

כיצד מאמצים למידה פעילה?

דוד פונדק¹, פיאנה יעקובזון², דבורה טולדנו קטעי³, שמריה רוזנר⁴, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה



דוד פונדק



פיאנה יעקובזון



דבורה טולדנו קטעי



שמריה רוזנר

מ

חקרים רבים תיארו את מגבלותיה של שיטת ההוראה המסורתית המבוססת על הרצאה^{5,7,6}. בשיטה זו הסטודנטים פסיביים במרבית הזמן, מרביתם אינם

מעורבים בשיעור, מתקשים לתאר מה ארע בשיעור מיד לאחר סיומו, מתמקדים בלמידה פעילה רק לקראת מבחנים, אינם מציגים את תפיסותיהם ואינם מבררים אותן במהלך הלמידה^{8,9}.

בעקבות הממצאים האלה גובשו בארצות הברית שיטות של הוראה ללמידה פעילה, המפעילות את הסטודנטים במהלך השיעור באמצעות קריאה, כתיבה, דיונים ופעילויות נוספות. ממחקרים עולה כי דרך

יעילה לקידום השתתפות פעילה בשיעור של מרבית הסטודנטים היא למידה בקבוצות. תוך כדי הלמידה בקבוצות הסטודנטים מעלים רעיונות חדשים, בוחנים אותם, מגיעים להסכמה באשר לדרכי פעולה וכדומה. מכיוון שהסטודנטים בקבוצה מכירים את עולם האסוציאציות של חבריהם טוב יותר מאשר המרצה, הם מצליחים להציג בפני עמיתיהם רעיונות מדעיים בשפה המוכרת להם ומאפשרת להם קליטה יעילה.

במהלך 20 השנים האחרונות נעשו ניסיונות רבים ליישם שיטות של הוראה ללמידה פעילה בתחומי המדעים (הכוונה למדעים מבוססי המתמטיקה). מחקרים אחדים שליוו את הניסיונות האלה הציגו שיפור מסוים בהישגים של הסטודנטים בהשוואה להישגים בלמידה בגישה המסורתית. עוד נמצא כי סטודנטים שלמדו בשיטות למידה פעילה חשו מעורבות עמוקה יותר בשיעורים, פתרו טוב יותר בעיות לא שגרתיות, הבינו את המושגים טוב יותר וקיימו קשר טוב יותר עם המרצה. זאת ועוד,

קשיים בהוראה בשיטה המסורתית במכללה הובילו לפיתוח שיטות הוראה אחרות, כאלו המתמקדות בסטודנט. המאמר מציג היבטים שונים של פרויקט העוסק באימוץ שיטות הוראה ללמידה פעילה על ידי מרצים במכללה, ובוחן שלוש מערכות של יחסים בכיתה בין מרצים וסטודנטים בהקשר להצלחה בהוראה בשיטות אלו.

אחוזי הנשירה מהלימודים בקרב הסטודנטים שלמדו בלמידה פעילה היו נמוכים יותר בהשוואה לסטודנטים שלמדו בדרך מסורתית.

בעקבות זאת החליטה המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה לאמץ בחלק מקורסי המבוא המדעיים (פיזיקה, כימיה, מתמטיקה) גישה של הוראה ללמידה פעילה במסגרת של למידה בקבוצות, בנוסף לגישת ההוראה המסורתית. כל אחד מהקורסים האלה ניתן בשתי הגישות, והסטודנט יכול לבחור את הדרך המועדפת עליו.

