



שילוב דיבייט במשימה להערכה חלופית בנושא פולימרים מדפסת תלת-ממדית - מדמיון למציאות

חגית רפאלי-מישקין, דוקטורנטית בהנחיית פרופ' יהודית דורי,
הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, טכניון, חיפה

מהו דיבייט?

מצדדי השימוש בדיבייט בקרב סטודנטים ותלמידים מוצאים שהוא מעודד הקשבה, ביקורתיות ומעורבות בנושאים העומדים על סדר היום הציבורי. עוד הם מדגישים כי השימוש בוויכוח בשיטת הדיבייט מאפשר פיתוח של תרבות הדיון ויכולת עמידה מול קהל. הביקורת העיקרית כלפי השיטה מבוססת על כך שהדיבייט מדגיש את סגנון הדיבור על חשבון תוכנו, ובכך מעודד את השימוש בדמגוגיה במניפולציה של השומעים.

תלמידים אמריקניים התחרו במשך שנים רבות - ומתחרים עד היום - בדיבייט בנושאים שונים כחלק מתכניות הלימודים בחטיבות הביניים והתיכון. הדבר מהווה עבורם הכנה לתהליכי הקבלה לחינוך גבוה ומסייע במציאת

הדיבייט (מַעֲמָת) הוא פעילות תחרותית מאורגנת של ויכוח פורמלי בין שתי קבוצות הטוענות בעד או נגד נושא מוסכם מראש. במסגרת הפעילות כל המתחרים נושאים נאום שמטרתו לשכנע את הקהל בעמדתם, על פי כללים המגדירים את סדר הנאומים, מספרם ואורכם, וכן את התוכן, המבנה והסגנון הרצויים בהם. תוצאות התחרות נקבעות על ידי שופטים.

מקורו של הדיבייט בשיטת הדיון הפרלמנטרי באנגליה. הדוברים נושאים נאום שבו הם מפתחים טיעונים שמטרתם לשכנע לשאת היגיון פנימי וקשרים לוגיים, ומעל לכול - להלהיב ולרגש את קהל השומעים.

קריירה. החל מסוף שנות ה-80 קיימת בישראל פעילות של דיבייט במסודות האקדמיים ולאחרונה גם בבתי ספר. למרות שלדיבייט כללים נוקשים בכל הנוגע למשך הנאום ולהתערבות בדברי הדוברים, יש מקום לשלב פעילות דיבייט בגרסאות שונות, גם בהוראה ולמידה של מקצועות מדעיים בכלל ובלימודי הכימיה בפרט.

רקע לפעילות המשלבת דיבייט במשימת הערכה חלופית

כולנו השתעשענו לא פעם בשאלה איך היו חיינו נראים אילו יוכלו להפוך מחשבה למציאות וליצור בעצמנו כל חפץ או מוצר שנרצה. אף שהרעיון הזה הוא עדיין בבחינת פנטזיה, אפשר בימינו לייצר בלחיצת כפתור כמעט כל חפץ שנפשנו חושקת בו: צעצועים, בגדים, נעליים, שתלים רפואיים, מאכלים ואפילו בתים. כל אלו הם רק דוגמאות ספורות למוצרים שאפשר לייצר באמצעות הטכנולוגיה של המדפסת התלת-ממדית, שהניו-יורק טיימס כינה "גדולה יותר מהאינטרנט וחשובה לא פחות מהמצאת מנוע הקיטור". השימוש במדפסת תלת-ממדית הופך לחלק מהחיים שלנו ומהווה את אחת הטכנולוגיות המעניינות ובעלות פוטנציאל מבטיח של המאה ה-21. החיבור בין הטכנולוגיה לעולם הפולימרים מהווה דרך נפלאה לקשר בין התאוריה הקשורה לכימיה של פולימרים לבין חיי היומיום. הנושא מעלה שאלות אתיות מגוונות, ולכן מתאים במיוחד לפעילות של דיבייט.

