Applying the chemistry of polymers to daily products by creating infographics for engineering students

Ayelet Shvalb, Tal Harshoahanim

Afeka - Tel Aviv Academic College of Engineering

Orot Israel - college of education

ABSTRACT:

אינפוגרפיקה היא שיטת הדמיה שמטרתה להציג מידע לקהל היעד באופן ויזואלי, תוך שילוב אלמנטים כמו גרפיקה, תצלומים, איורים וטקסטים. על-פי המחקר, שימוש באינפוגרפיקה בהוראה יכול לסייע בפיתוח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה, כמו חשיבה ביקורתית, לוגית, רפלקטיבית, מטה-קוגניטיבית ויצירתית. כדי לתרום לפיתוח מיומנויות כאלה בקרב סטודנטים להנדסה תוכננה משימה שכוללת שימוש באינפוגרפיקה: סטודנטים בקורס פולימרים וחומרים פלסטיים התבקשו לבחון את המבנה הפולימרי של מוצרים שונים וליצור אינפוגרפיקה שתשלב באופן קוהרנטי תכנים שונים שנלמדו בקורס. רוב הסטודנטים בחרו מוצרים מחיי היומיום שלהם, כמו גלשנים, בקבוקי שתיה ובגדי ספורט.

 האינפוגרפיקה הוערכה על סמך מחוון שבחן את האיכות והבהירות של התוכן הגרפי והטקסטואלי, וכן את ההיצמדות לתכני הקורס ואת הצגתם בצורה מדויקת. מניתוח עבודות הסטודנטים עולה כי תהליך יצירת האינפוגרפיקה פיתח בסטודנטים יכולות חשיבה מסדר גבוה, כמו חקר מעמיק ויכולת עיבוד נתונים. מבחינת הציונים עולה כי מטלת האינפוגרפיקה יכולה להוות חלופה ראויה למבחן המסכם, לצורך הערכה בקורס. ממשובי הסטודנטים עולה כי הם נהנו מיצירת האינפוגרפיקה, העמיקו את העניין שלהם והרחיבו את הידע שלהם לגבי פולימרים בכלל ולגבי המוצר שעליו הכינו את האינפוגרפיקה בפרט. ניתן להתאים את המשימה גם לנושאים אחרים בקורסים שונים.

KEYWORDS:

chemistry of polymers, infographic, HOTS, reverse engineering

 ■ INTRODUCTION

בעידן הנוכחי זקוקות חברות תעשייתיות לעובדים בעלי יכולות חשיבה ברמה גבוהה, כולל יכולת יישומית, יכולת סינתזה ואנליזה ויכולת להעריך ולשפוט מידע. לצורך כך, יש חשיבות גבוהה לפיתוח יכולות כאלה אצל סטודנטים במסגרת הכשרתם ולימודיהם הדיסציפלינריים (Griffin & Care, 2015). המשימה המתוארת במאמר זה נועדה לסייע בפיתוח יכולות אלו בקרב סטודנטים.

מיומנויות חשיבה מסדר גבוה (HOTS) כוללות חשיבה ביקורתית, לוגית, רפלקטיבית, מטה-קוגניטיבית ויצירתית. הן מופעלות כאשר אנשים נתקלים בבעיות לא מוכרות, באי-ודאות, בשאלות או בדילמות (King, Goodson & Rohani, 1997). אלה מיומנויות חשובות במהלך למידה, במיוחד בלימודים מתקדמים במסגרת ההשכלה הגבוהה, וחשוב להנחילן לכל סטודנט.

נמצא שתלמידים בעלי מיומנויות חשיבה מסדר גבוה מסוגלים ללמוד לשפר את ביצועיהם הלימודיים  ולהתמודד עם נקודות התורפה שלהם (Ahmad et al., 2017). ניתן, למשל, למצוא את החתירה לטיפוח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה בהכשרתם של סטודנטים להנדסה בקורס בשרטוט הנדסי, מתוך הנחה שרכישת מיומנויות כאלה תאפשר לסטודנטים לממש טוב יותר את הפוטנציאל שלהם ותכין אותם להציע פתרונות לסוגיות שונות בעולם המקצועי בהמשך (Sharma, Murugadoss & Rambabu, 2020).

