

# תרגול בקורסים במקצועות מדעיים בשימוש בתוכנה ייעודית

תמר רז-נחום<sup>3</sup>, עזריאלי מכללה להנדסה ירושלים

**ב**מהלך השנים האחרונות בחנו אנשי סגל במכללת עזריאלי את השימוש בתוכנה ייעודית לתרגול במגוון רחב של קורסים בתחומי הכימיה והפיזיקה. נמצא כי השימוש בתוכנה עונה על מרבית הבעיות האקדמיות הקיימות בשיטה המסורתית לתרגול והוא אף בעל יתרונות נוספים: חשיפה של תפישות שגויות בשלב מוקדם, עידוד הסטודנט למצוא את טעויותיו בעצמו, מעורבות של הסטודנטים בנעשה בקורס בכל מהלכו, השקעה מרובה של הסטודנטים בפתרון התרגילים, עידוד עבודה קבוצתית פורייה, מניעת העתקות של פתרונות תרגילים, שיפור מיומנויות של שימוש במחשב, שיפור השימוש בשפה אנגלית טכנית ועוד. התוכנה מאפשרת לסגל האקדמי לתכנת את השאלות וכך להתאים את השאלות לצרכים מבחינת הרמה האקדמית וההדגשים של הקורסים השונים.



תמר רז-נחום

בקידום הלמידה רק אם הסטודנט פותר אותו באופן עצמאי. לעתים סטודנטים אף מעתיקים מעמיתיהם את פתרונות התרגילים, ובאופן זה סביר להניח שאינם לומדים רבות. בעיות נוספות מקורן בסרבול בניהול הבדיקה והרישום של תרגילי הסטודנטים ושיקולי תקציב עקב הצורך לממן את בודקי התרגילים. במוסדות אקדמיים רבים בעולם ניסו להתמודד עם מכלול בעיות אלו באמצעות תוכנות לתרגול ממוחשב, המאפשרות שונות בשאלות בין הסטודנטים ומשוב מיידי<sup>2</sup>.

בעזריאלי מכללה להנדסה ניסונו כבר בשנת 2000 למצוא פתרונות למכלול הבעיות המוצגות כאן, וכך התחילה היכרותנו עם מערכת מקוונת שפותחה באוניברסיטת המדינה של מישיגן הקרויה LON-CAPA<sup>3</sup>: Learning Online Network with Computer Assisted Personalized Approach.

LON-CAPA היא מערכת מקיפה לניהול קורסים, הכוללת את כל התכונות של גיהול תוכן לימודי ומערכת הערכה. השימוש העיקרי שלנו בתוכנה זו הוא במערכת ההערכה הכוללת

## מבוא

בקורסים רבים, ובייחוד בקורסים מדעיים, דרוש תרגול אינטנסיבי ויעיל<sup>1</sup>. השיטה הנפוצה לתרגול במכללות ובאוניברסיטאות היא שכל הסטודנטים בכיתה נדרשים להשיב על תרגילים זהים. לצורך פתרון התרגיל ניתן לסטודנטים פרק זמן של כשבוע, וכשבועיים לאחר הגשת התרגיל הם מקבלים משוב. שיטה זו לוקה בחסר מכמה סיבות. הבעיה המרכזית טמונה בזמן הרב שעובר עד לקבלת המשוב. הסטודנט מקבל משוב על שגיאות זמן רב לאחר שהן נעשו, וייתכן שעד לקבלת המשוב הן אף השתרשו. עד לקבלת המשוב הסטודנט ממשיך לענות על שאלות נוספות כשהוא לוקה באותן תפישות שגויות, מבלי שלו או למרצה יש כלי לזיהוי מוקדם של שגיאות אלו. אופי העבודה על התרגיל עשוי גם הוא להוות בעיה. מכיוון שהתרגילים הם זהים, סטודנטים רבים נוטים לענות עליהם בעבודה משותפת, אף על פי שהתרגיל מביא תועלת

a פרופ' תמר רז-נחום, דיקן לעניינים אקדמיים, מרצה לכימיה פיזיקלית, tamraz@jce.ac.il

### דוגמה 1

הסטודנט נדרש לחשב את דרגת החומציות (pH) של תמיסה. ההבדל בין התרגילים של הסטודנטים הוא בסוג החומצה, בקבוע החומציות שלה ובריכוזה. להלן מוצג אותו תרגיל עבור שני תלמידים שונים:

