמידים בחטיבת הביניים ו-13 מהם ניתנו למורים. יש לי כאן טבלת השוואה בין המורים בבית-ספר יסודי באנגליה לבין התלמידים. הכל נעשה על דגמים קטנים למדי, בעיקר אצל המורים, כי קצת קשה להניא את המורים בבתי-ספר יסודיים לענות בכלל על שאלונים במדע ולכן התוצאות בהשוואה נראות כך. השמות של השאלות לא כל כך מבהירות, הג'רה, אנחנו כולנו מכירים בארץ, באנגליה זה היה קצת יותר קשה, זה היה עניין של התנדפות, אנרגיה שנצרכת לשם זה. המזוודה והחבילה זה הלחץ כפי שהזכרתי קודם על הרצועות של הילקוט, יש גם משהו במכניקה לחץ במכונית, אני לא רוצה להיכנס כעת לכל הדברים האלה, הספסל בגן זה עניין של מוליכות חום ובסופו של הדבר

ההשוואה בין המורים לתלמידים כפי שאתם יכולים לראות פה היא שתלמידים בגיל 13 חטיבת ביניים הצליחו לענות רק תשובות נכונות של 20% והמורים 54%. זה לא בדיוק שימח את מערכת החינוך באנגליה, אבל אני חושבת שלו הם היו יודעים את מה שבא הלאה אולי הם היו מרגישים עם זה קצת יותר טוב, כי אני רוצה כעת להראות את המורים שלנו בארץ בנושא הזה.

לעומת 54 האחוזים של תשובות נכונות של המורים האנגליים אנחנו בארץ הגענו ל-33. אמנם זה דגם קטן ולא מחקר שצריך להתייחס אליו יותר מדי בכובד ראש, אבל כיוון שהתוצאות היו כל כך מובהקות רציתי להביא את זה בפניכם. היו גם כמה הבדלים מורים ומורות, אבל טוב, כיוון שיש כל כך מעט מורים במערכת אז גם את זה קשה לקחת כמשוטו.

זהו, המסר שרציתי להעביר הוא שצריך להתחיל לטפל בבעיה הרבה יותר מוקדם, כמו שאנחנו עושים באורנים. אצלנו כל מורה וכל גננת ואפילו כל מטפלת של בית ילדים עוברת קורס מדע חובה. זה מוסיף להם הרבה מאד, אבל ההרגשה היא שזה מעט מדי ואם אנחנו מסתכלים על שנת אלפיים אנחנו צריכים להזדרז כי זה עומד ממש מאחורי השער.

פרופ' אברהם ברמן:

תודה רבה. עונג מיוחד הוא לי להזמין את ד"ר דוד זינגר, מנהל בית-הספר אוהל שם ברמת-גן, לדבר על הכשרת המורה לפסיקה כמודל להכשרת המורה למדעים.

ד"ר דוד זינגר, מנהל בית הספר אוהל-שם ברמת גן

הכשרת המורה לפיסיקה כמודל להכשרת המורה למדעים

המודל שאני עומד להציג הוא מודל להכשרת מורים הקרוי In-service Training, בעברית קוראים לזה בדרך כלל השתלמות מורים, אבל כשאומרים השתלמות יוצאים מנקודת הנחה שהמשתלם הוא כבר בעל מקצוע הבא רק לשפר את מיומנותיו, דבר שקשה להגיד על המורים שבאים להשתלם בפיסיקה שרובם הם מורים מזדמנים שההשתלמות הן בדרך כלל ההכשרה שלהם. מניסיון קצר שיש לי גם עם פרחי הוראה באורנים אני יכול לומר שהמודל שאציג מתאים גם לפרחי הוראה.

המודל אינו פרי ניתוח תיאורטי כלשהו, אלא פרי ניסיון מצטבר של שנים רבות בהכשרת מאות מורים. למי שתמה מה למנהל בית-ספר ולהכשרת מורים, אספר בקיצור על הרקע שלי כדי שתבינו מאיפה צמח המודל. למדתי פיסיקה בטכניון וכשהייתי סטודנט בשנה ג' התחלתי ללמד בעפולה. המנהל וגם אני חשבנו שסטודנט בשנה ג' בפיסיקה יוכל ללמד תלמידי תיכון, ואני מודה ומתוודה שההלם שלי היה נורא, כשגיליתי שאני לא יודע ללמד, ושאני לא יודע לענות על שאלות נאיביות של ילדים. הם הביכו אותי לא פעם, שלא לדבר על כך שלא ידעתי לתכנן ניסוי שיצליח. זו היתה עוגמת נפש נוראה. כשסיימתי את לימודי בטכניון נקלעתי להוראה, ולמרות שכבר היה לי תואר בוגר טכניון והתחלתי ללמד בצורה מסודרת, מצבי לא השתפר. עבודתי היתה קשה, לא היה לי עם מי להתייעץ, וכל פעם הייתי המום מחדש כמה מעט אני יודע על הוראה. מילא דברים כמו איך לעמוד בכיתה, שפרופ' תמיר דיבר עליהם, אבל גם על שאלות בפיסיקה לא ידעתי לענות.

למזלי, נוצר קשר ביני לבין קבוצה מופלאה של שלושה מורים בפיסיקה ואני אגיד את השמות שלהם, כי הם שווים שיסגירו אותם. צבי גלר, רפי כהן וחיים קורטי, שקובצו ע"י פרופ' עמוס דה-שליט והקימו את מה שנקרא קבוצת הפיסיקה, קבוצת רחובות. הצטרפתי לקבוצה הזאת, הייתי מורה צעיר ונלהב ואז נפקחו עיני. בשנים האחרונות עסקתי בכתיבת ספרי לימוד, מדריכים למורה, פיתוח תוכניות מחשב. לא הסתפקתי בידע שלי בפיסיקה אז הוספתי עליו תואר בהוראת מדעים. אבל גולת הכותרת של עבודתי היתה בעיני קבוצת רחובות, שבמסגרתה מאות מורים במשך השנים עברו השתלמות קיץ. וכאן אני מגיע למודל אותו אני רוצה להציע. אני בטוח שהוא מתאים לפיסיקה, אבל אני

מאמין שהוא מתאים גם למדעים אחרים. ולא רק ב-Inservice Training אלא גם בהכשרת פרחי הוראה.

