

משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף א' לפיתוח פדגוגי
הפיקוח על תכניות לימודים ייחודיות

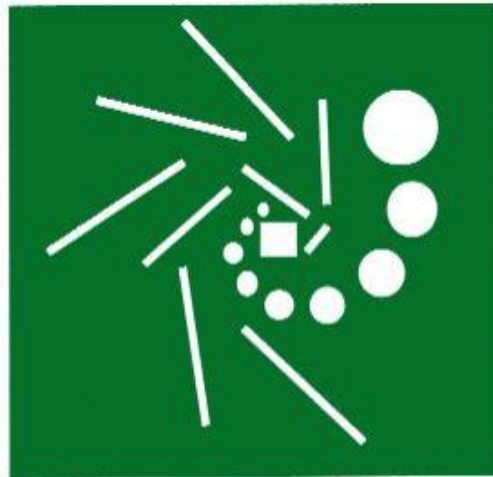
שם ביה"ס/המוסד: חמד"ע ת"א

שם התכנית הייחודית: מדע חישובי

תחום הדעת: מדעי הטבע

מספר יחידות הלימוד: 5

סמל מוסד: מספר בתי-ספר



חמד"ע

ינואר 2010

רציונל וסילבוס למקצוע חדש: "מח"- מדע חישובי (Computational Science)

צוות מלווה: פרופ' חיים הררי (מכון ויצמן), פרופ' אשל בן יעקב (אוני' תל אביב), פרופ' בת שבע אילון (מכון ויצמן), ד"ר גבי סרוסי (מדען ראשי, אל אופ), ד"ר אלי רז (כרמיאל).
צוות מורי חמד"ע: משה פרידמן, ד"ר ראובן שפיטלניק, ד"ר יוסי קורדובה, ד"ר עידית גורמן, אמנון רוזן, שלמה רוזנפלד, ד"ר אייל כהן.
משרד החינוך: דוד סלע, מפמ"ר לפיזיקה, ד"ר אבי כהן, מפמ"ר מחשבים.
מנהלת חמד"ע: ד"ר תהלה בן גיא.

1. רציונל

1.1 תחום הדעת

מדע חישובי ("מח") הוא תחום אינטרדיספלינרי מדעי חדש. המדע החישובי משלב בתוכו תחום ידע ספציפי (כמו פיזיקה), מושגים ומיומנויות מתמטיים ושימוש במחשב ככלי באמצעותו ניתן לפתור בעיות שחוקיותן מוכרת לנו אך מורכבותן הרבה אינה מאפשרת פתרון בלעדיו. המחשב משמש לבקרת ניסויים מתקדמים ומורכבים תוך הבנת תכונות גלאים וצוברי נתונים ומגבלותיהם, וכן הכנסת תשומה מדעית ועיבודה כשהתוצר הוא סימולציות מחשב ומודלים. כמו כן מאפשר המדע החישובי הצגת תופעות שונות ומודלים מתמטיים בדרכים שונות, בעיקר ויזואליות. מדע חישובי בא ליצור קשר ישיר בין מקצועות המדע ליכולות המחשב ככלי מושכל בשלבים השונים של העשייה המדעית, לצורך יישום עקרונות פיזיקליים ומתמטיים הנוגעים בדיסציפלינות מדעיות נוספות והתמודדות עם "בעיות אמיתיות". המדע החישובי בא לידי ביטוי באותם מקומות במדע שמורכבותם רבה אם בשל מספר רב של משתנים או שהמתמטיקה אינה מספקת כלים אנליטיים לפתרון. המדע החישובי מספק לתלמיד כלים לפתרון בעיות שאין לו מספיק ידע מתמטי להתמודד איתן. כיצד ינוע גוף בשדה כבידה של גוף אחר שאינו נקודתי או כדורי (גלילי למשל)? העקרונות הפיסקאליים ידועים לנו, אך למתמטיקה אין כלים אנליטיים להתמודד עם בעיה זו. שימוש בחוק הגרויטציה, עקרון הסופרפוזיציה, החוק השני של ניוטון ומחשב יאפשר לנו את חקירתה של תנועה זו. תלמיד מח יבנה הדמיות לבעיות כאלו ובאמצעות חקירתן ירחיב ויעמיק את הידע שלו בפיזיקה.

כלי המדע שיוקנו לתלמידים באמצעות התוכנית המוצעת הם: הבנת תיאוריה, ניסוח השערה, התנסות (hands on), בניית מודל ובחינתו. התכנית מבוססת אומנם על תכנים ועקרונות בפיזיקה הקיימים בתכנית הלימודים הרגילה, אולם היא תרחיב אותם, תעמיק את הבנתם ותשתמש בהם כבסיס להקניית כלים לעיסוק במדע. הכנסת המדע החישובי (תכנית "מח") לכותלי בית הספר תחשוף את התלמידים לתחום מדעי עכשווי ומרכזי במחקר האקדמי

ובתעשייה העילית. התכנית משתלבת במרקם לימודי המדעים- פיזיקה, מתמטיקה ומדעי המחשב, אולם יש לה מטרות ייחודיות.

1.2 התלמידים

קהל היעד הוא תלמידים מצטיינים בעלי אוריינטציה מדעית שלומדים מתמטיקה ופיזיקה כמקצועות מורחבים (5 יח"ל). התלמידים משולבים ברובם במסגרות מואצות ללימוד מתמטיקה ומדעי מחשב.

תלמידים מצטיינים במיוחד- על פי ציוניהם מאותרים על ידי הנהלות בתי הספר ומוזמנים לשמוע על תכנית "מח" יחד עם הוריהם. זוהי בחירה של תלמידים שבתי הספר מכירים בהם כמצטיינים.

תלמידים מעוניינים עוברים תהליך מיון שכולל מבחן. המבחן נבנה במטרה לאתר תלמידים בעלי יכולת מתמטית וחשיבה אלגוריתמית, כשרים עיוניים ויכולת החשיבה הפיזיקאלית של התלמידים. אותם תלמידים שנמצאו מתאימים מבחינת כשריהם הקוגניטיביים מוזמנים לקורס קיץ בן ארבעה ימים בחמד"ע. מטרת הקורס" לאפשר הן לתלמידים והן למורים לבדוק האם הם מתאימים ללימודי המקצוע. התלמידים המתקבלים לתוכנית נמצאים בתשיעת העליונה של השנתון. יחד עם זאת, בגלל גיוון האוכלוסייה המגיעה לחמד"ע, ישנה הקפדה לקבל תלמידים מכל בתי הספר בתל-אביב.

ציון הסף, בדומה לאוניברסיטאות, נקבע לפי יכולת הקליטה של חמד"ע.

התלמידים מגיעים מבתי ספר שונים, חלק מבתי הספר מאפשרים להאיץ במקצועות המחשב או המתמטיקה או שהסדר בו נלמדים נושאים במתמטיקה ובפיסיקה שונה מבית ספר אחד למשנהו. דבר זה גורם לכך הקבוצה הטרוגנית מבחינת הידע אך הומוגנית מבחינת היכולות. למרבית התלמידים שבחרו ללמוד בתוכנית תחומי ענין קרובים אך לא זהים. יחד עם ההצטיינות של כל אחד בתחומים הנ"ל או בחלקם, כל תלמיד ישלים רקע בתחום אחר. יש לצפות לדפוסים של עבודה שיתופית בהם התלמידים עוזרים אחד לשני בתחומים השונים. לחלק מהתלמידים, נושא מסוים חדש ואצל האחרים, אותו ידע הוא הרחבה והעמקה של ידע קודם. עובדה זו מאפשרת עבודה שיתופית תוך שמירת מתח לימודים - דבר הכרחי לתלמידים מצטיינים כדי שירגישו מאתגרים. תוצאות עבודתם של תלמידי תכנית "מח" יוכלו לשמש גם את תלמידי הפיזיקה הרגילים ברמת 5 יחידות באותו בית-ספר.