גם בלימודי הכימיה חשוב לפתח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה, כדי לאפשר לסטודנטים להעמיק את ההבנה של מושגים כימיים מורכבים ברמת החלקיקים או הייצוג התת-מיקרוסקופי, שלעתים נתפסים בצורה שטחית ולא מדעית. אחת הדרכים לפיתוח מיומנויות כאלה ולהעמקת ההבנה היא שימוש בגרפים ובתמונות. בשיטה זו בחרו למשל החוקרים הבידין ופייג' (Habiddin & Page, 2020) ללמד מושגים כימיים בקורס בקינטיקה כימית.

למידה אקטיבית וחדשנית מסייעת בפיתוח יכולות חשיבה בקרב סטודנטים. נמצא, למשל, שמודלים של למידה מבוססת בעיה ושל למידה היברידית מגבירים את מיומנויות החשיבה הגבוהה של הסטודנטים (Prahani et al., 2020). שיטה נוספת שתורמת לפיתוח מיומנויות אלה היא שימוש באינפוגרפיקה, שבה נעשה בשנים האחרונות שימוש תדיר ונרחב לצרכי הוראה ולמידה. אינפוגרפיקה היא שיטת הדמיה שמטרתה להציג מידע לקהל היעד באופן ויזואלי, תוך שילוב אלמנטים כמו צורות, סמלים, גרפיקה, תצלומים, איורים וטקסטים (Ozdamli & Ozdal, 2018).

במספר מחקרים נמצא כי יצירת אינפוגרפיקה מסייעת בפיתוח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה בקרב סטודנטים: Kothari et al (2019) מצאו כי תלמידים שלומדים באופן אקטיבי באמצעות אינפוגרפיקה מוצאים את הלמידה מרתקת, ומדווחים שהיא עוזרת להם להבין את המושגים הנלמדים בקורס וליישמם בחיי היומיום שלהם. כמו כן, הם מצאו כי הלימוד באמצעות אינפוגרפיקה משפר את יכולתם של הסטודנטים לפשט מושגים מורכבים ולהנגישם לציבור הרחב; במחקר אחר נמצא כי תבניות שונות של אינפוגרפיקה מקדמות למידה ותורמות לפיתוח מיומנויות קוגניטיביות של סטודנטים (Damyanov & Tsankov, 2018). בהשראת מחקרים אלה עוצבה משימת אינפוגרפיקה לסטודנטים להנדסה, שנועדה לאפשר להם ליישם חומר לימודי בנושא כימיה של פולימרים באמצעות הנדוס לאחור.

יצירת אינפוגרפיקה על-ידי סטודנטים כחלק מהוראת הכימיה היא מגמה הולכת וגוברת במוסדות להשכלה גבוהה, כפי שניתן ללמוד מהדוגמאות הבאות: Kothari et al (2019) ביקשו מהסטודנטים שלהם ליצור אינפוגרפיקה מושכת חזותית, מהירה וקלה לקריאה, אשר מכילה מידע על לפחות מולקולה אורגנית אחת הקיימת במוצר צריכה כלשהו. הם השתמשו במשימת האינפוגרפיקה ככלי ליצירת חיבור בין חומר הקורס לבין העולם האמיתי; Blackburn et al. (2019) מתארים משימה מעניינת שניתנה לבוגרי תואר ראשון בכימיה – יצירת אינפוגרפיקה שמבוססת על מחקרים של חברי הסגל במחלקה לכימיה. מטרת המשימה הייתה לחבר בין הסטודנטים לבין המחקר של הסגל; גרייבר ולאונטיב (2021) שילבו שני יסודות מעולם הכימיה במשימת האינפוגרפיקה שנתנו לסטודנטים שלהם – כימיה אורגנית וכימיה ירוקה – ואפשרו לסטודנטים לבחור באופן חופשי את הנושא עליו עבדו, ובלבד שיהיה רלוונטי לשניהם. הסטודנטים התבקשו לעבוד בצורה מובנית, שלב אחר שלב: סיכום והערכה של אינפוגרפיקה קיימת, התעמקות בספרות על כימיה אורגנית וכימיה ירוקה, הצעת נושא לאינפוגרפיקה משלהם, יצירת אינפוגרפיקה, הערכת עמיתים על אינפוגרפיקות של חבריהם, אפשרות לתיקון, והעלאת התוצר המוגמר לטוויטר.