המודל מתבסס על כך שלמעשה המורה לפיסיקה הבא להשתלם לא כל כך יודע פיסיקה. לא נעים ללמד אותו פיסיקה אלמנטרית של תיכון, אז איך עושים זאת? אני רוצה לומר בצורה פסקנית שרבים לא יודעים את הדברים האלמנטריים שהם צריכים ללמד. עשינו גם מחקרים במכון ונתקלנו בתופעות מדהימות. אם היה עצם על שולחן, ושאלנו מורים מהם הכוחות הפועלים עליו, למה הם שווים ומהם כוחות התגובה. גילינו שלמורים יש את אותן תפישות מוטעות, misconceptions שיש לילדים. רפי כהן הוא איש צוות שלפני מספר שנים ערך מחקר במעגלי זרם ישר, D.C. מבחן שהוא ערך גילה כי הישגי המורים לא היו גבוהים בהרבה מהישגי תלמידי י"ב. ואלה דברים קלאסיים, מכניקה, חשמל שכל אחד אמור לדעת, שלא לדבר על אופטיקה, פיסיקה מודרנית, גלים, תחומים בהם חוסר הידע הוא משווע. למדל, מה ההבדל בין דמות ממשית ודמות מדומה? אלה דברים פשוטים שקשה להאמין אבל זאת עובדה.

קושי נוסף הוא תיכנון ניסוי. איך מבצעים ניסוי במעבדה? איך מתכננים אותו כך שהתוצאה לא תהיה בתחום השגיאה של מכשירי המדידה? אלה דברים קטנים הקובעים את איכותו של ניסוי, ואם מורים לא שמים לב אליהם הניסוי לא מצליח. הבעיה היא, איך ללמד את כל הנושאים האלה בלי להעליב את המורה. הרי המורה בא להשתלם, במקרה הטוב יש לו תואר בפיסיקה ואם לא אז לרוב הם מהנדסים. בפיסיקה יש הרבה מורים מזדמנים, שהם מורים לביולוגיה, לכימיה או למתמטיקה שמנהל בית-הספר אמר להם, אתם רוצים ללמד מתמטיקה? קחו כעונש כיתה אחת פיסיקה. והם צריכים להתמודד עם זה. אז איך מלמדים אנשים מבוגרים כאילו היו תלמידי תיכון? השיטה שלנו הוכיחה את עצמה בפופולריות הרבה של ההשתלמויות שהיו ועדיין מתקיימות במכון ויצמן בחופשות הקיץ.

המודל שאני מציע הוא לקחת מורים טובים, ולתרגל סימולציה שבה המשתלמים הם תלמידי כיתה. ובלי בושה המורה המלמד בהשתלמות מלמד אותם כאילו היו תלמידים. כמובן שאפשר ורצוי להעשיר, אבל פותרים איתם את התרגילים שבספר, מבצעים את הניסויים כאילו היו תלמידים, מציגים שאלות שתלמידים שאלו ואפשר להביך מורים בשאלות הפשוטות ביותר שתלמידים שואלים, כגון למה ראי הופך בכיוון שמאל ימין ולא בכיוון מעלה מטה. נכנסים לפרטי פרטים של ההוראה ומלמדים בצורה של דוגמא אישית. בצורה כזו גם מועבר המסר

המתודי הדידקטי, כלומר המשתלם רואה לפניו מורה ואני חוזר, הוא חייב להיות מורה. כי כשאיש אקדמיה מעביר השתלמות אז יש תמיד רתיעה או אותה אימרה מפורסמת "מה אתה איש האקדמיה יושב במגדל השן ואומר לי איך ללמד, אתה לא יודע בכלל איך נראית כיתה".

למה ההשתלמויות צריכות להיות בחסות אקדמית, ולא בבית-ספר כלשהו שיש בו מורה טוב? פרופ' פיינגולד דיבר קודם על מרכזים שיעבדו בהם מורים. רצוי שהמורים האלה יהיו קשורים לאקדמיה בצורה כלשהי. דובר כאן על *misconceptions, preconceptions, problem-solving*, ומושגים אחרים בתחום המחקר החינוכי. תבדקו כמה מורים מודעים למושגים האלה. לצערי קרה לא למעט מורים שעם הצטרפם לאקדמיה עזבו את ההוראה והתרחקו מבית-הספר. נדמה לי שפרופ' פיינגולד הוא זן נדיר שעוד נשאר מורה, לא? מורים מעולים שמצרפים אותם לאקדמיה אבל הם ממשיכים ללמד, עם הניסיון היום יומי שלהם הם תמיד עם יד על הדופק. הם יודעים איך נראה תלמיד, לא רק דרך שאלון. הם יודעים איך לדבר אל תלמיד. מצד שני הם קשורים לאקדמיה ולאנשי המחקר, אשר קולטים מה שנעשה בעולם ומעבירים את זה בצורה מסוימת למורים. זו השיטה שאני מציע ללמד בה בקורסי השתלמות ואני חוזר, לא רק בהשתלמויות מורים אלא גם בהכשרת פרחי הוראה.

דיון

פרופ' זויסטובסקי:

ד"ר זינגר, אתה הזכרת את מחנות הקיץ ברחובות. האם ידוע לך שלפני מספר שנים היו דברים דומים בטכניון לכל דשת המורים של משרד החקלאות? המורים באו לטכניון, לפעמים הביאו את המשפחות בערב, קיבלו הרצאות והדגמות, ועשו תרגילים במעבדה. אני חושב שזה היה לתועלת רבה. מדוע זה לא נעשה היום אני לא יודע.

שנית, הזכרת את בעיותיך כמורה מתחיל. אגלה לך סוד. לסטודנטים שלי יש את אותן בעיות. חוסר ידיעה של הגדרות בסיסיות בפיסיקה. אם הבסיס לא קשוח ובנוי היטב, כל הבניין שאנחנו בונים עליו מתמוטט.

ד"ר דוד זינגר:

לגבי החלק הראשון, דיברתי על מכון ויצמן כי שם עבדתי. לנו לא התאפשר הלוקוס לארח משפחות בהשתלמויות, בקושי היה לנו תקציב להשתלמויות לבד. בקשר לשאלה השנייה שלך, אני לא מוריד מערך מעשי הטכניון, אני לא ידעתי מה שנעשה פה. באופן כללי בארץ יודעים מה נעשה בסיאטל, אבל ברחובות לא יודעים מה שנעשה בחיפה ולהיפך.

פרופ' זויסטובסקי:

אני חושב שאלה שבאים לטכניון או למכללות אחרות אין בסיס פיסיקלי טוב, לא רק מבחינת ההיקף, אלא גם בהבנה של דברים בסיסיים.

