

# סוגיות בפיתוח קורסי מ.ק: אתגרים והזדמנויות

מירי ברק<sup>א</sup>, עביר ותד<sup>ב</sup>, מיטל שגב<sup>ג</sup> וחוסאם חאיק<sup>ד</sup>, הטכניון

**מ**אמר זה דן בתהליך תכנון ופיתוח של קורס מוק בטכניון. פיתוח הקורס כלל שלושה שלבים: השלב הראשון בחן קורסי מוק במדעים והנדסה המצויים בפלטפורמת קורסרה, במטרה לאפיין את מטרות ההוראה ואת מרכיבי ההערכה שלהם. השלב השני בחן דעות ועמדות של סטודנטים באשר ללמידה באמצעות קורסי מוק. השלב השלישי, שלב הפיתוח של קורס מוק בנגו-טכנולוגיה ונגו-חיישנים, התבסס על ממצאי שני השלבים הראשונים ומציג את האתגרים וההזדמנויות שבתהליך. פיתוח המוק נעשה בשיתוף פעולה בין צוות המעבדה להתקנים מבוססי נגו-חומרים לקבוצת מדע וטכנולוגיות למידה בטכניון.



מירי ברק



עביר ותד



מיטל שגב



חוסאם חאיק

במחלקה לחינוך בהנדסה ומדעים בטכניון (סמסטר אביב תשע"ג), נתבקשו 22 סטודנטים מפקולטות שונות בטכניון שלמדו בקורס זה לנתח את מטרות ההוראה ואת דרכי ההערכה של קורסי מוק בהנדסה ובמדעים. מטרת הפעילות הייתה לערוך היכרות עם סביבת למידה בקורס מוק ולאפיין אותה. הסטודנטים נתבקשו להירשם לקורס מוק אחד בתחום ההתמחות שלהם ולבצע את מטלות הקורס - צפייה בשיעורים המוקלטים שלו, ביצוע הבחנים שהוצגו לנרשמים והשתתפות פעילה בפורומים. כל סטודנט נתבקש גם לסכם את מטרות הקורס, לאפיין את שיטת ההוראה ואת דרכי ההערכה שלו ולציין את תפקידים של המרצה והמתרגל. בנוסף ל-22 קורסי המוק שנותחו על ידי הסטודנטים הללו, ניתח צוות ההוראה של הקורס 12 קורסי מוק נוספים. סך הכול נותחו 34 קורסים מ-21 אוניברסיטאות - 18 מארצות הברית ושלוש נוספות מקנדה, מצרפת ומישראל. האוניברסיטה הפופולרית ביותר בקרב הסטודנטים הייתה סטנפורד והקורסים שנותחו היו בתחומי הנדסה, פיזיקה, כימיה, ביולוגיה ומדעי הרפואה. לשם דוגמה, חמישה מבין קורסי המוק שנותחו על ידי הסטודנטים מוצגים בטבלה 1.

להלן הצגת המטרות ושיטת ההוראה, דרכי ההערכה ותפקידי המרצה והמתרגלים ב-34 קורסי המוק שנותחו:

**מטרות ושיטת ההוראה:** קורסי המוק שנותחו הציגו 113 מטרות לימודיות, ממוצע של שלוש מטרות לכל מוק. כמחצית מהמטרות (47%) דנו בהבנה של מושגים, מונחים ועקרונות מדעיים.

בשנים האחרונות עוסקים מוסדות אחדים להשכלה גבוהה בפיתוח של קורסים ללמידה מרחוק בסיוע פלטפורמות אינטרנטיות. המגמה כיום היא לפתח קורסי מוק המאפשרים השתתפות חופשית בקורסים אקדמיים ללא תשלום או דרישות קדם. המאמר הנוכחי מתאר את השלבים שהובילו לתכנון ולפיתוח של קורס מוק בטכניון בנושא נגו-טכנולוגיה ונגו-חיישנים, הן באנגלית והן בערבית. בשלב הראשון ערכנו סקירה של מאפייני הוראה ודרכי הערכה ב-34 קורסי מוק במדע והנדסה שפותחו על ידי אוניברסיטאות אחרות, ובשלב השני בדקנו עמדות של 22 סטודנטים באשר ללמידה באמצעות קורסי מוק. המאמר מתאר את תהליך פיתוח המוק שהתבסס על ממצאי שני השלבים הראשונים ומציג את האתגרים וההזדמנויות שבתהליך.