על מנת לתרום לפיתוח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה בקרב סטודנטים, שיתרמו לעתידם המקצועי, תוכננה משימה שכוללת יצירת אינפוגרפיקה בנושא מוצרים פלסטיים מבוססי פולימרים ואופן השימוש בהם. המשימה ניתנה לסטודנטים להנדסה בקורס פולימרים וחומרים פלסטיים, כיוון שמרבית הסטודנטים שלומדים בו נמצאים לקראת סיום לימודיהם, אחרי שסיימו את מרבית הקורסים בתואר, ועל כן יש להם יכולת הסתכלות רחבה וניסיון במיומנויות כמו ניתוח מאמר, הכנת מצגת, עמידה מול קהל וכד'. ההנחה הייתה כי ניתן לנצל את הידע והכישורים שרכשו הסטודנטים על מנת להעמיק את הלמידה ולהרחיב אותה למיומנויות נוספות שיתרמו להם בלימודיהם ויכינו אותם היטב לעבודה בתעשייה. ניתן בקלות להתאים את המשימה המתוארת כאן לקורסים אקדמיים נוספים, למסגרות חינוכיות תיכוניות ולהקשרי למידה אחרים, כגון קורסים מקוונים או היברידיים.

SETTINGS AND PARTICIPANTS

המשימה האינפוגרפית ניתנה לסטודנטים להנדסה מכנית בהתמחות חומרים במכללת אפקה להנדסה בתל אביב, במסגרת הקורס "מבוא לפולימרים וחומרים פלסטיים" שהועבר בסמסטר ב' 2021 (ל-63 סטודנטים) ובסמסטר א' 2022 (ל-59 סטודנטים). רוב הסטודנטים היו בסוף לימודיהם לתואר (71% מהם בשנת הלימודים הרביעית ו-20% בשנה החמישית). כ-70% מהציון הסופי בקורס ניתן על סמך פרויקט האינפוגרפיקה.

ACTIVITY DESIGN

המשימה הוצגה לסטודנטים במהלך ההרצאה הראשונה של הסמסטר, בה הוסבר להם על מהות האינפוגרפיקה ועל יתרונותיה בהצגת מידע. הוצגו דוגמאות שונות של שימוש באינפוגרפיקה, כמו קורות חיים, אינפוגרפיקה לאורך ציר זמן כרונולוגי, אינפוגרפיקה השוואתית ועוד. לבסוף הוסבר הקשר בין המטלה למטרות הקורס: חיבור תכני הקורס לעולם התוכן של הסטודנטים, יכולת יישום של החומר והקניית מיומנויות מסדר חשיבה גבוה, הנדרשות לעתידם המקצועי.

במסגרת המשימה נדרשו הסטודנטים ליצור בזוגות או בשלשות אינפוגרפיקה מושכת חזותית, קלה לקריאה ומהירה להבנה, שמכילה מידע על מוצר פלסטי מבוסס פולימרים לבחירתם. הסטודנטים עודדו להשתמש בהכנת האינפוגרפיקה בכלים גרפיים קיימים, שזמינים במספר תוכנות חינמיות (למשל PP, Canva). הסטודנטים נדרשו להציג במסגרת האינפוגרפיקה את המרכיבים הבאים: דרישות מהמוצר; הפולימר ממנו עשוי המוצר; מונומר; תהליך פילמור; תכונות הצבר הפולימרי והקשר בין הצבר הפולימרי לתכונות המוצר. בנוסף, הוצעו להם מרכיבים נוספים, שמהם התבקשו להציג לפחות אחד: תוספים; תהליך ייצור; מחזור; היסטוריה ועובדות מעניינות.

לאחר החלוקה לקבוצות בחרה כל קבוצה את המוצר שאותו תציג באמצעות אינפוגרפיקה, ופנתה לחפש מידע בהתאם לסיפור שאותו רצתה לספר. רוב הסטודנטים בחרו במוצרים מחיי היומיום שלהם.