ד"ר דוד זינגר:

השאלה היותר קשה היא למה הם יוצאים מהטכניון עם אותו חוסר... אני גם עוד לא מבין למה הם נכנסים לטכניון ברמה הזאת, אבל למה הם יוצאים עם אותה רמה?

פרופ' ברקוביץ:

אני בא מהטכניון, ואני אעיר הערה שאני מקווה שתיפתח מחשבות. שמעתי היום מספר פעמים את אותו הרעיון בצורה שולית, ואני רוצה לרכז אותו בגלל שאני חושב שזה מרכזי. פרופ' תמיר אמר sine qua non, הדבר הראשון כמעט שמורה צעיר צריך זה השכלה כללית, יותר מאשר את המקצוע שלו ויותר מאשר פדגוגיה. שמענו גם שהגורם המשפיע ביותר על הלמידה הוא מה שהלומד כבר

יודע, ועל בסיס זה אפשר לבנות. אם נצרף את שני הדברים נגיע למסקנה שהמורה הטוב, יהיה זה שהוא בעל השכלה כללית שממנה הוא יכול לשאוב כדי לענות לבעיות ולשאלות של תלמידים.

זהו בעצם מעגל אחד. ילדים לא באים עם השכלה מורחבת או ידע כללי מהבית, כי ההורים לא יודעים לענות יותר מאשר המורים. את מי לימדנו לפני 15-20 שנה? את הדור הקודם שגם יצא בלי ידע והם היום ההורים, והיות והם לא למדו כלום אז הם לא יכולים לענות לילדים. הילדים עכשיו ילמדו ממורים שלא ידעו כלום, שלא למדו מההורים שלהם, שלא למדו ממורים שלא ידעו וכן הלאה. צריך לשבור את המעגל ולהתחיל מהשאלות הפשוטות והבסיסיות ביותר, דווקא אצל מורים מתמחים או שכבר מומחים.

הצרה שלנו היא שאנחנו בתור מורים ופרופסורים, עונים בצורה מדעית על שאלות במדע, והסטודנטים לומדים את זה מאיתנו. אנחנו פותרים בעיות בפיסיקה ע"י מישוואות, ולא נכנסים לשאלה למה זה כך, מאיפה באים הכוחות האלה. $F=MA$ זאת משוואה מצויינת, יש בה שיווי משקל והכל טוב ויפה. אבל אף אחד לא נכנס לשאלה למה זה כך, וזאת השאלה שצריך לענות עליה. בזאת אסיים. יש מורה באחד מבתי-הספר התיכוניים ששואל אותי כל שנה בדצמבר מדוע היום הקצר ביותר בשנה הוא ב-22 לדצמבר ושקיעת החמה מתחילה להתאחד שוב ב-6 לדצמבר. אני מסביר לו את זה פעמיים כל שנה, והוא לא תופס. יכול להיות שההסבר שלי לא טוב, כי גם אני הולך לפי מישוואות.

אברהם דגני, בית הספר הריאלי:

אני חושב שבויכוח שיש כאן מתעלמים מדבר אחד בסיסי, והוא שהיום אנשים טובים לא פונים להוראה, ואם לא יפתרו את הבעיה הזאת אז אין מה לדבר על הכשרת מורים ועל קורסים למורים וכו'. מי שהולך להוראה בגלל שפיטרו אותך מרפא"ל לא יכול להיות מורה טוב, רק אם הוא יתלהב מזה. יש אחוז מסויים שנדלק על זה, אבל הרוב היו חוזרים לרפא"ל בהזדמנות הראשונה. הרוב רואים את עצמם כמורים בעל כורחם ולא מרצון וזאת הבעיה. ולכן חוסר הידע, וחוסר המוטיבציה, כי אם למורה יש מוטיבציה ורצון אז יש לו גם את הידע והוא יודע גם לענות על שאלות, בעזרת קורסים כמו של קבוצת רחובות או של הטכניון. מורה שאיכפת לו ידע לענות על השאלות ויהיה מורה טוב. הבעיה היא שהיום יש חסר בזן הזה של מורים. אנחנו זורעים כעת את הזרעים של העתיד לעוד 15-20 שנה, ועל זה אנחנו צריכים להילחם יותר מהכל. דיברו על מעמד המורה ועל מקצוע עם כבוד וכסף, אבל אף הכשרת מורים לא תעזור למורה

בלי מוטיבציה ומורה הרואה את ההוראה כעונש, כי פיטרו אותו ממקום אחר.

פרופ' אברהם ברמן:

תודה רבה. אני מתכבד להזמין את מר שמואל אדלר שידבר על היערכות משרד הקליטה לקראת עלייה של אנשי מדע וטכנולוגיה.

מר שמואל אדלר, מנהל המרכז לקליטה במדע, משרד הקליטה

היערכות משרד הקליטה לקראת עליה של אנשי מדע וטכנולוגיה

אפשר לפתוח בקביעה, שמשרד הקליטה ערוך חלקית לקליטת גל העליה הצפוי של מהנדסים, מדענים וחוקרים מבריה"מ. אחזור קצת לתחילת שנות ה-70 בהן הגיע הגל הראשון של עליה מבריה"מ ובאמת אז היתה הרגשה שמדינת ישראל לא ערוכה בכלל לקליטת מדענים וחוקרים במספרים משמעותיים. לא היה אף גוף מיוחד לטיפול במדענים וחוקרים, ואז מכמה צדדים הגיעו לחצים על הממשלה להקים גוף שתפקידו יהיה לטפל בנושא. מצד אחד, ראשי המוסדות להשכלה גבוהה שלפחות שלושה מהם היו פעילים בנסיונות לאפשר ליהודים לצאת מבריה"מ. הראשון היה אלכסנדר גולדברג ז"ל שהיה אז נשיא הטכניון, השני היה פרופ' יובל נאמן שאז היה נשיא אוניברסיטת ת"א, והשלישי אברהם הרמן שהיה אז נשיא והיום נגיד האוניברסיטה העברית.

