

## פרשיות הלימוד בחלוקה לפי סמסטרים

### על פי תכנית הלימודים לשנת הלימודים תשע"ו – 2015-2016

#### מסטר 1

11002 אלגברה מ

5.0 - - 2 4

מספרים מרוכבים, הצגה אלגברית וקוטבית. המשפט היסודי של האלגברה על מספר שורשים של פולינום. וקטורים במישור ובמרחב, מכפלה סקלרית, מכפלה וקטורית, מכפלה מעורבת. ישרים ומישורים במרחב. וקטורים עם 0 רכיבים. מטריצות, מכפלה של מטריצה בוקטור, מכפלת מטריצות ומטריצות הפיכות. מערכת משוואות לינאריות, תכונות של קבוצת הפתרונות, שיטת גאוס ושיטת גאוס-ג'ורדן. פרישה לינארית, תלות לינארית של קבוצת וקטורים. תת-מרחב, תת-מרחב אפס של מטריצה ותת-מרחב שנפרש על ידי וקטורי עמודות של מטריצה. חיתוך וסכום של תת-מרחבים. בסיס ומימד של תת-מרחב, קואורדינטות של וקטור לפי בסיס. דטרמיננטות. כלל קרמר. וקטורים וערכים עצמיים, פולינום אופייני, לכסוף של מטריצה. מרחב וקטורי כללי. העתקות לינאריות. מרחבי מכפלה פנימית: הגדרת מכפלה פנימית, אי-שוויון קושי שוורץ, בסיס אורתונורמלי ואורתונורמלי, מקדמי פורייה, הטלות אורתונורמליות, המרחק הקצר ביותר שיטת הריבועים המזעריים.

11004 חזו"א 1מ

5.0 - - 2 4

מספרים ממשיים: מספרים רציונליים אי-רציונליים, החסם העליון הקטן ביותר, סדרות של מספרים ממשיים, גבול של סדרה; פונקציה ממשית, גבול של פונקציה: הגדרה, משפטי גבולות, חשבון גבולות משפט הסנדביץ'. רציפות: בנקודה ורציפות בקטע, מיון נקודות אי-רציפות, משפט ערך הביניים של קושי ומשפטי וויירשטראס. הגדרת הנגזרת ומשמעותה הגאומטרית, נגזרות של מכפלה מנה וכלל השרשרת, נגזרות של פונקציה אלמנטריות, פונקציה הפוכה, סתומה ושנתונה בצורה פרמטרית. המשפטים היסודיים של החשבון הדיפרנציאלי (פרמה, רול ולגרנז'). קירוב לינארי, דפרנציאל, פיתוח טיילור. חקירת פונקציה: תחומי עליה וירידה, נקודות קיצון, מושג הקמירות, ואסימפטוטות. אינטגרל לא מסוים, פונקציה קדומה ושיטות אינטגרציה. סכומי רימן ודרבו, אינטגרל מסוים, המשפט היסודי של החשבון האינטגרלי, יישום האינטגרל לחישוב שטח, נפח ואורך קשת. אינטגרל לא אמיתי, הגדרת התכנסות ומבחני בתכנסות.

11024 פיזיקה 1מ

4.5 - 2 2 3

**קינמטיקה:** מושג המהירות והתאוצה כנגזרות של המקום והמהירות. גזירה ואינטגרציה של וקטורים התלויים בזמן. סקלרים, וקטורים, מכפלה סקלרית ומכפלה וקטורית. טרנספורמציות גלילי ומהירות יחסית. מציאת המיקום מתוך התאוצה ותנאי התחלה. תאוצה משיקית ונורמלית, תנועה במסלול עקום, רדיוס עקמומיות רגעי. **חוקי ניוטון:** שלושת החוקים, רישום וקטורי של משוואת התנועה הדיפרנציאלית + תנאי התחלה, משוואות פרמטריות, חיכוך בין משטחים וחיכוך בתווך. תנועה מעגלית. מערכות מואצות: כוח ד'אלמבר. מערכות מסתובבות: כוח צנטריפוגלי וכוח קוריוליס. עבודה ואנרגיה: מושג העבודה, אנרגיה קינטית, כוח משמר. **אנרגיה פוטנציאלית:** כובדית, אלסטית. הקשר בין גרף אנרגיה פוטנציאלית-מיקום לכוח ולנקודת שווי משקל. מתקף ותנע: שימור תנע במערכות סגורות, התנגשות חד-מימדית ודו-מימדית, מושג המתקף, מערכות פתוחות. **מערכות מרובות חלקיקים:** הגדרת מרכז המסה, משוואות התנועה עבור מערכת של מסות, הפרדת התנועה של מערכת לתנועה של מרכז המסה + תנועה פנימית. **תנודות:** תנועה הרמונית, הגדרה ופתרון המשוואה הדיפרנציאלית. ניתוח אנרגטי, קירוב הרמוני של תנודות קטנות, תנודות מרוסנות (פתרון המשוואה הדיפרנציאלית), תנודות מאולצות ותהודה. **מכניקה של גוף קשיח:** אנלוגיה בין תנועה קווית ותנועה סיבובית, מכפלה וקטורית, מהירות זוויתית, תאוצה זוויתית, מומנט כוח, חישוב מומנט אינרציה של גופים, משפט שטיינר, משוואות התנועה של ניוטון לגופים מסתובבים, מטוטלת פיסיקלית, אנרגיה סיבוב, תנע זוויתי של מערכות מרובות חלקיקים, שימור תנע זוויתי, תנועת פרצסיה. **כבידה:** חוקי קפלר, חוק הגרביטציה העולמי, פוטנציאל כבידה ומהירות בריחה, פוטנציאל אפקטיבי.

**מעבדה:** אומדן שגיאה בגודל מדוד ושגיאה בגודל מחושב (תנועה בנוזל צמיג), תנועה חד ממדית, חוק II של ניוטון, תנועה מעגלית, סימולציות תנועה בגיליון אלקטרוני, שימור תנע, תנועת מרכז מסה, שדה כוח

ואנרגיה פוטנציאלית, תנועה הרמונית בלתי מרוסנת ומרוסנת, שימור תנע זוויתי, תנודות הרמוניות של גוף צפיד.

### 31510 מיתוג ומערכות ספרתיות

2.5 - - 1 2

ייצוג מספרים בבסיסי ספירה שונים. אריתמטיקה בינארית. צפנים בינאריים. אלגברה בוליאנית. פעולות לוגיות בסיסיות. כללי יסוד באלגברה בוליאנית. יישומים של כללים באלגברה בוליאנית. צורות קנוניות של פונקציות בוליאניות. פונקציות בוליאניות NOR NAND XOR. הפעולות NOR NAND כבסיס למערכות שלמות. פישוט פונקציה בוליאנית. שיטות תכנון של מערכות צירופים. מערכי חישוב: מסכמים, מחסרים, משוים. מרבבים משולבים. מימוש פונקציות בוליאניות בעזרת מרבבים. מפלגים ומפענחים. מימוש פונקציות באמצעות מפענחים. דלגלים. דלגלגים. דלגלגים בסיסי. דלגלג מבוקר. דלגלגים מדורבנים במעבר. דלגלגים מעשיים. קבועי זמן בדלגלגים. דלגלגים במעגלים משולבים. אוגרים. אוגרים מקבילים. אוגרי הזזה. אוגרים במעגלים משולבים. מונים. סוגי מונים. מונה אסינכרוני. מונה סינכרוני. מונה בעלי מחזור שונה מ-2. מונים טבעתיים. מערכות עקיבה. מעגלים משולבים ספרתיים ברי תכנות: ROM, PLA, PAL.

### 41090 כימיה א

2.5 - - 1 2

מושגי יסוד ויחידות. התורה האטומית של החומר. מבנה האטום. המערכת המחזורית. קשרים כימיים. גזים. נוזלים ומוצקים. תמיסות. שיווי משקל בתמיסות. חמצון וחיזור. אלקטרוכימיה.

## מסטר 2

### 11006 חדו"א 2מ

5.0 - - 2 4

אלמנטים של הנדסה אנליטית במרחב: קו ישר, מישור ומשטחים במרחב. טופולוגיה ב- $R^n$ . פונקציות במספר משתנים, קווי גובה, משטחי רמה, גבולות, רציפות. נגזרות חלקיות, דיפרנציאביליות, נגזרת מכוונת, גרדיאנט; ישר משיק לעקום במישור ובמרחב, מישור משיק למשטח. פונקציות סתומות. יעקוביאן, טרנספורמציות, שימושים גאומטריים. נוסחת טיילור, נקודות קיצון, כופלי לגרנז'. מושג השטח במישור, אינטגרל כפול, אינטגרל משולש וגזירה מתחת לאינטגרל. שימושים לחשבון אינטגרלי: שטח, נפח, מומנטים ומרכז כובד. אנליזה וקטורית: עקומים ומשטחים בהצגה פרמטרית ופרמטרית, שדה סקלרי ווקטורי. דיברגנט ורוטור של שדה וקטורי. אורך הקשת, אינטגרלים קוויים ומשפט גרין ושימושי. שטח פני משטח, משטח מכוון, אינטגרלים משטחיים, משפט סטוקס ושימושי. משפט הדיברגנס של גאוס ושימושי.

### 11025 פיזיקה 2מ

4.5 - 2 2 3

**השדה החשמלי:** חוק קולון והכללתו, הגדרת השדה החשמלי, שדה של מטענים נקודתיים, דיפול חשמלי, חוק גאוס ושימושי, התחלקות המטען במוליך, שדה בתוך חומר. **פוטנציאל חשמלי:** פוטנציאל של מטען נקודתי ושל אוסף מטענים, משטחים שווי פוטנציאל, אנרגיה אלקטרוסטטית, קבול חשמלי, אנרגיה של קבל. תנועת חלקיקים טעונים בוואקום בשדה חשמלי. **אופרטורים דיפרנציאליים:** מושג הגרדיאנט, מושג הדיברגנץ, משוואת לפלס ומשוואת פואסון (יחידות הפתרון עבור תנאי שפה נתונים), מושג הרוטור, שדה משמר, מטעני מראה. **מעגלים חשמליים:** זרמים חוקי קירכהוף, מוליכות חשמלית (מודל דרודה), משוואת הרציפות ושימור מטען, פריקה וטעינה של קבל. **השדה המגנטי:** קטבים מגנטיים, כוח לורנץ, תנועה של מטען בשדה מגנטי אחיד, כוחות הפועלים על זרמים, אפקט הול. **שדה מגנטי של מטענים בתנועה:** חוק ביו-סבר, שדה של כריכה מעגלית, שדה של תיל ישר ואינסופי, שטף של צפיפות זרם, חוק אמפר (בצורתו האינטגרלית והדיפרנציאלית), שדה של סליל ארוך ושל טורואיד. **השראה מגנטית:** חוק פרדיי, חוק לנץ, השראה עצמית, משרנים, אנרגיה של משרן. מעגלי RL, צפיפות אנרגיה מגנטית. **משוואות מכסוול:** משוואות מכסוול האינטגרליות, זרם העתק, רישום דיפרנציאלי של משוואות מכסוול. **זרמי חילופין:** מעגלי RLC מעגלי תהודה, גורם איכות.

**מעבדות:** מדידות בזרם ישר, כא"מ והתנגדות פנימית, מיפוי שדה חשמלי, חוקי שדה חשמלי (גאוס ועבודה במסלול סגור), פריקה וטעינה של קבל, תנועת אלקטרונים בשדה חשמלי, תנועת אלקטרונים בשדה מגנטי, תיל נושא זרם בשדה מגנטי, שדה מגנטי של סליל מעגלי דק, אפקט הול, מעגלי RLC.

## 22100 מבוא לתכנות

2.5 - 2 - 2

מערכות מספרים, בסיסים שונים, מעבר בין בסיסים, סוגי משתנים וקבועים, תרשימי זרימה, משפטי SWITCH ו-IF, לולאות FOR ו-WHILE, מערכים ומטריצות, מערכים מיוחדים, Scripts ופונקציות משתמש, חקירת פונקציות, גרפים דו-ממדיים ותלת-ממדיים. התרגול בשפת MATLAB.

## 22400 הנדסת חומרים

2.5 - 1 - 2

מהי הנדסת חומרים בראשית המאה ה-21? מבנה האטום. קשרים כימיים. קריסטלוגרפיה. פגמים במבנה הסריגי. נקעים. עקומת מאמץ מעוות. בדיקות מכניות. דיפוזיה. דיאגרמת פאזות ברזל-פחמן. סקירת פלדות. נוקלאציה וגידול. מנגנוני הקשייה. זחילה. התעייפות. טיפולים טרמיים. דיאגרמת TTT ו-CCT. טיפולים תרמו-מכניים וטיפול שטח. סגסוגות אל-ברזליות. שיתוך (קורוזיה). חומרים מרוכבים.

## 391005 מבוא להנדסה אופטית

1.5 - 1 - 1

מהו אור, מקורות אור לייזרים, תכונות ספקטראליות, קיטוב, גילוי אור, ראייה, תאים סולריים, גלאי דמות, צילום.

**דימות:** מצלמות, פוטו-ליטוגרפיה בתעשיית המיקרואלקטרוניקה, עבוד תמונה.

**טלסקופים:** היסטוריה, טלסקופים ארציים, טלסקופ חלל (Hubble), אופטיקה מסתגלת (Adaptive Optics).

**מיקרוסקופים:** היסטוריה, הגדלה, רזולוציה, סופר רזולוציה.

סיבים אופטיים לתקשורת ורפואה. אופטיקה ללא דימות, איסוף קרינה סולרית, תאורה. אופטיקה של שכבות דקות, מראות סלקטיביות, מסננים. הולוגרפיה ורישום דמויות בתלת ממד.

## 11121 משוואות דיפרנציאליות רגילות

2.5 - 1 - 2

משוואות דיפרנציאליות מסדר ראשון: מודלים מתמטיים, מושג הפתרון, בעיית קושי, משפט הקיום והיחידות, שדה הכיוונים, הפרדת משתנים, משוואות לינאריות, פתרון נומרי – שיטת אוילר. משוואות לינאריות הומוגניות מסדר שני ומעלה: תלות לינארית, וורונסקיאן, מבנה הפתרונות של משוואה לינארית, פתרון משוואות לינאריות עם מקדמים קבועים. משוואות לינאריות לא-הומוגניות: השוואת מקדמים וריאציית הפרמטר. שימוש לתנודות חופשיות ומאולצות, תהודה. התמרת לפלס ושימושיה: הגדרה ותכונות של התמרת לפלס, חישוב ההתמרה וההתמרה ההפוכה, פונקציית הביסייד וחישוב התמרת לפלס של פונקציות המוגדרות למקוטעין, פעולת הקונבולוציה, שימושים לפתרון של משוואות דיפרנציאליות לינאריות.

מערכות משוואות דיפרנציאליות לינאריות: אקספוננט של מטריצה ופתרון מערכות הומוגניות, נוסחת וריאציית הפרמטר לפתרון מערכות לא הומוגניות, פתרון מערכות בעזרת התמרת לפלס.

## 391045 אנגלית טכנית

2.0 - 4

הקורס אנגלית טכנית מיועד לבוגרי אנגלית למתקדמים א' (11064) ולסטודנטים שסווגו לרמה זו על סמך הבחינה הפסיכומטרית. הדגש מושם על הבנת הנקרא והרחבת אוצר המילים האקדמי והטכני. במשך הקורס, קוראים טקסטים הקשורים לתחום הלימוד של הסטודנט, ובקבוצות מכינים ומעבירים מצגות קצרות הקשורות לחומר הנלמד. חובה על הסטודנטים להירשם לקבוצה המיועדת למחלקה שבה הם לומדים.