איור 1

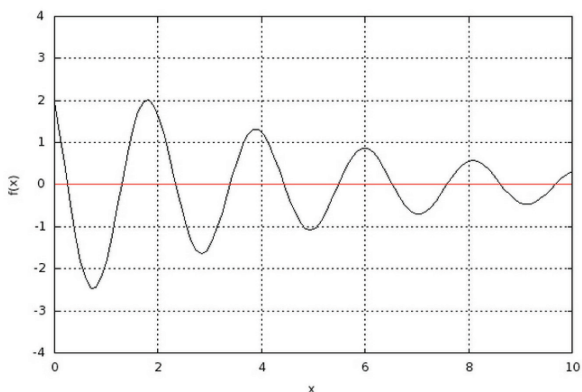
What will be the pH of a solution containing 0.1M  $\text{HNO}_2$ .  
 $K_a(\text{HNO}_2) = 4.70 \times 10^{-4} \text{M}$

What will be the pH of a solution containing 0.8M  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ .  
 $K_a(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 6.30 \times 10^{-5} \text{M}$

### דוגמה 2

הסטודנט נדרש לכתוב פונקציה המתארת את הגרף המפורט בשאלה. התשובה לשאלה זו היא ביטוי אלגברי. צורת הכתיבה של ביטויים אלגבריים זהה לצורת הכתיבה הקיימת בתוכנות רבות (כמו Excel). התוכנה יודעת לזהות כל זהות אלגברית שהסטודנט מקליד (כמו פתיחת סוגריים, מציאת מכנה משותף וכו'). לאחר הקלדת התשובה, הסטודנט מקבל משוב עליה. ההבדל בין התרגילים בשאלה זו הוא בגרף המוצג לכל סטודנט. להלן שתי גרסאות שונות לאותה שאלה.

איור 2: גרף המוצג לסטודנט מסוים לשם כתיבת הפונקציה שהגרף מתאר, לפני הכנסת התשובה על ידי הסטודנט



Match the function indicated in black.  
 f(x) =

Submit Answer Tries 0/99

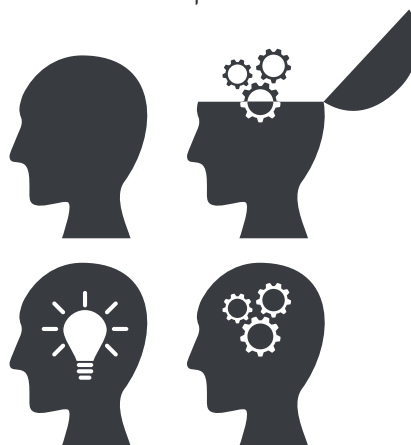
באיור 2 ניתן לראות כי הסטודנט עדיין לא השיב על השאלה (ראו שמספר הניסיונות של הסטודנט, המוצג מתחת לגרף, הוא 0 מבין 99 אפשרויות).

הגרף באיור 3 הוא תרגיל שמוצג לסטודנט אחר (כפי שניתן לראות, הגרף השחור שונה בין שני התרגילים באיורים 2 ו-3). לפי הרישום מתחת לגרף, הסטודנט כבר ניסה להשיב ארבע פעמים על השאלה. תשובתו האחרונה, כלומר הפונקציה שהכניס, מופיעה אף היא מתחת לגרף. כמו כן מופיע המשוב שהוא קיבל מהמערכת (Incorrect). כחלק מהמשוב משורטט באדום הגרף של הפונקציה שהסטודנט כתב, ובאופן זה מומחשת שגיאתו.

תרגילים, בחנים ומבחנים ממוחשבים, כולם באנגלית. כל המוסדות אשר משתמשים בתוכנה (כ-160 מוסדות, 48% מהם אקדמיים) משתפים פעולה ביניהם, כך שכל תרגיל אשר ניתן באחד מהמוסדות זמין לכל יתר המשתמשים (יש במאגר הנתונים יותר מ-150,000 שאלות בתחומים שונים). במידת הצורך ניתן לתכנת שאלות נוספות בשפת תכנות בסיסית באופן יחסי. אנשי הסגל האקדמי במכללה תכנתו בשנים האחרונות מאות שאלות בתחומי הכימיה והפיזיקה.