מטרות הפעילות

קישור הידע בתחום הפולימרים לחיי היומיום - היכרות עם טכנולוגיות ייצור בהדפסת תלת-ממד. איתור מידע אודות טכנולוגיות, חומרי גלם ותהליך הייצור. פיתוח מיומנויות של סיכום, חשיבה ביקורתית, עבודת צוות ועריכת דיבייט הכולל העלאת טיעונים מנומקים, הכנת מצגות ועמידה מול קהל.

מבנה הפעילות

הפעילות כוללת את שלושת החלקים האלה:
1. **קריאת מידע** מעובד בנושא הדפסה בתלת-ממד ושאלות מלוות במגוון מיומנויות: יישום ידע כימי, העלאת

טיעונים ונימוקים, העלאת השערות. בחלק זה התלמידים מקבלים מידע על שתי טכנולוגיות של הדפסה תלת-ממדית בהתייחסות להיבט הטכני והכימי של מבנה הפולימרים עבור כל טכנולוגיה. הם עונים על שאלות ובודקים יחד את התשובות בכיתה.

2. **העמקה** תוך כדי הכנת מצגת על אחת מהטכנולוגיות, חומרי הגלם שמשתמשים בה, שימושים, יתרונות וחסרונות. בחלק זה התלמידים מאתרים מידע על אחת מהטכנולוגיות הקיימות כיום להדפסה תלת-ממדית. את המידע על התלמידים לארגן ולערוך למצגת מצומצמת.

3. **הרחבה** - חלק זה ממוקד בפעילות תחקירנית הכוללת עריכת דיבייט והעלאת טיעונים בעד ונגד הדפסה ביולוגית. הדיבייט בנוי כך שכל קבוצה המורכבת משישה תלמידים ממנה תפקידים ניהוליים ותחקירנים כדי שבסופו של דבר יערכו דיון בכיתה ויועלו דעות שונות. הצגת הדיבייט מלווה במצגת הממוקדת בטיעוני התלמידים בניסיון לשכנע את השופטים (שאר הכיתה) בטיעוניהם.

חלקים ב ו-ג בפעילות מלווים במחונן ביצועים מפורט.

[הפעילות המלאה](#)¹ (דפי משימה לתלמיד, מדריך מפורט למורה כולל מחונוי הערכה) נמצאת באתר המרכז הארצי למורי כימיה, במדור חומרי לימוד - משימות הערכה חלופית.

"טעימות מתוך הפעילות" מתוך חלק א - קטע קריאה מעובד

להפוך מחשבה למציאות: הדפסה תלת-ממדית

הטכנולוגיה של ההדפסה התלת ממדית, התחילה בשנת 1984 עם ייצור המדפסת הראשונה ע"י צ'רלס (צ'אק) הול ומאז, הטכנולוגיה התקדמה, נצבר ידע רב והמדפסות העכשוויות יעילות עד כדי כך שהן יכולות ליצור כמעט כל דבר. הטכנולוגיה נהית יותר ויותר נגישה וזולה עד כדי שימוש ביתי.

תהליך ההדפסה מתבצע בשני שלבים עיקריים:

- א. תכנון תלת-ממדי ממוחשב של הדגם הנדרש,
- ב. תוכנה מתאימה "פורסת" אותו לשכבות דקות, אותן

1. הפעילות פותחה בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ, במסגרת פרויקט משותף של המרכז הארצי למורי כימיה במכון וייצמן והטכניון, בשנה"ל תשע"ה.

הגורם בסופו של דבר לעלויות נמוכות וזמן ייצור קצר.