מצד שני, המדענים הראשונים שהגיעו ב-71' ו-72' וראו שתהליך הטיפול בקליטתם לא היה טוב, הפעילו גם הם לחצים על הממשלה להקים גוף שירכז את הנושא. גם הגוף שהיה אז אחראי על קביעת המדיניות המדעית בישראל, המועצה הלאומית למחקר ופיתוח שהיה אז חלק ממשרד ראש הממשלה, הגיע למסקנה שיש לעשות משהו. שלושת הגורמים האלה התחברו ביחד ונפגשו עם ראש הממשלה דאז גולדה מאיר ז"ל, ולאחר דיון של 11-12 שעות, הוחלט להקים גוף מיוחד אשר יטפל בקליטת מדענים עולים. הוא נקרא המרכז לקליטה במדע. בהתחלה המרכז הוקם במסגרת המועצה הלאומית למחקר ופיתוח במשרד ראש הממשלה, אבל לאחר שנתיים של פעילות הוחלט להעביר את הגוף למשרד הקליטה מהטעם שאי אפשר לטפל רק בבעיות התעסוקה של המדען, אלא יש לתת לו ולמשפחתו טיפול הרבה יותר כוללני. החל מ-76' פועל הגוף כחלק ממשרד הקליטה.

מאז הקמתו טיפל המרכז בקליטת כ-4,500 מדענים עולים וישראלים חוזרים וסייע להם להיקלט במערכת המחקר והפיתוח בארץ. מתוכם קצת פחות מ-1,900 הגיעו מבריה"מ. מחקרים שנעשו על תהליכי הקליטה והתיפקוד של המרכז בשנות ה-70 מראים שהוא מילא את הציפיות ממנו בכ-80% מהמקרים, אם אפשר לתת ציונים. אחת הבעיות הראשונות עם הקמת המרכז היתה להגדיר מהו מדען. כמובן שעם כל הגדרה אפשר להתווכח, אבל בכל זאת צריך לקבוע פרמטרים. לבסוף הוחלט שהמרכז יטפל בכמה קבוצות מדענים. הקבוצה הראשונה היא בעלי תואר Ph.D או תואר מקביל לו המוכר בארץ. התואר המקביל לתואר שלישי

בבריה"מ, למשל, הוא קנדידטנאוק. כמו כן, צריכים להיות להם לפחות שלושה פירסומים בכתבי עת אקדמאיים מוכרים ולפחות שלוש שנות ניסיון במחקר ופיתוח טרם עלייתם. היוצאים מן הכלל הם אנשים שהיו בסירוב ופוטרו בגלל זה מעבודתם, ולגביהם אנחנו לא מתחשבים בתקופה שבה היו מפוטרם. הקבוצה השנייה היא בעלי תואר שני, בעלי ארבע שנות ניסיון לפחות במחקר ופיתוח לאחר קבלת התואר ולפני עלייתם ארצה, ואשר זוקפים לזכותם לפחות שלושה פירסומים מדעיים או שלושה פטנטים. הקבוצה השלישית כוללת בעלי תואר שני, או מקביל לו שיש להם לפחות ארבע שנות ניסיון במחקר ופיתוח תעשייתי, אותה אנחנו מסייעים לקלוט במחקר ופיתוח תעשייתי בארץ.

השירותים שאנחנו נותנים למדען שמגיע או עומד להגיע, ואני מתייחס רק לדברים הקשורים בהשתלבותו בפעילות מחקרית בארץ, היא לסייע לו בכתיבת קורות חיים בצורה שיכולה להציג את תעודת הזהות המדעית שלו בקרב הקהילה המדעית פה בארץ. על סמך קורות החיים אנחנו בעצמנו מנסים לקבוע מהו הפרופיל המקצועי שלו, לתת לו אינפומציה על מערכת המחקר והפיתוח ואפשרויות הקליטה בארץ. אחר כך אנחנו מפיצים את קורות החיים שלו למעבידים פוטנציאלים ולמוסדות אפשריים בהם הוא יכול להשתלב בעבודה מחקרית בארץ.

בדרך כלל אנחנו מקבלים אחד משלושה סוגים של תשובות. תשובה נדירה, שבשנות ה-70' היתה קצת פחות נדירה, היא "זה בדיוק האדם שאנחנו צריכים, תשלחו אותו מהר אלינו". אם הוא עונה לציפיות הוא נקלט במקום העבודה אחרי הראיון הראשון או השני. הסוג השני של תשובות נפוץ מאד, והוא "מצטערים, אנחנו לא זקוקים לאדם בעל כישורים אלה", או "הכישורים שלו אינם עונים לצרכים שלנו". הסוג השלישי הוא תשובות כגון "האדם מאד מעניין אותנו, אנחנו בהחלט יכולים להשתמש בכישורים שלו, הוא יכול לתרום לנו, אבל...". ויש כל מיני וריאציות של אבל. "אבל אינני פנוי כרגע כדי לקלוט אותו אבל אולי בעוד כמה שנים", "אבל הגשנו בקשות לקרנות לגיוס כספים, טרם קיבלנו תשובות והאדם יכול לתרום לקידום הפרוייקט" ותשובות דומות.

באותם מקרים אנחנו יכולים לסייע מבחינת תשלום המשכורת במלוואה או באופן חלקי, תלוי במשא ומתן. אנחנו עובדים לפי מודל של מינימום-מקסימום. אנחנו מנסים לתת מינימום כספים, היות ואלה כספי משלם המיסים, תמורת קבלת מקסימום הבטחות לגבי המשך העסקתו של אותו מדען. הבעיה היא שבדרך

כלל שותפנו למשא ומתן עובד גם הוא לפי אותו מודל, אבל בדיוק הפוך. כלומר, הוא מנסה להוציא מקסימום כספים מאיתנו ולתת מינימום הבטחות כלפי העתיד. מתוך הניסיון של שני הצדדים איכשהו מוצאים את הנקודה האופטימלית והמדען נכנס לעבודה. אבל זה לא הכל, יש לקבוע מי יהיה האחראי המקצועי שלו במה בדיוק הוא יעסוק, אם הוא יכול באותו זמן להמשיך ללמוד עברית או אנגלית או מחשבים וכו'. כל הפרטים האלה נקראים תוכנית קליטה של המדען בתוך המוסד.