1.3 המורים

המורים שפיתחו את הפעילויות בתוכנית הם שלמה רוזנפלד שפיתח את התכנים לכיתות י' ו-יא' וד"ר אייל כהן שפיתח את התכנים לכיתה י"ב. שלמה רוזנפלד הוא איש קבוצת הפיזיקה שבמחלקה להוראת מדעים במכון ויצמן. במסגרת עבודתו התמחה שלמה בפתוח הדמיות לימודיות להוראת מקצוע הפיזיקה ופעילויות מבוססות מחשב. הוא בעל ותק של 30 שנה בהוראת פיזיקה בחטיבה העליונה. ד"ר אייל כהן הוא בעל תואר שני בפיזיקה ותואר שלישי בפסיכולוגיה ובעל ניסיון עשיר בהוראה, באקדמיה ובתעשייה. במסגרת עבודתו התמחה ד"ר

כהן בסביבת MathLab בתחום של רשתות ניורונים. חוץ מאייל ושלמה שותפים בפיתוח התוכנית צוות ממורי חמדע, מרביתם בעלי תואר שלישי בפיזיקה או כימיה ולחלקם ניסיון באקדמיה ובתעשייה. **כמו כן, בצוות המוביל והיוזם את פיתוח התוכנית מבכרי המדענים בישראל (ראה צוות מלווה). גם שלמה וגם אייל הובאו לחמד"ע בעקבות ניסיונם בפיתוח חומרי למידה בתחום.**

1.4 צרכי החברה

המוטיבציה לפיתוח התוכנית נבעה מהצורך לתת תשובה לתלמידים מצטיינים בפיזיקה. הצורך במקצוע עלה גם מאנשי אקדמיה מובילים שמצאו כי מיומנות המחשב של סטודנטים למדעים איננה מספקת. ישנה כיום נטייה לראות במדע החישובי דרך שלישית במדע לצידם של המדע התיאורטי ושל המדע הניסויי. תפקידו של המדע החישובי במדע עכשווי דומה לתפקידה של המתמטיקה. פיתוח מודלים חישוביים חקירתם והשוואתם למציאות היא חלק מהעולם המדעי. במסגרת תוכניות המדעים הקימות לא ניתנת תשובה מספקת למדע החישובי.

1.5 החברה

חמד"ע, המרכז לחינוך מדעי של ת"א, היא הזרוע המדעית של בתי הספר בתל אביב ועליה האחריות להכנת התלמידים לקראת בחינות הבגרות. בחמד"ע לומדים תלמידי כיתות י"א וי"ב הבוחרים פיזיקה וכימיה ברמה מוגברת של 5 יח"ל. התלמידים מגיעים לכאן ל-8 שעות בשבוע ולומדים בקבוצות קטנות (עד 24 בקבוצה). לחמד"ע שני יתרונות יחסיים: משאבי האנוש והתשתית הטכנולוגית. מרבית המורים בחמד"ע בעלי תואר שלישי, וכולם עובדים במשרה מלאה של 40 שעות שבועיות, מזה כחצי בלבד שעות פרונטליות. זמן ניכר מוקדש לעבודת צוותים, פיתוח פרויקטים ייחודיים והתאמת ניסויים לתיאוריה. צוות המורים בחמד"ע עומד לרשות התלמידים כל השבוע בשיעורי השלמה ללא תשלום, מרתונים בנושאים ייחודיים ולימוד מרחוק למבקשים להיעזר במורים בהכנת בשיעורי הבית. בחמד"ע 15 מורים. משאבים טכנולוגיים מתקדמים מאפשרים קידום מרבי של התלמיד לקראת הבגרות והרבה מעבר לכך. הלימודים מתקיימים בחמד"ע במרחבי לימוד המאפשרים ניסויים, שימוש במחשבים, גלישה ברשת, סדנאות חוויה והעשרה ופרוייקטים ייחודיים.

המורים המלמדים בחמד"ע הם בעלי רקע מעמיק בתחומי הפיזיקה וחלקם אף בתחומי המתמטיקה. חלק ממורי חמד"ע מומחים בנושא חישוביות (בעלי תואר דוקטור בנושאים אלה). מורים אלה יתגברו על ידי אנשים במחלקות לפיזיקה העוסקים בתחומים הנ"ל. אנו מעריכים כי עד סוף י"א, שיפוט העבודות יעשה על ידי מורי חמד"ע. לשיפוט עבודות החקר בכיתה י"ב יגויסו, בנוסף להערכת המדען, גם אנשים מהאקדמיה.

התשתית בחמד"ע כוללת ציוד לניסויים מתקדמים מתחום הפיזיקה, הכימיה והביולוגיה, בשילוב מערכות טכנולוגיות מתאימות, מעבדה ממוחשבת המצוידת בחומרה וממשקים מתאימים וכן תוכנות מתקדמות כמקובל במחלקות המדעיות באוניברסיטאות.

1.6 יחודיות התוכנית

המדע החישובי הוא תחום ידע חדש. התוכנית מדגישה את חשיבות המחשב למדע המודרני. התוכנית מדגישה את מקום המודל במחקר המדעי. במסגרת התוכנית יכירו התלמידים תחומי ידע ויקבלו תשתית ללימוד באקדמיה.

2. מטרת התכנית.

מטרת על: בוגר מ"ח ידע לעשות אינטגרציה בין ידע שרכש בלימודי המתמטיקה, הפיזיקה ומדעי המחשב במסגרת הרגילה של בית הספר או במסגרת לימודי מח, לצורך בניית מודל חישובי, יישם אותו בשפה חישובית, ישתמש בו לצורך ניבוי ויבחן אותו לאור המציאות. השליטה בכלים מתמטיים ובכלים השייכים לשפות מחשב נועדו לשרת מטרה זו.

2.1 מטרת ערכיות כלליות:

1. התלמיד יתמודד עם דילמות ערכיות העולות מפיתוחים טכנולוגיים ומדעיים חדשים.
2. התלמיד יפגין בעבודתו סקרנות, מוטיבציה פנימית ויצירתיות.
3. התלמיד יגלה פתיחות לקראת מידע חדש מתוך אקטיביות, ביקורתיות ושיפוט.
4. התלמיד יגלה בעבודתו יושר מדעי ואמינות לגבי תוצאות עבודתו ומקורותיה.
5. הכרה בחשיבות עבודת צוות ותרומתו של היחיד לעבודה זו, הקשבה לחברי הצוות.

מטרות כלליות בתחום הקוגניטיבי

1. יעורערו סכמות חשיבה מקובלות וייווצרו קונפליקטים מדעיים במטרה ליצור דחף להשבת שווי משקל קוגניטיבי, מתוך התייחסות לשונות בין התלמידים- על פי ידע מוקדם וקצב התקדמות אישי.
2. התלמיד ילמד להבחין בין תיאוריות מדעיות לתיאוריות פסיאודו-מדעיות.
3. התלמיד ידע לפתח רצפים לוגיים הנחוצים לחשיבה מדעית.
4. התלמיד יפתח לביקורת עצמית ורפלקציה של עבודתו

מטרות בתחום המיומנות

1. התלמיד יעמוד בלוח הזמנים שיוצב בפניו.
2. יכולת הגדרת קריטריונים להצלחה ועמידה במבחן התוצאה.

