

# האם תלמידים מתקשים להתמודד עם בעיות קונספטואליות גם אחרי פתרון 1000 בעיות כמותיות בפיזיקה?

נירית ורדי, תיכון אזורי מגידו, ראובן בן אסולי, תיכון דוכא ע"ש מנחם בגין בגדה.

מן הנעשה  
בבית הספר



נירית וראובן לומדים בתוכנית "רוטשילד-ויצמן" למורים מצטיינים למדעים במכון ויצמן.

במהלך לימודינו בקורס "סוגיות בהוראת הפיזיקה" בהנחייתה של ד"ר חנה ברגר, נתבקשנו לקרוא ולנתח את המאמר:

Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems/ Kim Eunsook & Pak Sung-Jae

המאמר פורסם בשנת 2002 ב- American Journal of Physics.

אנו מבקשים לשתף את קוראי "תהודה" ברעיונות שמורים לפיזיקה, משתתפי הקורס, הסיקו מקריאת המאמר.

קריאה וניתוח של מאמר בקורס "סוגיות בהוראת הפיזיקה" כוללים מספר שלבים:

- בשלב הראשון כל מורה קורא את המאמר, מדווח על קריאת המאמר באמצעות טופס המצורף לאתר הקורס (ראו איור 1).
- בשלב השני זוג מורים מרכזים את כל מסקנות המורים שבטופסי הדיווח ומכינים מצגת מסכמת לכלל המורים בקורס.
- בשלב השלישי המציגים מנחים דיון כיתתי על המאמר ועל השלכותיו.



"תכנית רוטשילד-ויצמן למצוינות בהוראת המדעים" במימונה של קרן קיסריה אדמונד בנימין דה רוטשילד

קרן קיסריה אדמונד בנימין דה רוטשילד



## סוגיות בהוראת הפיזיקה

סיכום קריאה והמלצה לדיון בעקבות הקריאה

תאריך:

שם המורה המדווח:

שם המאמר:

שמות מחברי המאמר:

העיתון שבו פורסם המאמר:

שנת פרסום:

	הנושא המרכזי שבו עוסק המאמר
	אם זהו מאמר מחקר, המתודולוגיה של המחקר המוצג במאמר (אוכלוסיית המחקר, שיטת איסוף וניתוח הנתונים)
	שלושה רעיונות שלמדתי מקריאת המאמר
	דברים שלא ברורים לי במאמר
	שאלה לדיון שאני מציע/ה בעקבות קריאת המאמר

איור 1: טופס דיווח על קריאת מאמר

אחת מהמטרות של בניית המצגת המסכמת היא לחשוף בפני המורים היבטים מגוונים שבמאמר, שאולי נעלמו מעיניהם בקריאה ראשונה.

המאמר "1000 שאלות" מתאר מחקר שבו השתתפו 27 סטודנטים (9 נשים ו-18 גברים) בשנתם הראשונה בקורס מבוא לפיזיקה באוניברסיטה של סיאול. כל הסטודנטים סיימו את לימודיהם התיכוניים עם ציונים גבוהים מאוד בפיזיקה ומתמטיקה והשתייכו לשני האחוזים הטובים ביותר בבית ספרם.

על מנת להצליח בבחינות הקבלה לאוניברסיטה כל סטודנט פתר בממוצע 1500 שאלות "מסורתיות" בפיזיקה שקובצו בחוברות עבודה מיוחדות. ראו דוגמה לשאלה באיור 2.

נהג נוסע במהירות  $20\text{m/s}$  על כביש אופקי וישר. ברגע מסוים הוא רואה מפגע על הכביש ועוצר את המכונית. הזמן הכולל שעבר מרגע שהנהג ראה את המפגע ועד לעצירה המוחלטת של המכונית היה 7 דקות, והמרחק הכולל היה 80 מטרים. כמה זמן עבר מהרגע שבו הנהג הבחין במפגע ועד שלחץ על הבלמים? הניחו שהתאוצה של המכונית בעת הלחיצה על הבלמים הייתה קבועה.



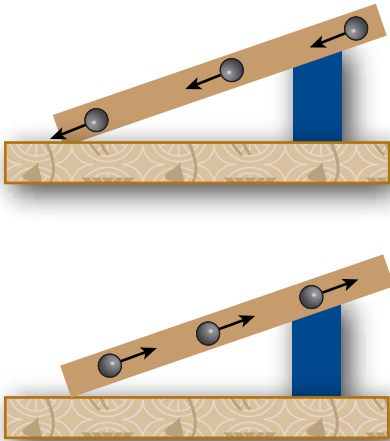
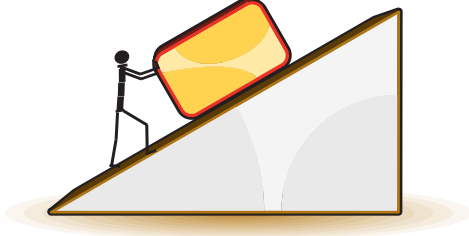
איור 2: דוגמה לשאלה מתוך חוברת עבודה המיועדת לתרגול לקראת בחינת הכניסה לאוניברסיטה

במחקר נבדק הקשר בין מספר השאלות שפתרו הסטודנטים לבין קשיים קונספטואליים של הסטודנטים בהקשר לשלושה נושאים במכניקה:

- הבחנה בין מהירות, תאוצה וכוח.
- הבנת החוק השלישי של ניוטון.
- הקשר בין הבנת מושגים פיזיקאליים ובין הכרת הביטויים האלגבריים שלהם.