במהלך הסמסטר הוקדשו למשימת האינפוגרפיקה ארבעה שיעורים שכללו הסבר על מהות האינפוגרפיקה, ייעוץ והכוונה אישית לכל קבוצת סטודנטים על-ידי מרצת הקורס והצגת התוצרים. תהליך הכנת האינפוגרפיקה התבצע ברובו בזמנם החופשי של הסטודנטים. במהלך העבודה על האינפוגרפיקות, בין בשיעורים ובין מחוצה להם הסטודנטים היו יכולים להתייעץ עם מרצת הקורס במיילים ללא הגבלה. מתן הציון הסופי כלל ארבעה מרכיבים: ויזואליות ויצירתיות (25%), אופן הצגת המוצר הנבחר (20%), תוכן, הכולל ניתוח מבנה פולימרי ותכונות (40%) ותוספת הרחבה לפי בחירה (15%) (מחוון מלא ניתן לראות ב SI בהמשך).

RESULTS AND DISCUSSION

במסגרת המשימה עבדו הסטודנטים על 29 פרויקטים של אינפוגרפיקה, שהציגו מידע על מגוון מוצרים: ציפוי שתלים למנותחי לב, כנפי טורבינות רוח, צינורות PVC, גלגלי סקייטבורד, צמיגי אופניים, בקבוקי שתייה, חלונות וגלגלי מטוסים, ביגוד ספורט, גלשנים, גומיות אימון, צמיגי רכב, חבלי טיפוס, קסדת כיבוי אש, אפודי מגן, סוליות נעליים, דבק אפוקסי, לגו וגומי לעיסה.

כלל הסטודנטים עמדו בדרישה והציגו את התוצר שלהם בשקף יחיד, שרובם הכינו באמצעות תוכנת PP. נעשה שימושבימספר קבוצות הביאו לכיתה את המוצר בנוסף לאינפוגרפיקה לשם המחשה פיסית.

מתוך כלל העבודות, 16 אינפוגרפיקות הציגו את המידע כעובדות על המוצר. למשל, באינפוגרפיקה שעוסקת בחולצת כדורגל הוצגו שלושת הפולימרים שמרכיבים את חלקי החולצה השונים ותכונותיהם. דוגמה נוספת היא אינפוגרפיקה העוסקת בסוליית נעליים, בה בחרו הסטודנטים להציג את המידע לאורך ציר זמן היסטורי, החל בנעליים הקדמוניות וכלה בהדפסת סוליות תלת-מימדיות בהתאמה אישית.

13 אינפוגרפיקות הציגו את המידע באמצעות ניתוח המוצר: ארבע מהן ערכו השוואה בין שני פולימרים שונים שמהם ניתן לייצר את אותו המוצר, לדוגמה גומיית אימון הניתנת לייצור מגומי טבעי או מגומי סינטטי (ראה איור A1). בעבודתם, השוו הסטודנטים בין הגומיות השונות בקריטריונים של מבנה כימי, תכונות מכניות, השפעה סביבתית, אלרגיות, ועמידות לקרינת UV ולאוזון. ארבע אינפוגרפיקות אחרות הציגו את המידע בצורה של רוורס אינג'ינירינג, כשנקודת הפתיחה היא המוצר ותכונותיו הנדרשות. דוגמה לכך היא אינפוגרפיקה שעסקה בקסדת כבאים (ראה איור B1). האינפוגרפיקה מתחילה בהצגת הקסדה ותנאי הסביבה בהם עליה לעמוד; בהמשך מוצגים שני הפולימרים המרכיבים את הקסדה, המבנה הכימי של כל אחד מהם, זוויות הקשר והקשרים הבין-מולקולריים, שמתוכם ניתן להבין את מבנה הצבר הפולימרי ותכונותיו. לאור זאת ניתן להצדיק את הבחירה בפולימרים אלו דווקא לשם ייצור קסדות כבאים. חמש אינפוגרפיקות נוספות הציגו את המוצר הפוך – כלומר סיימו בהצגת המוצר. באינפוגרפיקה שעסקה בבקבוקי שתיה, למשל, הוצגו תחילה המונומר ותהליך הפלמור. בהמשך הוצג מבנה הצבר בהתאם לאחוז הגבישיות של החומר ולבסוף הוצג תהליך הייצור, הכולל אקסטורזיה והזרקה לתבנית, עד לקבלת התוצר הסופי.