## שלב א': אפיין מטרות ההוראה ומרכיבי ההערכה של קורסי מוק במדע והנדסה

כחלק מקורס הרשת כסביבה לימודית שהתקיים

a מירי ברק, פרופ' משנה, ראש קבוצת מדע וטכנולוגיות למידה, מרצת הקורס הרשת כסביבה לימודית, יועצת פדגוגית בקורס מוק בנגו-טכנולוגיה ונגו-חיישנים, [bmiriam@technion.ac.il](mailto:bmiriam@technion.ac.il)

b עביר ותד, סטודנטית לתואר שלישי, המחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה, מתרגלת בקורס מוק בנגו-טכנולוגיה ונגו-חיישנים, [abeerw@tx.technion.ac.il](mailto:abeerw@tx.technion.ac.il)

c מיטל שגב, סטודנטית לתואר שלישי, הפקולטה להנדסה כימית, מתרגלת בקורס מוק בנגו-טכנולוגיה ונגו-חיישנים, [meitalse@tx.technion.ac.il](mailto:meitalse@tx.technion.ac.il)

d חוסאם חאיק, פרופ' חבר, הפקולטה להנדסה כימית, מרצה בקורס המוק בנגו-טכנולוגיה ונגו-חיישנים, [hhossam@tx.technion.ac.il](mailto:hhossam@tx.technion.ac.il)

טבלה 1. דוגמה לחמישה קורסי מוק בהנדסה ומדעים שנותחו על ידי הסטודנטים

שם הקורס	שם האוניברסיטה	כתובת הקורס בפלטפורמת קורסרה
Understanding Einstein: The Special Theory of Relativity	Stanford University	<a href="https://www.coursera.org/course/einstein">https://www.coursera.org/course/einstein</a>
Genes and the Human Condition	University of Maryland	<a href="https://www.coursera.org/course/genes">https://www.coursera.org/course/genes</a>
Nutrition, Health, and Lifestyle: Issues and Insights	Vanderbilt University	<a href="https://www.coursera.org/course/lifenutr">https://www.coursera.org/course/lifenutr</a>
Global Sustainable Energy: Past, Present and Future	University of Florida	<a href="https://www.coursera.org/course/globalenergy">https://www.coursera.org/course/globalenergy</a>
Useful Genetics	The University of British Columbia	<a href="https://www.coursera.org/course/usefulgenetics">https://www.coursera.org/course/usefulgenetics</a>

סקר (Survey) – כלי המאפשר הערכה של שביעות הרצון של הסטודנטים, בחינת עמדותיהם כלפי סוגיות הנידונות בקורס או הערכה עצמית של רמת ההבנה של החומר הנלמד.

הערכת עמיתים (Peer Assessment) – כלי המאפשר הערכה של משימות פתוחות כגון תשובות לשאלות פתוחות, משימות חיבור קצרות או עבודות של פרויקט גמר. משימות אלו נבדקות על ידי סטודנטים עמיתים בעזרת מחוון מקוון שמוזן למערכת על ידי צוות ההוראה של הקורס. סטודנט לא מקבל ציון על עבודתו כל עוד לא בדק עבודות של עמיתים ונתן להם ציונים. על פי החלטה של צוות ההוראה של הקורס, כל סטודנט יכול לקבל עד חמש עבודות לבדיקה.

בקרב קורסי המוק שנותחו נמצאו 97 משימות הערכה שונות ששימשו לקביעת הציון הסופי של הסטודנטים. ממוצע המשימות לקורס היה שלוש. רוב המשימות (60%) היו מסוג בוחן ושאר המשימות (40%) היו מסוג הערכת עמיתים. לא היה שימוש בשני כלי ההערכה האחרים. ברוב קורסי המוק שנבדקו התבסס הציון על בחנים ומבחן סופי, ורק בארבעה קורסים נדרשו הסטודנטים להגיש פרויקט או עבודת גמר רחבי-היקף. הפרויקטים ועבודות הגמר הוערכו על ידי עמיתים. דוגמה לנושאים של עבודות הגמר: כתיבה של תכנית אסטרטגית לפיתוח תרופות, פיתוח תכנית עסקית למפעל, יצירת וידיאו או אנימציה המציגים את תורתו של איינשטיין ואפיון הצריכה האנרגטית של בית מגורים.