במהלך השנים האחרונות בחנו במכללה את השימוש בתוכנה זו ומצאנו כי השימוש בה נותן פתרון למרבית הבעיות האקדמיות הקיימות בשיטה המסורתית לתרגול, והוא אף בעל יתרונות נוספים.

במאמר זה אציג את אופן השימוש בתוכנה, את התגובות של סטודנטים ומרצים לשימוש בתוכנה ונתונים על השפעת התרגול בה על הצלחת הסטודנטים בקורסים השונים.



### השימוש בתוכנת LON-CAPA

בכניסה לאתר של המכללה שבתוכנה מופיעה לכל מרצה רשימת הקורסים שהוא מלמד. המרצה יכול להכניס לתיקיה של כל קורס כל תוכן לימודי שהוא מעוניין בו (הרצאות, מצגות, קישורים וכו'), והסטודנטים הרשומים לקורס נחשפים לתוכן זה. בעת תכנון הקורס או השיעור, המרצה יכול לבחור בנוסף לחומרי הלימוד גם את אוסף התרגילים הממוחשבים מבין כ-150,000 התרגילים שקיימים במערכת, או שהוא יכול להוסיף תרגילים שפיתח בעצמו. כמו כן, המרצה יכול להוסיף את הניקוד לכל תרגיל, את מספר הניסיונות למענה, את תאריך ההגשה ועוד. התרגילים יכולים להיות מסוגים שונים כמו שאלות רב-ברירה, תשובה מספרית עם או בלי יחידות, ביטויים אלגבריים ועוד. הסטודנט עונה על התרגיל במערכת הממוחשבת ומקבל משוב מיידי על תשובתו. המשוב כולל התייחסות לנכונות התשובה, לנכונות היחידות ולמספר הספרות המשמעותיות. בחלק מהשאלות ניתנת לסטודנט האפשרות (או כמה אפשרויות - בהתאם למספר הניסיונות שקבע המרצה) לשנות את תשובתו, אם הקליד תשובה שגויה. במקרה זה המשוב כולל גם רמזים לפתרון והערות משמעותיות נוספות ויש באפשרות הסטודנט לבחון מחדש את תשובתו ולהקליד לתוכנה תשובה אחרת (בהתאם למספר הניסיונות שקבע מרצה הקורס).

כל סטודנט מקבל גרסה אישית של התרגיל. השוני בין הגרסאות תלוי באופן שבו בחר כותב השאלה לתכנת את השאלה. להלן כמה תרגילים לדוגמה.

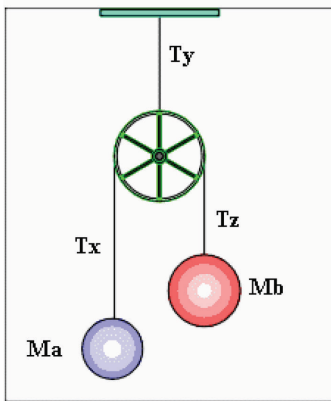
#### דוגמה 4

בשאלה זו הסטודנט נדרש לסמן ליד כל אחד מהמשפטים הרשומים אחת מבין חמש אפשרויות. הוא מקבל משוב על תשובתו הכוללת רק לאחר שהשיב על כל השאלות. הסימונים על האיור, האפשרויות המופיעות בשאלה והסדר של האפשרויות נבדלים מסטודנט לסטודנט.

המילים המודגשות בשאלה הן קישורים לחומר כתוב בנושא הרלוונטי.

איור 5: דוגמה לשאלה מסוג רב-ברירה

A frictionless, massless pulley is attached to the ceiling, in a gravity field  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ . Mass  $M_b$  is greater than mass  $M_a$ . The tensions  $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ , and the constant  $g$  are magnitudes. (For each statement select 'True', 'False', 'Greater than', 'Less than', 'Equal to'.) [Motion of Masses on a Pulley.](#)



- Equal to   $T_y$  is ....  $T_z + T_x$ .
- Less than   $T_z$  is ...  $(M_b)g$ .
- True  The center-of-mass accelerates.
- $(M_a)g + (M_b)g$  is ....  $T_y$ .
- The magnitude of the acceleration of  $M_a$  is ... the magnitude of the acceleration of  $M_b$ .
- $T_x$  is ....  $T_z$ .