## מסטר 3

### 11122 משוואות דיפרנציאליות חלקיות וטורי פורייה

4.0 - - 2 3

משוואות מסדר ראשון, משוואת העברה. מיון משוואות מסדר שני. משוואת הגל, מיתר אינסופי, נוסחת דילאמבר, תחום התלות וההשפעה ובעיית התחלה מוצגת היטב. בעיות שפה התחלה למשוואות הגל והחום, תנאי שפה דירכלה, נוימן ורובין. רעיון הפרדת המשתנים. חישוב ערכים עצמיים ופונקציות עצמיות בתנאי דירכלה ונוימן. בעיות שפה התחלה לא הומוגניות למשוואות הגל והחום.

טורי פורייה: טור סינוסים וקוסינוסים, אורתוגונליות, פונקציות מחזוריות. אורתוגונליות/אורתונורמליות של המערכות הטריגונומטריות. הקירוב הטוב ביותר, טור פורייה טריגונומטרי ממשי ומרוכב. חישובי טורי פורייה. משפט דירכלה, התכנסות נקודתית, שוויון פרסבל ותופעת גיבס. טורים בקטעים שונים. תורת שטורם-ליוביל, ערכים ופונקציות עצמיות של בעיות שפה. משוואות לפלס: בעיית דירכלה ונוימן בתחומים מעגליים, עקרון המקסימום ותכונת הממוצע, גרעין פואסון.

התמרת פורייה: הגדרת התמרת פורייה. חישוב ההתמרה של פונקציית אלמנטריות, אינטגרל פורייה, התמרת פורייה הפוכה ושוויון פלנשראל, קונבולוציה ושימושיה. יישומים למשוואות.

### 11123 פונקציות מרוכבות

4.0 - - 2 3

טורי חזקות של משתנה ממשי והתכנסותם, טורי פונקציות ממשיות. מספרים מרוכבים, טורים של מספרים מרוכבים. תחומים במישור המרוכב, הספרה של רימן. רציפות וגזירות של פונקציות של משתנה מרוכב. תנאי קושי רימן ופונקציות אנליטיות והרמוניות. פונקציות אנליטיות אלמנטריות במישור המרוכב. העתקות קונפורמיות, תיאור ומשמעות גיאומטרית. העתקות קונפורמיות מיוחדות: מיוביוס, העתקות לינאריות, אינברסיה, היחס הכפול (cross-ratio) ובניית העתקות קונפורמיות. אינטגרלים מרוכבים, משפט ונוסחאות קושי ופונקציה קדומה. משפט מוררה, משפט הממוצע ועיקרון המקסימום עבור פונקציות אנליטיות והרמוניות. אי שוויון קושי, ומשפט ליוביל. טורי חזקות של משתנה מרוכב, תחום ההתכנסות, טורי טיילור, אפסים של פונקציות אנליטיות ומשפט היחידות, נקודות סינגולריות ומיון. טורי לורן, משפט השארית ושימושי. עיקרון הארגומנט. משפט רושה. העתקות פנימיות של עיגול היחידה, והלמה של שורץ.

### 391140 תורת הגלים ותורת הרטט

4.0 - 2 1 3

תנודות בממד אחד, תנודות במערכות מצומדות, תנודות מאולצות ותהודה (פתרון עמיד ופתרון כללי), מערכות עם מספר דרגות חופש, ריסון תנודות, משוואת הגלים בממד אחד, גלים אורכיים ורוחביים, עקרון הסופר-פוזיציה, גלים במרחב דו-ממדי ותלת ממדי, אנליזת פורייה וחבילת גלים, גלים בחומר, התאבכות ועקיפה, נפיצה, עקרון פרמה, משוואות מקסוול וגלי אור, מעבר גל אלקטרומגנטי מתווך לתווך, קיטוב לינארי, משוואות גלים לא משמרות ולא-לינאריות.

### 391305 מבוא להנדסת חשמל ואלקטרוניקה

4.5 - 2 2 3

מעגלים חשמליים בזרם ישר. חוק אוהם. חוקי קירכהוף. פתרון רשתות זרם ישר. משפט תבנין-ניוטון. תופעות מעבר מסדר ראשון. קבל. חוק פרדי-לנץ. השראות עצמית. השראות הדדית. תופעות המעבר במעגלי RLC, RL, RC. תגובת מעגלים לצורות שונות של מתח וזרם מבוא. רשתות זרם חילופין. פאזורים ותכונותיהם. אמפדנס. אדמיטנס. פתרון רשתות זרם חילופין. הספק ברשתות זרם חילופין. שנאים. פונקציות רשת. תגובת תדר ומעגלי תהודה RLC טורי ומקבילי. תכונות של מוליך למחצה, חומרים N, P. צומת PN. דיודה. דיודות זנר. LED. טרנזיסטור ביפולרי. טרנזיסטורים MOSFET. צמד אופטי. מגבר שרת.

### 391405 אופטיקה גיאומטרית

3.0 - 2 1 2

התפשטות האור, החזרה ושבירה, עקרון פרמה ודרך אופטית, עדשות ומראות, קירוב גאואסי, משטחים כדוריים וציר אופטי משותף, הדמיה ממשטחים כדוריים, עיוותים כרומטיים ותיקונים, עוצמת אור והארה, מנגנון הראיה, ראיית צבעים, בליעה של אור בתווך חומרי, צמצמי תאורה ושדה אישוניים, שדה ראיה, עומק המיקוד, ניתוב קרניים, אברציות, מקדם שבירה הדרגתי, מכשור אופטי ומערכות אופטיות פשוטות.

## מסטר 4

### 31150 תרמודינמיקה

#### 2.5 - 1 2

מבוא לתרמודינמיקה. אנרגיה, עבודה וחום. עבודת חשמל. גז אידיאלי ותכונותיו. משוואות מצב. קיבול חום. אנטלפיה. תהליך תרמודינמי. החוק הראשון. תהליכים פוליטרופיים. מחזוריים. החוק השני. אנטרופיה. דיאגרמה S-T. שינוי האנטרופיה של המערכת. האופי הסטטיסטי של החוק השני. זרימת גז. מחזוריים של מנוע שריפה פנימית. מדחסים ומנוע טורבינת גז. מחזור הקיור.

### 31420 אותות ומערכות

#### 2.5 - 1 2

אותות, תכונות של מערכות, מערכת לינארית, המתוארת על ידי משוואה דיפרנציאלית. פונקצית הלם. תגובה להלם. יציבות כניסה ויציאה. מושג המצב. משוואות מצב. יציבות אסימפטוטית. התמרת לפלס. פונקצית תמסורת. מושג המשוב, קטבים אפסים, יציבות. דוגמאות. התמרת פוריה, אפנון. דגימה בזמן רציף. תופעת הקיפול. משפט הדגימה. שחזור אותות.

### 51722 הסתברות ויסודות הסטטיסטיקה

#### 2.5 - 1 2

מושגי יסוד בהסתברות, מרחב הסתברות – מושגי יסוד ואקסיומות, קומבינטוריקה ותחשיבי הסתברות במרחבי מדיגם סימטריים. הסתברות מותנה ואי-תלות של מאורעות. המשתנה המקרי הברידי וההתפלגויות הבדידות המיוחדות: בינומית, גיאומטרית, בינומית שלילית, היפרגיאומטרית, פואסונית. המשתנה המקרי הרציף וההתפלגויות הרציפות המיוחדות: אחידה מעריכית ונורמלית. תוחלת, שונות ופונקציות יוצרת מומנטים. משפט הגבול המרכזי. סטטיסטיקה תיאורית: מדדים למרכזיות לפיזור ותיאורים גרפיים. הסקה סטטיסטית: אמד נקודתי ותכונותיו, רווחי סמך ומבחני השערה לתוחלת של אוכלוסיה נורמלית.

### 391150 פיזיקה מודרנית ומבוא לתורת הקוונטים

#### 4.5 - 2 2 3

**תורת היחסות הפרטית:** ניסוי מייקלסון-מורלי. טרנספורמצית לורנץ. תנע ואנרגיה בתורת היחסות. קרינת גוף שחור, האפקט הפוטואלקטרי. אפקט קומפטון, קרינת X ופיזור בראג. ניסוי פרנק-הרץ, גלי דה-ברויי, ניסוי דויסון-גירמר. חבילות גלים, עקרון אי-הודאות. משוואת שרדינגר. משמעות פונקציית הגל, אופרטורים, ערכים עצמיים. בעיות בממד אחד, בור מרובע, אפקט המנהרה, מודל קרונינג-פני. הנחת השלמות במרחב הילברט, יחסי חילוף, ניוון, הגבול הקלסי. אופרטורי סולם, האוצילטור ההרמוני. תמונת שרדינגר מול תמונת הייסנברג. מערכות רב-חלקיקיות, חלקיקים זהים, חלקיקים בתיבה, אנרגיית פרמי. בעיות תלת-ממדיות, התנע הזוויתי, אטום מימן. ספיין. אינטראקציית אלקטרונים עם השדה האלקטרומגנטי. אפקט שטרק, פסי אנרגיה, המערכה המחזורית, ניסוי רתרפורד, רדיואקטיביות.

### 391311 מבוא לתקשורת וסדנה באותות אקראיים ורעש

#### 3.0 - 2 1 2

מרכיבים בסיסיים של מערכת תקשורת, התגובה להלם של מערכות לינאריות, פונקציות תמסורת ואינטגרל הקונוולוציה, רעש במערכת תקשורת, יחס אות לרעש ספרת רחש, טמפרטורה אפקטיבית, סיגנלים אקראיים וטרמניסטים העוברים דרך מערכות לינאריות, שיטות איפנון, אפנון תנופה וגילוי, DSB (AM) DSBSC. התמרת הילברט ו-SSB. אפנון תדר (FM) אפנון מופע (PM) וגילוי אותות מאופנני תדר ומופע. חוג נעילת פאזה (PLL). גילוי אפנון תדר ומופע בעזרת PLL. אפנון תנופה דופק PAM. אפנון רוחב דופק PDM. אפנון מיקום דופק PPM מתנד לתדר גבוה, מתנדים מבוקרי מתח VCO, ויסות הגבר אוטומטי, בקרת תדר אוטומטי, מקלט ישיר, מקלט סופר-הטרודאין. מקלט AM ומקלט FM.

סדנה בנושא אותות אקראיים ורעש: משתנה אקראי (מ"א) – CDF, PDF, ותהליך אקראי (ת"א), מומנטים של מ"א - תוחלת, פיזור, סטיית-תקן, פילוגים (אחיד, נורמלי), ת"א סטציונרי וארגודי, אוטוקורלציה של ת"א, הספק רעש ממוצע, צפיפות הספק ספקטרלית של ת"א, משפט Wiener-Khinchin וחישובי הספק-רעש ממוצע במישור התדר (צפיפות אחידה). רעש לבן, אוטו קורלציה של רעש-לבן, פעולות לינאריות על ת"א (רעש): הגבר, סיכום קוהרנטי ולא-קוהרנטי.

סופרפוזיציה של גלים, קיטוב קווי מעגלי ואלפטי, פעילות אופטית, התאבכות, קוהרנטיות זמנית ומרחבית, אינטרפרומטריה, עקיפה בשדה רחוק ושדה קרוב, עקיפת מפתחים שונים, עקרון פרמה ויישומיו, אופטיקת פורייה, קוהרנטיות, תורת ההדמיה, שכבות דקות, אינטרפרומטרים, אינטרפרומטר פברי-פרו, קריטריון ריילי, רזולוציה של מכשירים אופטיים, ניגודיות, ספקטרו-פוטומטריה, הלוגרפיה ויישומיה.

## מגמת אלקטרו-אופטיקה

### מסטר 5

#### 391310 מקורות אור ולייזרים

##### 3.5 - - 1 3

קרינת גוף שחור, נורות התפרקות: קוים ספקטראליים (זרם ולחץ טמפרטורה), מקורות מונוכרומטיים, נורות התפרקות מאופננות, נורות פלואורסצנטיות, אופטיקה ללא הדמיה, תכנון הארה, הארה של מכשירים אופטיים. פוספורסצנסיה ופלואורסצנסיה, שיטות עירור, כלל סטוקס, פוספורים יוניים וקולונטיים; דעיכה, רוויה, אופיינים ושימושים של פוטולומינסצנסיה, קתודולומינסצנסיה, אלקטרולומינסצנסיה, דיודות פולטות אור.

קוהרנטיות זמנית ומרחבית, יסודות הלייזר: פליטה מאולצת ומקדמי איינשטיין, הגברה, תנאי הסף, מערכות לייזר של שלוש וארבע רמות, שיטות עירור. מערכת התנודה והפליטה: מהודים אופטיים, אופני תנודה אורכיים ורחביים, בחירת אופן תנודה יחיד, שיטות מיתוג Q ונעילת פזה. לייזר חד ורב אופני, סוגי לייזרים: לייזרי מצב מוצק, דיודות לייזר, לייזר צבע, לייזרים גזיים, לייזרים מולקולריים, לייזרים כימיים ואקסימריים, לייזר אלקטרוני חפשיים, לייזרים חדשים. מערכות לייזר ויישומיהם: תקשורת, מדידת טווח וציון מטרות, עיבוד חומרים, רפואה, רישום וקריאה, היתוך גרעיני וכו'.

#### 391320 רדיומטריה ודטקציה של קרינה א"מ

##### 3.5 - - 1 3

מקורות קרינה, קרינת גוף שחור, קרינה ספקטרלית וקרינת רצף, גופים לא שחורים, נורת להט, אופיינים חשמליים וספקטראליים, התפרקות זוהרת קשת וניצוץ, אופיינים זמניים, תאורה באטמוספירה: תכונות תאורת שמש, רקיע, ירח וכוכבים, חדירות האטמוספירה, הפרעות אטמוספיריות. לומינסצנסיה, מדידת הארה, תווך מעבר הקרינה: אטמוספירה, ספקטרום בליעה ופליטה, החזרה דפוסית והחזרה ספקולרית, פוטומטריה לא. א. עקרונות מדידה של קרינה א"מ, גלאים, גלאים תרמיים קוונטיים (כולל QWIP) וגלאים לא קוונטיים לא מקוררים, גלאים אלקטרו-אופטיים, מדדים לביצועי גלאי קרינה, סוגי גלאים: פוטומולד, פוטוולטאי, פוטו דיודה CCD, PIN, פוטורנזיטור, תאי שמש, מאפייני גלאים: תגובתיות, סף קליטה, זמן תגובה, יחס אות רעש, נוחות בשימוש וזיווד, תגובתיות ספקטרלית. דוגמאות של גלאים לתחום הנראה ולאינפרא אדום. סורקים לינאריים למערכות גלאי עמודה. התקני CCD מערך פוטו-דיודות. רכיבים אופטיים ל- א.א, פילטרים, ספקטרוסקופיה לקרינה א"מ.

#### 391351 מבוא למצב מוצק ומוליכים למחצה

##### 4.5 - - 1 4

המבנה הגבישי, פיזור קרני X בגבישים, אפיון המבנה הגבישי, תנודות בגביש, פונונים, גז אלקטרוני חפשיים, פונקציית צפיפות המצבים, אנרגיית פרמי, אלקטרון בפוטנציאל מחזורי, מבנה פסים, משפט בלוך.

פסי אנרגיה, מתכות, מבודדים ומוליכים למחצה, הפער האסור, חורים ואלקטרוני, מושג המסה האפקטיבית, צפיפות מצבים בפסים, נושאי מטען במוליכים למחצה: אלקטרוני וחורים, צפיפות נושאי מטען, מוליכים למחצה אינטרינזים ואקסטרניזים, נושאי מטען בשדה חשמלי ושדה מגנטי. מובילות. אפקט Hall. דיפוזיה של נושאי מטען. Diffusion and Recombination. Diffusion and Drift. הולכה במל"מ, נידות, מדידות חשמליות בסיסיות במל"מ. צומת pn בשיווי משקל, משוואת הרציפות. הזרקה נושאי מטען במצב מתמיד. ממתח הפוך. תופעות מעבר. צומת מתכת - מוליך למחצה. צומת שוטקי. מגעים. JFET. אופיון מתח זרם. Pinch-off. קבל MOS. Capacitance-Voltage Analysis. MOS. אופייני מוצא. אופייני מעבר. מתח סף. טרנזיסטור ביפולרי. יישומי BJT. תכנון נקודת עבודה. מיתוג.