איורים 1A ו-1B מציגים דוגמאות לאינפוגרפיקות שנוצרו על ידי קבוצות סטודנטים, שנתנו את רשותם להציגן. התמונות בהן מטושטשות מסיבות של זכויות יוצרים.

|  |  |
| --- | --- |
| https://lh4.googleusercontent.com/5MFBEPCuwVaf92ESL3OvfbHDMmZxCs_qj3g_ZMSpWPqu_oX8FE0G7oEnAS1_2LaDPz1XOgpyP6e4STtFXTTm2tEiTQJuK6PDvN1lKxUZqono3noZdd3ks9gYGxOJPYpUYjZ5mdx8Czjza3LUiibCwoapD71hxn65l3vPRcI41tfupVhIpsbvrf1LPQ | https://lh6.googleusercontent.com/1xwMxH4CLXpJNo5ylBF0BVgsFZbr6zcNR2GxI61YL0C3sXCa_Yh_wNHRmYvu-zT9EIi5GVgoykwCGMg2ekNAszBoJVUOkVX9iv6EXIwjS0sfjct_ykxE_EmHnnKYs3OhPcGe-BpJsPXrWrvP7fgkMo_8Eo3nIRcX9XxDNsl7Kp-JUHuvnv7R-bsMMg |
| איור 1B - אינפוגרפיקה המתארת קסדת  כבאים, בצורה של הנדוס לאחור. הוכנה על-ידי שירה וובק ויוסף עזורי. | איור 1A - אינפוגרפיקה המשווה בין שני סוגים של גומיות אימון. הוכנה על-ידי עידן אברהם, מוטי לוי וגל שמש. |

מדיווחי המרצה עולים מספר יתרונות לשימוש בוויזואליות בקורס: ראשית, היכולת להעביר תוכן מורכב בפשטות: כך, תהליך הייצור קל מאוד להבנה כאשר הוא מוצג באופן ויזואלי, שלב אחרי שלב, מחומר הגלם ועד למוצר המוגמר. דוגמה לכך ניתן לראות באינפוגרפיקה B1, שבה מוצגים המודלים הכימיים של קוולר ונומקס. האינפוגרפיקה מאפשרת לראות  את  השוני בזוויות הקשר ולהבין את השפעתו על המבנה המרחבי של הצבר ותכונותיו. שנית, היכולת להציג קשר בין משתנים באמצעות שימוש בגרפים וטבלאות. לדוגמה, באינפוגרפיקה שבחנה גלגלי סקייטבורד העשויים פולימרים שונים, הציג הגרף בצורה ויזואלית פשוטה את עמידות הגלגלים מבחינת חיכוך ובלאי לאורך זמן בתנאים זהים. (מקור: https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/TD12/TD12009FU1.pdf) שלישית, היכולת לעורר סקרנות ומוטיבציה ללמידה באמצעות עיצוב צבעוני ויצירתי של האינפוגרפיקות.

כדי לבחון האם הסטודנטים הבינו את עקרון השימוש בויזואליות באינפוגרפיקה, נבחן היחס שבין הוויזואליות לבין המלל בתוצרים שהכינו. כאשר שיעור הוויזואליות עמד על 66% ומעלה והשאר מלל – הוגדר היחס כגבוה; ויזואליות בין 33%-66% הוגדרה כיחס בינוני ושיעור ויזואליות נמוך מ-33% הוגדר כיחס נמוך. ב 41% מכלל האינפוגרפיקות נמצא כי היחס בין ויזואליות ומלל היה גבוה, יחס בינוני נמצא  ב-24% מהאינפוגרפיקות ובשאר נמצא יחס נמוך. מעניין לראות כי לא נמצא הבדל מובהק בין ממוצעי הציונים ביחסים השונים. הסבר לכך עשוי להיות שסטודנטים שהשתמשו ביחס ויזואליות גבוה לא בהכרח עשו עבודה מספיק טובה.