לא מצאנו עדויות למשימות הערכה שחייבו למידה משותפת בקבוצות במסגרת דרישות הקורס, אך כל הקורסים עודדו התארגנות לומדים בקבוצות למידה – במסגרת פורומים (קבוצות הדיון) שבאתר הקורס או במסגרות לא-פורמליות כגון רשתות חברתיות מסוג פייסבוק או לינקדאין. הפורומים הוגדרו כפעילות חשובה בקורס, אך ההשתתפות הוגדרה כרשות ולא היוותה חלק מהציון הכולל.

סטודנטים שעמדו בהצלחה בכל דרישות הקורס זכאים בסיומו להדפיס באופן עצמאי תעודה החתומה על ידי קורסרה, ובה רשומים שם האוניברסיטה ושם הקורס שעברו בהצלחה. תעודה זו אינה מוכרת באופן רשמי על ידי האוניברסיטאות, אך היא עשויה לשמש את הסטודנטים במקום עבודתם.

**תפקידי המרצה והמתרגלים במהלך הקורס:** ב-60% מקורסי המוק שנותחו היה מתרגל אחד, ב-20% היו שנים או שלושה מתרגלים, וב-20% הנותרים המרצה היה היחיד שניהל את תהליכי

חלק מהמטרות (23%) התמקדו בהקניית ידע בלבד, 15% דנו ביישום המושגים הנלמדים ו-12% בניתוח והערכה של תהליכים מדעיים או הנדסיים. רק שלושה קורסי מוק הצהירו במטרותיהם על פיתוח מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה, כגון חשיבה יצירתית או ביקורתית.

קורסי המוק נמשכו 5-15 שבועות ושיטת ההוראה בכולם התבססה על הרצאות פרונטליות. ב-33 מהקורסים הוצגו קטעי וידאו שבהם השקפים היו מסונכרנים עם קולו ופניו של המרצה. ברוב הקורסים ההקלטות נעשו במשרדו של המרצה או באולפן מיוחד. שלושה מבין הקורסים שנבדקו הציגו הקלטות של הרצאות שניתנו באולמות הרצאה מול קהל של סטודנטים. רוב קטעי הווידאו (75%) היו קצרים מ-20 דקות, ורק בקורסים בודדים הוצגו הרצאות באורך של למעלה מחצי שעה.

ברוב הקורסים (75%) נחשפו קטעי הווידאו של ההרצאות באופן הדרגתי, שבוע אחר שבוע. בשאר הקורסים הוצגו כל קטעי הווידאו בתחילת הקורס, במטרה לאפשר לסטודנטים להתקדם בקצב המתאים להם. ב-33 מהקורסים שולבו שאלות מסוג רב-ברירה או שאלות פתוחות במהלך הרצאות הווידאו. זאת כדי לאפשר לסטודנטים לבחון את הבנתם בחומר. בכל הקורסים נוהלו פורומים (שניים לפחות) ששימשו להצגת שאלות של סטודנטים ולהיכרזות אישיות. כל הקורסים כללו ספרות מומלצת, אולם רק ב-33 מהם הייתה דרישה מפורשת לקריאת מאמרים כהכנה לשיעור.

דרכי ההערכה: פלטפורמת קורסרה מאפשרת שימוש בארבעה כלי הערכה. שלושה כלים מבוססים על הערכה אוטומטית-ממוחשבת, והם: בוחן, משימת תכנות וסקר. כלי רביעי – של הערכת עמיתים – מאפשר הערכה של משימות פתוחות. להלן הסבר קצר על כל כלי:

בוחן (Quiz) – כלי המאפשר הערכה של שאלות סגורות, כגון שאלות מסוג רב-ברירה, אמת/שקר או השלמה של מספר, מילה או ביטוי. הבחנים נבדקים באופן ממוחשב והציון ניתן לסטודנטים באופן אוטומטי על פי תשובות שהמרצה הזין מראש.