המעבר מהוראה מסורתית להוראה ללמידה בקבוצות

מעבר זה כרוך בשינוי דפוסי חשיבה של מרצים וסטודנטים כאחד¹⁰. על הסטודנטים

לעבור ממצב פסיבי שעיקרו קליטה ורישום דברי המרצה, למצב שבו עליהם לבחון בקבוצה את נושאי הלימוד, להעלות רעיונות, לתת משוב להצעות של חברי צוות אחרים ולהגיב למצבים חדשים. על המרצים לעבור ממצב שהם מקור הידע והם "מעבירים אותו לסטודנטים" למצב שהם עוזרים לסטודנטים ללמוד בקבוצות ומדריכים אותם בכך. המחקר מראה שלמרות הצלחות מוכחות בשיטות של הוראה כזו, עדיין קיימת במקרים רבים התנגדות לאימוץ שיטות אלו¹¹. לפיכך, עקב השינוי הגדול בדרכי ההוראה שנדרש מהמרצים, צריך היה לשכנע אותם ביתרונות ההוראה ללמידה הפעילה.

המעבר ללמידה פעילה כרוך גם בשינוי המבנה של חדר הכיתה. אמנם ניתן ליישם למידה פעילה במבני כיתות מסורתיים, אך במוסדות רבים שאימצו גישה זו עוצב חדר הכיתה מחדש, כפי שניתן לראות באיור 1.

הפעלת הפרויקט של הוראה ללמידה פעילה במכללה ובחינת היבטיו

הפרויקט של הוראה ללמידה פעילה בקורסי יסוד במדעים הופעל במכללה במהלך השנתיים האחרונות (תשס"ו-תשס"ז). בהפעלתו אימצה המכללה גישה שפותחה בארצות הברית באוניברסיטת צפון קרוליינה¹² וב-MIT¹³. אחד העקרונות החשובים של גישה זו הוא לאפשר לסטודנטים לבחור את סגנון ההוראה המועדף עליהם¹⁴

1. ד"ר דוד פונדק, ראש יחידת התקשוב בלמידה, dpundak@braude.ac.il

2. ד"ר פיאנה יעקובזון, המחלקה לתוכנה, fiana@israel.net

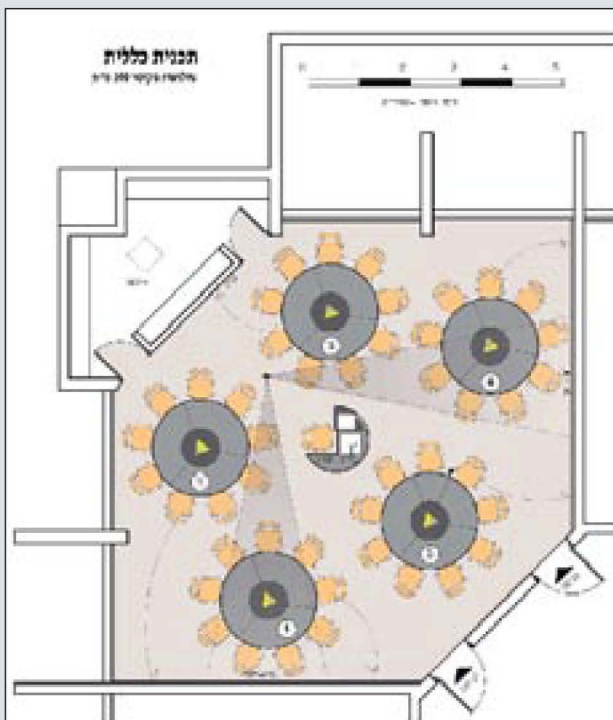
3. ד"ר דבורה טולדנו קטעי, היחידה למתמטיקה, dvora@braude.ac.il

4. ד"ר שמריה רוזנר, נשיא המכללה, shrozner@braude.ac.il

טבלה 1 אוכלוסיית הפרויקט: קורסים, מרצים וסטודנטים

שם הקורס	שנת הלימודים	מספר מרצים	מספר סטודנטים בקורס	שעות הוראה בשבוע
פיזיקה 1	תשס"ו	2	75	5
פיזיקה 2	תשס"ו	2	68	5
חדו"א מ1	תשס"ו	2	73	6
חדו"א 2	תשס"ו	1	38	6
כימיה	תשס"ו	2	72	4
חדו"א מ1	תשס"ז	2	102	6
כימיה	תשס"ז	2	81	4
פיזיקה 1	תשס"ז	2	98	4

