

# תוכן קורסים הניתנים לפקולטות שונות ע"י המחלקה לפיסיקה הסילבוסים מסודרים בסדר עולה לפי מספרי הקורסים

20037 – מעבדה לפיסיקה 2 למהנדסים –

## Physics Lab. 2 for Engineers

אופן הוראה: מעבדה  
שעות שבועיות: 3  
נקודות זכות: 1.5  
דרישות קדם: פיסיקה 2 למהנדסים

### הנושאים שיילמדו בקורס:

הסטודנט נדרש לבצע את הניסויים הבאים: עדשות דקות, מכשירים אופטיים, ספקטרומטר, התאבכות קיטוב, לייזר, מדידת צפיפות מטען, ניסוי פרנק-הרץ, אפקט פוטו-אלקטרי, מיקרוגלים, מיפוי שדה חשמלי, אפקט Hall. תנועות אלקטרונים בשדה חשמלי ובשדה מגנטי.

### ספרי לימוד:

D. Halliday, R. Resnick, and K. S. Krane, "Physics", 4th ed. J.Wiley, 1992. Vols. 1, 2.  
M. Alonso and E. J. Finn, Fundamental University Physics, Vol. 1 and Vol. 3, Addison-Wesley.  
Hecht, "Optics", 2d Ed.

20148 – פיסיקה 1 למהנדסים –

## Physics 1 for Engineers

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: ידע בסיסי בפיסיקה (4-5 יח"ל) חשבון אינפיניטסימלי 1 למהנדסים (במקביל)

### הנושאים שיילמדו בקורס:

מכניקה קלאסית  
קינמטיקה של תנועה קווית. אינטגרציה של משוואות התנועה. דינמיקה קלאסית. חוקי ניוטון. מערכות הייחוס האינרציאליות. חוק שימור התנע. כוחות משמרים ולא משמרים. חיכוך סטטי וקינטי. חוק שימור האנרגיה. התנגשויות אלסטיות, אי-אלסטיות ופלטיות. התנגשויות בדו-מימד. קינמטיקה ודינמיקה של תנועה סיבובית. מערכת רב-גופית. מרכז המסה. מומנט ההתמדה. משפט שטיינר (Steiner). תנועה סיבובית של גוף קשיח. גלגול ללא החלקה. תנע זוויתי. מומנט כוח. חוק שימור של התנע הזוויתי. תנועה הרמונית פשוטה. מושג של מסה מצומצמת.  
תרמודינמיקה  
כמות חום וטמפרטורה, תהליכי מעבר חום. החוק הראשון של תרמודינמיקה.

גז אידיאלי. התורה הקינטית של הגזים. משוואת המצב של הגז האידיאלי. תהליכים בסיסיים: איזוכורי (נפח קבוע), איזוברי (לחץ קבוע), איזותרמי (טמפרטורה קבועה) ואדיאבטי. תהליכים הפיכים ובלתי הפיכים. החוק השני של תרמודינמיקה. הולכת חום, חוק הקירור. התפשטות תרמית.

### ספרי לימוד:

למכניקה קלאסית

D. Halliday, R. Resnick, and K. S. Krane, "Physics", 5th ed. J. Wiley, 2002.

Vol. 1. Chapters 1 – 13, 17.

M. Alonso and E. J. Finn, "Fundamental University Physics", Addison-Wesley Publ. Co, 1992. Vol. 1. Chapters 1 – 10, 12, 13.

H. D. Young and R. A. Freedman, "Sears and Zemansky's University Physics", 12th ed. Addison-Wesley Publ. Co, 2008. Chapters 1 – 10, 13.

"מכניקה", יח' 1 - 5. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1979.

"מכניקה", יח' 6 - 9. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1980.

קרן קמינגז, פרסילה לוז, אדווארד פ' רדיש, פטריק ג' קוני, אדווין פ' טיילור, "מבינים פיזיקה, מכניקה". עורך: דוד פונדק, הוצאת מאגנס, מהדורה שנייה, שני כרכים (2015).

לתרמודינמיקה

D. Halliday, R. Resnick and K. S. Krane, "Physics", 5th ed. J. Wiley, 2002.

Vol. 1. Chapters 21 - 24.

H. D. Young and R. A. Freedman, "Sears and Zemansky's University Physics", 12th ed. Addison-Wesley Publ. Co, 2008. Chapters 17 - 20.

G. J. van Wylen and R. E. Sonntag, "Fundamentals of Classical Thermodynamics",

3rd ed. J. Wiley, 1985. Chapters 1 - 7.