## 391352 שדות וגלים אלקטרומגנטיים

3.5 - - 1 3

משוואות מקסוול, שיטות לפתרון בעיות עם תנאי שפה, שדה חשמלי ומגנטי בחומר, שדות התלויים בזמן, ווקטור פוינטנג, מדרוך גל (גלבו), קרינה אלקטרו-מגנטית, תנאי גבול של השדה הא"מ במעבר מתווך לתווך ומשוואות פרנל למקדמי החזרה והעברה. זווית קריטית וזווית ברוסטר, שיטות לפתרון משוואות הגלים בתווך אחיד ובתווך לא אחיד, עקרון פרמה ומושג הדרך האופטית, קירוב לאופטיקה גיאומטרית.

קווי תמסורת - הגדרות, מושגים, משוואות. קווי תמסורת במצב מתמיד סינכרואידי, הנחית גלים א"מ: קו הנחית גלים: עכבה סגולית, מנחה גלים מלבני: משוואות השדה, אופני תנודה במנחה גלים, שדות התלויים בזמן, גלבו וסיבים אופטיים, יצירת הקרינה הא"מ, פיזור וקטוב. השדה המושהה, קרינת דיפול, פיזור הקרינה הא"מ ע"י אטומים.

## 391415 מעבדה באופטיקה מתקדמת 1

2.0 - 4 - -

מערכות הדמיה, אינטרפרומטר מייקלסון, ספקטרוסקופיה, הולוגרפיה, סיבים אופטיים. אוטו-קולימטור, מד מקדם שבירה, אליפסומטריה, מדידות MTF.

## 391420 תכן רכיבים ומערכות אופטומכניות

3.5 - - 1 3

מהלך קרניים בקירוב גאוס, החזרה ממשטחים, עדשות מורכבות, עיוותים וביטולם, עדשות אכרומטיות, אפלטיות, ניתוב קרניים, פונקציית העברה אופטית, צמצמי תאורה ושדה אישוניים וחלונות, קריטריונים לטיב הדמות והערכת ביצועים של מערכת אופטית, שיטות MTF ו-OTF. הארה במערכות אופטיות, הרחבת אלומה ומסננים מרחביים, מערכות של שכבות דקות, ציפויים נגד החזרה, מראה דיאלקטרי, מסנני התאבכות, רכיבי סיבים אופטיים. שיטות ייצור רכיבים בסיסיים רפרקטיביים ודיפרקטיביים.

הטיפול ברכיבים אופטיים, מנגנוני כוונון של רכיבים אופטיים, מיקום ומרכז של רכיבים אופטיים, מיקום של מערכות אופטיות מרובת רכיבים, מיכשור אופטי: מצלמות טלפוטו ומצלמות זום, טלסקופים, תכנון אופטי ממוחשב (תוכנת ZEMAX).

## מסטר 6

### 31430 רשתות ומערכות בדידות

2.5 - - 1 2

אותות ומערכות בזמן בדיד. קונוולוציה דיסקרטית. תגובת דגם יחידה. מערכת לינארית המתוארת על ידי משוואות הפרש. פתרון משוואות הפרש. יציבות כניסה יציאה. התמרת Z, הגדרה, תחום התכנסות, תכונות. התמרה הפוכה. פונקציית תמסורת של מערכת בזמן בדיד. קטבים, אפסים. יציבות.

### 31541 טכנולוגיות מזעור

2.5 - - 1 2

בקורס ילמדו הסטודנטים את היסודות של תהליכי היצור של מעגלים מורכבים (IC), התקנים אלקטרוניים והתקנים אלקטרו-אופטיים. דגש יושם על תעשיית הסיליקון. תהליכי יצור אלה מיושמים היום במספר רב של תחומים בחזית הטכנולוגית. מטרת הקורס היא להכשיר את הסטודנטים לקראת השתלבות בתעשיית ה-Hi-Tech. הנושאים שילמדו: מבוא וחזרה על מוליכים למחצה והתקנים אלקטרוניים פשוטים. תהליכי יצור מצעי מוליכים למחצה. וואקום ושיטות נידוף פיסיקליות (PVD), חמצון תרמי של סיליקון, טכנולוגיות של שיקוע שכבות מהפאזה הגזית באופן כימי (CVD), פוטו-ליתוגרפיה, תהליכי איכול, סימום על ידי דיפוזיה והשתלת יונים. אפיון התקנים פשוטים.

### 31910 מבוא לבקרה

3.5 - - 1 3

מבוא. תאור מערכות על ידי משוואות. התמרת לפלאס. מערכות מסדר ראשון. מערכות מסדר שני. תופעות



מעבר ומושג היציבות. פונקצית התמסורת וסוגי מערכות. קריטריון הורביץ. עקומי בודה. מישור נאיקויסט. ניתוח מערכות בחוג סגור במישור נאיקויסט. קריטריון נאיקויסט. מיקום גיאומטרי של שורשים.

### 31715 רכיבי מערכות תקשורת אופטית

3.5 - - 1 3

מבוא לתקשורת אופטית. מבנה של מערכות תקשורת אופטית- הקדמה. קיבולת ערוץ. מנחי גל אופטיים. סיבים אופטיים: סיווג של סיבים, עברת אור דרך סיב- תיאור גיאומטרי, תיאור פיסיקלי של גלים, סיב רב אופני, סיב חד אופני, נפיצה, פיצוי נפיצה. ניחות: בליעה, פיזור, אובדן של סיב מכופף, תופעות לא ליניאריות, מגברים אופטיים: EDFA, מגברים מבוססים על פיזור לא ליניארי. תהליכי ייצור סיבים.

## 7 מסור

### 31440 מבוא לעיבוד אותות ספרתי

2.5 - - 1 2

דגימה ואותות בזמן בדיד. התמרות זמן - תדר לאותות בזמן רציף ובדיד. DTFT ו-DFT. חישוב מהיר של התמרות פורייה FFT. מימוש מסננים: שיטות מימוש של פונקציה תמסורת רציונלית, מימוש מסננים בעלי תגובה סופית להלם (FIR), ובעלי פסה לינארית. מבוא לתכן מסננים ספרתי: הגדרת הדרישות, סוגי מסננים. תכן מסננים בעלי תגובה אינסופית להלם (IIR), תכן בעזרת התמרת "שמירת כניסה" ובעזרת התמרה לינארית. תכן מסננים בעלי תגובה סופית להלם (FIR). תכן בשיטת החלון. עקרונות במערכת רבת קצבים, תכן מסנני דצימציה ואינטרפולציה ומסננים צרי סרט רב-דרגתיים. יישום מטלאב לפתרון חלק מהתרגילים בהנחיה והתנסות עצמית.

### 51206 הנדסת איכות

2.5 - - 1 2

בתהליך פיתוח של מוצר חדש או בתהליך שיפור של מוצר קיים נדרשים מתכננים ומהנדסים להגדיר את הפרמטרים של המוצר ואת הפרמטרים של התהליך וכן להגדיר במדויק את הערכים של אותם פרמטרים. הקורס מתמקד בפיתוח ושיפור המוצר בעזרת שיטות של תיכון סטטיסטי של ניסויים (Statistical Design of Experiments). בקורס ינתחו ניסויים באמצעות תוכנות SPSS ו-XL. נושאי הקורס: מדדים לאיכות המוצר, פונקצית ההפסד של טאגוצ'י, ניתוח תהליך טכנולוגי, תיכון לאיכות בעזרת ניסויים מבוקרים, תיכון ניסויים חלקיים, משטחי תגובה, גישת טאגוצ'י לתיכון ניסויים.

### 51605 מבוא לכלכלה למהנדסים

2.0 - - - 2

שאלות יסוד בכלכלה, בעיית המחסור. עקומת התמורה, עלות אלטרנטיבית. צמיחה כלכלית. התנהגות היצרן: פונקציות ייצור, פונקציות הוצאות, טווח קצר וטווח ארוך. תפוקה אופטימלית של היצרן, עקומת ההיצע של פירמה ושל ענף. התנהגות הצרכן: עקומת הביקוש של צרכן בודד ושל שוק. מחיר וכמות שווי משקל. עודף הצרכן, תועלת הצרכן. גמישות הביקוש. תחרות לא משוכללת: מונופול, קביעת תפוקה ומחיר במונופול. מעורבות הממשלה בשוק: מסים, סובסידיות, קיצוב ופיקוח, יצוא ויבוא. בחינת כדאיות ההשקעה. חישוב כדאיות ההשקעות.

### 391381 התמחות בתכן הנדסי 1 (קורס שנתי)

10.0 - - - -

התנסות בתעשייה או במוסד מחקר תוך ביצוע פרויקט שנתי אישי הנדסי או מחקרי בעזרת הנחיה הן מהמוסד האקדמי והן מהמוסד המחקרי/תעשייתי. ביצוע פרויקט שנתי גדול ורחב המתבסס על קורסי הלימוד במגמה.

## 8 מסור

### 31451 אותות אקראיים ורעש מ

4.0 - - 2 3

משתנים אקראיים, וקטורים אקראיים, פונקציות התפלגות. פונקציה אופיינית של משתנה אקראי, פונקציה



אפיינית של ווקטור אקראי, וקטורים אקראיים גאומטריים, תוחלת מותנית, שערך MS, תהליכים אקראיים, אוטוקורלציה וקרוסקורלציה, סטאציונריות, ספקטרום ההספק, מעבר תהליך אקראי במערכת לינארית, תהליך פואסון, תהליכים גאומטריים, רעש לבן, רעש תרמי, משפט נייקויסט, אפיון רעש במערכת, NOISE SHOT, סינון ושערך, ארגודיות.

**31651 עיבוד תמונה**

**4.0 - 3 1 2**

מבנה בסיסי של מערכת הדמיה. מבנה אופטי של העין. תכונות העין. מצלמה CCD, CMOS, (USB, FireWire). שיפור ניגודיות באמצעות פונקציות העתקה. פעולות גאומטריות. פעולות סינון מרחביות. קונוולוציה עם מסכה. הפחתת רעש בעזרת מסנן החציון. זיהוי קצוות. מסכות Laplacian Sobel, Roberts, Prewitt. Operator, Laplacian of Gaussian פעולות סינון בתחום המרחבי 2D FFT. דחיסת תמונה: RLE, JPEG, MPEG. 3D, Oblique Projection, Stereo. הדמיה רפואית: X-Rays, CT, MRI, UltraSound.

**51301 יסודות השיווק**

**2.0 - - - 2**

היסטוריה של השיווק, שמעות השיווק, תפיסות בשיווק, אסטרטגיות שיווקיות, פילוח וכיסוי השוק. מבנה השוק, מערכת ארגונית לשיווק. מחקר שווקים, מושגים בהתנהגות צרכנים, תהליך החלטת הקניה. ניתוח הסביבה השיווקית (מיקרו ומאקרו), סביבה דמוגרפית, כלכלית, טכנולוגית, פוליטית ומשפטית. מדיניות מוצרים, מוצר, מיתוג, תכנון מוצר חדש. המחרה, שיטת המחרה מדיניות מחירים, גורמים פסיכולוגיים בהמחרה. אסטרטגיה בהפצה, קונפליקטים בצינורות השיווק, ניהול ההפצה. תקשורת בשיווק, המסר, ערוצי פרסום, משו, קידום ויחסיי ציבור. ניהול שיווק, ניתוח הזדמנויות, בקרת שיווק. פתוח תמהיל שיווקי.

## **קורסי בחירה**

### **מגמת אלקטרו-אופטיקה**

#### **קבוצה א: קורסים בתחום האופטיקה**

**22130 אנליזה נומרית**

**2.5 - - 1 2**

ניתוח שגיאות ויציבות נומרית. פתרון נומרי של מערכת משוואות אלגבריות לינאריות: שיטת האלימינציה של גאוס ושיטת partial pivoting, פירוק LU, מערכות תלת אלכסוניות, שיטות איטרטיביות. פתרון משוואות חד-משתנים בנעלם אחד: שיטת החציה, שיטת נקודת שבת, שיטת ניוטון-רפסון. אינטרפולציה: פולינומי לגראנז', אינטרפולצית Spline. אינטגרציה נומרית: שיטת הטריז, שיטת סימפסון, שיטת רומברג. פתרון משוואות דיפרנציאליות רגילות: שיטת אוילר, שיטות רונגה-קוטה.

**31695 תכנות מכון אובייקטים**

**3.0 - 2 - 2**

הקניית מושגי יסוד בתכנון/תכנות מונחה עצמים ולמוד הכלים ב- C++ התומכים ב- OOP.

נושאי הקורס: חזרה על תכנות פונקציונלי והרחבות C++, עקרונות תכנון מונחה אובייקטים, מושגי המחלקה והאובייקט, כמוס, כלי C++ תומכי OOP, מחלקות, רב-משמעותיות, העמסה, ירושה, קשור דינמי, ספריות של מחלקות, תבניות.

**31980 מבוא לאלקטרו-אופטיקה**

**2.5 - - 1 2**

ספקטרום הקרינה. תכונות גלים א"מ. חוקי החזרה של פרנל, קיטוב. חומרים אופטיים. כיוול מערכות אלקטרו-אופטיות. ספקטרוסקופיה. ספקטרום אלקטרוני. ספקטרום וויברציוני. נוחות, עבירות אטמוספירית. עבירות בסיבים אופטיים. אפיון גלאים, מדדים לביצועי מערכת: MTR, NEP. מערכות מדידה אלקטרו-אופטיים: מדידת מרחק, תנודות, הזזות, מהירות סיבובית, בדיקות לא הרסניות. גלאי הדמיה בתחום הנראה. גלאי הדמיה בתחום IR. שיטות הדמיה. סיבים אופטיים

ושימושיהם. מערכות אלקטרו-אופטיות עם הארה. מערכות העברה. מערכות החזרה. מערכות ללא הארה מובנית.

#### **391417 מעבדה באופטיקה מתקדמת 2**

**2.0 - 4 - -**

ספקטרוסקופיה, החזרה מגבישים, אופטיקה פורייה, סיבים אופטיים, אפקט סגנק (גיירו אופטי), מהודים אופטיים, מדידת טמפרטורה, מדידות ב-IR, אינטרפרומטר פברי-פרו. אינטרפרומטר של טיימן וגרין.

#### **391430 אופטיקה מתקדמת**

**3.5 - 1 3**

התקדמות גלים בחומרים אנ-איזוטרופים וגבישים, יצירה ואפנון של אור מקוטב, מסנני התאבכות, סיבים אופטיים, התקדמות גלים בתווך מצומצם, מבוא לאופטיקה משולבת, דימוי קוהרנטי ובלתי קוהרנטי, פונקצית העברה אופטית, הגדרה ושימוש, השפעה של עוותים, מאפני אור מרחביים, אפנון פאזה ואפנון עוצמה, טכנולוגיות אפנון (גבישים נוזליים). אופטיקה קוהרנטית והולוגרפיה: רישום ושחזור של הולוגרמה (תיאוריה, דרישות מעשיות), הולוגרפיה צבעונית, הולוגרמת החזרה, שימושים בהולוגרפיה. פלקטואציות באור חלש, אפנון אלקטרו-אופטי ואקוסטו-אופטי.

אופטיקה של חומרים איזוטרופיים, אור מקוטב, אופטיקה של חומרים אנאיזוטרופיים, גבישים חד-ודו-ציריים, חומרים בעלי תכונות לא לינאריות, חומרים המשמשים כמכפילי תדירות אור, אוסצילטורים, לייזר.