איור 1 מבנה חדר הכיתה ללמידה פעילה



מבנה חדר הכיתה ללמידה פעילה במכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה. הסטודנטים יושבים סביב שולחנות עגולים, תשעה סטודנטים ליד כל שולחן. שלושה סטודנטים מהווים קבוצת למידה, ולכל קבוצה יש מחשב המחובר ברשת אל מחשב המרצה. מיקום המרצה הוא במרכז הכיתה.

ובכך להתאים את ההוראה למגוון דפוסי הלמידה של סטודנטים¹⁵.
טבלה 1 מציגה את המשתתפים בפרויקט.

הפרויקט לווה במחקר הערכה ונבחנו בו השאלות הבאות:
א. באיזו מידה המרצים מודעים לקשיים בהוראה ולמידה בקורסי מבוא במדעים?
ב. באיזו מידה קיימת אצל המרצים מוכנות לאמץ שיטות הוראה ללמידה פעילה המתמודדות עם הקשיים שזוהו?
ג. אילו מערכות יחסים מתפתחות בכיתה בין סטודנטים ומרצים במקרה של הוראה פעילה מוצלחת?
שאלות אלו נבחנו במהלך השנתיים של קיום הפרויקט. הבחינה התבססה על שני ראיונות עם כל אחד מהמרצים. הראיונות נערכו בתחילת הסמסטר הראשון שבו לימדו במסגרת הפרויקט ולקראת סופו. בנוסף לכך, הבחינה התבססה על תצפיות אחדות בשיעורים של כל אחד מהקורסים שניתנו בגישה הפעילה. התצפיתנים תיעדו אחת לחמש דקות את שיטות ההוראה שנקטו המרצים בפרק הזמן של חמש הדקות האחרונות.

ממצאי מחקר ההערכה

שאלה א: האם המרצים מודעים לקשיים בהוראה ולמידה בקורסי מבוא במדעים בשיטת ההוראה המסורתית?
מסקירת ספרות רלוונטית ומהראיונות עם המרצים עולה כי המרצים היו מודעים לקשיים הבאים בהוראה ובלמידה:

- סטודנטים מתקשים בהבנת מושגי יסוד.
- סטודנטים שונים לומדים בדרכים שונות, ומרצים מתקשים להתאים את ההוראה לסגנונות הלמידה השונים.
- לסטודנטים יש תפישות שגויות (misconceptions) שקשה לשנותן.
- לסטודנטים יש רמה נמוכה של מיומנות בפתרון בעיות.
- מרצים מתקשים להעריך את הבנת הסטודנטים – לדוגמה, תשובות נכונות במבחנים אינן מצביעות בהכרח על הבנה.
- במהלך השיעור (בשיטת ההרצאה) לא ניתן להנחות את הסטודנטים באופן אישי, למרות החשיבות של הנחיה כזו.

שאלה ב: באיזו מידה קיימת אצל המרצים מוכנות לאמץ שיטות של הוראה ללמידה פעילה המתמודדות עם הקשיים שזוהו?
בראיונות הוצגו למרצים שאלות באשר ליישום שיטות ההוראה הפעילה במהלך השיעורים. מידע זה הוצלב עם ממצאי התצפיות שנערכו בשיעורים.

תוצאות הניתוח מראות שמבין תשעה מרצים שראוינו, חמישה אימצו את מרבית ההיבטים של שיטת ההוראה בקבוצות, שלושה אימצו היבטים אלה באופן חלקי בלבד, ומרצה אחד כמעט שלא אימץ דבר מההיבטים האלה והמשיך ללמד בשיטת ההוראה המסורתית. הסיבות העיקריות שמנעו מהמרצים לאמץ את שיטות ההוראה ללמידה פעילה במלואה, כפי שזוהו מהראיונות, היו:

- עומס עבודה בהכנת השיעורים.
- הקטנת יכולת השליטה בשיעור.
- צורך להפעיל קבוצות של לומדים.