ח. ברוקר, ח. גולדרינג, צ. גלר, א. גניאל "מבוא לתרמודינמיקה". הוצאת מכון ויצמן למדע, 1989.

קרן קמינגז, פרסילה לוז, אדווארד פ' רדיש, פטריק ג' קוני, אדווין פ' טיילור, "מבינים פיזיקה, זורמים, גלים ותרמודינמיקה". עורך: דוד פונדק, הוצאת מאגנס, בשיתוף עם המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה (2014).

## Physics 3 for Engineers

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: פיסיקה 2 למהנדסים, חשבון אינפיניטסימלי 2 למהנדסים, משוואות דיפרנציאליות רגילות למהנדסים

### הנושאים שיילמדו בקורס:

מבוא לתורת הקוונטים: ראשיתה של תורת הקוונטים. האפקט הפוטואלקטרי, פוטונים. קרינת גוף שחור. חוקי סטפן - בולצמן, ווין, ראיילי, פלנק. סטטיסטיקת בוז-איינשטיין. ניסוי פרנק-הרץ. אורך גל דה-ברולי. עקרון אי-הוודאות של הייזנברג. מכניקה קוונטית, משוואת שרדינגר, בור פוטנציאל (חד ותלת מימדי) ורמות אנרגיה. מתנד הרמוני. אטום המימן. תורת בוהר. קוואנטיזציה של התנע הזוויתי. עקרון פאולי. סטטיסטיקת פרמי-דירק. המבנה האלקטרוני של יסודות בטבלה המחזורית.

תורת היחסות הפרטית: עקרון היחסות. טרנספורמצית לורנץ. התארכות הזמן והתכווצות האורך. חוקי טרנספורמציה של מהירות. דינמיקה של תורת היחסות: תנע ואנרגיה. מסת מנוחה. התנגשויות אלסטיות. אפקט קומפטון (Compton).

לתורת היחסות הפרטית:  
י. שדמי: "תורת היחסות", "מבוא למדעי הטבע", בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה.  
"מכניקה", יח' 10-12, בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה.

### ספרות מומלצת:

לתורת הקוונטים:

D. Halliday, R. Resnick and K.S. Krane, "Physics", 4-th ed. J. Wiley, 1992. Vol. 2. Chapters 22 - 26.

M. Alonso and E.J. Finn, "Fundamental University Physics", Addison-Wesley Publ. Co, 1992. Vol. 3. Chapters 14-19; 22,23.

R. Eisberg and R. Resnick, "Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles", 2-nd ed. J. Wiley, 1985. Chapters 4 - 10.

J. Brehm and W.J. Mullin, "Introduction to the Structure of Matter. A Course in Modern Physics". J. Wiley, 1989. Chapters 1 - 8.

H. D. Young and R. A. Freedman University Physics, Pearson 12th Ed., 2008.  
"פרקים בפיסיקה מודרנית", יח' 1-11. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1980.

לתורת היחסות הפרטית:

D. Halliday, R. Resnick and K.S. Krane, "Physics", 4-th ed. J. Wiley, 1992. Vol. 1. Chapter 21.

M. Alonso and E.J. Finn, "Fundamental University Physics", Addison-Wesley Publ. Co, 1992. Vol. 2. Chapters 14-19; 22, 23.

D. Bohm, "Special Theory of Relativity", 3-rd ed. Addison-Wesley Publ. Co, 1967. Chapters 24 – 37; 41, 42.

י. שדמי, "תורת היחסות הפרטית". המכון לאמצעי הוראה, 1969.  
"מכניקה", יח' 10-12. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1984.

לשני הנושאים: קרן קמינגז, פרסילה לוז, אדווארד פ' רדיש, פטריק ג' קוני, אדווין פ' טיילור, "מבינים פיזיקה, פיזיקה מודרנית". עורך: דוד פונדק, הוצאת מאגנס, בשיתוף עם המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה (2012).

## 20156 – מעבדה לפיזיקה 1 למהנדסים –

### Physics Lab. 1 for Engineers

אופן הוראה: מעבדה

שעות שבועיות: 2

נקודות זכות: 1

דרישות קדם: פיזיקה 1 למהנדסים

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

הסטודנט נדרש לבצע את הניסויים הבאים: הידרוסטטיקה, מתח פנים, משוואת המצב של גז אידיאלי, צמיגות, חום סגולי, מוליכות חום, מטוטלת, תנועה הרמונית, סדרת ניסויים ממוחשבים במכניקה (מסילת אוויר, וכו').