השאלה היא אם המודל שעבדנו איתו בשנות ה-70 וה-80, כאשר הגיעו כל שנה בין 100 ל-150 מדענים, יכול לעבוד גם בשנות ה-90 עם גלי העלייה הצפויים. לפי נתונים שאספנו מהנרשמים לעלייה מבריה"מ, מתוך עלייה של קרוב ל-100,000 יהודים מעל 50% מהאוכלוסיה העתידה לעלות לארץ שייכים לכוח עבודה אזרחי. כוח עבודה אזרחי הוא אנשים בין הגילאים 18-65 בעלי רצון או פוטנציאל לצאת לעבודה. זה לא כולל סטודנטים, חיילים בסדיר, פנסיונרים ועקרות בית. בארץ אני חושב שכ-35% מהאוכלוסיה שייכים לכוח העבודה האזרחי. בקרב האוכלוסיה היהודית זה מתקרב ל-40%. כלומר, יש פער בין האוכלוסיה היהודית במדינת ישראל לבין אוכלוסית גלי העלייה הצפויים. נניח שאנחנו מדברים על כ-50,000 שירצו לצאת לעבוד כשהם יגיעו ארצה. אחוז האקדמאים בקירבם, או עובדים במקצועות שדורשים השכלה על-תיכונית, הוא כ-60%, לעומת 22% בקרב האוכלוסיה היהודית בארץ, וכבר עכשיו יש לנו במדינת ישראל בין השיעורים הגבוהים ביותר בכוח אדם אקדמאי או עובד במקצועות הדורשים השכלה על-תיכונית. יש רק מעט מאד ארצות שעולות עלינו. זה לא היה נכון בשנות ה-70, אשר בתחילתם היו כ-12% אקדמאים בקרב מהאוכלוסיה הישראלית, אבל בקרב העלייה שהגיעה בשנות ה-70 מבריה"מ, 40% היו שייכים לקבוצה זו.

מתוך 50,000 העולים האלה אנחנו מעריכים שיהיו כ-12,000 מהנדסים. אני חושב שהיום בישראל עובדים כ-30,000 או 35,000 מהנדסים. ואם תוך שנה אחת יגיעו 100,000 יהודים מבריה"מ האוכלוסיה תגדל בכשליש. אנחנו צופים שיהיו בין 3,000-4,000 רופאים, שיתווספו ל-8,500-8,000 רופאים ורופאי שיניים שכבר יש במדינה, וגם ביחס בין מספר הרופאים לבין גודל האוכלוסיה ישראל כבר עכשיו מובילה. אנחנו צופים גידול של 40% בבת-אחת במספר הרופאים ורופאי שיניים שיגיעו לישראל. אנחנו גם צופים שיהיו בקרבם כ-4,000 מורים, למרות שכפי ששמענו יש הרבה אנשים שהיו רוצים להגדיר את עצמם כמשהו אחר אבל בליט ברירה עובדים כמורים.

נוסף על זה אנחנו צופים כ-2,000 בוגרי אוניברסיטאות במדעי הטבע ומדעי החיים, ועוד כ-2,000 בתחומי מדעי החברה והרוח, ועוד כ-2,000 בתחומי האמנות, הספרות, המוסיקה וכו'. בהתאם לניתוחי הסטטיסטיקות, אנחנו צופים שבין 1,500-2,000 איש יפלו בקטיגוריות שצינתי קודם, כלומר יהיו זכאים לסיוע ממרכז הקליטה במדע. היום להערכתנו פעילים במדינה בין 12,000 ל-15,000 מדענים. כלומר גם פה אנחנו צופים גידול של 10% עד 14% במספר המדענים שיגיעו ארצה, ואחם יודעים כמה קשה היום לקלוט מישהו במוסד להשכלה גבוהה. יש לנו סגל צעיר יחסית ומעט מאד אנשים יוצאים לפנסיה, המוסדות אינם מתרחבים, וגם בגלל בעיות כמו אלה ששמענו היום, שמספר מקבלי תעודות בגרות לא גדל בשנים אחרונות, ואין גידול בפוטנציאל הסטודנטים, כמו שהיה בבייבי בום של תחילת שנות ה-70'.

צפוי גידול מה במספר הסטודנטים, אנחנו צופים שמתוך 100,000 עולים יהיו בין 3,000 ל-4,000 שירצו ללמוד באוניברסיטאות ועוד 1,000-2,000 במוסדות על-תיכוניים אחרים. אם יש כ-60,000 סטודנטים במוסדות להשכלה גבוהה, אנחנו מדברים על גידול של 5% שהוא משמעותי. השאלה היא אם זה חד-פעמי או שגלי העלייה ימשיכו בקצב כזה ויהוו השלכה משמעותית לעתיד. אבל ברור שכל גל עליה גם מביא לביקושים פנימיים כתוצאה מגידול אוכלוסייה. כלומר, 100,000 עולים יצטרכו גם אחוז מסויים של רופאים. יהיו יותר תלמידים וסטודנטים ויהיה צורך במורים ואנשי סגל כדי ללמד אותם, כך שכל גל עליה גם מביא לתוספת ביקוש בכוח אדם.

נחזור לשאלה המקורית, אם אנחנו ערוכים לקליטת העלייה. אני בדעה שמרכז הקליטה במדע לאחר מספר קטן של שיכלולים יהיה מסוגל בהתאם לשיטות הקיימות למצוא פתרונות במחקר ובפיתוח למחצית מהאנשים, כלומר בערך 750 איש. השאלה היא מה עושים עם המחצית השנייה. כאן יש לדעתי לפתח כלים חדשים, חלק מהם כבר בשלבי הקמה, וחלק יתנו פתרונות יותר גדולים. אני לא חושב שיש פתרון אחד או תשובה אחת לכל ה-750, אלא אנחנו צריכים לעבוד בכמה מסלולים ובכמה כיוונים כדי למצוא פתרון לבעיה בכללותה.

בין הכלים החדשים שהוקמו יש קרן חדשה שהוקמה באמצעות משרד המדע, והיא תיתן מענקי מחקר לעולים שהם עד חמש שנים בארץ. אנחנו במרכז לקליטה במדע נמייין את האנשים מיון ראשוני, הטובים ביניהם בהתאם לעדיפויות שמשרד המדע יקבע יוכלו לגשת לקרן והמצויינים שבין הטובים יזכו בה. היא תאפשר להם פעילות של שנתיים שלוש, כי היא מכסה גם את המשכורת ולא רק הוצאות

מחקר אחרות. במקביל אני במשא ומתן עם המדען הראשי במשרד המסחר והתעשייה כדי ליצור פתרון דומה במחקר ובפיתוח התעשייתי, אבל דווקא בכיוון ההפוך, כדי שיהיה כדאי לתעשיינים לקלוט מדענים עולים כדי להכין את הפרוייקט לפני שמגישים אותו למדען הראשי במשרד המסחר והתעשייה. היום אנחנו יודעים שהתעשייה לא כל כך מוכנה להשקיע בטרם-פרוייקטים. הם בקושי מוכנים להשקיע בפרוייקטים קיימים. אנחנו מנסים לעודד אותם להקים מנגנון לקליטת אנשים, ודווקא עולים חדשים. אומרים שמה שטוב בהם זה דווקא הראש היהודי יותר מהידע הממשי שהם מביאים מבריה"מ, וכל מה שהם לא מסרו לרשויות ושמרו אצלם בבטן ובראש הרבה שנים. צריך ליצור מנגנון שיקלוט אותם בטרם-פרוייקטים בתעשייה ויבטיח המשך ע"י מימון של המדען הראשי.

