



חשיבה איכותית לעומת חשיבה כמותית: האם אנו מלמדים את הדבר הנכון?*

אריק מפור, המחלקה לפיסיקה, אוניברסיטת הרווארד, קימברידג', ארצות הברית*

תקציר

במאמר זה מראה המחבר, מתוך נסיונו האישי, שאפילו סטודנטים הנחשבים לטובים, מתקשים בפיתרון בעיות איכותיות פשוטות, יותר מאשר בבעיות כמותיות מסובכות.

מילות מפתח:

שאלות איכותיות, שאלות כמותיות.

לדוגמה, אחרי חדשיים של לימודי פיסיקה, כל התלמידים יהיו מסוגלים ל"דקלם" את החוק השלישי של ניוטון "פעולה שווה לתגובה" - ורובם מסוגלים ליישם חוק זה בפתרון בעיות. אבל בדיקה קלה מתחת לפני השטח מראה מיד שהתלמידים חסרים כל הבנה בסיסית של חוק זה.

Hestenes מביא דוגמאות רבות בהן התלמידים מתבקשים להשוות את הכוחות שמפעילים עצמים שונים זה על זה. כאשר הם מתבקשים לדוגמה, להשוות את הכוחות הפועלים בהתנגשות בין משאית כבדה לבין מכונית קלה, חלק גדול מתלמידי הכיתה משוכנעים שהמשאית הכבדה מפעילה כוח גדול יותר על המכונית הקלה מאשר להיפך. תגובתי הראשונה היתה: "לא התלמידים שלי...!", אבל בכל זאת התעוררה בי סקרנות. על מנת לבחון את הבנת המושגים של תלמידי, פיתחתי תוכנית מחשב המבוססת על המבחנים שפיתח Hestenes.

ההתראה הראשונה הגיעה כאשר נתתי את המבחן לכיתה שלי, ותלמיד אחד שאל: "פרופסור מזור, איך אתה מתכוון שאענה על השאלות האלה? לפי מה שלימדת אותנו או בהתאם למה שאני חושב על נושאים אלו?" אמנם נדהמתי, אבל עדיין לא הבנתי את המסר המסתתר בדברים אלה. אך תוצאות המבחן פתחו את עיני ללא צל של ספק.

הצלחתם של התלמידים במבחן של Hestenes לא היתה טובה יותר מהצלחתם במבחן אמצע הסמסטר שלהם

בשמונה השנים האחרונות לימדתי את קורס המבוא לפיסיקה עבור הסטודנטים להנדסה ולמדעים באוניברסיטת הרווארד. הוראת קבוצה זאת, אשר אין בה מתמחים בפיסיקה, מהווה אתגר, היות שהסטודנטים חייבים לקחת קורס זה כחלק מהדרישות לקבלת התואר, ולא בגלל שיש להם ענין אמיתי בפיסיקה. לכן, מצד שני, הוראת קורס כזה יכולה להיות חוויה הגורמת סיפוק רב, כאשר בסוף הסמסטר הסטודנטים מראים הערכה רבה יותר לנושא.

נהגתי ללמד קורס שיגרתי למדי בדרך הוראה שיגרתי אף היא, המלווה בהדגמות. הייתי בדרך כלל שבע רצון מן ההוראה שלי. במשך שנים אלה הסטודנטים שלי הצליחו לפתור בעיות שנראו לי קשות למדי, וקיבלתי מהם היזון חוזר חיובי.

אולם בערך לפני שנה, נתקלתי בסידרת מאמרים מאת David Hestenes¹ מאוניברסיטת אריזונה, ששינו לגמרי ולתמיד את דעתי על הוראה. במאמרים אלה מראה Hestenes שסטודנטים המתחילים את הקורס הראשון שלהם בפיסיקה הם בעלי דעות מוצקות ואינטואיציות בדבר תופעות פיסיקליות נפוצות. דעות אלה נובעות מניסיון אישי ומעצבות את הפירוש שנותנים תלמידים אלה לנושאים המוגשים להם בקורס המבוא. ההוראה מצליחה אך במעט לשנות את האמונות האלה המבוססות כביכול על "שכל ישר".

