**עיצוב מבוסס מחקר של יחידת לימוד בנושא מודל מכנו-סטטיסטי של תופעת הדיפוזיה**

**אריאל שטיינר**

**חדר דיונים, המחלקה להוראת המדעים, יום ב' 31.12.18, 16:00-17:00**

**תקציר:** מדע חישובי בינתחומי הינה תכנית תלת שנתית (י-יב) שפותחה כדי לאפשר לתלמידים לבנות מסגרת מושגית פיזיקלית וכלים של מידול חישובי בכדי להסביר תופעות מורכבות מרכזיות במדעי החומר והחיים. התכנית מקנה 5 יחידות בגרות תוספתיות לתלמידי תיכון (י'-יב') בעלי עניין ויכולת הלומדים במקביל מקצוע מדעי נוסף. במסגרת זו בוצע מחקר בגישת Model of Educational Reconstruction הכוללת שלושה רכיבים הקשורים זה לזה: (1) ניתוח עיוני של מבנה הדעת – בחירה של רעיונות מרכזיים וארגונם למבנה ידע קוהרנטי המותאם ליידע הקודם של התלמידים ולרציונל התכנית; (2) עיצוב סביבת הלמידה – יישום עקרונות פדגוגיים לעיצוב סביבת הלמידה ובהתייחסות לאילוצי הסביבה בה התכנית מופעלת; (3) מחקר אמפירי - מחקר במהלך ההפעלה על הישגי וקשיי התלמידים, המאפשר לזהות מטרות למידה ברות השגה לתכנית.

בכדי לפגוש את הידע הקודם של התלמידים, כיתה י' מתמקדת בגישור בין היבט מקרוסקופי ומיקרוסקופי של מערכת מרובת חלקיקים באמצעות מודלים חישוביים דינמיים המתארים התפתחות בזמן של מערכת חלקיקים מתנגשים (באינטראקציות דחיה קצרות טווח). בניית וניתוח מודלים דינמיים חישוביים מאפשרת להצדיק ולהמחיש את המעבר מדינמקה ניוטונית למהלך אקראי. הטיפול המכנו-סטטיסטי המופשט של מערכות ללא-אינטראקציה בין החלקיקים בש"מ הוצג לראשונה בכיתה יא' במבנית המתמקדת בקונפיגורציות מרחביות. המבנית "מכניקה סטטיסטית של קונפיגורציות מרחביות" בנתה את הנחת ההסתברות השווה לכל מצבי-המיקרו בהתבסס על ההכרות הקודמת של התלמידים עם מודל מהלך אקראי לדינמיקת החלקיקים. המבנית ממשיכה עם ניתוח של התפלגות, אנטרופיה וחוק שני בהקשר של קונפגורציות מרחביות. מבנית זו תשמש בהמשך בסיס לניתוח של מגע תרמי (שם הקונפיגורציות הרלוונטיות הן במרחב האנרגיה) ומערכות עם אינטראקציות הרלוונטיות לתופעות מגוונות, החל בפתיחה/סגירה של תעלה יונית בממברנת התא וכלה בהתארגנות מרחבית של פולימר.

מבחנים דיאגנוסטיים שמשו לניתוח הבנת התלמידים מושגים ועקרונות מרכזיים במבנית "מכניקה סטטיסטית של קונפיגורציות מרחביות". נמצא שיחידת ההוראה במתכונתה הנוכחית משיגה את רוב מטרותיה: התלמידים הצליחו במידה רבה ביישום המושגים והעקרונות שלמדו – בניית התפלגות ההסתברות מתוך פריטת מצבי-המיקרו ושיוכם לערכי מקרו מתאימים, יישום הגדרת ההסתברות כשכיחות היחסית בצבר של הרבה ניסויים, הבנת הערך הנמדד כממוצע וההבנה כי ערך נמדד מאפיין טוב יותר מערכת עם מספר חלקיקים גדול יותר מכיוון וסטיית התקן היחסית קטנה יותר. בנוסף, מרביתם משתמשים באופן תקין בחוק השני להסבר התפתחות מערכת לעבר מצב שיווי-משקל.

בנוסף, בוצע מחקר מקרי בוחן מספר חודשים לאחר סיום המבנית, ראיונות בהם נבחנו העדפותיהם של שני תלמידים בשימוש במודל דינמיקת חלקיקים או מודל מכנו סטטיסטי להסבר דיפוזיית חלקיקים. כל אחד מתלמידים אילו התמקד בנקודת מבט שונה בהסבר המודל דינמי של תופעת הדיפוזיה בתחילת השנה: הראשון התמקד בנקודת מבט חלקיקית והסתברותית - הסיכוי לקבלת ערכי צפיפות מקומית שונים על סמך מודל מהלך אקראי, בעוד השני התמקד בנקודת מבט מקרוסקופית - ממוצע ערכי הצפיפות המקומית במהלך זמן המדידה והתנודה היחסית סביבם. הממצאים הראו כי נקודת המבט נשמרה בתום השנה במסגרת המודל המכנו-סטטיסטי. הראשון עידן את התיאור הסתברותי – תיאור התפלגות ההסבתרות לקבלת ערכי צפיפות מקומית על סמך הנחת ההסתברות השווה. השני התמקד בתיאור מקרוסקופי פשוט יותר (שלא דורש את פירוט מסלולי החלקיקים)– תיאור התפשטות החלקיקים לעבר מצב ש"מ בו הם מפוזרים בכל הכלי על סמך פונקציית האנטרופיה והחוק השני של התרמודינמיקה וללא התייחסות להתפלגות ההסתברות. לממצאים אלו השלכות לדגשים אפשריים ביחידת ההוראה.