#### **391460 חומרים אופטיים ויישומיהם**

**2.5 - 1 2**

חומרים אופטיים איזוטרופיים ואנ-איזוטרופיים, גבישים אופטיים, מודולטור אקוסטו-אופטי, האפקט האלקטרו-אופטי ויישומיו, מודולציה מגנטו-אופטית, אפקט פוטו אלסטי.

קיטוב בליעה, לומיניסצנסיה, אופטיקה של חומרים איזוטרופיים, אור מקוטב, אופטיקה של חומרים אנאיזוטרופיים, גבישים חד-ודו-ציריים, חומרים בעלי תכונות לא לינאריות, חומרים המשמשים כמכפילי תדירות אור.

#### **391510 יישומים לאופטיקה ברפואה**

**2.5 - 1 2**

שיטות אבחנה אופטיות ברפואה, פרמטרים אופטיים של רקמה ביולוגית, מהלך פוטונים ברקמה, מקדמי בליעה וספקטרום בליעה של רקמות שונות, דגימה אופטית ודימות, פונקצית פיזור, טומוגרפיה אופטית, דימות פלאוארצנטי, ספקטרוסקופציה מעוררת לייזר, ספקטרוסקופציית רמן, מדידות זרימה באמצעות תוצא דופלר, ספקטרוסקופיית אינפרא-אדום, סנסורים אופטיים, שיטות אבחנה אופטיות ברפואה, אפליקציות של לייזרים ברפואה.

#### **391525 מערכות דימות**

**2.5 - 1 2**

תגובתיות, רעש אקראי, רעש מובנה, יחס אות לרעש (SNR), מודולציה של פונקצית העברה (MTF), ניגודיות של פונקצית העברה (CTF). כושר הפרדה מינימלי של טמפרטורה בהדמיה תרמית (MRT), כושר הפרדה מינימלי, ניגודיות מינימלית הניתנת למדידה, הגורמים לקבלת תגובתיות נמוכה של מערכת הדמיה, רעשים במערכות הדמיה, מגבלת העקיפה בהדמיה, השפעת צורת המפתח וגודלו על דמות של מקור נקודתי מונוכרומטי. סיבים אופטיים להעברת אינפורמציה והעוותים המתלווים אליהם, מאפיינים של מקורות האור, הצימוד בין מקלט לסיב ובין משדר לסיב, עקרונות ההדמיה התרמית, גלאים לאינפרא אדום, ומאפייניהם, הדמיה בתחום הנראה. מבוא למצלמות טלוויזיה: טלוויזיה קונוינציאלית, HDTV, מערכות CCD, MTF של מצלמת CCD; השפעות האטמוספירה, תנועה ורעידות על איכות תמונה: MTF עבור סוגי תנועה

שונים ותאוצה, הגבלות על כושר הפרדה, אופטיקה מתאימה לגילוי מטרות, מבוא לשחזור תמונות, פילטרים נגד רעש, השפעות שחזורי תמונה על MTF.

### 391540 אינטרפרומטריה ומיקרוסקופיה אינטרפרומטרית

3.0 - 2 1 2

תורת Abbe ליצירת דמות, דיסק Airy, רזולוציה בהארה קוהרנטית ולא קוהרנטית, דה-קונבולוציה, phase contrast, מיקרוסקופיה בשדה בהיר, כיוון ה-condenser, מערכת Mach-Zender, מערכת Jamin-Lebedeff, שיטות נוספות להשגת קונטרסט באמצעות התאבכות והשוואה ביניהן, מיקרוסקופיה בשדה כהה, Schlieren, קונטרסט ע"י מודולציה, ה-zygo, סריקה קונפוקלית.

### 391545 התקני מוליכים למחצה אלקטרו-אופטיים

2.5 - - 1 2

מקורות אור וגלאים, לומיניסצנציה, פלואורסצנציה ופוספורסצנציה. תופעת המינהור ותופעת המפולת. סיליקון נקובי. מבנים ננו-גבישיים. דיודות פולטות אור (LED). חומרים המשמשים ליצור LED. התקני LED, Burrus type LED, emitting edge.double heterostructure LED, דיודות ליזר במבנה heterostructure: לייזרי בורות קוונטיות. כליאה אופטית ואלקטרונית. חוטים ונקודות קוונטיים. לייזרי אור נראה אדומים, ירוקים וכחולים. צגים: צגי פלזמה, צגי גבישים נוזליים (LCD). צגי גביש נוזלי מסוג מטריצה אקטיבית. טכנולוגיית TFT. צגי פליטת שדה. התקנים פוטוניים: התקני הדמייה. פוטו-גלאים לתחום הנראה, אולטרה-סגול ואינפרא-אדום. גלאי בורות קוונטיים לאינפרא-אדום, התקני ראיית לילה. הדמאה תרמית. גלאי מלי"מ. חומרים פרואלקטריים ויישומיהם. גלאים פירואלקטריים. מיתוג ע"י קיטוב. ממירים אופטיים. מחוללי הרמוניה שניה ותנודה פרמטרית אופטית. לייזרים בכחול ואינפרא-אדום. תאי שמש: יעילות האיסוף. חומרים לתאי שמש.

### 391555 מדידות אופטיות

1.5 - 2 - 1 2

אוטוקולימציה, מרחקי מוקד, ספקטרומטרים, שיטות ומכשירים למדידת מקדמי שבירה, מדידות אברציות וסיווגן, שימוש בשיטות אינטרפרומטריות לבדיקה, סוגי אינטרפרומטרים, מדידת איכות משטח אופטי (מישורי ובעל עקמומיות), כושר הפרדה, פונקצית העברה אופטית.

### 391560 מעבדת פרויקט באלקטרו-אופטיקה

2.0 - 4 - -

תקשורת באמצעות סיבים אופטיים, לייזרים, עקרונות עיבוד תמונה אופטי וממוחשב, התאבכות ועקיפה, התמרת פורייה וסינון תדירויות מרחבי, אפנון אלקטרואופטי.

### 391565 אפנון אור ויישומיו בצגים

2.5 - - 1 2

הקדמה. מבוא לאפנון אור: אפקט אלקטרו-אופטי, מגנטו אופטי, אקוסטו-אופטי מכאנו-אופטי, ואלקטרו-בליעה. שיקולי תכנון, אופן הפעולה וביצועים של התקני מאפננים מרחביים (SLMs) המבוססים על גבישים נוזליים, מיקרו-מראות, תאים אקוסטו-ומגנטו-אופטיים, התקני בליעה בורות קוונטיים, מערכי ליזר ודיודות פולטות-אור. (LED) שימושים עיקריים של SLMs: צגים, תקשורת וממשקים אופטיים, אופטיקה מסתגלת, (Adaptive Optics) מתמירי תמונה, עיבוד נתונים אופטי, משקפיים חכמות, מצבטים אופטיים (Optical Tweezers) ומערכי חיישנים אופטיים ביו-כימיים. טכנולוגיות צגים: מקרני מסך-רחב (Video Projection Displays) צגים נישאי-ראש (HMD) וצגים לראיה ישירה (Direct View). מערכות משולבות: צג-הדמייה. מגמות עתידיות בהתקני SLM וצגים.

## קבוצה ב: קורסים מהמחלקה להנדסת חשמל

### 31182 תופעות אלקטרומגנטיות במוצקים

2.5 - - 1 2

פסי אנרגיה - מודל Kronig-Penney. סטטיסטיקות - בולצמן, פרמי-דירק, בוסה-אינשטיין, פוטונים. קיטוב ומקדם דיאלקטרי. מוליכות חשמלית. פראמגנטיות, דיאמגנטיות, ופרומגנטיות. אזורים פרומגנטיים. עיבוי בוסה-אינשטיין. נזילות-על ומוליכות-על. מודל BCS. מודל גינזבורג-לנדאו. קווינטום השטף. צומת Josephson. ה-SQUID. מכשירי מדידה. מעגלים לוגיים. תהודה מגנטית. פיאזואלקטריות.

### 31230 מבוא למחשבים

2.5 - - 1 2

עקרונות בניית מחשבים ספרתיים. יחידות בסיסיות, מחזור פקודה, מבני פקודות. ייצוג מספרים במחשב. מספרים בינאריים, אוקטאליים, דצימאליים, הקסאדצימאליים. ייצוג מספרים בקוד BCD, עם נקודה צפה, קוד ASCII. המרות מספרים. פעולות אריתמטיות. חיבור, חיסור, כפל וחילוק בינאריים. פעולות לוגיות. קודים לבדיקת שגיאות. יחידת פעולות. זיכרון. יחידת בקרה. יחידת קלט-פלט. קבוצת פקודות מעבד. מעגלים צירופיים. מעגלים טוריים. מתקנים היקפיים. תוכנת מחשב. קבצים, מערכת הפעלה, שפות תכנות, תהליך פיתוח תכנה.

### 31401 תורת האלקטרוניקה התקבילית

5.0 - - 2 4

מערכות לינאריות: שיטות ניתוח במישור הזמן ובמישור התדר. דיאגרמת מלבנים. מעגלים עם מגברי שרת. ניתוח מגברים עם משו. יציבות של מגברים. שיטות ניתוח של מעגלים לא-לינאריים. ניתוח לאות קטן. מודלים של דיודות, מעגלי דיודות. טרנזיסטורים FET, MOSFET, BJT: אפיינים, ניתוח DC, מודלים לאות קטן. H-פרמטרים, Y-פרמטרים. ניתוח מגברי FET ו-BJT מבחינת הגבר, התנגדות כניסה, יציאה, והתנהגות במישור התדר (עקם בודה, BW). מגברי הספק (סוג A, B, AB, C). מגבר הפרש. מקורות זרם - "ראי זרם", ACTIVE LOAD, TRANSISTOR DARLINGTON. מבנה פנימי של מגברי שרת. מסננים אקטיביים. מתנדים.

### 31402 מעבדת חשמל ואלקטרוניקה 1

2.0 - 4 - -

פרק ראשון - הכרת מכשירי המדידה המעבדתיים. פרק שני נושאים בתורת החשמל: מעגלי זרם ישר, תגובת מעגלי RLC, RC, RL למתח מבוא בצורות שונות, כגון, למתח מבוא של גל ריבועי, גל שן מסור; מעגלי זרם חילופין. פרק שלישי נושאים במבוא לאלקטרוניקה: יישומי מגבר שרת, אופני דיודה, שימושים של דיודות, אופני טרנזיסטור FET, תכנות מגבר חד דרגתי, פרויקטון - תכנון ובצוע מגבר מתח בעל שלוש דרגות.

### 31470 מעבדה לעיבוד אותות

2.5 - 2 - 2

במסגרת המעבדה לעיבוד אותות הסטודנטים יקבלו מטלות הקשורות לתחומים הבאים: אלקטרוניקה רפואית, תמונות ווידאו, תקשורת, תקשורת ויזואלית, ראייה ממוחשבת, גרפיקה ממוחשבת ואלקטרו אופטיקה. המטלות משובצות תכנה ובמידת הצורך, חומרה.

### 31520 אלקטרוניקה ספרתית

3.5 - - 1 3

ממיר D/A עם נגדים משקליים ומסוג R-2R וסולם הפוך, D/A מימוש עם קבלים, D/A מימוש עם מקורות זרם. ממירי A/D מהסוגים: successive, dual slope, single ramp, flash, approximation, Comparator. V/F. מעגלים רגנרטיביים: SCHMITT רב רטט חד-יציב ורב רטט אל יציב מימוש בשערים לוגיים, מימוש ברכיבים מוכללים, מימוש באמצעות משווה. מחוללי אותות. מעגל מילר ומעגל שרוך נעל. מעגלי הידוק. שערים לוגיים, שערי תמסורת, מעגלים דינמיים. מעגלים לוגיים מבוססים על טרנזיסטור בי-פולארי: מיתוג דיודה וטרנזיסטור בי-פולארי, מודל לאות גדול, סימולציה, זמני מיתוג של מהפך בסיסי, שערים מסוג ECL, TTL, מעגלים לוגיים מבוססים על טרנזיסטור MOS: מודל הטרנזיסטור לאות גדול, זמני מיתוג של מהפכים בסיסיים במעגלי NMOS ו-CMOS.

## 31561 תכנות מעבדי DSP

2.5 - 1 - 2

הכרת מבנה מעבדי TI-C6000 ותכנותם ליישום אלגוריתמי DSP. הדגש הוא על תכנות ולא על תכנון חומרה של כרטיסים מבוססי DSP. אוצר הפקודות. מערכת פיתוח תכנה Code Composer, McBSP, EDMA. מיפוי זיכרון, BootLaoder. פסיקות. שיקולי תכנון יעיל. מימוש מסננים. יישומי DSP אחרים.

## 31616 מבוא למדעי המחשב ושפת C

4.0 - 2 2 2

אלגוריתמים ותרכיבי זרימה, אבני יסוד של שפת C, פקודות בקרת זרימה של התוכנית, תת שגרות, אורך חיים וטווח הכרה, עצוב הפלט, מבני נתונים מורכבים (מערכים, תבניות, אגודים), מצביעים, הקצאת זכרון דינמית, קלט/פלט עם קבצים, פלט גרפי, פעולות ביטים, רשימות מקושרות ועצי חפוש בינריים, תורים ומחסניות, אלגוריתמים רקורסיביים ומימושם, הוראות קדם מהדיר, נהול פרויקטים, מבוא ל-OOP.

## 31720 מבוא לתקשורת ספרתית

2.5 - - 1 2

דגימה של אותות. שיחזור אות מדגימותיו. משפט הדגימה. אפנון קוד סיפרתי PCM. ממיר תקבילי לספרתי, יחס אות לרעש, ריבוב אפיקים בזמן. Signal Shaping הפרעה בין-סימנית ISI, ורוחב סרט. אפנון דלתא On-Off Keying. Frequency Shift Keying. Phase Shift Keying. Differential Phase Shift Keying. מסננת מתואמת. מקלט אופטימלי במובן מינימום הסתברות לשגיאה, הגדרת פונקציית הקורלציה, ומקלט הקורלציה. גילוי קוהרנטי. גילוי לא קוהרנטי. קודים לתיקון שגיאות.

## מגמת אופטיקה מורחבת

### מסטר 5

#### 391310 מקורות אור ולייזרים

3.5 - - 1 3

קרינת גוף שחור, נורות התפרקות: קוים ספקטרליים (זרם ולחץ טמפרטורה), מקורות מונוכרומטיים, נורות התפרקות מאופננות, נורות פלואורסצנטיות, אופטיקה ללא הדמיה, תכנון הארה, הארה של מכשירים אופטיים. פוספורסצנסיה ופלואורסצנסיה, שיטות עירור, כלל סטוקס, פוספורים יוניים וקוולנטיים; דעיכה, רוויה, אופיינים ושימושים של פוטולומינסצנסיה, קתודולומינסצנסיה, אלקטרולומינסצנסיה, דיודות פולטות אור.

קוהרנטיות זמנית ומרחבית, יסודות הלייזר: פליטה מאולצת ומקדמי איינשטיין, הגברה, תנאי הסף, מערכות לייזר של שלוש וארבע רמות, שיטות עירור. מערכת התנודה והפליטה: מהודים אופטיים, אופני תנודה אורכיים ורחביים, בחירת אופן תנודה יחיד, שיטות מיתוג Q ונעילת פזה. לייזר חד ורב אופני, סוגי לייזרים: לייזרי מצב מוצק, דיודות לייזר, לייזר צבע, לייזרים גזיים, לייזרים מולקולריים, לייזרים כימיים ואקסימריים, לייזר אלקטרוני חפשיים, לייזרים חדשים. מערכות לייזר ויישומיהם: תקשורת, מדידת טווח וציון מטרות, עיבוד חומרים, רפואה, רישום וקריאה, היתוך גרעיני וכו'.