ישנן מספר טכנולוגיות להדפסה, להלן דוגמאות לשתיים מהן:

1. **סטריאוטיפיה** (סטריאו = מרחב, ליתוגרפיה = כתיבה/הדפסה), בטכנולוגיה זו ממצקים תמיסה נוזלית באמצעות קרן לייזר, התמיסה מתמצקת מכיוון שהיא מכילה פולימרים שנקשרים זה לזה בחשיפה לאור באורך גל מסוים, כך שרק האזור שנחשף לקרן הלייזר מתמצק. הפולימרים האלה משתייכים לקבוצה שנקראת פוטו-פולימרים (פוטו=אור). בשלב הראשון הבמה שעליה מודפס המוצר ממוקמת כך שרק שכבה דקה של תמיסה מכסה אותה. בשלב השני קרן הלייזר סורקת את הבמה וממצקת את הפולימר על גביה. לאחר מכן הבמה

המדפסת יודעת לפענח ולהדפיס. ההדפסה התלת-ממדית מתבססת על עיקרון דומה מאוד למדפסת הנייר הדו ממדית. היא מדפיסה שכבות דקות זו על גבי זו היכולות להיות מורכבות מחומרים שונים כגון: פולימרים (לדוגמה: פלסטיק), חומרים קרמיים (לדוגמה: זכוכית), אבקת מתכת ואפילו מוצרי מזון כמו סוכר ושוקולד.

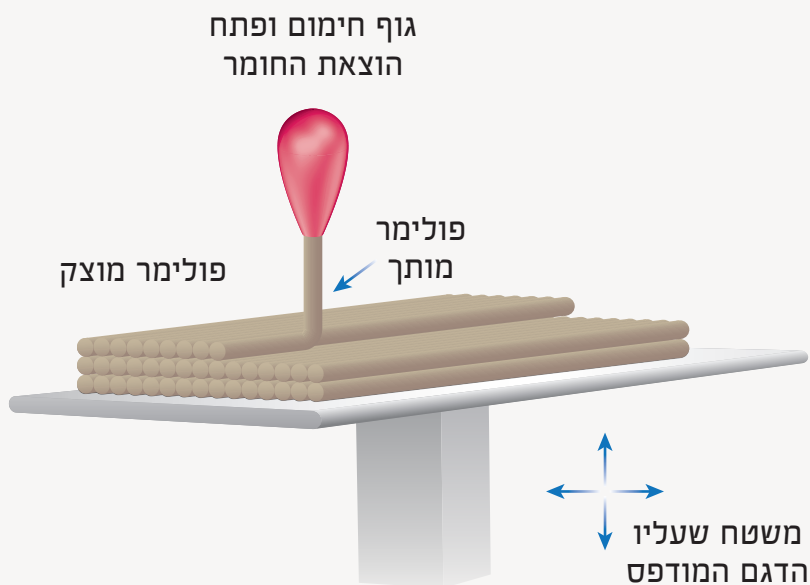
בתהליך העיבוד המסורתי לוקחים חומר ומעבדים אותו לפי הנדרש, בתהליך של "הפחתה". לעומת זאת, בהדפסה תלת ממדית התהליך הפוך. מדובר בתהליך של "הוספה", דבר החוסך פעמים רבות את הצורך בפיתוח טכנולוגיה מורכבת כמו בייצור המסורתי וגם יש פחות איבוד של חומר, דבר

מה צופן העתיד?

דמיינו שלכל אחד מאתנו תהיה מדפסת תלת-ממד בבית ושנוכל להדפיס בה כמעט הכל. ואז במקום לסחור במוצרים נקנה ונמכור קבצי דגמים של מוצרים....

אחד מכיווני המחקר המרתקים ביותר הוא הדפסה תלת-ממדית של איברים באמצעות הדפסת שכבות של תאים. נכון להיום התהליך הזה נמצא עדיין בפיתוח ויידרשו כנראה עוד כמה שנים של מחקר ופיתוח להשלמתו, אולם זו רק דוגמה אחת למהפכה הטכנולוגית האדירה שמצפה לנו בשנים הבאות.

מעובד מתוך [האתר של מכון דוידסון לחינוך מדעי](#), כתב המאמר: רן טבעוני דוקטורנט, המחלקה לחומרים ופני שטח, מכון ויצמן למדע.