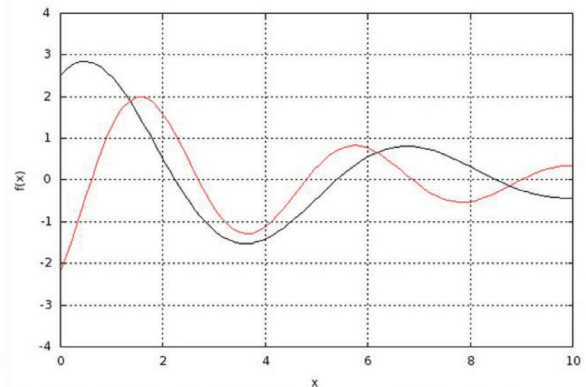
Submit All Answers

התוכנה מאפשרת למרצה הקורס לנתח ולהעריך את ביצועי הסטודנטים בקורס באופן יחידני וגם לקבל תמונה של ביצועי כלל התלמידים בקורס. ניתן לבחון את מספר הנקודות שסטודנט צבר בכל שאלה, את מספר הניסיונות בכל שאלה ואת אוסף התשובות שלו לכל שאלה. כך המרצה יכול לזהות בקלות נושאים אשר סטודנטים רבים התקשו בהם, בעיות חוזרות אצל כלל הסטודנטים וכן בעיות נקודתיות אצל סטודנט מסוים.

#### תגובות המרצים והסטודנטים לשימוש בתוכנה

השימוש בתוכנה במכללה הלך והתרחב עם השנים, וכיום אנו משתמשים בתוכנה במרבית קורסי הפיזיקה והכימיה. הקושי המרכזי של סגל ההוראה במכללה היה בהסתגלות לשימוש בתוכנה ובהתאמת התרגילים לצורכי הקורסים השונים. קושי זה הוביל אותנו להשקעה בתכנות של שאלות רבות בתחומי הכימיה והפיזיקה אשר יתאימו לצורכי המכללה. לאחר תקופת הסתגלות של כשנה, שביעות הרצון של המרצים מהשימוש בתוכנה היא גבוהה.

איור 3: גרף שהוצג לסטודנט אחר לשם כתיבת הפונקציה שהגרף מתאר, עם המשוב שהסטודנט קיבל לאחר ניסיונו הרביעי למתן תשובה.



Match the function indicated in black. The function you entered is indicated in red.  
 $f(x) = 2.8 \cdot \exp(-0.21 \cdot x) \cdot \sin(1.5 \cdot x - 0.9)$   
 Submit Answer Incorrect Tries 4/99 Previous Tries

#### דוגמה 3

תרגיל זה הוא בתחום הקינטיקה הכימית. כל סטודנט מקבל תגובה כימית שונה, הכוללת אוסף נתונים שונים ויחידות שונות. התשובות לסעיפים השונים הם מספרים, עם או בלי יחידות. התוכנה תומכת באופן מלא בכל היחידות הפיזיקליות, בקשרים ביניהן ובקידומות השונות. מידת הדיוק של התשובה ומספר הספרות המשמעותיות ניתנים לשליטה. איור 4 מציג גרסה של אחד הסטודנטים.

איור 4: דוגמה לשאלה הדורשת ניתוח ועיבוד נתונים

The data below was collected for the reaction:  
 $2\text{NOBr}(g) \rightarrow 2\text{NO}(g) + \text{Br}_2(g)$  at a temperature of  $10^\circ\text{C}$ :

time (s)	[NOBr](M)
0.0	0.434
0.3	0.391
0.7	0.347
1.2	0.304
1.9	0.260
2.9	0.217
4.3	0.174
6.7	0.130
11.5	0.087
25.9	0.043

Using the data, Find  $t_{1/2}$ .

Submit Answer Tries 0/10

Plot  $[\text{NOBr}]$ ,  $\ln[\text{NOBr}]$  and  $1/[\text{NOBr}]$  as a function of time. You can cut and paste the data from the table into an Excel worksheet. From the graphs, determine the reaction order and the reaction rate constant.