2.2 מטרות אופרטיביות והערכתן:

תחום	המטרה	אופן הערכה
מיומנות	שימוש במכשור מדעי מתקדם	איסוף הנתונים יעשה בעזרת מכשור מדעי מתקדם, והתלמיד יצטרך להפגין שליטה בציוד תוך כדי הדגמת אופן השימוש בו.
מיומנות	חיפוש מקורות מידע ברשת ובמקורות אחרים.	עבודות התלמיד תכלולנה רשימות ביבלוגרפית מגוונות הכוללות מספר רב של מקורות מידע.
מיומנות	איסוף נתונים, מיונס והצגתם.	הצגה מסודרת של תוצאות, ושימוש באמצעי המחשה שונים המציגים את תלות המשתנים התלויים במשתנים הבלתי תלויים.
מיומנות	ניסוח כמותי של שאלת המחקר.	ניסוח שאלת המחקר יעשה באופן כמותי, תוך העלאת השערות לגבי הקשרים המתמטיים שבין הפרמטרים השונים.
מיומנות	יכולת ניסוח שאלת מחקר	עבודות התלמיד תכלולנה פרק מבוא בו יוצגו מטרות העבודה ושאלות המחקר.
מיומנות	התלמיד יקרא טכסט מדעי באנגלית ויאבחן את רעיונותיו המרכזיים.	חלק ניכר מהמקורות יהיו בשפה האנגלית. במראי מקום בעבודה ישנה התייחסות למקורות בשפה האנגלית, תוך כדי הצגת הרעיונות המרכזיים שבהם.
מיומנות	הכרות עם מגוון רחב של כלים חישוביים: MATCAD ,MATHEMATICA ,MATLAB	מעבודתו יהיה ניכר כי התלמיד מכיר מספר רב של כלים חישוביים. בעבודה המסכמת יהיה פרק בו יציג התלמיד את שיקוליו בבחירת כלי חישובי מסוים.
מיומנות	הכרות עם מספר שפות תכנות כגון VB , JAVA ו-PYTHON	תיק העבודות אותו יציג התלמיד יכלול מגוון רחב של הדמיות אותן פיתח התלמיד.
מיומנות	הצגת מודל מדעי באופן ויזואלי.	תיק העבודות של התלמיד יכלול עבודות המציגות מודלים תלת ממדיים ואנימציות הממחישות תהליכים פיסיקליים.
מיומנות	הערכת מודל על פי התאמתו למציאות	תיק העבודות יכלול תאור של ניסויים שעשה התלמיד והשוואה בין תוצאות הניסוי למודל המתמטי או החישובי אותו בנה התלמיד.
מיומנות	ידע להשתמש בכלים ומכשירים לעבודה במעבדה עם מערכות מבוקרות מחשב.	בעבודות החקר אותן יבצע התלמיד הוא ישתמש במכשור מתקדם מבוקר מחשב.
ערכי ריגשי	יכולת עבודה בצוות	התלמיד יזהה את תרומתו בפרויקטים קבוצתיים ויעריכה לעומת תרומת שאר חברי הצוות.

תחום	המטרה	אופן הערכה
קוגנטיבי	קריאה והבנה של טקסט מדעי	בעבודות התלמיד תופענה סקירות של הגישות התאורטיות והממצאים המחקריים המתחסיים לבעייה הנחקרות. הסקירה הספרותית צריכה להיות רלוונטית לנושא הנחקר.
קוגנטיבי	זהוי משתנים רלוונטיים	העבודות תכלולנה פרק העוסק בשאלת החקר. על התלמיד יהיה להסביר מהם המשתנים התלויים, ומהם המשתנים הבלתי תלויים. כמו כן ינמק התלמיד את הרלוונטיות של משתנה מסוים, ויסביר כיצד הוא מבודד משתנים.
קוגנטיבי	ניתוח נתונים שיפוטם והערכתם.	בעבודות יכלול פרק העוסק בהערכת השגיאה במדידות השונות.
קוגנטיבי	בניית השערות מקוריות והגיוניות.	לקשרים הכמותיים המשוערים בין המשתנים השונים יהיה בסיס תיאורתי.
קוגנטיבי	עימות ההשערות עם הנתונים.	בחינת הממצאים אל מול התאוריה תוך שימוש בכלים מדעיים מקובלים. הוכחת תלות בין השערה להוכחה ומציאת הוכחות המאמתות או מפריכות את השערת החקר.
קוגנטיבי	יכולת הצגה של מחקר מדעי	הגנה מילולית על עבודה כוללת כתיבתה.
קוגנטיבי	שימוש באנלוגיות לצורך בנייה של מודל מדעי.	תיק העבודות של התלמיד יכיל מודל ממוחשב המתאר תופעות שונות מתחומי ידע שונים, שהתנהגותן ניתנת לתאור באמצעות מודל דומה. פיתוח המודל הממוחשב יעשה ע"י התלמיד.
קוגנטיבי	יכולת חשיבה רפלקטיבית וביקורתית לגבי עבודתו.	בעבודת התלמיד יוצגו מגבלות המודל כפי שהן נובעות מהנחותיו. המגבלות הנובעות מהאלגוריתם בו השתמש לצורך בניית המודל, והצעות לגבי המשך המחקר.
קוגנטיבי	בניית ייצוג מתמטי לאירועים או מושגים פיזיקליים שונים.	התלמיד יציג הגדרות אופרטיביות למושגים בהן הוא דן, ויבנה את הקשרים המתמטיים ביניהם.
קוגנטיבי	ההנחות העומדות בבסיס מודל ומידת ההכללה שבו.	עבודות החקר יכללו פרק של מסקנות והמלצות בפרק זה יציג התלמיד הכללות ותחזיות הנובעות מהמודל ויציע דרכים לבחינתן.
קוגנטיבי	בניה של מודל חישובי על סמך עקרונות פיסקליים ידועים	בעבודת המחקר אותה יעשה התלמיד הוא יבסס את המודל החישובי אותו בנה על עקרונות

תחום	המטרה	אופן הערכה
		פיסקליים בדוקים וידועים.

3. הערכת התלמיד

הערכת התלמיד תיעשה כהערכה מעצבת.

שיאה של כל שנת לימוד הוא בפרויקט מסכם. מטרת הפרויקטים מעבר להערכת התלמידים והשגת המטרות הערכיות היא להקנות נקודות ציון ומורי דרך בהתפתחותו של התלמיד. בסוף כיתה י' ובמהלך חופשת הקיץ יבצעו התלמידים פרויקט בהיקף של 1 יח'. בפרויקט זה ידרשו התלמידים להפגין מיומנות בעיקר בתחום המחשב. בסוף כיתה י"א יבצעו התלמידים פרויקט נוסף בהיקף של 1 יח' שבו הדגש יהיה על הפן המדעי והמחקרי. פרויקט שלישי בהיקף של שלוש יחידות יוגש בסוף כיתה יב' ויקיף את כל המרכיבים של עבודה מדעית בתחום המדע החישובי ויהווה גולת כותרת לעשיית התלמידים.

התהליך:

- במהלך כל שנה התלמיד יבנה לעצמו תיק עבודות המכיל תרגילים, דוחות מעבדה, תוכניות מחשב, ועבודות חקר שונות (בין 2-4) אותן ביצע במשך לימודיו.
- הערכה מעצבת: כחלק מההערכה המעצבת ייבנו התבחינים להערכת ההישגים על פי מטרות ההוראה יחד עם התלמידים. לאחר הערכה ראשונית יקבל התלמיד אפשרות לתקן את עבודתו.
- למדע חישובי אופי קבוצתי, ולכן חלק מהעבודות יעשו בקבוצות. הקבוצות לא יכללו יותר מאשר שלושה תלמידים והיקף העבודה יצטרך להיות בהתאם למספר השותפים בהכנתה. בעולם האמיתי עבודה מדעית נעשיית בקבוצות, חלפו הימים בהם המדען פעל לבדו. עבודת הצוות חשובה לצורך הפרייה הדדית, פיתוח אחריות ופיתוח ביקורת עצמית. במהלך העבודה המשותפת ניתנת לתלמיד הזדמנות לבחון את יכולתו השונות לעומת אלו של חברי. זו גם תורמת להתפתחותו כשותף תורם בחברה המודע ליכולתיו וכשריו בתחומים שונים. בשיחות עם בוגרי המחזור הראשון, העלו הבוגרים על נס את העבודה בקבוצות וראו בה חלק החיוני להצלחת התוכנית. באחת מהעבודות המסכמות כתבו התלמידים: "עבורנו עבודה זו הייתה קשה ומאתגרת, למדנו רבות ואין ספק שנהנו לעבוד בתור צוות כאשר כל אחד ממלא אחר תפקידו הייחודי. שמחנו לראות כיצד בסוף התהליך כל חלקי הפרויקט התחברו יחד למארג של עבודה קשה, יצירתיות ומפגש מוצלח בין עקרונות פיסיקליים ועולם המחשב." קשה מאד לשפוט באופן מדויק את תרומת היחיד לקבוצה, אך לאחר ניסיון של שלוש שנים הגיעו מפתחי התוכנית ומוריה למסקנה שבעבודות הטובות תרומת כל אחד מאנשי הקבוצה הייתה חשובה. מכיוון שהציון של היחיד מהווה מדד על פיו הוא ישפט בעתיד, הציון הסופי במקצוע מורכב מ- 50% ציוני הפרויקטים המסכמים ו- 50% הציון השנתי של התלמיד. כאשר במסגרת הציון השנתי מוערכת עבודת התלמיד על פי

סך כל העבודות והפעילויות אותן ביצע התלמיד. באופן כזה ניתן להגיע להערכה אמינה של התלמיד.

