

מכניקה

הקדמה למכניקה

על מטרות הוראת המכניקה ועל קשיים בהשגתן

- א. לימוד המכניקה הניוטונית הוא הזדמנות ראשונה לתלמידים לפגוש בתאוריה פיזיקלית במלוא מובן המילה. אחת המטרות של הוראת נושא זה היא להציג אב-טיפוס לתאוריה פיזיקלית ולאפשר לתלמידים להתנסות ולחוות מהי פיזיקה ומהו מדע. המכניקה הניוטונית מאפשרת לתלמידים להתמודד עם מגוון היבטים של תאוריה, כולל היבטים מתמטיים.
- לכן, זה המקום לשים דגש על **עיקרי החשיבה המדעית** (העלאת השערות לאור ידע קודם, עקרונות של מודלים ועוד) ולאפשר לתלמידים לחוות חוויה לימודית משמעותית מכך שהם מסוגלים לחזות התנהגות של עצמים בסביבתם על סמך כמה עקרונות פשוטים.
- ב. לימוד המכניקה הניוטונית נועד **לקרב את הלומדים** ככל האפשר **אל התפישה הניוטונית**. לשם כך נחוץ, בין השאר, להבין את **עקרונות המכניקה** ולבנותם על סמך ניסויים פשוטים ובהירים. אחד הקשיים בהגשמת מטרה זו הוא העובדה שתלמידים מגיעים לשיעורי המכניקה עם תפישות אינטואיטיביות לגבי תנועה וגורמיה, תפישות שנבנו מגיל צעיר במהלך האינטראקציה עם הסביבה, ולכן הן מושרשות היטב בתודעה. התפישות האינטואיטיביות רחוקות מתפישת העולם הניוטונית ומכבידות על הפנמתה וגיבושה. חשוב אפוא שמורי הפיזיקה יהיו מודעים לקיומן של תפישות אינטואיטיביות, יכירו את אלה הרווחות, יזהו אותן אצל תלמידיהם ויפעילו דרכי הוראה שיאפשרו לימוד והבנה של העקרונות חרף התפישות הקיימות.
- יש להדגיש את הפן הדטרמיניסטי בעולם הניוטוני - ברמה העקרונית וברמה המעשית. יש להביא את התלמידים למצב שבו יהיו מסוגלים לפתור את משוואת התנועה במקרים פשוטים - באופן אנליטי, ובמקרים אחרים - באופן נומרי (לדוגמה: משוואת התנועה הדיפרנציאלית בתנועה הרמונית פשוטה). פתרון נומרי בעזרת גיליון אלקטרוני עשוי לסייע בהבנת הדטרמיניזם.
- ג. במסגרת לימודי המכניקה, התלמידים נחשפים למושגי **יסוד** רבים שנחוצים לא רק להבנת המכניקה הניוטונית, אלא גם להבנת ענפי פיזיקה נוספים. לכן, נוסף לפיתוח יכולת הפעלתם של כלים מתמטיים, חשוב שהתלמידים ירכשו הבנה מושגית. כדי למנוע בלבול בין המושגים הרבים, חשוב שהתלמידים אכן יבינו את המושגים הקודמים לפני הוראת מושג חדש. אין זאת אומרת שיש להמתין עד שתיבנה הבנה מעמיקה של כל המושגים הקודמים - הבנה כזו עשויה להתרחש לאחר שהתלמידים יפגשו את המושגים הקודמים בהקשרים חדשים (לימוד "ספירלי"); הכוונה היא שהתלמידים יהיו מסוגלים להסביר את המושגים הקודמים במילים שלהם ולבצע פרוצדורות הקשורות בהם לפני שיתוודעו למושג חדש.

אחד הקשיים בהבנת מושגים מתחום המכניקה הוא השוני בין משמעותם המוכרת בחיי היום-יום לבין משמעותם בפיזיקה. התאוצה, לדוגמה, נתפשת בחיי היום-יום כהגברת גודל המהירות (speed) (ותאוצה נתפשת כהפחתת גודל המהירות). בפיזיקה, לעומת זאת, התאוצה מוגדרת כקצב שינוי המהירות (velocity). בעיות דומות מתעוררות לגבי "כוח", "עבודה" ומושגים אחרים. כדי למנוע בלבול, חשוב שהתלמידים יהיו מודעים לריבוי המשמעויות.

הרקע המתמטי הנדרש ללימודי המכניקה כולל אלגברה וטריגונומטריה. יש מושגים פיזיקליים, כגון "מהירות רגעית", "תאוצה רגעית" ו"עבודה", המוגדרים באמצעות נגזרת או אינטגרל. בתחילת לימוד המכניקה, תלמידים אינם מכירים בדרך-כלל כלים מתמטיים אלה ואף אינם בשלים להתמודד עמם. בשלב זה ניתן אפוא להסתפק בהגדרות אופרטיביות של המושגים הנדונים ולהכלילם באמצעות הנגזרת או האינטגרל בשלב מתאים בעתיד.