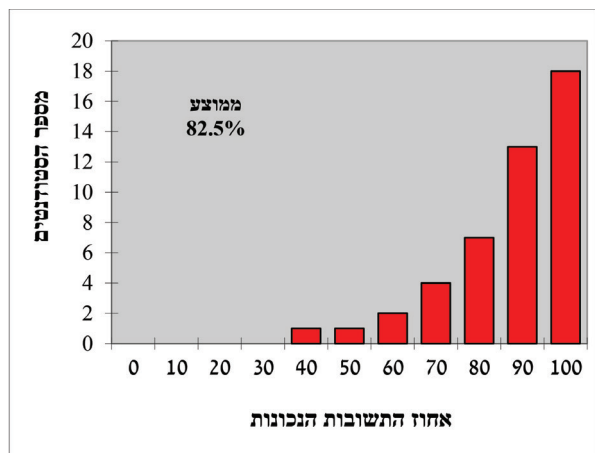
Reaction order:   
 Rate constant:

Submit Answer Tries 0/10

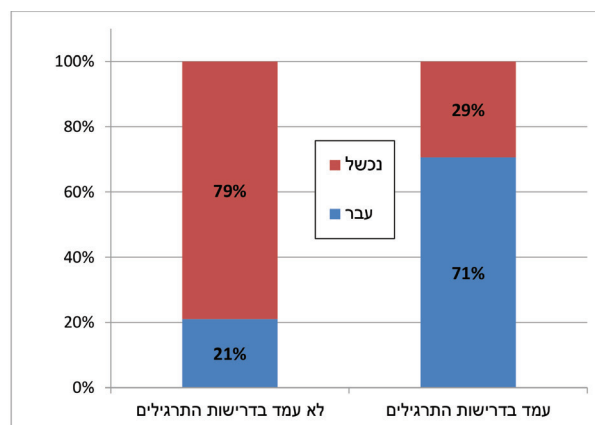
המענה לשאלה זו דורש השקעה משמעותית: יש להעתיק את הנתונים לתוכנת עיבוד נתונים, לחקור את הקשר בין הנתונים השונים, לשרטט גרף על בסיס הקשר הנמצא, לחשב מתוך הגרף את השיפוע ועוד. מכיוון שסטודנטים מקבלים שאלות שונות, מתפתח ביניהם דיון עקרוני על הדרך הנכונה לפתרון שאלה זו, אולם כל סטודנט עונה על שאלתו בעצמו. הסטודנטים נשכרים מהלמידה המשותפת ללא החסרונות וללא אי-יושר של העתקה האחד מהאחר.

סטודנטים אשר לא עמדו בדרישות התרגילים להיכשל בקורס, גדול משמעותית מסיכוי לכישלון אצל סטודנטים אשר עמדו בדרישות התרגילים.

איור 6: התפלגות אחוז התשובות הנכונות מכלל השאלות בקורס קינטיקה 2004. בקורס זה היו רשומים 35 סטודנטים.



איור 7: התפלגות הסטודנטים שעברו/נכשלו בקורס כימיה פיזיקלית 2015 ביחס לעמידתם בדרישות התרגילים באחוזים. בקורס זה היו רשומים 53 סטודנטים.



הציר האנכי מייצג את אחוז הסטודנטים

באיור 8 מוצג גרף פיזור המראה את הקשר בין מספר הנקודות שקיבל הסטודנט בתוכנה לבין ציונו הסופי בקורס תרמודינמיקה 2013. נקודות מקבלים רק עבור תשובות נכונות. הגרף מחולק לארבעה חלקים. החלק השמאלי התחתון מייצג את הסטודנטים שענו נכון על מספר נמוך של שאלות בקורס ונכשלו בו. החלק השמאלי העליון מייצג את הסטודנטים שענו נכון על מספר נמוך של שאלות בקורס, אך למרות זאת הצליחו בו. החלק הימני העליון מייצג את הסטודנטים אשר ענו נכון על מרבית השאלות בקורס והצליחו בו. החלק הימני התחתון הוא החלק המעניין: חלק זה מייצג את הסטודנטים אשר ענו נכון על מספר גבוה של שאלות, אך לא הצליחו בקורס. כפי שניתן לראות, אחוז הסטודנטים הללו נמוך מאוד יחסית (חלק זה של הגרף כמעט ריק).