- התלמיד יצטרך להגן בעל-פה על חלק מהעבודות. בנוסף לתוכן, התלמיד יבחן גם על יכולת ההצגה והשכנוע של עבודתו.
- בחלק מהנושאים ייערכו מבחנים רגילים.

1 יח' לימוד: הדמיות באופטיקה גיאומטרית, שרטוט ממוחשב, יסודות התכנות ועבודה

בסביבת גיליון אלקטרוני. הציון על יחידה זו ינתן או בסוף כיתה י' או בסוף כיתה י"א.

א. 50% מהציון ינתן על סמך לפחות שלוש עבודות אותן ביצע התלמיד במהלך כיתה י'.

ב. התלמיד יידרש להציג בכתב מודל ממוחשב אותו בנה. עבודה זו תהווה את 50% הנותרים של הציון. הקטגוריות על פיהן תוערך עבודתו הן של ידע, הבנה ויישום. אין התלמיד נידרש לבניה תיאורטית של המודל אלא אך ורק בנית מודל ממוחשב, חקירתו ובמידת האפשר השוואתו לניסוי אמיתי. כלי הניתוח בהם ישתמש יהיו בסיסיים. הדגש בעבודה זו יהיה על הצד התיכנותי.

קריטריונים להערכה:

1. הנחות המודל מוצגות בצורה ברורה. 6%
2. הגדרה נכונה של המושגים הפיסקליים. 5%
3. תאור מפורט של מבנה התוכנה. 9%
4. הצגה של מגבלות המודל. 11%
5. **העבודה מנוסחת כהלכה וכתובה באופן ברור ומסודר. 7%**
6. תיעוד התוכנה. 5%
- א. דפי ההדרכה מאפשרים תפעול המודל ללא הדרכה נוספת.
- ב. דפי ההדרכה אינם עמוסים מידי ואינם מכילים אלמנטים לא רלוונטיים.
7. התוכנה עומדת בדרישות (מבצעת את אשר היא אמורה לבצע) 18%
8. תאור של המערכת הניסויית מולה נבחן המודל. 5%
9. השוואת תוצאות הניסוי מול תחזית המודל. 18%
10. התוכנית בנויה באופן מודולרי. 5%
11. ניתן לקרוא את התוכנית ולהבינה בקלות. 6%
12. ניתן להריץ את התוכנית על מספר גדול של תרחישים 5%

2 יח' לימוד: הדמיות במכניקה, אלגברה לינארית, משוואות דיפרנציאליות רגילות, כאוס, גרפיקה תלת ממדית, שיטות קרוב וסביבות חישוביות. הציון ל 2 יח' לימוד אלו ינתן בסוף כיתה י"א ויהיה מורכב באופן הבא:

1. 50% מהציון **תהינה עבודות אותן ביצע התלמיד בהנושאים הבאים:** פעילות העוסקת בתנועת גוף לאורך קו ישר בתאוצה משתנה (10%), פעילות העוסקת בתנועה במישור (10%),

פעילות העוסקת בתנועה בהשפעת כוח מרכזי (10%). שגרות אותן בנה התלמיד המשמשות לחשבון וקטורי ואלגברה של מטריצות (10%). תרגילים אותם נידרש התלמיד לבצע בנושא כאוס (10%).

50% מהציון יקבל התלמיד על פרויקט: מודל ממוחשב אותו יבנה התלמיד, יחקור אותו ויעמתו אל מול המציאות. התלמיד יגיש דוח מסכם על מודל הכולל את ראשי הפרקים הבאים: כותרת, תמצית, תוכן, מבוא, תיאוריה, תיאור האלגוריתם עליו מבוססת התוכנה, תיאור המערכת הניסויית והניסוי, תוצאות הניסוי, תיאור תוכנית המחשב והנחיות להפעלתה, השוואת בין תוצאות הניסוי לתוצאות התוכנית, מסקנות, סימוכין, נספחים הקריטריונים לפיהם תוערך העבודה הם:

1. מטרת הפעילות: מה בא המודל לבדוק, להמחיש ולחקור. 3%

2. רקע תיאורטי – (סה"כ 24%)

א. סקירת ספרות- תאור תמציתי של ספרות מחקרית ותוצאות מחקרים

העוסקים

בנושא הנחקר או בנושאים קרובים אליו. על התיאור להיות מבוסס על

לפחות

ארבעה מקורות שונים ומגוונים (אינטרנט ספרי לימוד מאמרים) 6%

ב. העקרונות הפיסיקליים עליהם הסתמך בבניית המודל. 6%

ג. תאור האלגוריתם בו השתמש. 6%

ד. מגבלות המודל כפי שהן נובעות מהנחותיו. 3%

ה. המגבלות הנובעות מאופן החישוב ושיטת החישוב. 3%

3. ממצאים מההדמיה: (סה"כ 14%)

א. הצגת ממצאי ההדמיה בצורה מסודרת. 3%

ב. הצגת גרפים רלוונטיים. 3%

ג. כיצד תוצאות ההדמיה מתיישבות עם התאוריה. 4%

ד. זיהוי תוצאות הנמצאות מחוץ לגבולות המודל. 2%

ה. מציאת קשרים מתמטיים בין הפרמטרים השונים. 2%

4. מסקנות מההדמיה. (סה"כ 8%)

א. כיצד מתיישב המודל התיאורטי עם תוצאות החקר הממוחשב. (4%)

ב. לנסות לצפות בעזרת ההדמיה את התנהגות המערכת/התופעה שהיא מתארת

בסיטואציות שונות. (4%)

5. תיאור המערכת הניסויית מולה נבחן המודל. (סה"כ 18%)

א. תאור המכשור הניסיוני. 6%

ב. מגבלות הניסוי לעומת ההדמיה. 5%

ג. תאור האופן שבו בוצע הניסוי. 7%

6. ממצאי הניסוי. (סה"כ 19%)

א. טבלת תוצאות 4%

ב. גרפים הממחישים את התלות השונה בין התוצאות השונות. 4%

ג. מציאת קשרים מתמטיים בין הגדלים השונים. 4%

ד. הערכת אמינות התוצאות 5%

ה. חישוב של קבועים פיסיקליים שונים על פי התוצאות והשוואתם לערכים

שבספרות המדעית. 2%

7. השוואה בין תוצאות הניסוי ההדמיה, התיאוריה וההכללות. (9%)

8. התרשמות כללית, מקוריות ויצירתיות – 5%

2 יח' לימוד: רשתות נוירונים, שדות וקטוריים וסקלרים מספרים מורכבים וחשבון פזורי וארגון עצמי. הציון ל- 3 יח' לימוד אלו ינתן בסוף כיתה י"ב. תלמיד יצטרך להפגין את כל אותן מיומנויות אותן רכש במשך כל תקופת לימודיו. הערכת התלמיד תעשה ע"י עבודת חקר אותה יעשה התלמיד.