תוכנית נוספת הוקמה בסיוע של תורם מחו"ל במסגרת האקדמיה למדעים. כאן מדובר באמת על קבוצה סלקטיבית של 3-5 מהמדענים היהודים הדגולים ביותר בבריה"מ ולנסות למשוך אותם ארצה למוסדות להשכלה גבוהה. אבל זהו פתרון אליטיסטי למספרים קטנים ביותר. מסלול נוסף הוא מסלול של חוקרים-מורים. אני יודע שקרן רוטשילד כבר תרמה קצת כסף לפיתוח הנושא הזה. יש לנו שני ניסיונות לא כל כך טובים עם זה, דווקא עם ישראלים חוזרים שנקלטו בחצי משרה בהוראה בתיכון ובחצי משרה כחוקרים במוסד להשכלה גבוהה. אחרי שנתיים שלוש של עבודה במסלול הזה, שני המדענים שעבדו בזה היו מלאים תיסכולים על כך שהם חייבים לעבוד בחצי משרה בהוראה בתיכון ולא יכולים להמשיך לעבוד כחוקרים במשרה מלאה. בשיחה האחרונה שהיתה לי איתם שמעתי שהם שוקלים ירידה בחזרה לחו"ל, ואני חושב שהאנשים שמטפלים בנושא צריכים לקחת את זה בחשבון ולנסות להפוך את העניין ליותר אטרקטיבי.

בכל זאת, ניתן לפתח את הנושא בשיתוף עם משרד החינוך והרשויות המקומיות. כמובן, שכאשר מדובר בעלייה מבריה"מ בעית השפה היא קשה מאד, אבל יותר ממנה, קשה הבעיה של הרקע התרבותי וההבדלים בין התלמיד הישראלי לתלמיד בבריה"מ. אבל אני בהחלט חושב שכל הגורמים, כולל המוסדות להשכלה גבוהה, ומשרד החינוך, צריכים לחשוב על האפשרות להתחלק בכמות המשרות שיש לחוקרים, ומצד שני למצוא פתרון לבעיה הכאובה של מורים מוסמכים בנושאים מדעים וטכנולוגים, במיוחד לבתי הספר התיכוניים.

הדבר האחרון שאני רוצה להציג הוא מסלול להכשרת אלה שזקוקים להכשרה נוספת או התאמה לצרכים של הארץ. זה חייב להיעשות יחד עם מוסדות ההשכלה הגבוהה. אני חושב על משהו דומה למה שהמרכז שלנו עושה עם רופאים. יש

בארץ חוק חדש האומר, שכל רופא עולה שיש לו פחות מ-20 שנות ניסיון, חייב לעבור בחינות כדי לקבל רשיון. המסלול הוא שלושה חודשים באולפן, שטיק המאמץ בהם מופנה ללימוד עברית טכנית (ולא איך לקנות חלב ולחם במכולת או כרטיסיה באוטובוס), ושישה חודשים נוספים בהם ממשיכים כמובן ללמוד עברית טכנית אבל בנוסף לומדים באופן עיוני ומעשי לימודי רפואה, כמו הסתגלות בבית-חולים. אחרי תשעה חודשים הם מוכנים לחיבון ובאמת מקרב עולי מזרח אירופה יותר מ-80% שעברו את המסלול עברו את הבחינה, לעומת 30% או 40% שעברו את הבחינות בלי לעבור את המסלול.

נוסף על זה, אני פונה לכולם פה כי אני חושב שזה אתגר לאומי גדול. אנחנו לא יודעים כמה יגיעו, אתם קוראים עיתונים בדיוק כמוני וכל אומדן הוא ניחוש. אבל סביר בהחלט שתוך עשור או חצי עשור יגיעו מיליון יהודים מבריה"מ. אני חושב שצריך להקים קבוצות מחשבה בכל מוסד אקדמאי. אני יודע שבטכניון, באוניברסיטה העברית, באוניברסיטת תל אביב ובמכון ויצמן יש או רוצים להקים קבוצות כאלה.

מה שברור, ובזה אני רוצה לסכם, שכל פתרון שהוא אסור שישען לטווח ארוך על הקופה הציבורית. בהחלט יש נכונות לממן מה שצריך לטווח הקצר או הבינוני, אבל בסופו של התהליך צריך לשאת את עצמו. תודה רבה.

פרופ' אברהם ברמן:

תודה רבה. אני רוצה להזמין את גברת טרטקובסקיה, מורה בבית-ספר "אורט" קרית ביאליק ועולה ותיקה. היא תדבר על בעיות בקליטתם של מורים עולים.

בעיות בקליטתם של מורים עולים

כשאני הגעתי ב-75' הגיעו לכאן יותר מ-100 מורים למתמטיקה, פיסיקה וטכנולוגיה. למדנו בקורס בטכניון, ואני חושבת שזה היה הקורס הראשון בטכניון למורים למתמטיקה ולפיסיקה, ואני חושבת שהנהלת הטכניון לא כל כך ידעה מה לעשות איתנו. אבל הסתדרנו יפה וכולנו הלכנו לבתי-הספר. הגעתי ארצה ב-74' וב-75' התחלתי לעבוד ואני עדיין עובדת בבית-ספר "אורט" קרית ביאליק. אני חושבת ש-78' עד 89' כל שנה הגיעו ארצה לצפון 3-4 מורים למתמטיקה, וכולם הסתדרו יפה. עכשיו יש לי רשימה של 23 מורים למתמטיקה ולפיסיקה שהגיעו בזמן אחרון ובעוד חודשיים הם גומרים את הקורס, אבל כמו שהיה ב-75', הנהלת מרכז הקליטה עדיין לא יודעת מה לעשות איתם.