- שלא יספיקו ללמד את כל הסילבוס.
- מחסור במשוב מעמיתים¹⁹.

מן הראיונות עולה כי חמשת המרצים שהצליחו באימוץ השיטה ביקשו וקיבלו תמיכה בעבודתם מצוות הפיתוח של הפרויקט. תמיכה זו אפשרה להם לזהות אירועים בכיתה באופן מידי, לנצל הזדמנויות למידה, או לנהל שיח אקדמי עם עמית להוראה ועם הסטודנטים במהלך השיעור.

שניים מבין שלושת המרצים שאימצו את השיטה רק באופן חלקי והמרצה שלא אימץ את השיטה בכלל החליטו להפסיק ללמד בגישה של הוראה פעילה בשנת הלימודים שלאחר מכן וחזרו ללמד בשיטה של הוראה מסורתית, תוך שילוב היבטים של הוראה פעילה בהרצאותיהם. לעומתם, ששת המרצים הנותרים החליטו להמשיך ללמד במרכז ללמידה פעילה גם בשנה שלאחר מכן והעמיקו את מחויבותם לשיטת הוראה זו. בנוסף לכך, הם הרחיבו את מגוון שיטות ההוראה הפעילה בקורסים שלימדו. הממצאים האלה עומדים בהתאמה למחקרים דומים שנערכו לגבי פרויקטים דומים באוניברסיטת צפון קרוליינה וב-MIT. המחקרים האלה מצאו שהיכולת להתמיד בגישה ההוראה הפעילה מותנית בחשיבות שמייחס המרצה לזיהוי קשיי הלמידה של הסטודנטים במהלך ההוראה ולהתמודדות עם הקשיים הללו^{12,13}. היות שכך, כדי לקדם את התמדת המורה בשימוש בהוראה פעילה, חשוב לזהות את התפיסות של המורה לגבי קשיי הלמידה ולגבי המעבר לשיטות של הוראה פעילה. זיהוי זה מוצג בהמשך.

שאלה ג: אילו מערכות יחסים בין סטודנטים ומרצים מתפתחות בכיתה במקרה של הוראה פעילה מוצלחת?
בראיונות ובמהלך התצפיות בשיעורים זהו שלוש מערכות יחסים שהתפתחו בחדר הכיתה במהלך הלמידה: יחסים בין הסטודנטים לבין עצמם; יחסים בין המרצה והסטודנטים; ויחסים בין שני מרצים שלימדו בכיתה ברזומנית (במסגרת "הוראת עמיתים").

יחסים בין הסטודנטים לבין עצמם: מערכת היחסים המתפתחת בין סטודנטים במהלך של למידה בקבוצות נידונה בהרחבה בספרות¹⁶. נמצא שהיא עוסקת בעיקר בהיבטים הבאים של עבודה בקבוצות: פיתוח כישורי הובלת דיון, הקשבה, ביקורת, תיעוד והצגת בעיה ופתרונה בפני עמיתים. נמצא כי מערכת זו מאפשרת לסטודנטים לבנות ידע, לגלות ידע חדש בכוחות עצמם, לתאר את הידע הנרכש ולהרחיבו בעבודת צוות. מרצים שנטו לאמץ את גישת ההוראה הפעילה, הדגישו את החשיבות של מערכת היחסים מסוג זה.

יחסי מרצה-סטודנטים: נמצא, כי מרצים שלא אימצו את שיטת ההוראה הפעילה המשיכו ליישם את מערכת יחסי מרצה-סטודנטים המוכרת להם מההוראה המסורתית, שבה המורה שולט בכיתה ומעביר את הידע שלו לסטודנטים. לעומתם, מרצים שהחליטו לאמץ את שיטת הלמידה הפעילה, יצרו גישה חדשה במערכת יחסי מרצה-סטודנטים. בגישה זו המרצה מלווה את הקבוצה כמנחה, כמעודד בהתמודדות עם הזדמנויות למידה, כמחלף כאשר הדיון מגיע למבוי סתום וכמציע כיווני חשיבה חדשים.