דוגמא למטלות ב"ב

- מימוש פונ' AND באמצעות Simple Perceptron
- מימוש פונ' XOR באמצעות 2-layer Perceptron
- סיווג תמונות פרצופים/בניינים באמצעות Simple Perceptron
- סיווג תמונות פרצופים/בניינים באמצעות רשת נוירונים חד שכבתית
- דחיסת תמונות באמצעות רשת Auto Encoder
- פיתוח תוכנה לדיאגנוזה של מחלת הסוכרת
- קירוב פונקציות - Sinus
- חיזוי – ניבוי שערי מנייה
- אלגוריתם גנטי – פיתוח מערכת בקרה וניווט של speck-robot
- פרויקט סיום

עבודת החקר ב"ב

העבודה תכלול:

1. אינטרפטיזציה ממוחשבת לבעיה מדעית מחקרית שיבנה התלמיד
2. ממצאים של חקר המודל הממוחשב
3. אימות של המודל הממוחשב מול נתונים אמיתיים
4. שימוש מגוון באמצעים ממוחשבים
5. דוח מסכם על הפעילות שיכלול: תיאור העקרונות הפיזיקליים עליהם התבסס המודל החישובי, תיאור המודל, ממצאי ההדמיה ומגבלותיה
6. הגנה בע"פ על העבודה והצגתה

הקריטריונים לפיהם תעורך העבודה הם:

1. המחקר

- מורכבות/קושי 8 %

- רמת ביצוע 20 %
- עצמאות 7 %
- מקוריות הרעיון 5 %
- היקף העבודה 10 %

2. התוכנה

- יעילות 2 %
- בהירות 2 %
- מורכבות 4 %
- היקף 7 %

3. העבודה הכתובה

- הצגת/הבנת הנושא 7 %
- רמת הכתיבה 14 %
- רמת/פירוט הניתוחים 14%

בעבודה יצטרך התלמיד להפגין שליטה בקטגוריות של אנליזה, סינטזה והערכה. הערכת התלמיד תיקח בחשבון את תהליך העבודה ואת התוצרים הסופיים: תיק מתוכו יבחר התלמיד את העבודות הראויות והעבודה המסכמת.

4. אופן ההוראה.

- עיקר הלמידה יעשה בהתאם לעקרונות של הגישה הקונסטרוקטיביסטית לפיה המורה ייצור תנאים להבנה מתוך פעילות עצמית ועבודה בקבוצות.
- המורה ישמש בעיקר כמנחה מכוון וכאחד מגורמי המשוב.
- דרכי ההוראה תכלולנה שיעורים פרונטליים, עבודה עצמית ומחקר בקבוצות באמצעות קריאת חומר רקע וכתיבת תוכניות מחשב ברמות מתקדמות. מרבית הזמן תוקדש לפעילויות מחשב או מעבדה ומיעוטו לשיעורים פרונטליים.
- ההוראה תלווה בקריאת כתבי עת מדעיים עדכניים וכן יהיה שימוש רב בחומר מרשתות האינטרנט.
- תלמידי המקצוע יצוידו וילמדו להפעיל תוכנות מתאימות. זמינות הכלים המתמטיים המלווים את המחשב תתרום לכך שהתלמידים יראו אותו ככלי מחקר ולמידה.
- הקניית שיטות מתמטיות מתקדמות כבסיס לפיתוח תכנות למודלים.
- חלק ניכר מהלימודים ייערך במעבדה שתכלול עבודה עם מערכות מבוקרות מחשב.

5. רעיונות ומושגים בסיסיים

המדע החישובי הוא תחום ידע מתפתח ורב תחומי. הרעיון העומד בבסיסו י בו הוא להעניק אינטרפרטציה ממוחשבת לבעיה מדעית. אינטרפרטציה זו אמורה לאפשר למדען (או לתלמיד) להרחיב ידע, להעמיק את הבנתו ולהקנות לו יכולת ניבוי. מנקודת מבט של החשיבה המדעית,

בבסיסו של המודל הממוחשב עומדות השערות מסוימות שעל פיהן הוא נבנה. ההשערות יכולות להיות כאלה שבבסיסן של פרדיגמה מסוימת, או השערות חדשות. תקפות המודל הממוחשב נבחנת אל מול המציאות, ומגבלותיו נובעות מהאופן בו נבנה, הסביבה הממוחשבת בה הוא מופעל והאופי המתמטי של המשוואות שבבסיסו. מרעיון זה נגזרים המושגים הבסיסיים:

א. אנליזה נומרית- שימוש במחשב לפיתרון בעיות נומריות שונות למשל מערכת משוואות לינאריות ולא לינאריות אינטגרציה נומרית וכדומה. רגישות לתנאי התחלה, יכולת הערכה של שגיאות מקורן והתפתחותן.

ב. מניפולציה סימבולית- לצורך בניית מודל נזקק המדען לפיתוחים מתמטיים לא פשוטים המחייבים יכולת מניפולציה מתמטית ברמה גבוהה. שימוש בתוכנות מתאימות (למשל Maple או – Derive) חסכת זמן ניכר, ומקנה תוקף נוסף לפיתוחים המתמטיים.

ג. הדמיות – תוכנת מחשב המבססת על הנחות מתחום ידע מסוים ומודל המתמטי תוך שימוש מינמאלי בכלי ניתוח. דוגמא להדמיה יכולה להיות דיון בשרשרת רדיואקטיבית: נתון מדגם מסוים המכיל פרופורציות שונות של יסודות רדיואקטיביים השיכים לאותה שרשרת והמטרה היא לחקור את התנהגותו בזמן. לצורך כך נעשה שימוש בתהליך פסדורנדומלי ליצירת הדמיה של ההתפתחות בזמן. ההדמיה מאפשרת המחשה ויזואלית של הבעיה הממשית אותה היא מיצגת וניתן באמצעות איסוף נתוני הפלט שלה לרכוש תובנות נוספות ולהרחיב ידע. שינוי פרמטרים שונים בהדמיה, מאפשר לנבא את התנהגות המערכת אותה ההדמיה מיצגת במציאות.

ד. איסוף נתונים וניתוחם- שימוש בצוברי נתונים לאיסוף נתונים, העברת הנתונים למחשב ושימוש בתוכנות שונות לצורך ניתוחם (חישובי שגיאה קורלציות, ועוד). שימוש במחשב לצורך בקרה על ניסויים ואוטמוציה שלהם תוך קבלת נתונים בזמן אמיתי.

ה. המחשה – יצירת גרפים דו-ממדיים ותלת ממדיים, תרשימי חיצים, קווי שדה ומשטחים שווי פוטנציאל. הצגת נתונים באמצעות צבע ואנימציות מובילות את המדען לתובנות חדשות.

הפיסיקה, כמו המתמטיקה מהווה מקצוע בסיס למקצועות המדעיים. השיטות החישוביות המופעלות בכימיה ביולוגיה ותחומי ידע אחרים נגזרות ברובן משיטות הנהוגות בפיסיקה דבר המחייב ידע בתחום זה. חלק ניכר מהאלגוריתמים החישוביים בהם משתמשים במקצועות המדעיים השונים מקורם בפיסיקה, ונוח להפעילם על מודלים פיסיקאליים. הפיסיקה נמצאה כמתאימה ביותר להמחשה והצגה של המושגים והעקרונות הבסיסיים של המדע החישובי. למרבית מפתחי התוכנית והמורים המלמדים ומנחים את הפרויקטים הכשרה בפיסיקה ולכן טבעי היה שלתוכנית יהיה דגש פיסיקאלי. אין דבר זה עומד בסתירה לפיתוח חומרים העוסקים גם בדיסציפלינות נוספות, ואכן חלק מהפרויקטים בכיתות י', יא' ו-יב' עוסקים בתחומים אחרים. למשל מודל של התפתחות מגיפה, גידול של מושבת חיידקים וגידול פרקטלי

של גבישים הם חלק מפרויקטים שהוגשו בסוף לימודי י' ויא'. הפרויקטים בכיתה י"ב מכסים מגוון רחב של נושאים החל מרפואה דרך חיזוי מזג אוויר וכלה בכלכלה רובוטיקה ובינה מלכותית. חלק מהפרויקטים, שימצאו מתאימים יעברו הסבה לפעילויות ויוטמעו במשך הזמן בתוכנית הלימודים. באופן כזה מאמין צוות הפיתוח שהאינטרדיסציפלינריות של התוכנית תורחב.

6. נושאי הלימוד ורצף ההוראה.

תכנית "מח" מיועדת לתלמידים בכיתות י-י"ב בהיקף של 5 יחידות לימוד. התכנית מחולקת לשתי קטגוריות:

1. נושאי ליבה שבלעדיהן לא ניתן ללמד את הנושא.
2. נושאי הרחבה והעמקה שיותאמו לקבוצות הלימוד.