לדעת המרצים, השימוש בתוכנה משפר את שיטות העבודה והלמידה של הסטודנטים: המשוב המיידי שהסטודנט מקבל מעודד אותו למצוא את טעותיו בעצמו; הסטודנטים מראים מעורבות במהלך הקורס, הבאה לידי ביטוי בהשתתפותם הפעילה במסגרת שעות ההרצאה והתרגול ומחוץ להן; המוטיבציה של הסטודנטים לפתור בהצלחה את התרגילים בקורס במהלך הסמסטר גבוהה. הם משקיעים זמן רב בפתרון התרגילים, משפרים את מיומנויות המחשב שלהם ועבודתם הקבוצתית פורייה. השימוש בתוכנה משפר גם את שיטות העבודה המשותפת למרצה ולמתרגל: התוכנה מאפשרת למרצים לעקוב בקלות אחר מצב הסטודנטים ובזכות כך לחשוף תפישות שגויות בשלב מוקדם. חלק מהקורסים בשנים הראשונות ללימודים מתנהלים בכמה קבוצות בו-זמנית (בשל ריבוי משתתפים). השימוש בתוכנה בקורסים אלו מבטיח אחידות ברמת הקורסים. כמו כן קיימת נוחות רבה מבחינת תיאום בין מרצה למתרגל כאשר תוכנת התרגול היא מקוונת.

מרבית הסטודנטים מגיבים בחיוב לשימוש בתוכנה. הם משקיעים זמן רב בפתרון התרגילים. המשוב המיידי מעודד אותם לא להניח לתרגילים עד אשר הם משיבים תשובה נכונה (אפקט דומה להתנהגות מול משחקי מחשב). כל התרגילים בתוכנה הם באנגלית, והסטודנטים מעידים על שיפור האנגלית הטכנית בזכות השימוש בתוכנה. יש לציין כי ההקפדה של התוכנה על יחידות נכונות וחישוב נכון (בתחום הטעות שנקבעה בשאלה) מובילה לתלונות מרובות של סטודנטים. עם זאת, הסטודנטים מכירים בכך כי בזכות הקפדה זו קיימת סבירות נמוכה כי יטעו בהמשך בכל הקשור ליחידות וכי ההקפדה על חישוב מדויק היא הכרחית כאשר מדובר במהנדסים לעתיד. השוני בין השאלות המוצגות לסטודנטים באותו קורס מונע העתקה מכנית של תשובות ודורש מהסטודנטים להבין לעומק את החומר אם ברצונם לענות תשובות נכונות.

## השפעת התרגול בתוכנה על הצלחת הסטודנטים בקורסים

ברחבי העולם נעשו מספר מחקרים על השימוש בתוכנה זו לשיפור הצלחת הסטודנטים בקורסים בכלל ובקורסים מדעיים בכיתות מרובות משתתפים בפרט<sup>65</sup>. גם אנו במכללה בחנו את השפעת התרגול בתוכנה על הצלחת הסטודנטים בקורסים השונים.

שתי נקודות מרכזיות עלו בבחינה זו:

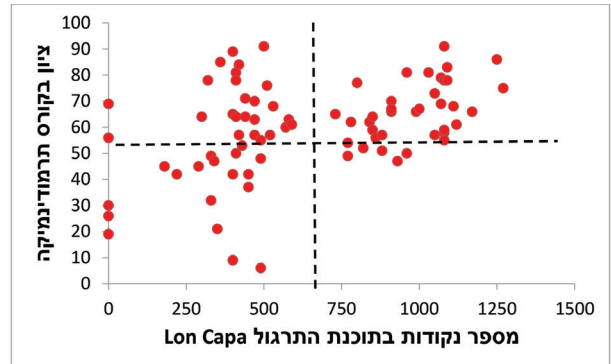
1. מרבית הסטודנטים משקיעים מאמץ כדי להגיע לתשובות נכונות. לשם ההמחשה, מוצגת באיור 6 התפלגות אחוז התשובות הנכונות מכלל השאלות בקורס קינטיקה 2004. ממוצע התשובות הנכונות בקורס זה עמד על 82.5% מכלל השאלות שניתנו בקורס. ניתן לראות באיור כי מספר גדול של סטודנטים ענה נכון על 100% מהשאלות. תופעה זו נצפתה גם במחקרים שנעשו במוסדות אחרים ברחבי העולם.