יחסי מרצה-מרצה: מערכת יחסים כזו קיימת במקרים שבהם שני מרצים (או יותר) מתכננים את הקורס ומלמדים אותו יחדיו. מחקר

שבדק מערכות יחסים כאלו¹⁷ מציג אותן כבעלות השפעה רבה על השגת מטרות הלמידה ועל התגברות על קשיים בלמידה. במסגרת הפרויקט שלנו התנסו במערכת כזו בקורס שפותח על ידי שתי מרצות. מרצות אלו רחשו אמון רב זו לזו, ואמון זה בא לידי ביטוי בדרכים רבות במהלך השיעור. למשל כאשר בסוגיה קשה המרצה המובילה לא הצליחה לחשוב במהלך הדיון על הסבר נוסף שיניח את דעת הסטודנטים, נטלה המרצה השנייה את רשות הדיבור והציגה הסבר חלופי, והובלת השיעור עברה אליה. לעבודת הצוות בין המרצות הייתה השפעה חיובית על העבודה בקבוצות של הסטודנטים. הסטודנטים בקורס העידו כי בתחילת הסמסטר היה להם נוח להיבלע בכיתה ולהישאר אוניברסיטתיים, אך ההתבוננות באינטראקציה שבין המרצות סייעה להם להיחשף ולהציג את עמדותיהם בפני הכיתה.

תפיסות מרצים ביחס ללמידה פעילה

כאמור למעלה, חשוב לזהות את תפיסות המרצים לגבי שיטת הוראה חדשה כדי להצליח בהנחלת השיטה. מורה המתחיל ללמד בגישה של למידה פעילה צריך להתמודד עם תהליך שינוי באופן שבו הוא תופס את עצמו כמרצה^{18,19}. להלן ארבע תפיסות שזיהינו בראיונות עם תשעת המשתתפים בסוף הסמסטר הראשון להוראה. תפיסות אלו מייצגות ארבע רמות שונות של אימוץ שיטת ההוראה ללמידה פעילה, כפי שהוצעו על ידי הנדרסון²⁰.

1. תפיסה המובילה לדבקות בהוראה המסורתית, הפרונטלית

קשה לי לתת הרצאה באמצע החדר. כאשר ההרצאות ניתנות ליד הלוח, לסטודנטים לא נוח. עדיין לא ברור לי בדיוק איפה כדאי לעמוד... לדעתי סידור החדר פוגע בהרצאה בצורה דרסטית. אני משנה מדי 20 דקות את שיטת ההוראה. אבל תרגילים אני לא נותן, זה הורס את ההרצאה.

בתפיסה זו המורה מהווה את מקור הידע והוא השולט והשחקן המרכזי בשיעור. זרימת הידע בשיעור היא בעיקר חד-כיוונית – מהמורה לתלמידים, כי הפעלת הסטודנטים מאיטה את קצב ההוראה. תפיסה זו נמצאה אצל שניים מהמרצים, למרות היותם שותפים בצוות הפיתוח ובסדנאות שבהן הוצעו דרכי הוראה שניתן ליישמן בחדר המיוחד להוראה פעילה.

2. תפיסה המובילה לשימור שיטת ההרצאה תוך אימוץ היבטים אחדים של למידה פעילה

לחדר ולשיטה יש יתרונות וחסרונות. יש יתרונות שניתנים ליישום גם בחדר רגיל, כמו סימולציות שעברו קפיצת מדרגה. אני משתמש בסימולציות גם בכיתות לימוד רגילות. החשיבות היא שיש גם "שבירה ברצף" כאשר מציגים סימולציה. יתרון נוסף הוא הפעילות בזמן אמת שהסטודנטים מבצעים במהלך השיעור: הרעיון מפותח על ידי המרצה עד שלב מסוים ואחר כך הסטודנטים ממשיכים בפיתוחו. המטלה קושרת את הסטודנטים לנעשה בשיעור.