הקשיים הקונספטואליים נבדקו באמצעות שאלות "איכותיות" שרמת המתמטיקה הנדרשת לפתרונן אינה גבוהה. הן הוצאו מתוך מאמרים המתארים קשיים של תלמידים בנושאים הנ"ל.

דוגמאות לשאלות ולתשובות של סטודנטים ראו באיור 4. עבור כל קושי נדרשו הסטודנטים לענות על שלוש שאלות (בסך הכול תשע שאלות) ולנמק את תשובותיהם. עבור כל אחת מהשאלות המאמר מציג את מספר התשובות הנכונות, הנכונות חלקית והשגויות של הסטודנטים כמו כן מוצג אפיון הקושי המשתקף מהתשובה השגויה. במאמר מוצגת טבלה המתייחסת לכל אחד מהסטודנטים ומציגה את מספר התרגילים שפתרו לפני בחינות הכניסה לאוניברסיטה ואת מידת הצלחתם בפתרון כל אחת מתשע השאלות ה"איכותיות". מטבלה זו עולה שמתוך 243 תשובות (9X27 סטודנטים), רק 80 תשובות היו נכונות, שהן 33% מכלל התשובות.

דוגמאות לתשובות של הסטודנטים	דוגמאות לשאלות
	<p>סמנו על גבי התרשים את וקטור התאוצה של גוף הנע פעם במעלה מדרון חלק ופעם במורד מדרון חלק.</p>
<p>הכוח הנורמלי שמפעיל המישור המשופע על התיבה לא ישתנה, כיוון שמשקל התיבה אינו משתנה וגם לא זווית הנטייה של המישור</p> $N = mg\cos\theta$	 <p>תיבה מונחת על מישור משופע חלק. נער מפעיל על תיבה כוח אופקי כמתואר בתרשים ומונע את החלקתה. שרטט דיאגרמת כוחות הפועלים על התיבה וקבע אילו מכוחות אלה ישתנו אם הנער יפסיק להפעיל על התיבה את הכוח האופקי.</p>
<p>התייחסות לשינוי גודל המהירות בלי להביא בחשבון את השינוי בכיוון המכונית.</p>	<p>מכונית נעה לאורכו של מסלול אליפטי. במשך כל תנועתה גדלה מהירות המכונית. שרטטו את וקטור התאוצה של המכונית בנקודות שונות לאורך המסלול.</p>

10 מורים צירפו דוחות בקורס וביצעו ניתוח של המאמר.

כזכור, אחת השאלות בטופס הדיווח היא "צינו שלושה רעיונות שלמדתי מקריאת המאמר". בקריאת הדיווחים מצאנו ארבע קטגוריות שאליהן התייחסו המורים בתשובותיהם:

- א. קשיים קונספטואליים בפיזיקה
- ב. הקשר בין פתרון מרחבה של תרגילים לבין הבנה בפיזיקה
- ג. הקשר בין הפיזיקה למתמטיקה
- ד. פדגוגיה - דרכי הוראת הפיזיקה.

להלן מוצג מדגם מתשובותיהם של המורים בכל קטגוריה:

## א. קשיים קונספטואליים בפיזיקה

- קיים חוסר הבחנה בין כוח, תאוצה ומהירות.
- קיים קושי בזיהוי קיומה של תאוצה מתוך נתונים על כוח או מהירות.
- סטודנטים חושבים שתנועה של גוף מעידה על קיומו של כוח בכיוון תנועתו.
- בעוד שסטודנטים אינם מתקשים בסימון הכיוון של מהירותו של כדור הנע במעלה או במורד מדרון, הם כן מתקשים בסימון הכיוון של וקטור התאוצה באותן תנועות.
- קיים קושי בהבנת החוק השלישי של ניוטון.
- חלק נכבד מהסטודנטים מעדיף להשתמש במשוואות תנועה בתאוצה קבועה מאשר להשתמש בשיטת פתרון המבוססת על עבודה ואנרגיה.