משימת האינפוגרפיקה הוערכה באמצעות משובי הסטודנטים וציוניהם בקורס. ממשובי הסטודנטים עולה כי הם חוו את משימת האינפוגרפיקה כמעניינת, מקורית ומהנה. הם מציינים כי המשימה גרמה להם ללמידה חווייתית, שונה מזו אליה הורגלו באקדמיה, וכי למידה באמצעות יצירת אינפוגרפיקה לא פגעה להערכתם ברמה האקדמית של הקורס. הסטודנטים מוסיפים כי הם מעוניינים בחוויות למידה נוספות מסוג זה ומבקשים להמשיך בשיטת הלמידה הפעילה. הם נהנו מהעבודה הקבוצתית ומיצירת העניין שהביאה איתה ומהכרת התוכנות החדשות שבהן השתמשו לצורך העבודה העיצובית הנדרשת. הם מצאו עניין מיוחד במשימת האינפוגרפיקה גם משום שהנושא הנחקר היה נתון לבחירתם ובהתאם לתחומי העניין שלהם.

מהמשובים עולה גם כי המטלה עזרה לסטודנטים להתחבר לקורס ולמושגים הנלמדים: הם מדווחים על העמקה והרחבה של הידע על אודות פולימרים, תהליכי פלמור, שיטות ייצור, השפעת תכונות הפולימר על המוצר, השימוש הנרחב שנעשה בפולימרים בחיי היום-יום ומקומו בתעשייה, ועוד. הסטודנטים מוסיפים כי למדו כיצד לחקור מבנה פולימרי של מוצרים וכי עשו זאת לעומק, אף יותר מהנדרש לצורך הכנת האינפוגרפיקה. מדיווחי הסטודנטים עולה כי באמצעות הכנת האינפוגרפיקה הם פיתחו מיומנויות חשיבה שונות מסדר גבוה: יכולת פתרון בעיות, יכולת מיקוד ותמצות מידע, עיבוד מידע, סידור נתונים בבהירות וכאמור חקר עצמי מעמיק.

מניתוח הציונים של האינפוגרפיקות עולה כי כל הסטודנטים הציגו רמת ביצוע בינונית עד גבוהה מבחינת הוויזואליות והיצירתיות - כלומר העיצוב הגרפי, התכנון וההתאמה בין התוכן והנראות. גם האופן שבו הציגו הסטודנטים את המוצר הנבחר, את תכונותיו ואת שימושיו הוערך כבינוני עד גבוה לגבי 93% מהסטודנטים. לעומת זאת, במדד התוכן, שכלל את הניתוח הפולימרי הן מבחינת המבנה הכימי והן מבחינת הקורלציה בין המבנה לתכונות התרמיות והמכניות – ניתן לראות התפלגות גדולה יותר של הישגי הסטודנטים: רק 62% מהסטודנטים ביצעו מרכיב זה ברמת ביצוע בינונית עד גבוהה, בעוד שרמת הביצוע של 38% הוערכה כנמוכה.

כחלק אינטגרלי מהמטלה היה על הסטודנטים לשלב באינפוגרפיקה שלהם הרחבה לבחירתם; משקלו של חלק זה היה 15% מציון האינפוגרפיקה הכולל. הנושאים שאותם בחרו הסטודנטים להרחיב היו תהליך הייצור של המוצר (38%), תהליך הפיתוח של המוצר הנבחר לאורך השנים (24%), היבטים סביבתיים (24%) ושימושים נוספים לפולימר העיקרי שבו עסקו (17%). חשוב לציין כי היו גם סטודנטים שהתייחסו באינפוגרפיקה שלהם ליותר מהיבט אחד בפרק ההרחבה. מרבית הסטודנטים ביצעו חלק זה ברמת ביצוע גבוהה.

כדי לבחון את הקשר בין משימת האינפוגרפיקה וציוני הקורס הסופיים ערכנו השוואה בין התפלגות הציונים בשנים 2022-2020. בכל שלוש השנים ניתן הקורס על פי סילבוס זהה ועל-ידי אותה מרצה. בשנת 2020 המרכיב העיקרי של הציון היה מבחן, ואילו בשנים 2022-2021 המרכיב העיקרי שונה למטלת האינפוגרפיקה (כ-70% מהציון הסופי היה המבחן/האינפוגרפיקה, ו-30% הנוספים התייחסו למטלות נוספות שניתנו לאורך הקורס). ניתן לראות כי ממוצע הציונים ופיזורם לאורך השנים דומים (סטיית תקן קלה של כ-4%), כלומר אחוזי הסטודנטים שקבלו ציונים בינוניים, בינוניים-גבוהים וגבוהים – דומים אלה לאלה בשנים שנבחנו. חשוב לציין כי היו גורמים נוספים שייתכן שהייתה להם השפעה על הציון הסופי, כגון העובדה כי בשנת 2020 הלמידה הייתה פרונטלית, ואילו בשנים 2022-2021 ההוראה התנהלה מרחוק, בגלל הגבלות הקורונה. ניתן לראות כי שנת 2021 הייתה שנה חריגה מבחינת הציונים, כיוון שבמהלכה הוכנסו שינויים בגלל המעבר ללמידה מרחוק, שהובילו להקלות בקורס ולעלייה משמעותית בציוני הסטודנטים.