משימת תכנות (Programming Assignment) – כלי המאפשר הערכה של כתיבת שורות קוד בשפת תכנות שגלמדת בקורס. כתיבה זו נבדקת על פי מידע שהמרצה מזין מראש. משימות תכנות משמשות בקורסים שבהם הסטודנטים נדרשים לתכנת פעולות מסוימות ולבדוק את יישומן.

ובינם לבין צוות ההוראה. הסטודנטים מקבלים מענה לשאלותיהם בזמן קצר (מסטודנטים עמיתים או מצוות ההוראה). צוות ההוראה שולח הודעות, הסברים ועדכונים באופן שוטף.

- **שיטות הערכה מגוונות** – נעשה שימוש במגוון של כלי הערכה, המאפשרים לסטודנטים בעלי יכולות שונות וסגנונות למידה שונים לבטא את הבנתם בצורה הטובה ביותר. ניתנת האפשרות לבצע מבחני ניסיון כהכנה למבחן הסופי, ומוצג לוח זמנים ברור המאפשר תכנון נכון של משימות הקורס והגשתן בזמן.

הסטודנטים היו מרוצים מחוויית הלמידה בקורסי מוק. רובם (כ-80%) ציינו כי נהנו ללמוד וכי חוו חוויה לימודית חיובית. כ-33% מביניהם ציינו שינסו ללמוד קורסי מוק גם בעתיד וכ-10% ציינו שכבר המליצו על הקורס והפלטפורמה לחברים. להלן הסבר של שני סטודנטים על הסיבות לשביעות רצונם:

זהו הקורס השני שאני לומד בקורסרה. כעת אני רשום לעוד מספר קורסים שנפתחים בעתיד הקרוב וקשורים במידה זו או אחרת ללימודים שלי, ומהווים השלמה לנושאים שהפקולטה אינה מעבירה בנושא. מטבעי אני צופה פעיל... האתגר האמיתי, לטעמי, הנו ההכרה האקדמית בקורסים... אם הקורסים האקדמיים האלו יוכרו, אין לי ספק שרבים ייקחו קורסים. מרביתם [של הקורסים] באיכות מאד גבוהה, והבלוג עם 900-1,000 משתתפים מכל העולם, מרתק.

אני בהחלט רואה את עצמי לומדת בדרך זו. כבר נרשמתי לשני קורסים נוספים, אחד שמתחיל בעוד חודש ואחד שכבר נגמר ולכן נרשמתי אליו ללמידה עצמית. אני שוקלת באופן רציני לבוא לריאיון עבודה וכאשר הם ישאלו אותי באיזה תחומים אני מעוניינת חוץ מאלה שלמדתי בקורסי הטכניון (הם באמת שואלים שאלה כזאת) אני אומר להם שלמדתי קורס קריפטוגרפיה באוניברסיטת סטנפורד ויש לי תעודה חתומה... בעבר צפיתי בקורסים הפתוחים של MIT וזה היה מאוד מעניין בעיניי, אבל הערך המוסף של להשתתף בקורס [מוק] ולקבל תעודת סיום מגביר מאוד את המוטיבציה להתחייב ולהמשיך בקורס.

ארבעה סטודנטים ציינו כי הם התקשו ללמוד בשיטה זו וכי הם אינם מתכוונים ללמוד בשיטה זו או להמליץ עליה לאחרים. להלן תשובות שני סטודנטים שלא נהנו מחוויית הלמידה:

אני אישית הייתי מתקשה ללמוד באמצעות קורסים אלו, לא בגלל החומר המועבר בהם, אלא בגלל הדרך בה הקורסים מועברים. אני מעדיף אינטראקציה ישירה עם המרצה. אני מעדיף לשאול שאלה ולקבל עליה תשובה באותו הרגע ולא לחכות שיענו לי בפורום. בנוסף, זה מאוד תלוי מי מעביר את הקורס והכי חשוב איך הוא



Nanotechnology and Nanosensors; Technion [Coursera]