#### 391320 רדיומטריה ודטקציה של קרינה א"מ

3.5 - - 1 3

מקורות קרינה, קרינת גוף שחור, קרינה ספקטרלית וקרינת רצף, גופים לא שחורים, נורת להט, אופיינים חשמליים וספקטראליים, התפרקות זוהרת קשת וניצוץ, אופיינים זמניים, תאורה באטמוספירה: תכונות תאורת שמש, רקיע, ירח וכוכבים, חדירות האטמוספירה, הפרעות אטמוספיריות. לומינסצנסיה, מדידת הארה, תווך מעבר הקרינה: אטמוספירה, ספקטרום בליעה ופליטה, החזרה דפוסית והחזרה ספקולרית, פוטומטריה לא.א. עקרונות מדידה של קרינה א"מ, גלאים, גלאים תרמיים קוונטיים (כולל QWIP) וגלאים לא קוונטיים לא מקוררים, גלאים אלקטרו-אופטיים, מדדים לביצועי גלאי קרינה, סוגי גלאים: פוטומוליד, פוטוולטאי, פוטו רדיומטרי, PIN, פוטורניזטור, תאי שמש, מאפייני גלאים: תגובתיות, סף קליטה, זמן

תגובה, יחס אות רעש, נוחות בשימוש וזיווד, תגובתיות ספקטרלית. דוגמאות של גלאים לתחום הנראה ולאיןפרא אדום. סורקים לינאריים למערכות גלאי עמודה. התקני CCD, מערך פוטו-דיודות. רכיבים אופטיים ל- א.א, פילטרים, ספקטרוסקופיה לקרינה א"מ.

#### 391351 מבוא למצב מוצק ומוליכים למחצה

4.5 - - 1 4

המבנה הגבישי, פיזור קרני X בגבישים, אפיון המבנה הגבישי, תנודות בגביש, פונונים, גז אלקטרוניים חפשיים, פונקציית צפיפות המצבים, אנרגיית פרמי, אלקטרון בפוטנציאל מחזורי, מבנה פסים, משפט בלוך.

פסי אנרגיה, מתכות, מבודדים ומוליכים למחצה, הפער האסור, חורים ואלקטרוניים, מושג המסה האפקטיבית, צפיפות מצבים בפסים, נושאי מטען במוליכים למחצה: אלקטרוניים וחורים, צפיפות נושאי מטען, מוליכים למחצה אינטרינזים ואקסטרניזים, נושאי מטען בשדה חשמלי ושדה מגנטי. מוביליות. אפקט Hall. דיפוזיה של נושאי מטען. Diffusion and Recombination. Diffusion and Drift, הולכה במל"מ, ניידות, מדידות חשמליות בסיסיות במל"מ. צומת pn בשיווי משקל, משוואת הרציפות. הזרקת נושאי מטען במצב מתמיד. ממתח הפוך. תופעות מעבר. צומת מתכת - מוליך למחצה. צומת שוטקי. מגעים. JFET. אופייני מתח זרם. Pinch-off. קבל MOSFET. MOS. Capacitance-Voltage Analysis. אופייני מוצא. אופייני מעבר. מתח סף. טרנזיסטור ביפולרי. יישומי BJT. תכנון נקודת עבודה. מיתוג.

#### 391352 שדות וגלים אלקטרומגנטיים

3.5 - - 1 3

משוואות מקסוול, שיטות לפתרון בעיות עם תנאי שפה, שדה חשמלי ומגנטי בחומר, שדות התלויים בזמן, ווקטור פוינטינג, מדריך גל (גלבו), קרינה אלקטרו-מגנטית, תנאי גבול של השדה הא"מ במעבר מתווך לתווך ומשוואות פרנל למקדמי החזרה והעברה. זווית קריטית וזווית ברוסטר, שיטות לפתרון משוואות הגלים בתווך אחיד ובתווך לא אחיד, עקרון פרמה ומושג הדרך האופטית, קירוב לאופטיקה גיאומטרית.

קווי תמסורת - הגדרות, מושגים, משוואות. קווי תמסורת במצב מתמיד סינוסואידלי, הנחית גלים א"מ: קו הנחית גלים: עכבה סגולית, מנחה גלים מלבני: משוואות השדה, אופני תנודה במנחה גלים, שדות התלויים בזמן, גלבו וסיבים אופטיים, יצירת הקרינה הא"מ, פיזור וקיטוב. השדה המושהה, קרינת דיפול, פיזור הקרינה הא"מ ע"י אטומים.

#### 391415 מעבדה באופטיקה מתקדמת 1

2.0 - 4 - -

מערכות הדמיה, אינטרפרומטר מייקלסון, ספקטרוסקופיה, הולוגרפיה, סיבים אופטיים. אוטו-קולימטור, מד מקדם שבירה, אליפסומטריה, מדידות MTF.

#### 391420 תכן רכיבים ומערכות אופטומכניות

3.5 - - 1 3

מהלך קרניים בקירוב גאוס, החזרה ממשטחים, עדשות מורכבות, עיוותים וביטולם, עדשות אכרומטיות, אפלטיות, ניתוב קרניים, פונקציית העברה אופטית, צמצמי תאורה ושדה אישונים וחלונות, קריטריונים לטיב הדמות והערכת ביצועים של מערכת אופטית, שיטות MTF ו-OTF. הארה במערכות אופטיות, הרחבת אלומה ומסננים מרחביים, מערכות של שכבות דקות, ציפויים נגד החזרה, מראה דיאלקטרי, מסנני התאבכות, רכיבי סיבים אופטיים. שיטות ייצור רכיבים בסיסיים רפרקטיביים ודיפרקטיביים.

הטיפול ברכיבים אופטיים, מנגנוני כוונון של רכיבים אופטיים, מיקום ומרכז של רכיבים אופטיים, מיקום של מערכות אופטיות מרובת רכיבים, מיכשור אופטי: מצלמות טלפוטו ומצלמות זום, טלסקופים, תכנון אופטי ממוחשב (תוכנת ZEMAX).

#### 391425 ציפויים ומסננים

2.5 - - 1 2

טכנולוגיות ריק, נידוף תרמי, טכנולוגיות נידוף בהתזה, יצירת שכבות דקות בעזרת שיטות כימיות ופיסיקליות, הערכה של שכבות דקות, אופטיקה של שכבות דקות, שבירה בשכבה בודדת, תיאוריה של שכבות רבות, פרוסת רבע גל, מראות סלקטיביות, מסנני התאבכות, ציפויים נגד החזרה, תכנון מערכות מורכבות של מסננים ומראות, ייצור ציפויים רב שכבתיים.

## מסטר 6

### 22130 אנליזה נומרית

#### 2.5 - - 1 2

ניתוח שגיאות ויציבות נומרית. פתרון נומרי של מערכת משוואות אלגבריות לינאריות: שיטת האלימינציה של גאוס ושיטת partial pivoting, פירוק LU, מערכות תלת אלכסוניות, שיטות איטרטיביות. פתרון משוואות חד-משתנים בנעלם אחד: שיטת החצייה, שיטת נקודת שבת, שיטת ניוטון-רפסון. אינטרפולציה: פולינומי לגראנז', אינטרפולצית Spline. אינטגרציה נומרית: שיטת הטרפז, שיטת סימפסון, שיטת רומברג. פתרון משוואות דיפרנציאליות רגילות: שיטת אוילר, שיטות רונגה-קוטה.

### 31910 מבוא לבקרה

#### 3.5 - - 1 3

מבוא. תאור מערכות על ידי משוואות. התמרת לפלאס. מערכות מסדר ראשון. מערכות מסדר שני. תופעות מעבר ומושג היציבות. פונקצית התמסורת וסוגי מערכות. קריטריון הורביץ. עקומי בודה. מישור נאיקויסט. ניתוח מערכות בחוג סגור במישור נאיקויסט. קריטריון נאיקויסט. מיקום גיאומטרי של שורשים.

### 31715 רכיבי מערכות תקשורת אופטית

#### 3.5 - - 1 3

מבוא לתקשורת אופטית. מבנה של מערכות תקשורת אופטית- הקדמה. קיבולת ערוץ. מנחי גל אופטיים. סיבים אופטיים: סיווג של סיבים, עברת אור דרך סיב- תיאור גיאומטרי, תיאור פיסיקלי של גלים, סיב רב אופני, סיב חד אופני, נפיצה, פיצוי נפיצה. ניחות: בליעה, פיזור, אובדן של סיב מכופף, תופעות לא ליניאריות, מגברים אופטיים: EDFA, מגברים מבוססים על פיזור לא ליניארי. תהליכי ייצור סיבים.

### 391417 מעבדה באופטיקה מתקדמת 2

#### 2.0 - 4 - -

ספקטרוסקופיה, החזרה מגבישים, אופטיקה פורייה, סיבים אופטיים, אפקט סגנק (גיירו אופטי), מהודים אופטיים, מדידת טמפרטורה, מדידות ב- IR, אינטרפרומטר פברי-פרו. אינטרפרומטר של טיימן וגרין.

### 391430 אופטיקה מתקדמת

#### 3.5 - - 1 3

התקדמות גלים בחומרים אנ-איזוטרופים וגבישים, יצירה ואפנון של אור מקוטב, מסנני התאבכות, סיבים אופטיים, התקדמות גלים בתווך מצומצם, מבוא לאופטיקה משולבת, דימוי קוהורנטי ובלתי קוהורנטי, פונקצית העברה אופטית, הגדרה ושימוש, השפעה של עוותים, מאפני אור מרחביים, אפנון פאזה ואפנון עוצמה, טכנולוגיות אפנון (גבישים נוזליים). אופטיקה קוהרנטית והולוגרפיה: רישום ושחזור של הולוגרמה (תיאוריה, דרישות מעשיות), הולוגרפיה צבעונית, הולוגרמת החזרה, שימושים בהולוגרפיה. פלקטואציות באור חלש, אפנון אלקטרו-אופטי ואקוסטו-אופטי.

אופטיקה של חומרים איזוטרופיים, אור מקוטב, אופטיקה של חומרים אנאיזוטרופיים, גבישים חד-ודו-ציריים, חומרים בעלי תכונות לא לינאריות, חומרים המשמשים כמכפילי תדירות אור, אוסצילטורים, לייזר.

### 391440 אופטיקה קוונטית

#### 4.0 - - 2 3

תורת הקוונטים בהקשר של טכנולוגיה אופטית. ניתוח קוונטי של אלקטרונים בגבישים. בליעה ופליטה בחצאי מוליכים ותכונות אופטיות של חמרים, עקרונות האינטראקציה חומר וקרינה. אטום בשדה אלקטרומגנטי. פסי אנרגיה בחומר, מערכת שתי רמות. קוונטיזציה של שדה אלקטרומגנטי. סטטיסטיקה של פרמיונים, בוזונים ופוטונים, פליטה מאולצת וספונטנית. מהודים. לייזרים; קוהורנטיות זמנית ומרחבית, בליעה והגבר, לייזר חד אופני ורב אופני, נעילת אופנים, סוגי לייזרים.



## מסטר 7

51605 מבוא לכלכלה למהנדסים

2.0 - - - 2

שאלות יסוד בכלכלה, בעיית המחסור. עקומת התמורה, עלות אלטרנטיבית. צמיחה כלכלית. התנהגות היצרן: פונקציות ייצור, פונקציות הוצאות, טווח קצר וטווח ארוך. תפוקה אופטימלית של היצרן, עקומת ההיצע של פירמה ושל ענף. התנהגות הצרכן: עקומת הביקוש של צרכן בודד ושל שוק. מחיר וכמות שווי משקל. עודף הצרכן, תועלת הצרכן. גמישות הביקוש. תחרות לא משוכללת: מונופול, קביעת תפוקה ומחיר במונופול. מעורבות הממשלה בשוק: מסים, סובסידיות, קיצוב ופיקוח, יצוא ויבוא. בחינת כדאיות ההשקעה. חישוב כדאיות ההשקעות.

391450 אופטיקה לינארית ויישומיה

3.5 - - 1 3

מיקרו-אופטיקה, אופטיקה בינרית, טרנספורמציות אופטיות גיאומטריות, עיצוב חזיתות גלים, מודולציה של חזית גל (אופטיקה אדפטיבית), קישורים אופטיים, אלמנטים אופטיים המבוססים על מבנים תת אורכי גל, אלמנטים מקטבים הלא תלויים ותלויים במרחב, זכרונות אופטיים, מהודי לייזר, סינון מודים, צבעים.

ניתוח מערכות אופטיות קוהורנטיות ולא קוהורנטיות, אופטיקה לא תלויה במרחב ותלויה במרחב ומגבלותיהן, עיבוד מידע אופטי, מיקרוסקופ ניגוד פאזה, אופטיקה דיפרקטיבית, מרכזים אופטיים מדמים ולא מדמים, שיטות מדידה אופטיות תלת ממדיות, מיקרוסקופ קונפוקלי, מיקרוסקופ שדה קרוב.

391470 סמינר באופטיקה

2.0 - - - 2

הקורס מבוסס על הרצאות סמינריוניות מונחות בנושאים באופטיקה מתוך כתבי עת.

391481 התמחות בתכנן הנדסי (קורס שנתי) - מגמת אופטיקה מורחבת

10.0 - - - -

התנסות בתעשייה או במוסד מחקר תוך ביצוע פרויקט שנתי אישי הנדסי או מחקרי בעזרת הנחייה הן מהמוסד האקדמי והן מהמוסד המחקרי/תעשייתי. ביצוע פרויקט שנתי גדול ורחב המתבסס על קורסי הלימוד במגמה.

## מסטר 8

51206 הנדסת איכות

2.5 - - 1 2

בתהליך פיתוח של מוצר חדש או בתהליך שיפור של מוצר קיים נדרשים מתכננים ומהנדסים להגדיר את הפרמטרים של המוצר ואת הפרמטרים של התהליך וכן להגדיר במדויק את הערכים של אותם פרמטרים. הקורס מתמקד בפיתוח ושיפור המוצר בעזרת שיטות של תיכון סטטיסטי של ניסויים (Statistical Design of Experiments). בקורס ינתחו ניסויים באמצעות תוכנות SPSS ו-XL. נושאי הקורס: מדדים לאיכות המוצר, פונקצית ההפסד של טאגוצ'י, ניתוח תהליך טכנולוגי, תיכון לאיכות בעזרת ניסויים מבוקרים, תיכון ניסויים חלקיים, משטחי תגובה, גישת טאגוצ'י לתיכון ניסויים.

51301 יסודות השיווק

2.0 - - - 2

היסטוריה של השיווק, שמעות השיווק, תפיסות בשיווק, אסטרטגיות שיווקיות, פילוח וכיסוי השוק. מבנה השוק, מערכת ארגונית לשיווק. מחקר שווקים, מושגים בהתנהגות צרכנים, תהליך החלטת הקניה. ניתוח הסביבה השיווקית (מיקרו ומאקרו), סביבה דמוגרפית, כלכלית, טכנולוגית, פוליטית ומשפטית. מדיניות מוצרים, מוצר, מיתוג, תכנון מוצר חדש. המחרה, שיטת המחרה מדיניות מחירים, גורמים פסיכולוגיים בהמחרה. אסטרטגיה בהפצה, קונפליקטים בצינורות השיווק, ניהול ההפצה. תקשורת בשיווק, המסר,

ערוצי פרסום, משוב, קידום ויחסיי ציבור. ניהול שיווק, ניתוח הזדמנויות, בקרת שיווק. פתוח תמהיל שיווקי.

#### 391460 חומרים אופטיים ויישומיהם

2.5 - - 1 2

חומרים אופטיים איזוטרופיים ואנ-איזוטרופיים, גבישים אופטיים, מודולטור אקוסטו-אופטי, האפקט האלקטרו-אופטי ויישומיו, מודולציה מגנטו-אופטית, אפקט פוטו אלסטי.