■ ADVICE FOR INSTRUCTORS

על בסיס ניתוח האינפוגרפיקות, ציוני הקורס ומשובי הסטודנטים אנו מציעות את השינויים הבאים עבור יישומים עתידיים של משימות אינפוגרפיקה:

1. לחדד את ההנחיות והדרישות: שיפור המחוון; מתן דוגמאות וחלוקה לתתי משימות, כדי שהסטודנטים יבינו טוב יותר מה עליהם לעשות ויוכלו להגיע לתוצאה טובה יותר; חלוקה נכונה בין המשקל שניתן למלל ובין המשקל שניתן לוויזואליות וכן מתן כלים רבים יותר להמרת המידע הטקסטואלי לאלמנטים ויזואליים.
2. לשלב במטלה משימה של הערכת עמיתים שיבצעו הסטודנטים עצמם, כדי לבחון את היכולת של הסטודנטים להבין מידע מתוך אינפוגרפיקה ובמקביל לבחון את איכות האינפוגרפיקה ולאפשר תיקון טעויות וחידוד מסרים.
3. להציג את האינפוגרפיקות בתערוכה שבה יצפו סטודנטים ואנשי צוות המכללה, כדי להעצים את ההנעה ללמידה בקרב הסטודנטים.
4. לבצע את הלמידה בשדה התעשייתי, כלומר ליצור אינפוגרפיקה בהתאם לצרכים אמיתיים שעולים מנציגים בתעשייה. נציגים אלו אף יכולים להעריך את האינפוגרפיקות של הסטודנטים.

■ IMPLICATIONS

למשימת האינפוגרפיקה יתרונות רבים: היא מעניינת ומהנה, יוצרת עניין בקורס, משפרת את הבנת החומר הנלמד ומפתחת יכולות חשיבה מסדר גבוה, החשובות כל כך לתפקודם המקצועי העתידי של הסטודנטים. על מנת למקסם את התוצאות של הוראה באמצעות יצירת אינפוגרפיקה חשוב לייצר לסטודנטים הזדמנויות שונות ומגוונות להתנסות בכלי ולשכלל את המיומנויות הדרושות ליצירת אינפוגרפיקה מעולה: יצירתיות, הבנת החומר, יכולת ניתוח, ויכולת הפשטה של מידע והנגשתו.

■ ACKNOWLEDGMENTS

אנחנו רוצות להודות למכללת אפקה ולעומדים בראשה על התמיכה והעידוד בהוראה מסוג אחר ולראש המרכז לקידום ההוראה על הסיוע. בנוסף, אנו רוצות להודות לסטודנטים שהשתתפו בקורסים לאורך השנים, ובמיוחד לאלה שיצרו את האינפוגרפיקות המוצגות במאמר זה:

רצועות אימון:

עידן אברהם   Idan.Avraham@s.afeka.ac.il

מוטי לוי        Moti.Levy@s.afeka.ac.il

גל שמש        Gal.Shemesh@s.afeka.ac.il

קסדת מכבי האש:

שירה וובק      Shira.Vovak@s.afeka.ac.il

יוסף עזורי      Yosef.Azuri@s.afeka.ac.il

 ■ REFERENCES

Devki Kothari, Ariana O. Hall, Carol Ann Castañeda, and Anne J. McNeil (2019). Connecting Organic Chemistry Concepts with Real-World Contexts by Creating Infographics. Journal of Chemical Education (October, 1 p. A-D).

Krystal Grieger & Alexey Leontyev (2021). Student-Generated Infographics for Learning Green Chemistry and Developing Professional Skills.  Journal of Chemical Education (98, 9, 2881–2891).

Blackburn, R. A. R. Using Infographic Creation as a Tool for Science-Communication Assessment and a Means of Connecting Students to their Departmental Research. J. Chem. Educ. 2019, 96, 1510−1514.