הלמידה. שלושה קורסים כללו הרצאות של יותר ממרצה אחד, אך רק אחד המרצים הגיב לשאלות הסטודנטים ושולח הודעות. מנייתו הרשומות והתגובות של מרצים ומתרגלים בלוח ההודעות של הקורס ובפורומים השונים, עולה כי תפקידם כלל מתן תשובות לשאלות סטודנטים עמיתים לא ידעו לענות עליהן בפורומים, הצגת פתרון בעיות מורכבות במדע או בהנדסה שלא הובנו בהרצאה המוקלטת, פרסום הבהרות בנוגע לדרישות הקורס ומתן הסברים מפורטים למשימות ההערכה. כמו כן המרצה או המתרגלים שלחו הודעות שבועיות לדוא"ל של הסטודנטים כדי לעודד אותם להגיש עבודות בזמן. הם סיפקו עזרה בפתרון בעיות טכניות (כגון חוסר תאימות בין גרסאות שונות של תוכנה) וסייעו בפתרון בעיות בין-אישיות.

נמצא כי תפקידי המרצה והמתרגלים בקורסי מוק דומים לתפקידם בקורסים המסורתיים של למידה מקוונת, אלא שהם נדרשים להתמודד עם בעיות הנובעות מהמספר הרב של המשתתפים, מהריחוק הגיאוגרפי ומהמגוון התרבותי. חלק גדול של התקלות הטכניות נבע מהנחיתות הטכנולוגית הקיימת במדינות שונות (מערכות הפעלה ישנות, תעבורת וידיאו איטית, תקשורת מקוטעת וכדומה). מקרים של חוסר הבנה של תכנים ומשימות זוהו כנובעים מהבדלים תרבותיים ומהרגלי למידה שונים. בקורסי מוק רבים ניכר היה כי צוות ההוראה השקיע מאמץ רב בניסוח מסמכים המסבירים כיצד לבצע פעולות שונות ולפתור בעיות מגוונות, כדי לעזור לסטודנטים להתגבר על הקשיים.

## שלב ב': דעות של סטודנטים מהטכניון באשר ללמידה בקורסי מוק

לאחר סיום שלב א' השיבו הסטודנטים בכתב על שתי שאלות: מהם המדדים שעל פיהם ניתן להעריך טיבו של קורס מוק והאם נהניתם ללמוד בקורס מוק. הסטודנטים נתבקשו גם להסביר את תשובותיהם. תשובות הסטודנטים נותחו בשיטות של ניתוח תוכן על ידי מרצת הקורס והמתרגלת. הניתוח העלה חמישה קריטריונים מרכזיים להערכת טיבו של קורס מוק:

- **הרצאות באיכות פדגוגית גבוהה** – הצגת נושאים מאתגרים בצורה דידקטית, ברורה ומעניינת; הצגת סיפורי רקע מעניינים ודוגמאות המקשרות את החומר הנלמד לאירועים אקטואליים; הצגת שאלות פתוחות וסגורות לבדיקת ההבנה של הלומד; יצירת הקשר בין נושא חדש לנושאים שנלמדו בשיעורים קודמים.
- **שיעורים באיכות טכנולוגית גבוהה** – השיעורים מחולקים לקטעי וידיאו קצרים של הרצאות (כ-10 דקות). הווידיאו והאודיו באיכות גבוהה והשקפים כתובים בצורה בהירה ונעימה לעין מבחינה גרפית וגודל פונט.
- **חומרי למידה עם ערך מוסף** – בנוסף להרצאות המוקלטות, הקורס כולל דפי הסבר מפורטים, דפי נוסחאות, מצגות וקישורים לאתרים רלוונטיים. הנושאים הנלמדים מתוארים במגוון צורות (וידיאו, אודיו, טקסט, גרפים ותמונות) כדי לאפשר הבנה טובה יותר של החומר הנלמד.
- **מעורבות ואינטראקציה ברמה גבוהה** – קיימת תקשורת פעילה בין הסטודנטים לבין עצמם

תשובות מלאות ומפורטות, הסטודנטים יצטרכו לבצע הערכת עמיתים. כל סטודנט יידרש להעריך באופן ביקורתי תשובות למשימות של שלושה סטודנטים עמיתים בעזרת מחוון ציונים מפורט.