הדפסה באמצעות התכת פלסטיק בחום

ציין והערות	מדדי ביצוע			פירוט	קריטריון וחלקו היחסי בציין
	חלש	בינוני	גבוה		
	3-1	6-4	8-7	כל תלמיד בקבוצה קיבל תפקיד וממלא אותו כהלכה	חלוקה ומילוי תפקידים 8%
	3-1	7-4	10-8	1. המשתתפים נוקטים עמדות ברורות ומובילים מהלך טיעון משכנע 2. המשתתפים מבססים את טיעוניהם באמצעות הנמקות רלוונטיות 3. ההנמקות מפורטות במידה מספקת, אמינות, מבוססות ושומרות על רצף לוגי 4. המשתתפים מתייחסים לטענות הנגד ומפריכים אותן במידת הצורך	תוכן הטיעונים: ביסוס לוגי, עובדתי, עומק הניתוח/הטיעון 40%
	3-1	7-4	10-8	1. המשתתפים נמנעים משימוש בלשון גנאי ומפגיעות אישיות. 2. המשתתפים מקשיבים זה לדבריו של זה, ויוצרים אווירה מכבדת 3. המשתתפים משתמשים במבנים לשוניים מתאימים: להסכמה, לאי הסכמה או להסכמה חלקית 4. המשתתפים משתמשים בלשון תקינה (ללא שגיאות), באוצר מילים מגוון ומתאימים את המשלב הלשוני לנסיבות השיח	סגנון 10%
	3-1	5-4	7-6	יכולת עמידה מול קהל: שפת גוף טבעית, קשר עין	תקשורת 7%
	3-1	7-4	10-8	שקפים לא עמוסים, כיתוב ברור, כותרת לכל שקף, רצף לוגי	מבנה חזותי של המצגת 20%
	3-1	7-4	10-8	תוספת של ייצוגים כגון: תמונות, גרפים, איורים, טבלאות וסכמות התורמות להבנת הצגת הנושא	
	3-1	7-4	10-8	קיים ביטוי לחשיבה יצירתית ומקוריות: בדרך בה מוצג הנושא או הוספת מידע חדש או ייחודי	יצירתיות ומקוריות 10%
	1	3-2	5-4	עמידה בלוח זמנים במהלך הצגת המצגת ובתהליך הכנתה כולל הגשה להערכה מעצבת של המורה וביצוע תיקונים	עמידה בלוח זמנים 5%

2. המחווון מבוסס בחלקו על מחווון לדיבייט שפותח בשיתוף פעולה בין הפיקוח על הוראת מדעי החברה, הפיקוח על הוראת השפה העברית ויוני כהן-אידוב. תשע"ד.

נכון לייצר לב חדש כאשר שלי יפסיק לפעום? האם הדפסה של אף יפה יותר היא רלוונטית? והאם לכולם? אלו ושאלות רבות אחרות עולות מתוך החזון החדש שצץ בעקבות הטכנולוגיה פורצת הדרך.

הכנה לדיבייט

הכיתה מתחלקת לקבוצות, בכל קבוצה 6 תלמידים. ששת התלמידים מחולקים לשלושה בקבוצת ה"בעד" ולשלושה בקבוצת ה"נגד".

כל משתתף בקבוצה יפעל בהתאם לתפקיד שיבחר מבין התפקידים הבאים: ראש הוועדה, מסכם את טיעוני ה"בעד", מנהל קמפיין ה"בעד", ראש המתנגדים, מסכם טיעוני ה"נגד" ומנהל קמפיין ה"נגד". מומלץ לקרוא על הנושא במקורות מידע שונים כדי לקבל רקע ומידע מורחב להכנת הטיעונים.

תוצרי המטלה

1. בחירת נושא לדיון מתחום הדפסה ביולוגית. טיעונים התומכים בצד ה"בעד" וטיעונים התומכים בצד ה"נגד", כאשר הטיעונים מכילים גם אופי פרסומי.

2. מצגת המכילה טיעונים ופרסומים תומכים בטיעונים. מבנה טיעון כולל טענה, הסבר מדעי, דוגמה וקישור לנושא הדיבייט.