כשסיפרתי למורים מה צריך לדעת ומה הקשיים של מורה שבא לבית-הספר הם שואלים, למה לא נותנים לנו את הכל, למה לא נותנים את התוכניות שקיימות בארץ ישראל. כמה בתי-ספר יש בחיפה? כמספר בתי-הספר, כך מספר התוכניות. אצלנו יש 18 כיתות י"ב, ולא כולן לומדות באותה תוכנית. המורים שבאים מרוסיה רגילים לעבוד לפי תוכנית אחת, ולפי אותם ספרים שאף פעם לא היו בהם שגיאות. וכאן ב"אורט" יש הרבה שגיאות, גם בתשובות, גם בפילוסופיה של התרגילים, וגם בלוגיקה של המשפטים של הבעיות. זה מאד קשה לזרוק מורה לים ולהגיד לו תציל את עצמך איך שאתה יכול. מי שיכול באמת ממשיך, ומי שלא יכול יורד מהמסלול למורים למתמטיקה, אבל לא בגלל שהוא לא מורה טוב, כי המורים למתמטיקה ברוסיה מסיימים אוניברסיטאות בגלל שזאת היתה הדרך הכי קלה ליהודים להסתדר.

לכן אני חושבת שהמורים שבאים הם לא מורים שלא יודעים. עד היום אני מסבירה גיאומטריה במרחב למורים ומורות צברים, אפילו כאלה שלמדו בטכניון. הקשיים הם, למשל, בזה שכל התוכניות שונות בכל בית-ספר. בבית-הספר שלנו, אנחנו מלמדים לפי התוכנית החדשה. כאשר אנחנו מלמדים וקטורים ומשוואות דיפרנציאליות, באותה רמה של 3,4,5 יחידות, בבתי-ספר אחרים עדיין מלמדים חקירה של משוואות ריבועיות. זה נורא, מורה בא לבית ספר והוא לא יודע מה ללמד. בזמנו כשבאתי ל"אורט" נתנו לי שלוש כיתות. כיתה אחת היתה טובה והיא הצילה אותי בבית-ספר. שתי האחרות היו מסמ"ם. נכנסתי לכיתה והסתובבתי לעשות משהו באיזושהי מישוואה ריבועית, כי הייתי בכיתה

י' וידעתי שבכיתה י' מתחילים משוואות ריבועיות. התלמידה שישבה על ידי יצאה לא דרך הדלת, כי הדלת היתה סגורה, אלא דרך החלון. ואני הייתי בקומה רביעית, ואתם מתארים לעצמכם איזו הרגשה היתה לי כשהתלמידים אמרו לי שהתלמידה יצאה דרך החלון בקומה רביעית. פתחתי את החלון, הלב שלי היה די למטה ואמרתי, מותק שלי בואי אני אספר לך משהו, כבר הבנתי עם מי אני מדברת ומה אני צריכה לעשות. עד שנתתי לה יד והיא נתנה לי יד ועד שהעליתי אותה לכיתה הייתי המומה.

כשנכנסתי לחדר המורים ואמרתי למרכז, איזה כיתה נתת לי ומה אני צריכה ללמד במתמטיקה? הוא אמר, את לא צריכה ללמד מתמטיקה, את צריכה להיות אמא שלהם. אז כיתה של מסמ"ם בכיתה י'-יא' עדיין לומדת משוואות פשוטות עם נעלם אחד, וכל רמה וכל כיתה לומדת משהו אחר. אלה הם הקשיים והמורים למתמטיקה לא מקבלים כלום, אין להם שום ידע במה שהולך בבתי-הספר השונים בארץ. כל מנהל בית-ספר וכל מורה וכל מרכז מלמד מה שהוא רוצה. אי אפשר בצורה כזאת להכניס מורים שלא מבינים מה מתרחש כאן אחרי שברוסיה הם לומדים לפי תוכניות שהיא היחידה בארץ.

לגבי המילונים עברית-רוסית. אנחנו בארץ 16 שנים ועדיין אין בהם הרבה מילים. אני כמורה למתמטיקה הגעתי ארצה עם בעלי שהוא גם מורה למתמטיקה ועשינו מילון. המושגים הראשונים במתמטיקה הם הקשיים של העולים החדשים שבאים ארצה ולא יודעים ממה להתחיל. תראו איזה מבחני בגרות מקבלים, כמה צורות וכמה שיטות יש של מבחני בגרות. אני בודקת מבחני בגרות, ושאני מקבלת קבוצה של תלמידים ושליש או שני שלישי או כולם נכשלים אני יכולה לדעת מי המורה ומה הוא מלמד ומה הוא יודע ומה התלמידים יודעים. אני מקבלת הלם בכל פעם שאני בודקת מבחני בגרות. למה? כי התוכניות הן שונות וכל מורה מלמד מה שהוא יודע או מה שהוא רוצה. יש הרבה ספרים והתלמידים לא קוראים אותם ומתרגלים מעט מאד. אז רבותי, אם אנחנו מדברים על קשיים אז בואו נדבר על קשיים של מורים עולים חדשים שבאים ארצה ורואים הרבה תוכניות והרבה ספרים. יש אספיס, יש אבירי, יש שמיר, יש עמיצור, יש מאשור, בכל בית-ספר מלמדים מספרים שונים. איך אפשר להשיג את כל זה?

אם זאת הדמוקרטיה וכל אחד יכול לעשות מה שהוא רוצה, אז בבקשה, תנו למורים עולים חדשים את כל התוכניות, את כל מבחני הבגרות, את כל הספרים ואת כל המילים ואולי אז לא יהיו קשיים. בעיה נוספת היא פוליטית. כשבא מורה חדש לבית-הספר, קודם כל הנהלת בית-הספר לא רוצה לקבל, כי

הפוליטיקה היא לא לקבל מורים חדשים. מתחילים, בת כמה את? אני פעם אמרתי למנהל בית-ספר, אני אתן לך בעיה במתמטיקה, אם אתה תפתור את הבעיה תדע בת כמה אני. זאת היתה בעיה קלאסית, כי נמאס לי, מבית-ספר לבית-ספר כולם שואלים אותי. לא שואלים מה הותק שלי, מה הניסיון בלימודים. אני עבדתי 28 שנים שם ו-15 כאן. כל מנהל בית-ספר אמר לי, אנחנו לא צריכים מורה למתמטיקה, אולי פיסיקה את יכולה. בגלל שאמרתי שאני מורה למתמטיקה אז הוא שאל אולי פיסיקה. באמת נתתי בעיה לארגוב, שהיה מנהל בית-הספר, הוא עדיין זוכר את זה, אני חושבת שהוא עדיין לא פתר את הבעיה אבל הוא כבר יודע בת כמה אני. נתתי לו את הבעיה הקלאסית של הציפורים שמישהו אמר, שלום לכם 100 ציפורים, אז הם אמרו אנחנו לא 100, אם אנחנו עוד חצי ועוד שליש ועוד רבע ועוד 8 שנים אז אני בת 120. אז בת כמה אני עכשיו? אז הוא פתר ולקח אותי לבית-הספר, זה היה הסיפור שלי.