3. פרויקט גמר (60% מהציון) המעודד עבודה שיתופית וחשיבה יצירתית ומערכתית. מטרת הפרויקט היא לתכנן ננו-חיישן שמאפשר לחקות את אחד החושים הקיימים אצל האדם או כזה שימש כחוש נוסף לחושי האדם. הפרויקט ייעשה בקבוצות של עד ארבעה סטודנטים, אך ההגשה תהיה אישית. כל סטודנט יהיה חייב לבצע גם הערכת עמיתים על פי מחוון ציונים מפורט.

בתחילת תהליך פיתוח המוק הועלתה האפשרות להסתפק בארגון מחדש של המצגות שפותחו עבור הקורס שניתן בטכניון. תוך כדי עבודה התברר שיש צורך לשנות את סדר נושאי הלימוד והתכנים, לעדכן ולשדרג את הגרפיקה, להוסיף אמצעי המחשה, ולמעשה לפתח את הקורס מחדש. כל זאת במטרה להתאים אותו לקבוצה הטרוגנית של סטודנטים בעלי רקע אקדמי וניסיון תעסוקתי מגוון.

כמו כן עלה הצורך לנקוט משנה זהירות בכל הקשור לזכויות יוצרים וקניין רוחני. בקורסי מוק הכניסה פתוחה וחופשית לכל אדם, שלא כמו בקורסים רגילים שבהם חומרי הלימוד מוצגים רק לבעלי הרשאה. מסיבה זו הושקעו מאמצים רבים לקבל אישורים מהוצאות לאור וממחברים עבור שימוש באיורים, בגרפים, בסרטים ובמאמרים.

שני הקורסים (בשפה האנגלית ובשפה הערבית) נפתחו בתחילת ינואר 2014, אך הודעה לעיתונות על פתיחתם להרשמה יצאה כבר ביוני 2013. כשלושה חודשים לאחר פתיחת הרישום נרשמו כ-15,000 סטודנטים לקורס באנגלית ויותר מ-3,000 סטודנטים לקורס בערבית. בין הנרשמים לקורסים סטודנטים מערב הסעודית (יותר מ-700 נרשמים), ממצרים (יותר מ-600 נרשמים) ומסוריה (כ-400 נרשמים).

## סיכום

למרות העבודה הרבה הכרוכה בפיתוח של קורס מוק בננו-טכנולוגיה וננו-חיישנים, התהליך מהווה חוויה חיובית ומהנה עבור צוות ההוראה. התהליך חיזק שיתופי פעולה בין הפקולטה להנדסה כימית, המחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה והמרכז לקידום ההוראה בטכניון. תהליך פיתוח המוק שימש גם הזדמנות מצוינת לשדרוג הקורס הניתן פנים אל פנים לסטודנטים הלומדים בטכניון. לקורס המוק נוספו שקפים הכוללים הסברים מפורטים ותשובות לשאלות אפשריות, בשל אי-היכולת לתת מענה על שאלות בזמן אמת. כמו כן נוספו אמצעי המחשה ייחודיים כגון תמונות של ננו-חלקיקים וסרטוני אנימציה, כדי להתאים את ההוראה לרקע האקדמי המגוון של הלומדים.

בהשוואה לקורסי מוק אחרים בתחום ההנדסה והמדעים, הקורס בננו-טכנולוגיה וננו-חיישנים ייחודי בכך שזהו הקורס הראשון שניתן בשתי שפות ושאחוז גבוה מהציון הסופי מתבסס על משימות פתוחות המעודדות חשיבה יצירתית וחדשנית, ולא רק על בחנים או תרגילים סגורים. המוק ייחודי גם בכך שמשולבים בו למידה שיתופית בקבוצות יחד עם למידה אישית והערכת עמיתים. אנו מקווים כי הקורס יתרום, ולו במעט, לחינוך מדעי-הנדסי של אוכלוסיות שונות בעולם, ואולי אף יסייע לקירוב לבבות תוך כדי עבודה על משימות ואתגרים משותפים.