קיטוב בליעה, לומיניסצנסיה, אופטיקה של חומרים איזוטרופיים, אור מקוטב, אופטיקה של חומרים אנאיזוטרופיים, גבישים חד-ודו-ציריים, חומרים בעלי תכונות לא לינאריות, חומרים המשמשים כמכפילי תדירות אור.

### קורסי בחירה

#### מגמת אופטיקה מורחבת

##### 31182 תופעות אלקטרומגנטיות במוצקים

2.5 - - 1 2

פסי אנרגיה - מודל Kronig-Penney. סטטיסטיקות - בולצמן, פרמי-דירק, בוסה-אינשטיין, פוטונים. קיטוב ומקדם דיאלקטרי. מוליכות חשמלית. פראמגנטיות, דיאמגנטיות, ופרומגנטיות. אזורים פרומגנטיים. עיבוי בוסה-אינשטיין. נזילות-על ומוליכות-על. מודל BCS. מודל גינבורג-לנדאו. קווינטום השטף. צומת Josephson. ה-SQUID. מכשירי מדידה. מעגלים לוגיים. תהודה מגנטית. פיזואלקטריות.

##### 31651 עיבוד תמונה

4.0 - 3 1 2

מבנה בסיסי של מערכת הדמיה. מבנה אופטי של העין. תכונות העין. מצלמה (USB, CMOS, CCD), FireWire). שיפור ניגודיות באמצעות פונקציות העתקה. פעולות גאומטריות. פעולות סינון מרחביות. קונוולוציה עם מסכה. הפחתת רעש בעזרת מסנן החציון. זיהוי קצוות. מסכות Sobel, Roberts, Prewitt. Laplacian Operator, Laplacian of Gaussian פעולות סינון בתחום המרחבי 2D FFT. דחיסת תמונה: X-Rays, CT, MRI, UltraSound. 3D, Oblique Projection, Stereo. RLE, JPEG, MPEG. הדמיה רפואית:

##### 31695 תכנות מכוון אובייקטים

3.0 - 2 - 2

הקניית מושגי יסוד בתכנון/תכנות מונחה עצמים ולמוד הכלים ב-C++ התומכים ב-OOP.

נושאי הקורס: חזרה על תכנות פונקציונלי והרחבות C++, עקרונות תכנון מונחה אובייקטים, מושגי המחלקה והאובייקט, כמוס, כלי C++ תומכי OOP, מחלקות, רב-משמעותיות, העמסה, ירושה, קשור דינמי, ספריות של מחלקות, תבניות.

##### 391510 יישומים לאופטיקה ברפואה

2.5 - - 1 2

שיטות אבחנה אופטיות ברפואה, פרמטרים אופטיים של רקמה ביולוגית, מהלך פוטונים ברקמה, מקדמי בליעה וספקטרום בליעה של רקמות שונות, דגימה אופטית ודימות, פונקצית פיזור, טומוגרפיה אופטית, דימות פלואורצנטי, ספקטרוסקופציה מעוררת לייזר, ספקטרוסקופציית רמן, מדידות זרימה באמצעות תוצא דופלר, ספקטרוסקופיית אינפרא-אדום, סנסורים אופטיים, שיטות אבחנה אופטיות ברפואה, אפליקציות של לייזרים ברפואה.

##### 391525 מערכות דימות

2.5 - - 1 2

תגובתיות, רעש אקראי, רעש מובנה, יחס אות לרעש (SNR), מודולציה של פונקציה העברה (MTF), ניגודיות של פונקציה העברה (CTF). כושר הפרדה מינימלי של טמפרטורה בהדמיה תרמית (MRT), כושר הפרדה מינימלי, ניגודיות מינימלית הניתנת למדידה, הגורמים לקבלת תגובתיות נמוכה של מערכת הדמיה, רעשים במערכות הדמיה, מגבלת העקיפה בהדמיה, השפעת צורת המפתח וגודלו על דמות של מקור נקודתי מונוכרומטי. סיבים אופטיים להעברת אינפורמציה והעוותים המתלווים אליהם, מאפיינים של מקורות האור, הצימוד בין מקלט לסיב ובין משדר לסיב, עקרונות ההדמיה התרמית, גלאים לאינפרא אדום, ומאפייניהם, הדמיה בתחום הנראה. מבוא למצלמות טלוויזיה: טלוויזיה קונוינציאלית, HDTV, מערכות CCD, MTF של מצלמת CCD; השפעות האטמוספירה, תנועה ורעידות על איכות תמונה: MTF עבור סוגי תנועה שונים ותאוצה, הגבלות על כושר הפרדה, אופטיקה מתאימה לגילוי מטרות, מבוא לשחזור תמונות, פילטרים נגד רעש, השפעות שחזורי תמונה על MTF.

### 391530 אופטיקה לא לינארית

#### 2.5 - 1 2

קיטוב וסוספטיביליות לא לינאריים (בעיקר תיאור מקרוסקופי); התפשטות גלים ומשוואות הגל הצמודות בתווך לא לינארי, ערוך-הרמוניה שניה וגבוהות יותר באופטיקה. בעיית תיאום הפאזה ופירוט שונים; ממוקד עצמי; האפקטים האקוסטו, מגנטו ואלקטרו-אופטיים, פיזורי רמן וברילואן (מאולצים); הגברה ואוסילציה פרמטריים; אי-לינאריות במנחי גל, סיבים אופטיים ולייזרים, מושגים של אופטיקת צימוד המופע ושימושיה בתיקון מעוותי פאזה ובלייזרים. אפקט Kerr, אפנון פזה עצמי ומיקוד עצמי; האפקט הפוטורפרקטיבי. סוליטונים מרחביים; אפקטים לא לינאריים בסיבים אופטיים.

### 391535 תקשורת אופטית, פוטוניקה

#### 3.0 - 2 1 2

רקע על תקשורת אופטית, תקשורת אופטית בחלל חופשי, תקשורת אופטית באמצעות סיבים, התפשטות גלים אופטיים בתווך חומרי, מנחי גל מלבניים, ניחות ופיזור גלים, נפיצה של מהירות חבורה, סיבים אופטיים, סיבי אופן יחיד ואופנים רבים, צימוד סיבים וכבלים אופטיים, רכיבי מערכות תקשורת אופטית - מקורות אור, אפנון גילוי וקליטה, מערכות תקשורת אופטית - בחירת רכיבים, תכנון מערכות, שימושים לתקשורת אופטית.

המשדר והמקלט האופטי - תאור כללי ובחינת הפרמטרים המערכתיים. המגבר האופטי - עקרון פעולה. שילוב של מרכיבי מערכת אופטית, הבנה של רעשים במערכת האופטית, חישוב יחס אות לרעש, פיצוי דיספרסיה לשיפור ביצועי מערכת.

### 391540 אינטרפרומטריה ומיקרוסקופיה אינטרפרומטרית

#### 3.0 - 2 1 2

תורת Abbe ליצירת דמות, דיסק Airy, רזולוציה בהארה קוהרנטית ולא קוהרנטית, דה-קונבולוציה, phase contrast, מיקרוסקופיה בשדה בהיר, כיוון ה-condenser, מערכת Mach-Zender, מערכת Jamin-Lebedeff, שיטות נוספות להשגת קונטרסט באמצעות התאבכות והשוואה ביניהן, מיקרוסקופיה בשדה כהה, Schlieren, קונטרסט ע"י מודולציה, ה-zygo, סריקה קונפוקלית.

### 391545 התקני מוליכים למחצה אלקטרו-אופטיים

#### 2.5 - 1 2

מקורות אור וגלאים, לומיניסצנציה, פלואורסצנציה ופוספורסצנציה. תופעת המינהור ותופעת המפולת. סיליקון נקובי. מבנים ננו-גבישיים. דיודות פולטות אור (LED). חומרים המשמשים ליצור LED. התקני LED, Burrus type LED, emitting edge double heterostructure LED, דיודות לייזר במבנה heterostructure: לייזרי בורות קוונטית. כליאה אופטית ואלקטרונית. חוטים ונקודות קוונטיים. לייזרי אור נראה אדומים, ירוקים וכחולים. צגים: צגי פלזמה, צגי גבישים נוזליים (LCD). צגי גביש נוזלי מסוג מטריצה אקטיבית. טכנולוגיית TFT. צגי פליטת שדה. התקנים פוטוניים: התקני הדמייה. פוטו-גלאים לתחום הנראה, אולטרה-סגול ואינפרא-אדום. גלאי בורות קוונטיים לאינפרא-אדום, התקני ראיית לילה. הדמאה תרמית. גלאי מלי"מ. חומרים פרואלקטריים ויישומיהם. גלאים פרואלקטריים. מיתוג

ע"י קיטוב. ממירים אופטיים. מחוללי הרמוניה שניה ותנועה פרמטרית אופטית. לייזרים בכחול ואינפרא-אדום. תאי שמש: יעילות האיסוף. חומרים לתאי שמש.

#### 391550 פיזור אור

2.5 - - 1 2

התפתחות גל בריק, התפתחות גל בתווך המכיל מפזרים, חלקיק בודד, ענן חלקיקים, השפעת הגודל והצורה של החלקיקים, פיזור באור מקוטב וקשרי סימטריה, פיזור Rayleigh, פיזור Rayleigh-Gans, עקרון Babinet, חלקיקים שקופים וחלקיקים בולעים.

#### 391555 מדידות אופטיות

1.5 - 2 - 1

אוטוקולימצייה, מרחקי מוקד, ספקטרומטרים, שיטות ומכשירים למדידת מקדמי שבירה, מדידות אברציות וסיווגן, שימוש בשיטות אינטרפרומטריות לבדיקה, סוגי אינטרפרומטרים, מדידת איכות משטח אופטי (מישורי ובעל עקמומיות), כושר הפרדה, פונקציה העברה אופטית.

#### 391560 מעבדת פרויקט באלקטרו-אופטיקה

2.0 - 4 - -

תקשורת באמצעות סיבים אופטיים, לייזרים, עקרונות עיבוד תמונה אופטי וממוחשב, התאבכות ועקיפה, התמרת פורייה וסינון תדירות מרחבי, אפנון אלקטרואופטי.

#### 391565 אפנון אור ויישומיו בצגים

2.5 - - 1 2

הקדמה. מבוא לאיפנון אור: אפקט אלקטרו-אופטי, מגנטו אופטי, אקוסטו-אופטי מכאנו-אופטי, ואלקטרו-בליעה. שיקולי תכנון, אופן הפעולה וביצועים של התקני מאפננים מרחביים (SLMs) המבוססים על גבישים נוזליים, מיקרו-מראות, תאים אקוסטו-ומגנטו-אופטיים, התקני בליעה בבורות קוונטיים, מערכי לייזר ודיודות פולטות-אור. (LED) שימושים עיקריים של SLMs צגים, תקשורת וממשקים אופטיים, אופטיקה מסתגלת, (Adaptive Optics) מתמרי תמונה, עיבוד נתונים אופטי, משקפיים חכמות, מצבטים אופטיים (Optical Tweezers) ומערכי חיישנים אופטיים ביו-כימיים. טכנולוגיות צגים: מקרני מסך-רחב (Video Projection Displays) צגים נישאי-ראש (HMD) וצגים לראיה ישירה (Direct View). מערכות משולבות: צג-הדמייה. מגמות עתידיות בהתקני SLM וצגים.

## מגמת מכנו – אופטיקה

### מסטר 5

#### 391245 תכן הנדסי

2.5 - - 1 2

תיאוריות כשל של חומרים משיכים ופריכים תחת עומס סטטי ושימוש בהן לתכן. בחירת מאמצים מותרים, מקדמי בטחון, והקשר שבין מקדמי בטחון לאמינות. הקדמה למכניקת השבר. תכן לעומס מחזורי או דינמי (התעייפות). יישום התיאוריות הקודמות לתכן גלים, ברגי הנעה, מחברי ברגים ומסמרות, וריתוכים. סקירה של חלקי מכונות נוספים כגון שגמים, רצועות ושרשראות.

תכן מתקדם של חלקי מכונות תוך שימוש בפרוצדורות איטרטיביות ובאופטימיזציה. לדוגמה: קפיצים, גלגלי שיניים ישרות, משופעות, קוניות וחלזוניות, מצמדים ובלמים, מיסבי גלגול ומיסבים הידרודינמיים. סקירה של רכיבים מכניים אחרים.

## 3.5 - - 1 3

קרינת גוף שחור, נורות התפרקות: קוים ספקטרליים (זרם ולחץ טמפרטורה), מקורות מונוכרומטיים, נורות התפרקות מאופנות, נורות פלואורסצנטיות, אופטיקה ללא הדמיה, תכנון הארה, הארה של מכשירים אופטיים. פוספורסצנסיה ופלואורסצנסיה, שיטות עירור, כלל סטוקס, פוספורים יוניים וקוולנטיים; דעיכה, רוויה, אופיינים ושימושים של פוטולומינסצנסיה, קתודולומינסצנסיה, אלקטרולומינסצנסיה, דיודות פולטות אור.

קוהרנטיות זמנית ומרחבית, יסודות הלייזר: פליטה מאולצת ומקדמי איינשטיין, הגברה, תנאי הסף, מערכות לייזר של שלוש וארבע רמות, שיטות עירור. מערכת התנודה והפליטה: מהודים אופטיים, אופני תנודה אורכיים ורחביים, בחירת אופן תנודה יחיד, שיטות מיתוג Q ונעילת פזה. לייזר חד ורב אופני, סוגי לייזרים: לייזרי מצב מוצק, דיודות לייזר, לייזר צבע, לייזרים גזיים, לייזרים מולקולריים, לייזרים כימיים ואקסימריים, לייזר אלקטרוני חפשיים, לייזרים חדשים. מערכות לייזר ויישומיהם: תקשורת, מדידת טווח וציון מטרות, עיבוד חומרים, רפואה, רישום וקריאה, היתוך גרעיני וכו'.

## 391320 רדיומטריה ודטקציה של קרינה א"מ

## 3.5 - - 1 3

מקורות קרינה, קרינת גוף שחור, קרינה ספקטרלית וקרינת רצף, גופים לא שחורים, נורת להט, אופיינים חשמליים וספקטרליים, התפרקות זוהרת קשת וניצוץ, אופיינים זמניים, תאורה באטמוספירה: תכונות תאורת שמש, רקיע, ירח וכוכבים, חדירות האטמוספירה, הפרעות אטמוספיריות. לומינסצנסיה, מדידת הארה, תווך מעבר הקרינה: אטמוספירה, ספקטרום בליעה ופליטה, החזרה דפוסבית והחזרה ספקולרית, פוטומטריה לא. א. עקרונות מדידה של קרינה א"מ, גלאים, גלאים תרמיים קוונטיים (כולל QWIP) וגלאים לא קוונטיים לא מקוררים, גלאים אלקטרו-אופטיים, מדדים לביצועי גלאי קרינה, סוגי גלאים: פוטומוליד, פוטוולטאי, פוטו דיודה CCD, PIN, פוטורנזיטור, תאי שמש, מאפייני גלאים: תגובתיות, סף קליטה, זמן תגובה, יחס אות רעש, נוחות בשימוש וזיווד, תגובתיות ספקטרלית. דוגמאות של גלאים לתחום הנראה ולאינפרא אדום. סורקים לינאריים למערכות גלאי עמודה. התקני CCD מערך פוטו-דיודות. רכיבים אופטיים ל- א.א, פילטרים, ספקטרוסקופיה לקרינה א"מ.

## 391351 מבוא למצב מוצק ומוליכים למחצה

## 4.5 - - 1 4

המבנה הגבישי, פיזור קרני X בגבישים, אפיון המבנה הגבישי, תנודות בגביש, פונונים, גז אלקטרוני חפשיים, פונקציית צפיפות המצבים, אנרגיית פרמי, אלקטרון בפוטנציאל מחזורי, מבנה פסים, משפט בלוך.