את נושאי הלימוד ניתן לחלק לשתי משפחות:

1. נושאים שנלמדו או יילמדו במסגרת פיזיקה, מתמטיקה או מדעי מחשב: לנושאים אלה, לימודי "מח" הם ברמת יישום בלבד מתוך הנחה שהדבר יקנה מוטיבציה, הרחבה והעמקה.
2. נושאים שאינם חלק מתכנית הלימודים: אלו יילמדו בתכנית "מח" בהתאם ליכולת הקוגניטיבית וההתנסויות של התלמידים. מידת ההעמקה בנושאים שלא נלמדים בדרך כלל במקצועות האלה יותאמו ליכולת התלמידים מתוך הנחה שבעתיד יילמדו בהרחבה ובהעמקה הראויים במסגרת לימודי פיזיקה או מדעי מחשב.

עיקר הזמן בכיתה י' יוקדש לרכישת אורניות מחשב ומיומנות בתחום התכנות הפרוצדוראלי עם שימת דגש על כיוון המדעי. התכנים יהיו בהלימה לנושאים הנהוגים בתוכנית הלימודים הפיסיקה ובמתמטיקה. הרבע האחרון של השנה יוקדש לפרויקט המסכם של כיתה י' שהדגש בו יהיה בעיקר על הצד החישובי. הנושא המרכזי בכיתה יא' יהיה כאוס כאשר בשנה זו התלמיד ירכוש גם מיומנות בשפות מונחות עצמים. גם בשנה זו הלימודים יהיו בהלימה ללימודי הפיסיקה והמתמטיקה. הרבע האחרון של השנה יוקדש לפרויקט המסכם כשהדגש בו הוא על הצד המדעי, מדידות ישירות ועקיפות ניתוח תוצאות ועיבודן. עיקר לימודי יב' יוקדשו להכרות עם סביבות פיתוח הנהוגות במדע ותעשייה כאשר הדגש יהיה על רשתות ניורונים מלאכותיות. עיקר המחצית השניה של השנה תוקדש לביצוע הפרויקט המסכם בהיקף של 3 יח'. התמונה הנ"ל אומרת שאין לשפוט את רצף ההוראה מבחינת התאמה לתכניות הלימודים הסטנדרטיות בפיזיקה, מתמטיקה או מדעי המחשב. מכל הנ"ל משתמע אם כן שאסור לשפוט את רמת הידע הנדרש מהתלמידים על פי אמות רגילות.

7. הקף השעות

היקף השעות כולל 15 שעות (סה"כ 450 שעות): 3 ש"ש בכיתה י', 6 ש"ש ביי"א ו-6 בכיתה י"ב. לנושאי הליבה יוקדשו 300 שעות שהן כ- 2/3 מהשעות. נושאי הרחבה והעמקה שיותאמו לקבוצות הלימוד ולהם יוקדשו 150 שעות שהם כ- 1/3 מהשעות.

8. פרישת תוכנית הלימודים

לימודי מדע חישובי דורשים מיומנות מתמטית וידע במדעים אשר אינם מצויים אצל התלמידים המתחילים כיתה י'. לפיכך, הוראת הכלים המתמטיים, הנושאים המדעיים ומיומנויות המחשב הנחוצים ללימודי המדע החישובי יוקנו במקביל ללימוד החומר השוטף במתמטיקה ופיזיקה. במסגרת "מח" ייבנה קשר בין מושגים מרכזיים, לנושאים המרכזיים הנלמדים באותה שנה במקצועות הללו.

תכנית "מח" בכיתה י' תתמקד בלמוד שפת תכנות תוך כדי פיתוח מודולים שימשו לחקירת פונקציות של משתנה אחד ולשרטוט פונקציות של שני משתנים. התלמיד יכתוב תוכניות מחשב תוך שימוש באלגוריתמים שונים לחישוב נגזרות אינטגרלים ואפסים של פונקציות שונות. כדי לבחון את התוכנית, ישווה התלמיד את התוצאות שקיבל לאילו המתקבלות בגיליון אלקטרוני ובתוכנת MCAD או MATLAB. בדרך זו גם ירכוש וירחיב את מיומנותו בשימוש בתוכנות אלו. התלמיד ישתמש בידע שרכש לבניית מודלים פשוטים כמו תיאור תנועה של נקודה על היקף גלגל או שימוש בשיטת הריבועים המינימליים למציאת פונקציה אמפירית לתיאור תוצאות ניסוי. תוכנית הלימודים המקובלת בכיתה י', מתמקדת באופטיקה. לכן, יושם דגש על שרטוט באמצעות מחשב ועל מושג הפרספקטיבה בהקשר לאופן פעולת העין. התלמידים יכירו שיטות להצגת גופים תלת ממדיים על מסך המחשב.

בכיתה י"א יעסקו התלמידים בעיקר בשיטות לפתרון של משוואות דיפרנציאליות וישתמשו בשיטות אלו לפתרון נומרי של בעיות שונות מתחום המכניקה, תורת הנוזלים, חשמל ורדיואקטיביות. התלמידים יכתבו הדמיות למערכות שונות, בהן ישתמשו בפתרון נומרי של משוואות תנועה. בנוסף, התלמידים יכירו בכיתה י"א שיטות שונות לניתוח אותות (FFT) ואת מושג הפונקציה הוקטורית.

בכיתה י"ב יכירו התלמידים שיטות לפתרון של משוואות דיפרנציאליות חלקיות וזאת באמצעות בניית הדמיות מתחום החשמל והמגנטיות ומתחום הגלים. כמו כן יוקדש זמן לבניית פרויקט מסכם. במסגרת זו ילמד התלמיד נושא חדש, יבנה מודל, יבנה הדמיית מחשב למודל וישווה את המודל למציאות. תוך כדי לימודי התכנות, יבנה כל תלמיד לעצמו ספריה מתמטית של שגרות, שימשו אותו בהמשך לפיתוח וחקירה של מודלים.

פרוט הנושאים

הערה: פרוט השעות לפי פעילויות מופיע בסוף פרק זה

1.

מבוא: מודל תאורטי ומודל ממוחשב.

המחשב משמש כלי עזר לחקירה, ייצוג והמחשה של המודל המתמטי. במקרים בהם ידועים הקשרים המתמטיים בין הפרמטרים השונים וידועה גם החוקיות, ניתן להיעזר במחשב להמחשה וחקירת ההשפעה ההדדית של הפרמטרים השונים. במקרים שבהם כמות

המשתנים גדולה ניתן לחקור את השפעתם על מערכת גדולה בעזרת המחשב. הדוגמאות שיוצגו והמודלים שייבנו יהיו מתחומי ידע שנלמדים במסגרת שיעורי הפיזיקה כגון מכניקה, אופטיקה וחשמל וכן ממקצועות מדעיים אחרים כמו אקולוגיה, ביולוגיה וכימיה. במסגרת נושא זה תועמק הבנת התלמידים במודלים מוכרים להם וירחיבו ידע באמצעות בניית מודלים חדשים.

- חשיבה מדעית כתהליך שבו בונים ומשתמשים במודלים.
- המודל המתמטי התיאורטי ומגבלותיו.
- שימוש במודלים ממוחשבים בתהליכי תכנון (חיסכון בזמן ובכסף).
- שימוש באנלוגיות כבסיס לבניית מודל תיאורטי.
- ייצוגים שונים: מתמטי סימבולי, גרפי (גרפים מסוגים שונים, וקטורים).
- הנוסחה האמפירית כמודל ראשוני.
- בחינת המודל אל מול יכולת הניבוי שלו.
- היכרות ראשונית עם מגוון רחב של סביבות ממוחשבות שונות המתאימות לפיתוח מודלים.

סה"כ: 21 שעות

2. תכנות בהדגש מדעי

אחת המיומנויות הנדרשות מתלמיד מח, היא היכולת לבחור בסביבה ממוחשבת המתאימה לצורך פתרון של בעיה מדעית מסוימת. לתלמיד נדרשת, אם כן, היכרות בסיסית עם כמה סביבות. יחד עם זאת נתמקד בשפת תכנות אחת כמייצגת מגוון רחב של שפות מונחות אירועים. שפת התכנות בה בחרנו להתמקד היא ה-Python. בשנים האחרונות נעשה בשפה חופשית זו שימוש רחב, בייחוד בפרויקטים חינוכיים. השפה מונחת עצמים, ונחשבת לבעלת סקריפט פשוט וקלית. מגוון רחב מאד של ספריות נומריות ומדעיות פותחו עבור שפה זו. היא מאפשרת גם חיבור ליישומים אחרים. אפשר להריץ אפליקציות שפותחו ב-Python במערכות הפעלה שונות (Windows, Linux, Os וכו'). בנוסף ישתמשו התלמידים בשפות נוספות כגון VBA ו-VB. תוך כדי לימודי התכנות, יבנה כל תלמיד לעצמו ספריה מתמטית שתשמש אותו בהמשך לפיתוח וחקירה של מודלים.