הצגת הדיבייט בפני הכיתה (חלק מהתלמידים מתפקדים כשופטים)

לכל קבוצה יהיו 7 דקות להציג את נושא הדיבייט ואת טיעוני ה"בעד" ו-7 דקות להציג את טיעוני ה"נגד". חריגה מזמן זה תגרור הורדת נקודות.

סיכום

הפעילות מהווה דוגמה להזדמנות שלנו המורים המומחים בהוראת המדעים, ליישם את המרכיב של 30% הערכה חלופית שנקבע כמרכיב חשוב בהערכת תלמידים במסגרת ההיערכות החדשה לבגרות ולהגיע למחזור חדשים. באמצעות פעילות כזו ודומות לה ניתן לעורר עניין בקרב תלמידינו, להתחדש בנושאים עדכניים במחקר וביישום הנדסי ולפתח מיומנויות שלא בהכרח היינו מגיעים אליהן לו היה עלינו ללמד אך ורק בדגש על הכנה לבחינת הבגרות.

יורדת מעט, מכסים את הפולימר המוצק בשכבה דקה של התמיסה ושוב סורקים עם הלייזר וחוזר חלילה עד לקבלת המוצר הסופי. התהליך הזה נחשב מדויק ביותר, אך בסופו יש צורך בתהליכי גימור נוספים של ניקוי, צביעה ואיחוי של השכבות שהודפסו.

2. **הדפסה באמצעות התכת פלסטיק בחום:** בתהליך הזה מדפיסים פלסטיק מסוגים שונים של פולימרים תרמופלסטיים (תרמו=חום, פלסטי=גמיש, ניתן לעיצוב) שרגישים מאוד לשינויים קטנים בטמפרטורה. מכניסים למדפסת חוטי פלסטיק, שמותכים בה ונשארים על המשטח. במגע עם הבמה הקרה. הפלסטיק מתמצק מיד ונוצרת שכבה ראשונה של המוצר. לאחר מכן מודפסת שכבה נוספת שנקשרת לשכבה הקיימת, עד לקבלת המוצר הסופי. התהליך הזה אטי יחסית ולפעמים החיבור בין השכבות איננו טוב. אם החיבור איננו חזק, מאחים את השכבות באמצעות אצטון. בשיטה הזו משתמשים בדרך כלל בפולימרים תרמופלסטיים כמו חומצה פולילקטית (PLA) או אקרילוניטריל, בוטאדיאן, או סטירן (ABS).

חלק ג' - הדפיסו לעצמכם לבלב - פעילות דיבייט

הטכנולוגיה של הדפסה בתלת-ממד מתארת עתיד שבו נוכל להדפיס איברים בתהליך של הדפסה ביולוגית. במקום פולימר משתמשים בתאים חיים בתוך תמיסת ג'ל השומרת עליהם. המדפסת מסוגלת להזריק את התאים בדיוק מרבי למקום שלהם וכך לאחר שמניחים מספיק תאים זה לצד זה, וזה מעל זה, הם מתחילים לבצע תהליך שבו הם מתחברים זה לזה ויוצרים את הרקמה הרצויה. כיוון שהתאים שבהם משתמשים לבנייה לקוחים מהגוף של המטופל, כאשר הם יוחזרו לשם - הגוף לא ידחה אותם. החזון הוא להיות מסוגלים לייצר (להדפיס) איברים שלמים כמו כליות, לבלב ולב, ובכך לפתור את בעיית האיברים להשתלה. בניסויים שונים על בעלי חיים כבר הצליחו להשתיל עצמות שהודפסו, והן נקלטו בהצלחה בגוף החיה.

המטלה - דיון בעד ונגד השימוש במדפסת תלת-ממדית להכנת איברי גוף. הנושא מעורר שאלות אתיות רבות כגון: מתי מותר ומתי אסור להשתמש בהדפסת איברי גוף? האם