פסי אנרגיה, מתכות, מבודדים ומוליכים למחצה, הפער האסור, חורים ואלקטרוני, מושג המסה האפקטיבית, צפיפות מצבים בפסים, נושאי מטען במוליכים למחצה: אלקטרוני וחורים, צפיפות נושאי מטען, מוליכים למחצה אינטרינזים ואקסטרניזים, נושאי מטען בשדה חשמלי ושדה מגנטי. מובילות. אפקט Hall. דיפוזיה של נושאי מטען. Diffusion and Recombination. Diffusion and Drift, הולכה במל"מ, ניידות, מדידות חשמליות בסיסיות במל"מ. צומת pn בשיווי משקל, משוואת הרציפות. הזרקה נושאי מטען במצב מתמיד. ממתח הפוך. תופעות מעבר. צומת מתכת - מוליך למחצה. צומת שוטקי. מגעים. JFET. אופייני מתח זרם. Pinch-off. קבל MOSFET. MOS. Capacitance-Voltage Analysis. אופייני מוצא. אופייני מעבר. מתח סף. טרנזיסטור ביפולרי. יישומי BJT. תכנון נקודת עבודה. מיתוג.

## 391352 שדות וגלים אלקטרומגנטיים

## 3.5 - - 1 3

משוואות מקסוול, שיטות לפתרון בעיות עם תנאי שפה, שדה חשמלי ומגנטי בחומר, שדות התלויים בזמן, ווקטור פוינטנג, מדרוך גל (גלבו), קרינה אלקטרו-מגנטית, תנאי גבול של השדה הא"מ במעבר מתווך לתווך ומשוואות פרנל למקדמי החזרה והעברה. זווית קריטית וזווית ברוסטר, שיטות לפתרון משוואות הגלים בתווך אחיד ובתווך לא אחיד, עקרון פרמה ומושג הדרך האופטית, קירוב לאופטיקה גיאומטרית.

קווי תמסורת - הגדרות, מושגים, משוואות. קווי תמסורת במצב מתמיד סינשוואידלי, הנחית גלים א"מ: קו הנחית גלים: עכבה סגולית, מנחה גלים מלבני: משוואות השדה, אופני תנודה במנחה גלים, שדות התלויים בזמן, גלבו וסיבים אופטיים, יצירת הקרינה הא"מ, פיזור וקיטוב. השדה המושהה, קרינת דיפול, פיזור הקרינה הא"מ ע"י אטומים.

## 391415 מעבדה באופטיקה מתקדמת 1

## 2.0 - 4 - -

מערכות הדמיה, אינטרפרומטר מייקלסון, ספקטרוסקופיה, הולוגרפיה, סיבים אופטיים. אוטו-קולימטור, מד מקדם שבירה, אליפסומטריה, מדידות MTF.

### 391420 תכן רכיבים ומערכות אופטומכניות

## 3.5 - - 1 3

מהלך קרניים בקירוב גאוס, החזרה ממשטחים, עדשות מורכבות, עיוותים וביטולם, עדשות אכרומטיות, אפלטיות, ניתוב קרניים, פונקצית העברה אופטית, צמצמי תאורה ושדה אישונים וחלונות, קריטריונים לטיב הדמות והערכת ביצועים של מערכת אופטית, שיטות MTF ו-OTF. הארה במערכות אופטיות, הרחבת אלומה ומסננים מרחביים, מערכות של שכבות דקות, ציפויים נגד החזרה, מראה דיאלקטרי, מסנני התאבכות, רכיבי סיבים אופטיים. שיטות ייצור רכיבים בסיסיים רפרקטיביים ודיפרקטיביים.

הטיפול ברכיבים אופטיים, מנגנוני כוונון של רכיבים אופטיים, מיקום ומרכז של רכיבים אופטיים, מיקום של מערכות אופטיות מרובת רכיבים, מיכשור אופטי: מצלמות טלפוטו ומצלמות זום, טלסקופים, תכנון אופטי ממוחשב (תוכנת ZEMAX).

## סוסטר 6

### 22305 מכניקת מוצקים 1

## 4.0 - - 2 3

קורס זה ידוע גם בשם סטטיקה ומטרתו היא להכיר לסטודנט את העקרונות הבסיסיים של המכניקה של גוף קשיח. בקורס ילמד הסטודנט להשתמש באנליזה וקטורית לשם פתרון בעיות מכניות, כולל פתרונות למערכות גופים עליהם מופעלים כוחות ומומנטים מרחביים. הנושאים הנלמדים בקורס: כוח ותכונותיו. כוח הכובד, כוח החיכוך, דיאגרמת גוף חופשי (דג"ח), סמכים וכוחות תגובה. מומנט של כוח סביב נקודה וסביב ציר, הקשר בין מומנטים סביב צירי הקואורדינטות לבין מומנט סביב ראשית הקואורדינטות, משפט ואריניון. שקלות של מערכת כוחות אחת עם מערכת כוחות אחרת. וקטור ראשי ומומנט ראשי של מערכת כוחות. שיווי משקל של גוף קשיח, תנאים ומשוואות שיווי משקל למערכות שונות ולגופים מורכבים כמו מסבכים ומסגרות. חישוב ושרטוט מהלכי כוחות ומומנטים פנימיים בקורות. הגדרה וחישוב מרכז כובד ומרכז גיאומטרי של גופים וחתכים. מומנטי שטח מסדר שני של חתכים, חישוב מומנט שטח יחסית לצירים מקבילים לצירים המרכזיים (משפט שטיינר) טרנספורמציה של מומנטי שטח, מומנטי שטח ראשיים וצירים ראשיים.

### 31910 מבוא לבקרה

## 3.5 - - 1 3

מבוא. תאור מערכות על ידי משוואות. התמרת לפלאס. מערכות מסדר ראשון. מערכות מסדר שני. תופעות מעבר ומושג היציבות. פונקצית התמסורת וסוגי מערכות. קריטריון הורביץ. עקומי בודה. מישור נאיקויסט. ניתוח מערכות בחוג סגור במישור נאיקויסט. קריטריון נאיקויסט. מיקום גיאומטרי של שורשים.

### 391220 סרטוט הנדסי ותיב"מ

## 3.0 - 2 1 2

מבטים וחתכים בסרטוט. סימונים מקובלים לתבריגים, צירי סימטריה, טיב שטח, קווקוים, הערות. הצגה של חלקים סטנדרטיים כברגים, קפיצים, מיסבים וגלגלי שיניים. מתן מידות. טולרנסים ואפיציות. טולרנצים גיאומטריים. מבנה הסרטוט: גודל גליונות, סוגי קווים, פורמטים, שדה כותרת. סרטוטי הרכבה, פיצוץ, ורשימת חלקים. מידול פרמטרי בתיב"מ: סוגי אובייקטים, הגדרות גיאומטריות, features, קשרים בין features, פעולות בסיסיות על features. בניית הרכבה בתיב"מ. לכידת כוונת התכן ברמת החלק וברמת ההרכבה. מבוא לסרטוט: אסוציאטיביות עם המודל, הפקת סרטוט במערכת תיב"מ.

### 391247 תכן הנדסי מתקדם

## 3.0 - 2 1 2

תהליך התכן של מוצר חדש עם דגש על השלבים המוקדמים של זיהוי וניתוח הצורך, שיטת "בית האיכות", פיתוח דרישות התכן, תכן קונספטואלי, ובחירת קונספט. עקרונות התכן הראשוני, תכן סימולטני ותכן לייצור, הרכבה, ואספקטים אחרים של חיי המוצר. תכן מערכות. תיאוריות ושיטות תכן מודרניות.

### 391330 רכיבי מערכות תקשורת אופטית

3.5 - - 1 3

גלאי אור אופטיים הקדמה, שיטות אפנון, קיבולת ערוץ, סוגי סיבים אופטיים, תיאור גיאומטרי, תיאור פיסיקלי של גל בסיב אופטי, סיב רב אופני, סיב חד אופני, נפיצה, נחותים, תופעות לא לינאריות, תהליכי ייצור סיבים, משדרים אופטיים, LED, דיודות לייזר, צימוד, מקליטים אופטיים, תכונות גלאי חצי מוליך, גלאי APD, PIN, רעשים, רגישות הגלאי, תכנון מערכת תקשורת וביצועים, מגברים אופטיים. אפנון אלקטרו-אופטי ואקוסטו-אופטי. מודולציה של אלומת אור, מערכות סיבים מרובי מודים.

## 7 מסטר

### 22310 מכניקת מוצקים 2

4.0 - - 2 3

מושגי יסוד בחוזק: חוזק וקשיחות, מודל הערכת החוזק ומודלים פריטיים. כוחות פנימיים. מאמצים, טנזור מאמצים, מצב מאמצים בנקודה, מאמצים ראשיים, מעגל מוהר ושימוש בו לתיאור של מצב מאמצים במצבי העמיסה השונים. מעוותים ועיבורים, הקשר בין מאמצים ועיבורים. העקרונות הבסיסיים של חוזק חומרים. מתיחה ולחיצה: מאמצים ומעוותים, מאמצים ועיבורים תרמיים. גזירה טהורה: מאמצים ומעוותים. מעיכה, פיתול: מומנט חיצוני, מומנטי פיתול, מאמצים ומעוותים. כפיפה: תיאור התופעה, מהלכי כוחות פנימיים (כוחות גזירה ומומנטי כפיפה), מאמצים נורמליים וטנגנטיים. מציאת דפורמציות בכפיפה בעזרת המשוואה הדיפרנציאלית ובשיטת האנרגיה (משפט קסטיליאנו, אינטגרל מוהר). יציבות הגוף האלסטטי, קריסה, נוסחת אוילר לכוח קריטי וקביעתו על סמך הנתונים הנסיוניים. בעיות יתר-סטטיות, שיטות הכוחות ושימוש בה למציאת כוחות התגובה במצבי העמיסה השונים. שילוב של מאמצי עמיסה (כפיפה דו-כיוונית, מאמצים במיכלי לחץ, מתיחה/לחיצה וכפיפה). ריכוז מאמצים, מאמץ נומינלי ומקדם ריכוז מאמצים. תכונות מכניות של חומרים (תכונות אלסטיות ופלסטיות, זחילה, התעייפות). חישובי חוזק: עקרונות להערכת החוזק, קריטריוני החוזק המתבססים על מודלים שונים של שבר (שבר סטטי, שבר עקב התעייפות החומר). מאמצי מגע.

### 22610 מכניקת זורמים

4.0 - - 2 3

מבוא לתורת הזרימה. הידרוסטאטיקה: מנומטר, כוחות על משטחים טבולים. הידרודינמיקה: ניסוח חוקי היסוד בצורה אינטגרלית, משוואת ברנולי, ניסוח חוקי היסוד בצורה דיפרנציאלית, משוואות נוויה-סטוקס, משוואות אוילר. זרימה חיצונית - שדה הזרימה על גופים טבולים: שכבת גבול, זרימה חופשית - זרימה פוטנציאלית, עילוי, התנגדות, פרופיל אווירודינמי. זרימה פנימית בצינורות ותעלות. מכשירים למדידת זרימה: מהירות וספיקה. משאבות. דמיות ואנליזה ממדית. מבוא לזרימה דחיסה.

### 51605 מבוא לכלכלה למהנדסים

2.0 - - - 2

שאלות יסוד בכלכלה, בעיית המחסור. עקומת התמורה, עלות אלטרנטיבית. צמיחה כלכלית. התנהגות היצרן: פונקציות ייצור, פונקציות הוצאות, טווח קצר וטווח ארוך. תפוקה אופטימלית של היצרן, עקומת ההיצע של פירמה ושל ענף. התנהגות הצרכן: עקומת הביקוש של צרכן בודד ושל שוק. מחיר וכמות שווי משקל. עודף הצרכן, תועלת הצרכן. גמישות הביקוש. תחרות לא משוכללת: מונופול, קביעת תפוקה ומחיר במונופול. מעורבות הממשלה בשוק: מסים, סובסידיות, קיצוב ופיקוח, יצוא ויבוא. בחינת כדאיות ההשקעה. חישוב כדאיות ההשקעות.

### 391281 התמחות בתכן הנדסי (קורס שנתי)

5.0 - - - -

התנסות בתעשייה או במוסד מחקר.



6.0 - - - -

ביצוע פרויקט שנתי אישי הנדסי או מחקרי בעזרת הנחייה הן מהמוסד האקדמי והן מהמוסד המחקרי/תעשייתי. הפרויקט עשוי להשתלב כחלק מההתנסות בתעשייה או במוסד מחקר.

## מסטר 8

22620 מעבר חום

3.0 - - 2 2

מעבר חום בהנדסת מכונות. יסודות פיזיקליים של הולכת חום, הסעת חום וקרירת חום. המשוואה הדיפרנציאלית של הולכת חום, ההולכה החד-ממדית. התנגדות תרמית. הולכת חום תמידיה במערכות צירים קרטזית, גלילית וכדורית. רדיוס קריטי. קירות מורכבים. התנגדות מגע. הולכת חום עם מקור חום פנימי. צלעות קירור בעלות חתך אחיד. הולכת חום לא תמידיה. שיטת הקיבול המקובץ. פתרון משוואת הולכת החום הדיפרנציאלית התלויה בזמן. שימוש בדיאגרמות הייסלר. מעבר חום בהסעה. שכבות הגבול, מקדם הסעת חום. תורת הדמיות של תהליכי הסעת חום, הפרמטרים חסרי המימד. קורלציות ניסוייות. לוח שטוח בזרימה מקבילה. גליל בזרימה רוחבית. זרימה דרך סוללת גלילים. הסעת חום בזרימות פנימיות. מחליפי חום - חישוביים בסיסיים. הסעת חום טבעית. יסודות פיזיקליים של מעבר חום בקרינה. גוף שחור ופני השטח של גוף ממשי. החלפת חום בין משטחים אפורים, מגן קרינה.

51206 הנדסת איכות

2.5 - - 1 2

בתהליך פיתוח של מוצר חדש או בתהליך שיפור של מוצר קיים נדרשים מתכננים ומהנדסים להגדיר את הפרמטרים של המוצר ואת הפרמטרים של התהליך וכן להגדיר במדויק את הערכים של אותם פרמטרים. הקורס מתמקד בפיתוח ושיפור המוצר בעזרת שיטות של תיכון סטטיסטי של ניסויים (Statistical Design of Experiments). בקורס ינתחו ניסויים באמצעות תוכנות SPSS ו-XL. נושאי הקורס: מדדים לאיכות המוצר, פונקצית ההפסד של טאגוצ'י, ניתוח תהליך טכנולוגי, תיכון לאיכות בעזרת ניסויים מבוקרים, תיכון ניסויים חלקיים, משטחי תגובה, גישת טאגוצ'י לתיכון ניסויים.

51301 יסודות השיווק

2.0 - - - 2

היסטוריה של השיווק, שמעות השיווק, תפיסות בשיווק, אסטרטגיות שיווקיות, פילוח וכיסוי השוק. מבנה השוק, מערכת ארגונית לשיווק. מחקר שווקים, מושגים בהתנהגות צרכנים, תהליך החלטת הקניה. ניתוח הסביבה השיווקית (מיקרו ומאקרו), סביבה דמוגרפית, כלכלית, טכנולוגית, פוליטית ומשפטית. מדיניות מוצרים, מוצר, מיתוג, תכנון מוצר חדש. המחרה, שיטת המחרה מדיניות מחירים, גורמים פסיכולוגיים בהמחרה. אסטרטגיה בהפצה, קונפליקטים בצינורות השיווק, ניהול ההפצה. תקשורת בשיווק, המסר, ערוצי פרסום, משוב, קידום ויחסיי ציבור. ניהול שיווק, ניתוח הזדמנויות, בקרת שיווק. פתוח תמהיל שיווקי.