בשונה מהמרצה הראשון, מרצה זה מציג התייחסות חדשה לפעילות הסטודנטים, אשר אינה קיימת בהוראה המסורתית: המרצה אינו רוצה בסטודנטים פסיביים, אלא בסטודנטים העוסקים בזמן השיעור בפיתוח הרעיון המדעי המוצג על ידי המרצה. המרצה עדיין מוביל את השיעור, אך פעילות הסטודנטים בשיעור נתפסת בעיניו כמשלימה

אני עדיין מעדיף ללמד בחדר רגיל, יותר קל לי. אני מרגיש שבחדר רגיל אני שולט טוב יותר בכיתה. כל העיניים מרוכזות בי ואני רואה את הפנים של כל הסטודנטים, דבר המעניק לי הרגשת שליטה טובה יותר בכיתה. מצד שני בשיטה החדשה אני קרוב יותר לסטודנטים, אני מרגיש אותם יותר, זה עוזר לי לעזור להם. זה מאפשר לי לראות היכן הם עושים טעויות ולסייע להם, מבלי לחכות עד סוף הסמסטר.

מורה זה מכיר ביתרונות של שתי שיטות ההוראה ובחשיבות הלמידה בקבוצות. הוא תופס את תפקידו לא רק כמורה, אלא גם כמנחה הנמצא בסמוך לסטודנטים ומגיב לקשייהם. שלושה מרצים הביעו תפיסה זו.

4. תפיסה המובילה לשימוש מלא בשיטות ללמידה פעילה

החדר מאפשר הרבה יותר גמישות וקרבה עם הסטודנטים. החדר מוחק את הגבולות בין מעביר ידע לבין מקבל ידע, ויוצר תחלופות בתפקידים בין הנותן למקבל. מדי פעם עוברת האחריות לסטודנט להציג את הידע מתוך ניסיון החיים שלו, מתוך תהליך הלמידה שהוא עבר... זהו תהליך מדהים (נקודה). ניתן לראות איך סטודנטים מתחילים לבנות ידע שמתפתח במהלך הקורס. לכל סטודנט יש קצב משלו. בשום דרך הוראה אחרת אי אפשר לראות זאת. ההרגשה היא שהראש של הסטודנטים שקוף ואנחנו יכולות לראות את הדרך שבה הוא מארגן את הידע ההולך ונבנה.

להוראה הפעילה יתרונות בולטים על פני הלמידה המסורתית, המאפשרים למרצה ולסטודנטים לתפקד כצוות, המשיגי יעדי למידה שלא ניתן להשיגם בדרך אחרת.

תפיסה זו מציבה את פעילות הסטודנטים במרכז תהליך הלמידה. הסטודנטים אינם נתפסים כלקוחות אליהם צריך להעביר ידע, אלא כשותפים לתהליך הלמידה, אשר ללא מעורבותם הפעילה לא ניתן

לממש את השיעור. תהליך הלמידה הוא תהליך פעיל, שבו שיעור אחד אינו דומה למשנהו. תפיסה זו זוהתה אצל שני מרצים.

מסקנות

מפרויקט זה למדנו דברים אחדים:

א. מרצים שלא אימצו את ההוראה ללמידה פעילה הוסיפו ליישם את מערכת יחסי מרצה-סטודנט המוכרת להם מההוראה המסורתית. לעומתם מרצים שהחליטו לאמץ את ההוראה ללמידה הפעילה, יצרו גישה חדשה במערכת יחסי מרצה-סטודנט, שבה המרצה הוא גם מנחה.