ד. מטרה נוספת בלימודי המכניקה היא **הכרת התפתחותם של רעיונות מרכזיים** שהובילו למהפכה המדעית במאה ה-17. הכוונה היא לרעיונות שהתפתחו בעקבות שאלות כגון אלו: האם הארץ נחה או נעה? מהו מסלולם של כוכבי הלכת? לימודי המכניקה צריכים לכלול גם היבטים הומניסטיים של המהפכה המדעית שהתרחשה במאה ה-17. למהפכה זו היו השפעות חברתיות ותאולוגיות רבות נוסף להשפעתה העצומה על התפתחות הטכנולוגיה. ראוי לשבח היבטים אלה בהוראת תחום התוכן, במקומות המתאימים.

ה. רמת המתמטיקה במכניקה אינה גבוהה מדי עבור תלמידים שבחרו במקצוע פיזיקה בהיקף של 5 יח"ל. לכן המכניקה היא ענף פיזיקה שמאפשר לתלמידים **חוויה של העמקה**. חוויה כזו אינה מזדמנת בלימוד "קרינה וחומר", למשל.

ו. מטרה נוספת של המכניקה הניוטונית היא לשמש נקודת התייחסות אל **ענפי פיזיקה שמעבר למכניקה הניוטונית**:

תרמודינמיקה - עבודה הנעשית על גופים שאינם נקודתיים, המושגים "חום" ו"אנרגיה פנימית", החוק הראשון של התרמודינמיקה והחוק השני של התרמודינמיקה.

יחסות פרטית - הכרת העובדות האלה: מהירות האור מהווה חסם עליון למהירויות של גופים; המסה של גוף גדלה ככל שגדלה מהירותו.

יחסות כללית - המושגים "מסה אינרציאלית" ו"מסה גרוויטציונית", הקשר ביניהם, עקרון האקוויולנציה וניתוח מנקודת ראות של עקרון האקוויולנציה.

כאוס - הבנת הטענה כי דטרמיניזם אינו מבטיח יכולת ניבוי.

פעילויות תלמידים

פתרון בעיות

פתרון תרגילים ובעיות הוא אחד האמצעים היעילים להבנת המכניקה וליישום עקרונותיה. המכניקה הניוטונית עשירה בבעיות ברמה מתמטית המתאימה לרמת התלמידים, אולם תרגול טכני בלבד עלול לתת ללומדים אשליה של הבנה. כדי להפיק מן התרגול תועלת כדאי להקפיד על כללים אלה:

א. בתחילת כל פרק תתורגל מיומנות של הצבה בנוסחאות בלבד. תרגילים מסוג זה עוזרים לתלמידים לקשור בין מושגים חדשים ומגבירים את ביטחונם. יש להיגמל מתרגול מסוג זה לאחר שמטרתו הושגה.

ב. יש לכלול תרגילים המצריכים הבנה מושגית.

ג. יש לכלול גם תרגילים שפתרון מתבצע בעזרת תרשים (לדוגמה: סרטוט התנעים של גופים לפני התנגשות ואחריה וסרטוט התנע הכולל).

ד. התרגול יכול גם מטלות שבהן התלמידים נדרשים להתבטא באופן מילולי.

ה. לצד התרגילים הכמותיים שבהם נתונים ערכים מספריים, חשוב לעסוק גם בתרגילים פרמטריים, שבהם התלמידים מתבקשים לחקור את התלות של גודל פיזיקלי בפרמטרים שונים. הכנסת תרגילים פרמטריים תיעשה בהדרגה, בהתאם לרמת הבשלות של התלמידים.

ו. אין להרבות בתרגילים בעלי מורכבות טכנית גדולה. פתרון תרגילים הכוללים כמה גופים הקשורים ביניהם בחוטים הכרוכים סביב כמה גלגלות - מצריך זמן רב. תרגילים כאלה אינם משרתים את מטרת תכנית הלימודים במכניקה.

הסתכלות רחבה

בלימוד המכניקה פוגשים התלמידים מספר רב של מושגים חדשים, עקרונות וחוקים. כדי להאיץ את בנייתה של תמונה כללית והיררכית של המושגים והכללים, מומלץ לערוך פעילויות שבמסגרתן יתארו תלמידים את הקשרים בין המושגים, למשל באמצעות מפות של מושגים.

ניסויים ופעילויות מחשב

ראו מבוא כללי לתכנית הלימודים, עמודים 20 - 23.

חלוקה לפרקים ושעות מומלצות

שעות מומלצות	שם הפרק	מס' הפרק
24	קינמטיקה	1
46	דינמיקה	2
13	התנע ושימורו	3
22	אנרגיה מכנית ושימורה	4
6	מודל הגז האידיאלי	5
11	תנועה הרמונית פשוטה	6
13	כבידה	7
135	סה"כ	