- הקדמה: מושגים בסיסיים במחשבים, מהי שפת מכונה, מהי שפת אסמבלר, שפות עיליות, קומפילרים ואינטרפרטרים.
- שימוש במחשב כמחשבון: עבודה עם האינטרפרטר כמחשבון כיס וכמחברת.
- מושגים בתכנות: לולאות (משפטי For ו-while), ענפים (משפטי if) ומודולים.
- שגרות וריקורסיה.
- תכנות מונחה עצמים: תכונות אובייקט, שיטות, תכנון ובניית אובייקטים.

סה"כ: 18 שעות

3. שימוש במחשב לאנליזה נומרית

השימוש העיקרי של מחשב במדע חישובי הוא ביכולת הנומרית שלו. בתכנית העוסקת במדע חישובי ייעשה שימוש רב בכלים של אנליזה נומרית. הקצאת הזמן הנמוכה יחסית לנושא זה נובעת מכך שעיקר התרגול ייעשה תוך כדי לימוד של הנושאים האחרים.

- נגזרת נומרית- שיטות קירוב שונות, מקור לשגיאות, חישוב נגזרות מסדר גבוה, כתיבת שגרות לחישוב נגזרות, הקשר בין מושג הניגזרת לגדלים פיזיקליים שונים, כמו מהירות, תאוצה, זרם, פעילות של מקור רדיו-אקטיבי וקצב פליטת חום.
- חקירת פונקציה באמצעות גרף ממוחשב: הצגה גרפית של פונקציה, הכרת כלים המאפשרים הצגת גרף של פונקציה בסביבות שונות: EXCEL, MCAD ו-VPython.
- שימוש בכלים אלה להצגה וחקירה של פונקציות שונות. הכרות עם VBA ובניית GUI. שיטות שונות למציאת אפסים של פונקציה: שיטה גרפית, שיטת ניוטון. כתיבת שגרות לחישוב אפסים של פונקציה. שימוש בשגרות אלה לפתרון של בעיות פיזיקליים שונות כגון קווי טבור בעקיפה מסדק יחיד.
- אינטגרציה נומרית: טרפז, סימפסון, רומברג. כתיבת שגרות המחשבות אינטגרלים נומרים שונים. הערכת השגיאה המתקבלת בכל אחת מהשיטות. שימוש בשגרות שפותחו לחישוב אינטגרלים שונים. למשל חישוב מהירותה ומקומה של צוללת בעזרת ידיעה של תנאי התחלה ומד- תאוצה. חישוב כמות חומר המשתחרר באלקטרוליזה על ידי ידיעה של תוצאות מדידה של זרם. חישוב שטחים ונפחים באמצעות מחשב.
- פתרון בעיות מינימום/מקסימום באמצעות מחשב: הרחבת הספרייה על ידי הוספה של שגרות לחישוב נקודות אקסטרימום של פונקציות מתמטיות שונות; ניצול השגרות שנכתבו לפתרון של בעיות שונות (למשל: מציאת ממדים אופטימליים לצובר חום).
- טורי טיילור: שימוש בטורי טיילור לחישוב נומרי של נגזרות מסדר גבוה.
- שיטות שונות לפתרון של מערכת משוואות ליניאריות, כתיבת שגרות לפתרון מערכת משוואות ושימוש בשגרות (למשל חקירת מעגלים חשמליים).
- פתרון נומרי של משוואות דיפרנציאליות בעלות משתנה יחיד - אוילר ורונג קוטה.
- פתרון משוואות תנועה שונות: תנועה בתווך צמיג, תנועה הרמונית, תנועה הרמונית מרוסנת.
- אינטרפולציה לינארית ופולינומים של לגרנג', בשביל מה זה טוב?

סה"כ: 40 שעות

4. שיטות שונות לניתוח תוצאות ניסוי.

הניסוי מהווה שלב חשוב בבנייתו של מודל מדעי ובחינת המודל מול המציאות. במסגרת פרק זה ירכוש התלמיד הבנה עמוקה יותר בשיטה המדעית ויכיר כלים בסיסיים המשמשים להערכה וניתוח של תוצאות ניסוי.

- שגיאה שיטתית ושגיאה אקראית, הערכת שגיאה: שגיאה יחסית ומוחלטת.

- קורלציה ומשמעות של מקדם קורלציה.
- פונקציה השגיא-Errf
- שיטת הריבועים המינימלים-רגרסיה לינארית, מעריכית ולוגריתמית. שימוש בשיטות אלו למציאת נוסחות אמפיריות שונות. כיוול צמד תרמי, חוק הקירור של ניוטון.
- קרוב של פונקציות מחזוריות בעזרת פונקציות הרמוניות.
- טרנספורמציה פורייה (ניתוח אותות): ניתוח צלילים של כלי נגינה ובניית סינטיסייזר, שימוש ב-FFT לדחיסת קבצי תמונה.

סה"כ: 29 שעות

5. הקניית מיומנויות לשימוש מתקדם במחשבים לחישוב ולבניית סימולציה

מוחשבת

אחד מתפקידיו של המדע החישובי היא להמחיש תופעה פיזיקלית מסוימת באמצעות ייצוגים שונים, ויזואליים בדרך כלל. במסגרת פרק זה ירכוש התלמיד הכרות עם כלים גרפיים המאפשרים הצגה ויזואלית אם ע"י גרף או עם ע"י אנימציה של תופעות פיזיקליות.

- מספרים אקראיים: בשביל מה צריך מספרים אקראיים? בחירת מדגם מייצג לצורך בקרת איכות. שימושים בהדמיה, שיטת מונטה קרלו, כיצד נקבע את המספר הראשון? כתיבת שיגרה לחישוב מספרים אקראיים. בניית הדמיה של תנועת ניטרונים דרך דפנות העופרת של כור גרעיני.
- חישוב ווקטורי מתקדם: וקטורים במישור ובמרחב, מכפלה סקלרית ומכפלה וקטורית. היכרות עם פונקציות וקטוריות של חבילות תוכנה מדעיות.
- היכרות עם Tkinter כדוגמה לחבילה גרפית ושימוש בה לבניית ממשקים גרפיים שונים. היכרות עם בקרים גרפיים שונים (button, ListBox, checkbox ו-canvas)
- הגדרת צורה גיאומטרית במישור והצגתה בעזרת מחשב; סיבוב והעתקה של צורה גיאומטרית במישור, בנייה של אנימציות שונות הממחישות תנועה.
- בדרך למציאות מדומה: השפעה של עוצמת האור, מקום מקורות האור וצבעם על מה שאנו רואים. בניית מודל של עוצמת הארה ממקור נקודתי; בניית מודל ממוחשב המתאר את עוצמת הארה של מקור נקודתי הניצב מול קיר לבן והרחבתה למספר מקורות בצורות ובצבעים שונים, צל של אובייקט ממוחשב.
- שרטוט ממוחשב של גוף תלת מימדי: זווית ראיה, פרספקטיבה ואיזומטריה. היכרות עם סביבות גרפיות המאפשרות הצגה והדמיה של גופים ומשטחים תלת מימדיים ושימוש בגופים ובמשטחים לבניית מודלים שונים.
- סיבוב שיקוף והעתקה במרחב: בניית הדמיות של מערכות רב גופיות.
- תאור גרפי של פונקציות סקלריות בנות שני משתנים: מושג השדה הסקלרי, בניית מודל ממוחשב של תבליט מפה. בניית מודל ממוחשב של מפת יישוב.
- שדה וקטורי: ייצוג גרפי של שדה וקטורי. שימוש במחשב לבנייה, חקירה והמחשה של שדות שונים.