## קורסי בחירה

### מגמת מכנו-אופטיקה

### קבוצה א': קורסים בתחום האופטיקה

22130 אנליזה נומרית

2.5 - - 1 2

ניתוח שגיאות ויציבות נומרית. פתרון נומרי של מערכת משוואות אלגבריות לינאריות: שיטת האלימינציה של גאוס ושיטת partial pivoting, פירוק LU, מערכות תלת אלכסוניות, שיטות איטרטיביות. פתרון משוואות חד-משתנים בנעלם אחד: שיטת החצייה, שיטת נקודת שבת, שיטת ניוטון-רפסון. אינטרפולציה: פולינומי לגראנז', אינטרפולצית Spline. אינטגרציה נומרית: שיטת הטרפז, שיטת סימפסון, שיטת רומברג. פתרון משוואות דיפרנציאליות רגילות: שיטת אוילר, שיטות רונגה-קוטה.

31695 תכנות מכון אובייקטים

### 3.0 - 2 - 2

הקניית מושגי יסוד בתכנון/תכנות מונחה עצמים ולמוד הכלים ב- C++ התומכים ב-OOP.

נושאי הקורס: חזרה על תכנות פונקציונלי והרחבות C++, עקרונות תכנון מונחה אובייקטים, מושגי המחלקה והאובייקט, כמוס, כלי C++ תומכי OOP, מחלקות, רב-משמעותיות, העמסה, ירושה, קשור דינמי, ספריות של מחלקות, תבניות.

### 391417 מעבדה באופטיקה מתקדמת 2

#### 2.0 - 4 - -

ספקטרוסקופיה, החזרה מגבישים, אופטיקה פורייה, סיבים אופטיים, אפקט סגנק (גיירו אופטי), מהודים אופטיים, מדידת טמפרטורה, מדידות ב- IR, אינטרפרומטר פברי-פרו. אינטרפרומטר של טיימן וגרין.

### 391430 אופטיקה מתקדמת

#### 3.5 - - 1 3

התקדמות גלים בחומרים אנ-איזוטרופים וגבישים, יצירה ואפנון של אור מקוטב, מסנני התאבכות, סיבים אופטיים, התקדמות גלים בתווך מצומצם, מבוא לאופטיקה משולבת, דימוי קוהרנטי ובלתי קוהרנטי, פונקצית העברה אופטית, הגדרה ושימוש, השפעה של עוותים, מאפני אור מרחביים, אפנון פאזה ואפנון עוצמה, טכנולוגיות אפנון (גבישים נוזליים). אופטיקה קוהרנטית והולוגרפיה: רישום ושחזור של הולוגרמה (תיאוריה, דרישות מעשיות), הולוגרפיה צבעונית, הולוגרמת החזרה, שימושים בהולוגרפיה. פלקטואציות באור חלש, אפנון אלקטרו-אופטי ואקוסטו-אופטי.

אופטיקה של חומרים איזוטרופיים, אור מקוטב, אופטיקה של חומרים אנאיזוטרופיים, גבישים חד-ודו-ציריים, חומרים בעלי תכונות לא לינאריות, חומרים המשמשים כמכפילי תדירות אור, אוסצילטורים, לייזר.

### 391460 חומרים אופטיים ויישומיהם

#### 2.5 - - 1 2

חומרים אופטיים איזוטרופיים ואנ-איזוטרופיים, גבישים אופטיים, מודולטור אקוסטו-אופטי, האפקט האלקטרו-אופטי ויישומיו, מודולציה מגנטו-אופטית, אפקט פוטו אלסטי.

קיטוב בליעה, לומיניסצנסיה, אופטיקה של חומרים איזוטרופיים, אור מקוטב, אופטיקה של חומרים אנאיזוטרופיים, גבישים חד-ודו-ציריים, חומרים בעלי תכונות לא לינאריות, חומרים המשמשים כמכפילי תדירות אור.

### 391510 יישומים לאופטיקה ברפואה

#### 2.5 - - 1 2

שיטות אבחנה אופטיות ברפואה, פרמטרים אופטיים של רקמה ביולוגית, מהלך פוטונים ברקמה, מקדמי בליעה וספקטרום בליעה של רקמות שונות, דגימה אופטית ודימות, פונקצית פיזור, טומוגרפיה אופטית, דימות פלואורצנטי, ספקטרוסקופיה מעוררת לייזר, ספקטרוסקופיית רמן, מדידות זרימה באמצעות תוצא דופלר, ספקטרוסקופיית אינפרא-אדום, סנסורים אופטיים, שיטות אבחנה אופטיות ברפואה, אפליקציות של לייזרים ברפואה.

### 391525 מערכות דימות

#### 2.5 - - 1 2

תגובתיות, רעש אקראי, רעש מובנה, יחס אות לרעש (SNR), מודולציה של פונקצית העברה (MTF), ניגודיות של פונקצית העברה (CTF). כושר הפרדה מינימלי של טמפרטורה בהדמיה תרמית (MRT), כושר הפרדה מינימלי, ניגודיות מינימלית הניתנת למדידה, הגורמים לקבלת תגובתיות נמוכה של מערכת הדמיה, רעשים במערכות הדמיה, מגבלת העקיפה בהדמיה, השפעת צורת המפתח וגודלו על דמות של מקור נקודתי מונוכרומוטי. סיבים אופטיים להעברת אינפורמציה והעוותים המתלווים אליהם, מאפיינים של מקורות

האור, הצימוד בין מקלט לסיב ובין משדר לסיב, עקרונות ההדמיה התרמית, גלאים לאינפרא אדום, ומאפייניהם, הדמיה בתחום הנראה. מבוא למצלמות טלוויזיה: טלוויזיה קונוינציאלית, HDTV, מערכות CCD, MTF של מצלמת CCD; השפעות האטמוספירה, תנועה ורעידות על איכות תמונה: MTF עבור סוגי תנועה שונים ותאוצה, הגבלות על כושר הפרדה, אופטיקה מתאימה לגילוי מטרות, מבוא לשחזור תמונות, פילטרים נגד רעש, השפעות שחזורי תמונה על MTF.

### **391535 תקשורת אופטית, פוטוניקה**

#### **3.0 - 2 1 2**

רקע על תקשורת אופטית, תקשורת אופטית בחלל חופשי, תקשורת אופטית באמצעות סיבים, התפשטות גלים אופטיים בתווך חומרי, מנחי גל מלבניים, ניחות ופיזור גלים, נפיצה של מהירות חבורה, סיבים אופטיים, סיבי אופן יחיד ואופנים רבים, צימוד סיבים וכבלים אופטיים, רכיבי מערכות תקשורת אופטית - מקורות אור, אפנון גילוי וקליטה, מערכות תקשורת אופטית - בחירת רכיבים, תכנון מערכות, שימושים לתקשורת אופטית.

המשדר והמקלט האופטי - תאור כללי ובחינת הפרמטרים המערכתיים. המגבר האופטי - עקרון פעולה. שילוב של מרכיבי מערכת אופטית, הבנה של רעשים במערכת האופטית, חישוב יחס אות לרעש, פיצוי דיספרסיה לשיפור ביצועי מערכת.

### **391540 אינטרפרומטריה ומיקרוסקופיה אינטרפרומטרית**

#### **3.0 - 2 1 2**

תורת Abbe ליצירת דמות, דיסק Airy, רזולוציה בהארה קוהרנטית ולא קוהרנטית, דה-קונבולוציה, phase contrast, מיקרוסקופיה בשדה בהיר, כיוון ה-condenser, מערכת Mach-Zender, מערכת Jamin-Lebedeff, שיטות נוספות להשגת קונטרסט באמצעות התאבכות והשוואה ביניהן, מיקרוסקופיה בשדה כהה, Schlieren, קונטרסט ע"י מודולציה, ה-zygo, סריקה קונפוקלית.

### **391545 התקני מוליכים למחצה אלקטרו-אופטיים**

#### **2.5 - - 1 2**

מקורות אור וגלאים, לומיניסצנציה, פלואורסצנציה ופוספורסצנציה. תופעת המינהור ותופעת המפולת. סיליקון נקבובי. מבנים ננו-גבישיים. דיודות פולטות אור (LED). חומרים המשמשים ליצור LED. התקני LED, Burrus type LED, emitting edge.double heterostructure LED, דיודות לייזר במבנה heterostructure: לייזרי בורות קוונטית. כליאה אופטית ואלקטרונית. חוטים ונקודות קוונטיים. לייזרי אור נראה אדומים, ירוקים וכחולים. צגים: צגי פלזמה, צגי גבישים נוזליים (LCD). צגי גביש נוזלי מסוג מטריצה אקטיבית. טכנולוגיית TFT. צגי פליטת שדה. התקנים פוטוניים: התקני הדמייה. פוטו-גלאים לתחום הנראה, אולטרה-סגול ואינפרא-אדום. גלאי בורות קוונטיים לאינפרא-אדום, התקני ראיית לילה. הדמאה תרמית. גלאי מלי"מ. חומרים פרואלקטריים ויישומיהם. גלאים פרואלקטריים. מיתוג ע"י קיטוב. ממירים אופטיים. מחוללי הרמוניה שניה ותנודה פרמטרית אופטית. לייזרים בכחול ואינפרא-אדום. תאי שמש: יעילות האיסוף. חומרים לתאי שמש.

### **391555 מדידות אופטיות**

#### **1.5 - 2 - 1**

אוטוקולימציה, מרחקי מוקד, ספקטרומטרים, שיטות ומכשירים למדידת מקדמי שבירה, מדידות אברציות וסיווגן, שימוש בשיטות אינטרפרומטריות לבדיקה, סוגי אינטרפרומטרים, מדידת איכות משטח אופטי (מישורי ובעל עקמומיות), כושר הפרדה, פונקצית העברה אופטית.

### **391565 אפנון אור ויישומיו בצגים**

#### **2.5 - - 1 2**

הקדמה. מבוא לאיפנון אור: אפקט אלקטרו-אופטי, מגנטו אופטי, אקוסטו-אופטי מכאנו-אופטי, ואלקטרו-בליעה. שיקולי תכנון, אופן הפעולה וביצועים של התקני מאפננים מרחביים (SLMs) המבוססים על גבישים נוזליים, מיקרו-מראות, תאים אקוסטו-ומגנטו-אופטיים, התקני בליעה בורות קוונטיים, מערכי לייזר ודיודות פולטות-אור. (LED) שימושים עיקריים של SLMs: צגים, תקשורת וממשקים אופטיים, אופטיקה

מסתגלת, (Adaptive Optics) מתמירי תמונה, עיבוד נתונים אופטי, משקפיים חכמות, מצבטים אופטיים (Optical Tweezers) ומערכי חיישנים אופטיים ביו-כימיים. טכנולוגיות צגים: מקרני מסך-רחב (Video Projection Displays) צגים נישאי-ראש (HMD) וצגים לראיה ישירה (Direct View). מערכות משולבות: צג-הדמייה. מגמות עתידיות בהתקני SLM וצגים.

## **קבוצה ב': קורסים מהמחלקה להנדסת מכונות**

### **22370 תורת האלסטיות**

4.0 - - 2 3

הקדמה: מושגי יסוד, הגדרות והנחות. תורת המאמצים: מצב מאמץ בנקודה, טנסור מאמצים, מאמצים ומישורים ראשיים. משוואות Navier – שיווי משקל. תורת הדפורמציות: דפורמציות ותזוזות, דפורמציות לינאריות וזוויתיות בנקודה, טנסור הדפורמציות. משוואות Cauchy - קשרים בין דפורמציות לבין תזוזות. מאמצים ודפורמציות – חוק Hooke בצורה ישירה והפוכה. קשרים בין הקבועים האלסטיים של החומר. אנרגיה פוטנציאלית של דפורמציה. משוואות רציפות (התאמת הדפורמציות) Saint-Venant. תנאים של גבולות בתורת האלסטיות. בעיות מישוריות בתורת האלסטיות - פתרונות למאמצים (פונקצית המאמצים) ולתזוזות. בעיות מישוריות בקואורדינטות קרטזיות ופולריות. בעיות ציר סימטריות. מושגי יסוד בתרמו אלסטיות ותורת הפלסטיות.

### **22470 קורוזיה של מתכות**

2.5 - - 1 2

תורת הקורוזיה. המנגנון האלקטרוכימי של קורוזיה. קצב שיתוך. הגורמים המשפיעים על קורוזיה. תהליכי קורוזיה אופייניים: קורוזיה אחידה, גימום, קורוזיה גלואנית, קורוזיה בין-גבישית, קורוזיה מיקרוביאלית, סידוק קורוזית מאמצים, ארוזיה וקביטציה, התקפות ע"י מימן. קורוזיה במים, באטמוספירה ובקרקע. שיטות בקרה והגנה בפני קורוזיה: ציפויים, טיפול בסביבה, מעכבי שיתוך, הגנה קתודית, שימוש בחומרים פלסטיים ומרוכבים. עמידות סגסוגות בפני קורוזיה. מעקב אחר קורוזיה. בחירת חומרים ותכנון הנדסי מאספקט קורוזיה.

### **22785 זיווד אלקטרוני**

2.5 - - 1 2

עקרונות הזיווד האלקטרוני בדגש על ניהול תרמי של מערכות אלקטרוניקה. מנגנוני פינוי חום: הולכה, הסעה טבעית, הסעה מאולצת, קרינה. אנליזות תרמיות / זרימה בעזרת תכנת סימולציה (נדרשת רמה סבירה של לימוד עצמי, המגובה בתרגולים וסדנה). כלים אנליטיים וציוד חיוניים לאנליסט התרמי. המבנה של מערכות אלקטרוניקה. תכן של מוצרים לתנאי סביבה קשים. נושאים נוספים: תכן לרעידות והלמים, אמינות, מיפוי תנאי סביבה, שיטות ייצור, תקנים, אנליזת כשלים.

### **22873 רובטיקה**

3.0 - 2 1 2

הבנה ולימוד, תכנון, יישום ובקרה של רובטים. הגדרת דרגות חופש, מוביליטי, קונקטיביטי, טרנספורמציות מערכות צירים של גוף קשיח. מודל קינמטי של רובוט. שרשרת קינמטית. קינמטיקה ישירה והפוכה ברובוט טורי. קינמטיקה רגעית והגדרת היעקוביאן לפי קינמטיקה ישירה ולפי ויטני. סינגולריות ומצבים סינגולריים ברובוט טורי. סטטיקה, קשיחות, בקרת מצב, בקרת כוח. ניסויי מעבדה בהפעלת רובטים ארטיקולריים. שילוב בין רובטים לביצוע משימות מורכבות. שילוב בין רובטים, חיישנים ובקרים.

### **51117 הנדסת אנוש מכ**

2.0 - - - 2

הקורס יעסוק בתכנון ובהערכה של ממשקי אדם-מכונה ומערכות אדם-מחשב. במהלך הקורס יירכשו הכרה והבנה של הפרמטרים הבסיסיים בממשק אדם-מכונה, הכרה והבנה בסיסית של גישות לניתוח ותיכון ממשק אדם-מכונה, ויכולת ליישם את ההבנה הזו לתיכון מערכות חדשות. הקורס יתמקד בתכנון נכון של בקרים במערכות פשוטות ומתוחכמות ובמערכות ממוחשבות. תכני הקורס: האדם כמעבד מידע – תיאוריות ויישומים לתכנון מערכות; ניתוח תפקיד; אנטרופומטריה; ביומכניקה בארגונומטריה; עומס עבודה עייפות

ו-stress ; בטיחות, תאונות וטעויות אנוש ; תפיסה חזותית ; תפיסת עומק ; תפיסה אודיטורית ותצוגות אודיטוריות ; תכונות בקרים ; חוק Fitts עבור גודל הבקר ומרחקי בקרים ; בקרים במערכות ממוחשבות ; ממשק אדם-מחשב.