VanderMolen, J.; Spivey, C. Creating Infographics to Enhance Student Engagement and Communication in Health Economics. J. Econ. Educ. 2017, 48, 198−205.

Prahani, B., Jatmiko, B., Hariadi, B., Sunarto, D., Sagirani, T., Amelia, T. & Lemantara, J. (2020). Blended Web Mobile Learning (BWML) Model to Improve Students’ Higher Order Thinking Skills. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 15(11), 42-55. Kassel, Germany: International Journal of Emerging Technology in Learning. Retrieved August 2, 2022 from<https://www.learntechlib.org/p/217126/>

Griffin, P. & Care, E. (2015). Assesment and teaching of 21st century skills: Methods and approach. New York: Springer.

GVSS Sharma , J. Raja Murugadoss , V. Rambabu (2020). Fostering Higher Order Thinking Skills in Engineering Drawing. Journal of Engineering Education Transformations , Volume 34 , No. 1, July 2020, ISSN 2349-2473, eISSN 2394-1707נ

 Habiddin Habiddin1\* , Elizabeth Mary Page (2020). PROBING STUDENTS’ HIGHER ORDER THINKING SKILLS USING PICTORIAL STYLE QUESTIONS . Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, Vol. 39, No. 2, pp. 251–263

 King F J, Goodson L, Rohani F (1997). Higher order thinking skills: Definition, teaching strategies, and assessment (Tallahasee: Center for Advancement of Learning and Assessment Florida State University)

S Ahmad , R C I Prahmana , A K Kenedi , Y Helsa , Y Arianil , M Zainil (2017).  The instruments of higher order thinking skills. : Journal of Physics: Conf. Series 943

Ozdamli, F.; Ozdal, H. Developing an Instructional Design for the Design of Infographics and the Evaluation of Infographic Usage in Teaching based on Teacher and Student Opinions. EURASIA J. Math., Sci. Technol. Ed 2018, 14, 1197−1219.

Damyanov, I.; Tsankov, N. The Role of Infographics for the Development of Skills for Cognitive Modeling in Education. Int. J. Emerg. Technol. Learn. 2018, 13, 82−92.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **SI**  מחוון לציון בקורס:     |  |  |  | | --- | --- | --- | | 1 | באיזו מידה הכותרות ב[אינפוגרפיקה](https://moodle2022.afeka.ac.il/mod/resource/view.php?id=50542) הציגו את הנושא באופן מסקרן ותאמו את תוכן ה[אינפוגרפיקה](https://moodle2022.afeka.ac.il/mod/resource/view.php?id=50542)? | 5 | | 2 | באיזו מידה הוצג המוצר הנבחר? (מבנה כללי, שימושים וכד') | 10 | | 3 | באיזו מידה הוצגו התכונות הנדרשות מהמוצר? (תכונות תרמיות, מכניות, כימיות) | 10 | | 4 | באיזו מידה הוצג הפולימר העיקרי שמרכיב את המוצר? (מונומר, תהליך הפלמור- דחיסה/סיפוח, מבנה הצבר, גבישיות, וכד') | 20 | | 5 | באיזו מידה הוסברה תרומת הפולימר לתכונות המוצר? (כיצד מבנה הצבר הפולימרי מסביר את התכונות הנדרשות, השפעת תהליך הייצור ותרומתו לתכונות המוצר הסופי, משמעותם של תוספים לצבר הפולימרי, וכד') | 20 | | 6 | באיזו מידה הוצגו רעיונות נוספים ב[אינפוגרפיקה](https://moodle2022.afeka.ac.il/mod/resource/view.php?id=50542)? (היסטוריה, אפשרויות מחזור, תהליך ייצור וכד') | 15 | | 7 | מה דעתך על הנראות הכללית של ה[אינפוגרפיקה](https://moodle2022.afeka.ac.il/mod/resource/view.php?id=50542)? (רצף לוגי, צבעים, גרפיקה, תמונות, לוגו וכד') | 10 | | 8 | באיזו מידה ה[אינפוגרפיקה](https://moodle2022.afeka.ac.il/mod/resource/view.php?id=50542) יצירתית בעיניך? | 10 | |  | סה"כ | 100 | |