- השדה כגרדיאנט הפוטנציאל: שימוש בפונקציות ספריה לחישוב שדה כאשר ידוע הפוטנציאל. בניית הדמיה המתארת תנועת חלקיק יחיד בפוטנציאלים שונים וחקירתה.

סה"כ: 59 שעות

6. פעילויות, בניית סימולציות ושימוש במחשב כאמצעי בקרה

בכל אחת מהפעילויות הבאות יידרש התלמיד להגיע לרמת הבנה מתקדמת. בכל פעילות יבנה התלמיד סימולציה ממוחשבת שתבחן את התנהגותה של מערכת אמיתית שתעמוד לרשותו במעבדה או בשטח. לחילופין, יפתח התלמיד ויפעיל ניסוי מבוקר מחשב.

- ביצוע ניסויים מבוקרי מחשב מתחומי הפיזיקה, הביולוגיה והכימיה. הנושאים שידגשו יהיו דגימה, גלאים שונים ועיבוד אותות.
- ATOD : מה זה? ולמה הוא משמש.
- צורתו של חוט תלוי בין שני עמודים.
- פיתוח חוק השבירה מעקרון פרמה באופן נומרי. חקירת משך תנועתן של קרני אור היוצאות ממקור נקודתי והנשברות בעדשה.
- נפילה חופשית, תנועת צנחן, תנועת כדור נופל בתווך צמיג.
- בניית הדמיות שונות העושות שימוש בעיקרון הסופרפוזיציה לחקירה של תופעות פיזיקליות במגוון רחב של תחומים: מתח פנים, שדה חשמלי של לוח סופי, עקיפה והתאבכות של גלים.
- "מערכות ללא זיכרון" לדוגמה, המשמעות הפיזיקלית והמתמטית של התפרקות רדיואקטיבית
- תופעות גליות: גל סינוסואידלי, גל עומד, פעימות.
- צירוף תנועות מחזוריות: מושג המופע, צורות LISSAJOUS.
- צורות מיוחדות שהטבע "משרטט":
- פרבולה, תנועה בליסטית. הרחבה למקרה האמיתי: תלות הגרר עבור מקרים גיאומטריים פשוטים.
- המעגל והתנועה הבורגית: תנועת מטענים בשדות מגנטיים אחידים
- כיצד נראה מסלול כוכב לכת בודד מנקודת ראותו של הצופה הארצי – ציקלואידה.
- תנועת דאון בהשפעת עילוי, רוח וגרר.
- תנועה של מערכות בהן משתנה המסה: תנועת רקטה.
- התפשטות גלים והחזרתם בסוגי תווך שונים (גלי קרינה, הלם חום).

סה"כ: 62 שעות

7. תנודות

תנועה הרמונית היא נושא הנלמד בהרחבה במסגרת תוכנית הלימודים הרגילה בפיסיקה. בלימודים מתקדמים נעשה שימוש באנלוגיה מתמטית בין תנועה הרמונית לתופעות מתחומי ידע אחרים כדי להרחיב ולהעמיק את ההבנה בתחומים אלו. תנועה הרמונית יכולה להיות דוגמא טובה מאד לאופן שבו "פועל מדע". בנוסף, התחום של שימוש באותות וניתוחם, הפך

לתחום לנושא מרכזי בטכנולוגיה המודרנית ובתקשורת. במסגרת פרק זה יכירו התלמידים כלים בסיסיים המשמשים בתחום זה.

- תנודות במערכות פשוטות, תנועה הרמונית, מעגל RL, ריסון על קריטי, קריטי ותת קריטי.
- מטוטלות מצומדות: חקירה בפועל כולל בניית הדמיה.
- מיתר כאוסף של מטוטלות מצומדות.
- תהודה מכנית ותהודה חשמלית: חקירת תנועה מאולצת ומעגלי תהודה והשוואתם להדמיה.
- התקדמות הפרעה (פולס) בממד אחד, במישור ובמרחב.
- הפרעה מחזורית: גל, גלי מים, מציאה אופני תנודה של גלים במיתר באמצעות הדמיה.
- פתרון נומרי של משוואת גלים חד-ממדיים.

סה"כ: 62 שעות

8. מערכות דינמיות וכאוס

כאוס הוא מדע המחייב שימוש במחשבים. בפרק זה ייתקל התלמיד בתחום מדעי חדש יחסית שקיומו לא היה אפשרי ללא מחשבים.

מספר נושאים ייבחרו מתחומים שונים. התלמידים ילמדו וינתחו תחומים אלה: תחבורה, אקולוגיה, כלכלה ורשתות נוירונים, תוך מתן דגש על ההתנהגות המשותפת למערכות מתחומים שונים:

- רגישות לתנאי התחלה, מרחב פאזות, אגני משיכה, התפצלות.
- ניתוח תנועת מטוטלת ושל תנודות מאולצות - מטוטלת מתמטית ופיזיקלית.
- הרחבה: תנועת מטען בשדות מגנטיים וחשמליים משתנים.
- צורות מנדלברוט, פרקטלים.

סה"כ: 50 שעות

9. ארגון עצמי

בפרק זה יכיר התלמיד התנהגות של מערכות מורכבות שהחוקיות שלהן ידועה לנו אך התנהגותן בזמן ובמרחב לא ברורה. בעזרת המודל הממוחשב ניתן לחקור התפתחות בזמן של מערכות שונות ומורכבות שאין מודל מתמטי המתאר את התפתחותן בזמן ובמרחב. במסגרת פרק זה יעסוק התלמיד בתופעות מתחום הפיזיקה ומתחומי מדע אחרים.

- חקירת המהירות של תגובה כימית ומדידת מהירות התגובה בכלים פיזיקליים תוך פיתוח מודל מתמטי.
- בניית מודל ממוחשב של גז אידיאלי.
- כוחות וון-דר-וואלס.
- דיפוזיה - חקירת מקרה אמיתי, בניית מודל ובניית סימולציה.
- חקירת קצב גידול מושבת חיידקים והתאמתו למודל.

- שימוש במודלים להתנהגות של מערכות מרובות משתנים. לדוגמה, פיתוח מודל ראשוני של מזג האוויר לכוכב לכת חדש.

סה"כ: 51 שעות

10. התנהגות מערכות שבין מרכיביהן קיימת תקשורת רשתות

דינמיקה של רשתות ומעבר מידע ברשתות הם נושאים קריטיים כדי להבין את העולם הסובב אותנו

מעשה אדם (כבישים, טלפונים, מחשבים, תעופה ועוד), ורשתות ביולוגיות - מחיידקים ועד רשתות

נוירונים. בפרק זה נקנה לתלמיד היכרות עם מושגים בסיסיים כלי ניתוח ועקרונות כלליים המשמשים להבנת פעולות רשתות וקשר בין מבנים ופעולותינו.

- תכונות יסודיות של רשתות.
- כבישים.
- רשתות תקשורת.
- תקשורת במושבות חיידקים ובמערכות ביולוגיות אחרות.
- יסודות של רשתות נוירונים.

סה"כ: 58 שעות

References

- The Shodor Education Foundation** , internet: <http://www.shodor.org> 2.4.2002
- Guidry M, Strayer M**, A Course in Computational Science for Physical and Life Sciences ,internet: <http://csep1.phy.ornl.gov/guidry/phys594/lectures/lectures.html> 5.4.2002
- Wattenberg F.**, Mathematical Modelling in a Real and Complex World, Internet: <http://www.math.montana.edu/frankw/ccp/modeling/topic.htm#contents> 8.4.2002
- Sommerfeld A.**(1949), Partial Differential Equations in Physics, ACADEMIC PRESS, INC. 111 Fifth Avenue,New York 10003
- Sokolnikoff I.S.,Redheffer R.M.**,(1996), Mathematics of Physics and Modern Engineering, McGRAW-HILL BOOK COMPANY ,New York
- Wylie C. R., Barrett L.C.**,(1982),ADVANCED ENGINEERING MATHEMATICS,
McGRAW-HILL International Edition
- Bishop J.,Bishop N.**,(2000), Java Gently For Engineers and Scientists, Eddison-Wesley
- Russell D. R., Robert J. M.**,(1999), Neural Smithing, MIT Press