רבותי, עכשיו באמת באו צעירים, עם מרץ ורצון לעבוד ולא משנה איפה, בחיפה או במעלות או בנהריה. אני מצאתי 10 מקומות עבודה, אבל יש 23 מורים. צריך לעזור להם ואני חושבת שהמחלקה להוראת המדעים בטכניון צריכה לעשות משהו ביחד עם הסטודנטים.

פרופ' מנחם פיינגולד:

רבותי, אנחנו עוד מעט מסיימים. אני רוצה לומר שאני מאד גאה בעצמי שהצלחתי למצוא מרצה כל כך טובה להרצאה הקשה ביותר של היום. תודה רבה לגב' טרטקובסקיה ולכולכם.

רשימת המשתתפים

מרצים ומנחים

משרד הקליטה	ש. אדלר
-המחלקה לחינוך, אוניברסיטת חיפה	פרופ' מרים בן-פרץ
-הפקולטה למתימטיקה, הטכניון	פרופ' אברהם ברמן
-מכללת "אורנים", אוניברסיטת חיפה	ד"ר יהודית ברנסקי
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	פרופ' שלמה וקט
-מנהל ביה"ס אהל-שט	ד"ר דוד זינגר
-בי"ס "אורט" קרית ביאליק	שרה טרקובסקיה
-משרד החינוך והתרבות	ד"ר דורון מור
-הפקולטה לפיסיקה, הטכניון	פרופ' גד עילם
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	פרופ' מנחם פיינגולד
-משרד החינוך והתרבות	עוזי צוק
-מנכ"ל משרד החינוך והתרבות	ד"ר דן שרון
-מוסד נאמן, הטכניון	פרופ' זאב תדמור
-המחלקה לחינוך, האוניברסיטה העברית	פרופ' פיני תמיר

מוזמנים

-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	פרופ' שמואל אביטל
-הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ירושלים	אורי אבנר
-המרכז לשיפור ההוראה, הטכניון	אילנה אדלר
-מפקחת, משרד החינוך והתרבות	מנואלה אטיאס
-עיריית חיפה	שמואל ארנון
-ביה"ס להנדסאים מבוגדים	רות בן אברהם
-הפקולטה להנדסת חשמל, הטכניון	פרופ' יוסף בן אורי
-הפקולטה להנדסת חשמל, הטכניון	פרופ' אדיר בר לב
-הפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון	פרופ' ש. בראון
-רשת עמל, תל אביב	יהודה ברזנסקי
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	ד"ר משה ברק
-הפקולטה לאוירונאוטיקה ולחלל, הטכניון	פרופ' א. ברקוביץ
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	ד"ר איריס גבע
-רשת אמי"ת, תל אביב	אורי גוטליב

-ביה"ס הריאלי, חיפה	שפרה גורדין
-הטכניון	דוד גינת
-ביה"ס הריאלי, חיפה	אברהם דגני
-מכון ון-ליר, ירושלים	רענן דינור
-המרכז להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע	ד"ר אבי הופשטיין
-שומריה, משמר העמק	יעל הרפז רובין
-משרד החינוך והתרבות	רות וולפוביץ
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	שולמית ויטנוץ
-האוניברסיטה הפתוחה, תל אביב	ניבה ונלשטיין
-הפקולטה לאוירונאוטיקה ולחלל, הטכניון	פרופ' פ. זויטובסקי
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	ד"ר אורית זסלבסקי
-הפקולטה למתימטיקה, הטכניון	ד"ר יהודה חריט
-משרד החינוך והתרבות	ד"ר אהוד חשן
-מפקח, משרד החינוך והתרבות	מסאלחה טאהא
-אוניברסיטת חיפה	ד"ר מיכל ירושלמי
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	אברהם כהן
-מוסד נאמן, הטכניון	דוד כהן
-מכון ון-ליר, ירושלים	שלומית כנען
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	ד"ר חוה לאור
-ביה"ס הריאלי, חיפה	ויזי לונדון
-הטכניון	פרופ' ראובן לזרוביץ
-הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, ירושלים	ישראל לייבנר
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	פרופ' אורי לירון
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	פרופ' נח לרמן
-ביה"ס לטכנולוגיה, ירושלים	ד"ר יוסף מאיר
-משרד החינוך והתרבות	יצחק מילגרומ
-אוניברסיטת בר אילן	ד"ר יוסף מניס
-מקיף עמל, טבריה	רות מס
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	אליהו מצי
-מכללת "אורנים", אוניברסיטת חיפה	ד"ר יפה ניצה
-רשת עמל, תל אביב	דליה ניר
-רשת "אורט"	פסח סגל
-ביה"ס הטכני, חיל האויר	אבי סיגלר
-מפמ"ר פיסיקה, משרד החינוך והתרבות	דוד סלע
-האגודה לקידום החינוך	ד"ר יאיר סמוכה

-האוניברסיטה הפתוחה, תל אביב	בת-ציון ספרא רביב
-אוניברסיטת תל אביב	רות סתוי
-האגף לחינוך, עיריית חיפה	רונית עשת
-הפקולטה למתימטיקה, הטכניון	ד"ר אדולף פולינגר
-אוניברסיטת חיפה	אירית פלד
-משרד החינוך והתרבות	אילנה פרנסיס
-אוניברסיטת תל אביב	ד"ר נעמה צבר בן-יהושע
-מכללת "אורנים", אוניברסיטת חיפה	ד"ר אורי צולר
-מכללת הגליל המערבי	מיכל קולן
-מפמ"ר מתימטיקה, משרד החינוך והתרבות	ד"ר מיכאל קורן
-היחידה לקידום סטודנטים, הטכניון	שרה קציר
-ביה"ס להנדסאים מבוגרים	שמואל קרן
-ביה"ס להנדסאים מבוגרים	אורנה רוסו
-ביה"ס לגננות	שלומית שדר
-מכללת "גורדון"	צפרירה שור
-המחלקה להתחדשות, הסוכנות היהודית	נינה שלום
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	ד"ר אלה שמוקלר
-ביה"ס להנדסאים מבוגרים	אשר שפרלינג
-הטכניון	ד"ר יעקב שרגאי
-מקיף עמל, טבריה	עזריאל שרל
-המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, הטכניון	ד"ר יעקב תימור
-מפקח, משרד החינוך והתרבות	ד"ר ארלי תמיר