מלמד. במקרה של הקורס אליו נרשמתי, היה לי מאוד קשה לצפות בהרצאות, מכיוון ששני המרצים הסבירו את החומר בצורה יבשה ומשעממת, והקול שלהם היה מונוטוני ומשעמם.

הייתי רוצה שאותו המרצה ילמד את כל ההרצאות – הרבה יותר קל לעקוב וגם אפשר לחבר בין ההרצאות. אני גם מעדיפה כל הזמן לראות את המרצה בווידאו באחת הפינות – יותר קל לי לקלוט את החומר בצורה כזאת. משהו לגבי האתר – אפשר לפתח אותו יותר, שלכל סטודנט תהיה מחברת וירטואלית ויהיה אפשר לשים סימוניות בווידאו כדי שיהיה קל יותר למצוא את המידע. להכניס בווידאו קישורים לאתרים באינטרנט שמרחיבים את הנושא... ראיתי מספר הרצאות והן היו יחסית מעניינות, אבל לא מספיק התלהבתי בשביל לסיים את הקורס.

## שלב ג': עיצוב ופיתוח של קורס מוק בננו-טכנולוגיה וננו-חיישנים

פיתוח הקורס התבסס על ממצאי שני השלבים הראשונים ונעשה בשיתוף פעולה בין צוות המעבדה להתקנים מבוססי ננו-חומרים מהפקולטה להנדסה כימית, לבין קבוצת מדע וטכנולוגיות למידה מהמחלקה לחינוך למדע וטכנולוגיה. הקבוצה מהפקולטה להנדסה כימית הייתה אחראית על התכנים, והקבוצה מהמחלקה לחינוך – על עיצוב סביבות הלמידה. צוות ההוראה כלל שני חברי סגל ושלושה מתרגלים. שתי הקבוצות פועלות כיום במשותף לפיתוח שני אתרי הקורסים ובהמשך ייתנו תמיכה לסטודנטים במהלך למידתם בקורסים. התמיכה תינתן באנגלית ובערבית.

בתהליך פיתוח הקורס הוחלט להקפיד על איכות גבוהה של חומרי לימוד. הוחלט להציג התפתחויות וחדושים בחזית המחקר הננו-טכנולוגי בהסברים ברורים ופשוטים. בנוסף לכך הוחלט להרבות באמצעי המחשה כדי לאפשר הבנה טובה יותר של המעברים בין רמת המאקרו (מה שניתן לראות בעין בלתי מזוינת) לרמת המיקרו (הרמה המולקולרית) ולרמת הננו (רמת האטום הבודד). כמו כן הוחלט לעשות שימוש במגוון של כלי הערכה כדי לאפשר לסטודנטים לבטא את הבנתם בצורה הטובה ביותר. לשם כך הוחלט כי:

- החומר הנלמד יחולק לעשרה שיעורים ברמת קושי עולה.
  - כל שיעור יכלול שלושה עד חמישה קטעי הרצאה קצרים.
  - כל הרצאה קצרה תתמקד במושג או בעיקרון מסוים.
  - בהרצאות ישולבו איורים רבים ואנימציות להמחשה וליצירת עניין.
  - כלי ההערכה ישלבו משימות אישיות וקבוצתיות.
  - כלי ההערכה יעודדו הבנה וחשיבה ברמה גבוהה (יצירתית וביקורתית).
- ההערכה של הישגי הלומדים בקורס תוכננה על בסיס שלושה סוגי משימות:

1. עשרה בחנים שבועיים (20% מהציון) הכוללים שאלות מסוג רב-ברירה לבדיקת ידע והבנה של התכנים. הציון לסטודנטים יינתן באופן ממוחשב ומידי. הסטודנטים לא יקבלו משוב על הבחנים, אך הם יהיו רשאים לחזור על כל בוחן כמה פעמים והציון שייקלט יהיה הגבוה מבין כל הציונים.
2. שלוש משימות פתוחות (20% מהציון) שמטרתן לעודד חשיבה יצירתית. לדוגמה: איזה חוש נוסף היית מעוניין שיהיה לך ומדוע? תן דוגמה לננו-חיישן חדשני ושים שהיית רוצה להשתמש בו בחיי היומיום שלך. בנוסף להגשת