* "תהודה", כרך 16, חוברת מס' 2

* המאמר הופיע ב Optics & Photonic News, Vol 3, (2) p. 38, (1992)

התרגום מופיע ברשותו האדיבה של המחבר, ושל עורך Optics & Photonic News

בדינמיקה של גוף מסתובב. וזאת למרות שאני חושב שמבחנו של הסטנס הוא פשוט, בעצם יותר מדי פשוט מכדי שייקח בחשבון כמבחן על-ידי רבים מעמיתי, בעוד שהחומר הכלול במבחנים הרגילים (דינמיקה של גוף צפיד, מומנטים התמדה) היה, לפי דעתי, הרבה יותר קשה.

הקדשתי שעות רבות מאד לדיון בתוצאות מבחן הסטנס עם תלמידי, כאשר אני משוחח עם כל אחד לחוד. הרגשתי הקודמת של שביעות רצון הפכה יותר ויותר להרגשה של עצב ותיסכול. כיצד קרה הדבר שתלמידים אלה, שהם בוודאי חכמים, ומסוגלים לפתור בעיות מסובכות, נכשלים בפיתרון בעיית אלה שהן לכאורה "פשוטות"?

במבחנים הבאים זיווגתי שאלות "פשוטות" איכותיות, עם שאלות יותר "קשות", כמותיות, שנגעו לאותו מושג פיסיקלי עצמו. להפתעתי הרבה, כ-40% מהתלמידים הצליחו טוב יותר בפיתרון הבעיית הכמותיות מאשר בפיתרון הבעיות האיכותיות. לאט לאט התבהרה לי התמונה: תלמידים רבים התרכזו בשינון "מרשמים" או "אסטרטגיות לפיתרון בעיות" כפי שזה מכונה בספרי הלימוד, מבלי לטרוח להבין ולחשוב על פירוש המושגים המדוברים. חלקים רבים של החידה פתאום התבהרו: זוהי הסיבה לבקשות החוזרות ונשנות של תלמידי לפתור יותר ויותר בעיות ולהרצות פחות ופחות. האם אין ההרצאה השיגרתית המסורתית מדגישה יותר מדי פתרון בעיות על פני הבנת מושגים? השגיאות שלא יכולתי להסביר את מקורן שנעשו על ידי תלמידים "חכמים" לכאורה - האסטרטגיות לפיתרון בעיות מצליחות בחלק מן הבעיות, אבל בוודאי לא בכולן. התיסכול² של התלמידים בשעורי פיסיקה - כמה משעממת בוודאי הפיסיקה כאשר

היא מצטמצמת לשורה של מירשמים מכניים, ללא שום הגיון נראה לעין. אכן, החוק השלישי של ניוטון הוא טבע שני אצלי, ברור לי שהוא נכון, אך כיצד אשכנע את תלמידי? בוודאי שלא על ידי דיקלום החוק, ושימוש עיוור בו לאחר מכן לפיתרון בעיות.

רק לפני שנה לא ידעתי דבר וחצי דבר על בעיה זאת. כעת אני תמה כיצד יכולתי לרמות את עצמי ולחשוב שעשיתי עבודה טוב בהוראת קורס המבוא לפיסיקה. בעוד שפיסיקאים בולטים רבים³ כתבו על בעייה זאת, אני חושב שמורים רבים, כמוני אך לפני שנה, עדיין אינם ערים לבעייה. צעד ראשון לתיקון מצב זה הוא לחשוף את הבעייה בכיתתך שלך. המפתח הוא, לדעתי, בהצגת שאלות פשוטות המתקדות במושגים יחידים. אני מבטיח לכם, שהתוצאה תפתח את עיניהם אפילו של מורים מנוסים.

מראי מקום

1. Abou Halloun, I, and Hestenes, D., Am. J. Phys. Vol. 53, 1985, pp. 1043-1055, pp. 1056-1065; Vol. 55, (1987) pp. 455-462; Hestenes, D., Am. J. Phys. 55, (1987) pp. 440-454.
2. Tobias, S., "They're Not Dumb, They're Different" Research Corp., Tucson, Ariz. (1990).
3. See for example: Arons, A., A Guide to Introductory Physics Teaching, John Wiley & Sons, New York, N.Y., 1990, Feynman, R.P., The Feynman Lectures, Vol.1, Addison - Wesley, New York, N.Y. pI-1, Wilson K., Phys. Today, Vol. 44 (9) (1991), pp71-73.

פרופ' אריק מזור הוא פרופסור לפיסיקה ולפיסיקה שימושית באוניברסיטת הרווארד. הוא עוסק בהוראה ובמחקר בתחום הלייזרים.

האזינה לאמא לוקה הקוראין
אופשה (דילמה)!