2. מרבית הסטודנטים אשר השיבו נכון על מרבית השאלות, הצליחו בקורס. באיור 7 מוצגת התפלגות הסטודנטים שעברו/נכשלו בקורס כימיה פיזיקלית 2015 ביחס לעמידתם בדרישות התרגילים. הגדרנו עמידה בדרישות תרגילים כמתן תשובות נכונות למינימום 70% מהשאלות. איור 7 מראה שהסיכוי של

למידה, שיפור מיומנויות מחשב, ייעול עבודת סגל הקורס וגם חיסכון תקציבי, הובילו לכך שהרחבנו (ונמשיך להרחיב) בצורה משמעותית את השימוש שלנו בתרגול באמצעות תוכנה זו. חשוב לציין כי השימוש בתוכנה אינו כרוך בעלות כספית למוסד, והסיוע הטכני ממערכת התמיכה של התוכנה הוא טוב מאוד.

1. Ambrose, S. A., Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovent, M. C., & Norman, M. K. (2010). *How learning works: Seven research based principles for smart teaching*. San Francisco, CA: Jossey-Bass publication.
2. אהרוני, ר' (2003). מערכת מחשב לשיעורים אינטראקטיביים והגשת שיעורי בית בטכניון. על הגובה, 2, 47-46.
3. <http://www.lon-capa.org>
4. <http://www.lon-capa.org/whois.html>
5. Thoennessen, M., & Harrison, M. J. (1996). Computer-assisted assignments in a large physics class. *Computers & Education*, 27(2), 141-147.
6. Kashy, E., Thoennessen, M., Tsai, Y., Davis, N.E., & Wolfe, S.L. (1997, November). *Using networked tools to enhance student success rates in large classes*. *Proceedings of the 1997 ASEE/IEEE frontiers in Education Conference*, Pittsburgh Pennsylvania.

איור 8: גרף פיזור בין מספר הנקודות שקיבל הסטודנט בתוכנה לבין ציונו הסופי בקורס תרמודינמיקה 2013. בקורס זה היו רשומים 81 סטודנטים.



הערות: ניקוד מקבלים רק על תשובה נכונה. מקדם הקורלציה הוא 0.42.

### סיכום

לאחר שימוש של כ-15 שנים בתוכנה זו, אגו מוצאים כי יתרונותיה מרובים. היתרון המרכזי הוא המשוב המיידי שהסטודנטים מקבלים. זהו יתרון הן לסטודנט והן למרצה, המאפשר להם לזהות בעיות בהבנה כבר בשלבים מוקדמים של הקורס. יתרונות נוספים כגון שיפור הידע של אנגלית טכנית, שיפור מיומנויות

**מכון מופ"ת הקים פורטל תוכן חינוכי המתמחה בתחומי הוראה, פדגוגיה, שיטות הוראה והכשרת מורים בישראל. בפורטל אלפי מקורות מידע איכותיים בחינוך.**

### מדוע כדאי ללמוד בפורטל מס"ע?

- ✓ פורטל מס"ע הוא מאגר המידע החינוכי המקיף ביותר בישראל. מאגר זה מבוסס על איסוף, על סינון ועל עיבוד והפצה מתואמים של מקורות מידע חינוכיים ל"אגן ניקוז אחד" אינטגרטיבי.
- ✓ תוכני הפורטל כוללים חדשות ועדכונים בכל הנוגע לנושאי חינוך והכשרת מורים בארץ ובעולם; מאמרים בנושאי חינוך מתקדמים כגון רפורמות בחינוך, שיטות הערכה בחינוך, תפיסות פדגוגיות בחינוך, פיתוח תכניות למידה מקוונות ומתקשבות ועוד.
- ✓ תוכני הפורטל כוללים גם מאמרים העוסקים ביישומי אינטרנט ותקשוב חינוכי בהוראה ובלמידה.
- ✓ בפורטל מס"ע מידע רב ערך וחינוכי עבור קהילת אנשי חינוך, מורים, מורי מורים, מרצים באקדמיה, סטודנטים ועוד.

<http://portal.macam.ac.il>



**פורטל מס"ע (מופ"ת סובב עולם): מאגר המידע החינוכי האיכותי ביותר בישראל לשירותכם!**

לעדכון חודשי, **ללא תשלום**, הקלידו כתובת דוא"ל באתר פורטל מס"ע באינטרנט:

<http://portal.macam.ac.il>