## ב. הקשר בין פתרון מרובה של תרגילים לבין הבנה בפיזיקה

- פתרון שאלות חישוביות חשוב מאוד ויעיל אבל לא מספיק להבנת המושגים הפיזיקליים.
- פתרון מרובה של בעיות/תרגילים בפיזיקה מוגבל במידת תרומתו להבנה נכונה של מושגים.
- אין כמעט כל קשר בין היכולת לפתור שאלות חישוביות ובין היכולת לענות על שאלות הבנה. המיומנות הראשונה היא טכנית-מתמטית והשנייה היא עקרונית-לוגית. שתי המיומנויות חשובות ומשלימות זו את זו.
- אין קשר מובהק בין מספר השאלות שפתרו הסטודנטים להצלחתם במענה על השאלות ה"איכותיות" שהוצגו להם במהלך המחקר.
- אפשר לענות נכון על שאלות בפיזיקה בלי להבין פיזיקה לגמרי.
- לפתור 100 שאלות ולפתור 1000 שאלות מביאים לאותה תוצאה.

## ג. הקשר בין הפיזיקה למתמטיקה

- למרות הכרת הקשר האלגברי, יש פער ביכולתם של הסטודנטים ליישם את העקרונות הפיזיקאליים באופן נכון.
- הסטודנטים מבינים את המושגים ברמה של אותיות בנוסחה ולא באמת מפנימים את המושג הפיזיקלי.
- התלמידים ידעו והכירו את המשוואות המתמטיות המתבקשות. בפועל הם לקו בהבנה הפיזיקלית המושגית.
- פתרון שאלות כמותיות הוא דבר חשוב, אך לאחר פתרון של כמות מסוימת של שאלות הדבר כבר נהיה לא יעיל ולא מקדם.
- הפיזיקה נעזרת במתמטיקה, אבל מתמטיקה אינה הכלי היחיד שבעזרתו ניתן לתאר/ללמוד פיזיקה.

## ד. פדגוגיה - דרכי הוראת הפיזיקה<sup>1</sup>

- החוקרים לקחו שאלות "רגילות" והתאימו להן גם אתגר אורייני. כדאי לאמץ את הרעיון הזה ובאמצעותו לתת קמד נוסף לתרגילי החישוב הקיימים.
- צריך ללמד את התלמידים "לחשוב פיזיקה" ולא רק לפתור תרגילים. (לדוגמה, הסיפור הפיזיקלי וכד').

1 הנקודות המופיעות בסעיף זה הן בעצם מסקנות שאליהן הגיעו המורים במהלך קריאת המאמר ומבטאות פרקטיקות הוראה שכדאי לאמץ על מנת לצמצם את מספר התלמידים המתקשים בנושאים שתוארו במאמר.

- פתרון בעיות הנו חלק מרכזי בלימוד הפיזיקה אבל עדיין חובה לשלב שיטות לימוד אחרות בשביל להתגבר על בעיות בהבנת המושגים.
- יש להציג את הבעיה או השאלה כתרחיש מן המציאות ואת תרגומה לשפה המתמטית כבניית מודל במהלך ההוראה. רצוי לדון בבעיות בעלות אופי פרמטרי שהתשובה עליהן היא ביטוי ולא מספר.
- תלמידים בעלי יכולות קוגניטיביות גבוהות ביותר כשלו בפתרון שאלות הבנה. בעינינו, פתרון שאלות הבנה הוא ידע נרכש, וצריך ללמד אותו לפחות באותה רצינות שבה מלמדים לפתור שאלות כמותיות.
- בהוראת הפיזיקה יש להקדיש מחשבה, מקום וזמן להבנה העמוקה והמורכבת של תופעות פיזיקליות. יש לדון בהן לעומק, לשנות גורמים ומשתנים בבעיה, "למתוח קצוות" ולבדוק מצבי קצה; כל זאת כדי לבנות תשתית חזקה לידיעת החומה אחרת ההבנה הנה שטחית ורדודה. נישת ההבנה (או המגירה במוח הלומדים) ההבנה הקונספטואלית שונה מנישת היכולת המתמטית לפתור תרגילים.

### ושאלות למחשבה

- מהם הגורמים לפער העמוק בין הבנה קונספטואלית לבין יכולת מציגת בפתרון תרגילים?
- מהם הדרכים לשיפור הוראת הפיזיקה, כך שפתרון בעיות יהיה בהלימה עם הבנת תופעות פיזיקליות מן ההיבט האיכותי והכמותי גם יחד? שאלת מיליון הדולר...

לסיכום, המאמר בהחלט עורר הפתעה גדולה על הפער בין היכולת של סטודנטים לענות נכון על מאות שאלות כמותיות (1500 בממוצע) בפיזיקה לבין היכולת שלהם לענות על שאלות הבנה בפיזיקה. אנו מזימים לעיתון תהודה על ההזדמנות לשתף את יתר המורים בקהילת המדעים בתוצאה המפתיעה הזו ובמסקנות העולות ממנה.

### אנו מזימים למורי הפיזיקה שתשובותיהם היוו בסיס לסיכום המאמר:

אבו יונס נשאת, נירית ורדי, אמיר (גי'נגי) קינן, אבי אראל, גרשון וינטראוב, עבד אל חג'אזי, בן סלמון, דוד לוי, עופר שפיר, ראובן בן אסולי.