ב. המעבר מלמידה מסורתית ללמידה פעילה כרוך אצל המרצים בשינוי תפיסה באשר לתפקיד המרצה. שינוי שיטת ההוראה מעורר קשיים והתנגדויות ויש להיערך להתמודדות איתם באמצעות מתן סיוע וקידום השינוי בתפיסה במהלך כל שלבי הפרויקט: החל בשלב התכנון והמשך בהכשרת הצוות, ביישום ובתהליכי השיפור¹⁶.

ג. מרצים המפתחים במשותף קורס וגם מלמדים אותו כצוות, מקדמים ומעשירים את פעילות הסטודנטים בקבוצות. למערכת יחסים זו חשיבות רבה בהתמודדות עם הקשיים הניצבים בפני מרצים המכניסים חידושים בהוראה, ובהצלחתם בסביבת לימוד חדשנית. לפיכך עידוד מרצים לפעול בצוותים לא רק בזמן הכנת חומרי לימוד ותכנון הקורס אלא גם במהלך ההוראה הפעילה, עשוי לשפר באופן משמעותי את ההצלחה של הכנסת חידושים בהוראה. נציין כי עבודת הצוות כרוכה בעלות גבוהה של שתי משכורות ויותר למורים באותו קורס. בתהליך הפיתוח של הפרויקט אצלנו לקחנו בחשבון עלות זו. כדי לצמצם את העלות, אנו מתכננים בהמשך הפרויקט להחליף את אחד מחברי הסגל בסטודנט מצטיין בוגר הקורס, אשר ישמש כעוזר ההוראה.

16. Johnson, D. W., Johnson, R. T. & Smith, K.A. (1991). *Active learning: Cooperation in the college classroom*. Edina, MN: Interaction Book Company.

17. Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (2004). Implementing the teaching students to be peacemakers program. *Theory Into Practice*, 43(1), 68-79.

18. פונדק, ד' ורוזנר, ש' (2006). התמודדות חברי הסגל עם אתגר הלמידה הפעילה. על הגובה, 7-4, 5.

19. Pundak, D. & Rozner, S. (2007). Empowering eEngineering college staff to adopt active learning methods. *Journal of Science Education and Technology*. <http://www.springerlink.com/content/h46m45057240r016/>

20. Henderson, C. & Dancy, M. (2007). Barriers to the use of research-based instructional strategies: The influence of both individual and situational characteristics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 3 (2), 020102.

Review Special Topics – Physics Education Research, 2(1), 1-8.

12. Beichner, R. J., Saul, J. M., Allain, R. J., Deardorff, D. L. & Abbott, D. S. (2000). Introduction to SCALE UP: Student-centered activities for large enrollment university physics. *Proceedings of the 2000 Annual meeting of the American Society for Engineering Education*.

13. Dori, Y. J.; Belcher, J., Bessette, M., Danziger, M., McKinney, A. & Hult, E. (2003). Technology for active learning. *Materials Today*, 6(12), 44-49.

14. Maharshak, A. & Pundak, D. (2004). Active physics learning: Combining the marketing concept with information technology. *Journal of Educational Technology Systems*, 32(4), 399-418.

15. Felder, R. M. & Spurlin J. E. (2005). Applications, reliability, and validity of the index of learning styles. *International Journal of Engineering Education*, 21(1), 103-112.

5. Laws, P.W. (1991). Calculus-based physics without lectures. *Physics Today*, 44, 24-31.

6. Mazur, E. (1997). *Peer instruction*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

7. Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.

8. Fullan, M. (2001). *The new meaning of educational change*. New York, NY: Teachers College Press.

9. McDermott, L. C. (1991). Millikan lecture 1990: What we teach and what is learned – closing the gap. *American Journal of Physics*, 59, 301-315.

10. Meyer, C. & Johns, T. B. (1993). *Promoting Active Learning: Strategies for College Classroom*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

11. Kohl, P. B. & Finkelstein, N. D. (2006). Effect of instructional environment on physics students' representational skills. *Physical*