#### ספרי לימוד:

D. Halliday, R. Resnick, and K. S. Krane, "Physics", 4th ed. J.Wiley, 1992. Vols. 1,2.

M. Alonso and E.J. Finn, "Fundamental University Physics", Addison-Wesley Publ. Co, 1992. Vol. 2. Chapters 14 – 19, 22 - 23.

C. Melissinos, "Experiments in Modern Physics".

## Physics 2 for Engineers

אופן הוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 6 (שיעור - 4, תרגיל - 2)  
נקודות זכות: 5

דרישות קדם: פיסיקה 1 למהנדסים, חשבון אינפיניטסימלי 2 למהנדסים (במקביל)

**הנושאים שילמדו בקורס:**חשמל

שדה חשמלי, פוטנציאל חשמלי, שטף של וקטור, חוק גאוס, מקדם דיאלקטרי  $\epsilon$ . שדה מגנטי, כח לורנץ. חוק ביו-סאוואר, חוק אמפר. השראות אלקטרומגנטית וחוק פאראדיי - לנץ. תכונות מגנטיות של חומרים, פרמיאביליות  $\mu$ . תנודות אלקטרומגנטיות וזרם חילופין (מעגלי R,L,C). משוואות מקסוול (חוק גאוס בצורה דיפרנציאלית עם דיברגנס, משוואות פואסון).

התורה האלקטרומגנטית של האור

גלים בתווך אלסטי. מושגים בסיסיים: חזית הגל, מימד, גלי אורך וגלי רוחב. מהירות מופע. תופעת דופלר (לגלי קול). יישום משוואות מקסוול: גלים אלקטרומגנטיים, העברת האנרגיה ווקטור פוינטינג  $W/m^2$ , גל עומד (מהוד). ספקטרום האור, קוהרנטיות האור. עקרונות האופטיקה הגיאומטרית: עקרון פרמה (Fermat) ועקרון הויגנס (Huygens). התאבכות. הניסוי של יונג. התאבכות בשכבות דקות. עקיפה בסדק, עקיפה בשני סדקים. סריג עקיפה, קריטריון ריילי, קיטוב (לוחית רבע גל, דסקית איירי). מעבר בין תווכים והחזרת אור. משוואות פרנל לפגיעה ניצבת. זווית ברוסטר וזווית החזרה מלאה.

**ספרי לימוד:**

D. Halliday, R. Resnick and K.S. Krane, "Physics", 5-th ed.  
J. Wiley, 2002. Vol. 1. Chapters 18 – 19. Vol. 2. Chapters 25 - 43.  
M. Alonso and E.J. Finn, "Fundamental University Physics",  
Addison-Wesley Publ. Co, 1992. Vol. 2. Chapters 14 - 19; 22 - 23.  
H.D. Young and R.A. Freedman, "Sears and Zemansky's University Physics",  
12-th ed. Addison-Wesley Publ. Co, 2002. Chapters 15 – 16, 21 - 36.  
י. אשל, "חשמל ומגנטיות". הוצאת "אשל", 1993.  
"מבוא לאופטיקה קלאסית ומודרנית", כרך ב'. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1997.

קרן קמינגז, פרסילה לונז, אדוארד פ' רדיש, פטריק ג' קוני, אדווין פ' טיילור, "מבינים פיזיקה, חשמל, מגנטיות ואופטיקה". עורך: דוד פונדק, הוצאת מאגנס, בשיתוף עם המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה (2011).

## 20163 - פיסיקה 1 לניהול טכנולוגיה –

### Physics 1 for Management of Technology

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: ידע בפיסיקה (בהיקף של 4-5 יח"ל), חשבון אנפיניטסמלי 1 לניהול טכנולוגיה

#### הנושאים שיילמדו בקורס:

אופטיקה גיאומטרית  
חוק ההחזרה, מראות מישוריות ומראות כדוריות.  
חוק השבירה, עדשות דקות.

#### מכניקה

קינמאטיקה של תנועה קווית. אינטגרציה של משוואות התנועה.  
דינאמיקה קלאסית. חוקי ניוטון. מערכות הייחוס האינרציאליות.  
חוק שימור התנע.  
כוחות משמרים ולא משמרים. חיכוך סטטי וקינטי.  
חוק שימור האנרגיה.  
התנגשויות אלסטיות, אי-אלסטיות ופולסטיות.  
קינמאטיקה ודינאמיקה של תנועה סיבובית.  
מערכת רב-גופית. מרכז המסה. מומנט ההתמדה. משפט שטיינר (Steiner).  
תנועה סיבובית של גוף קשיח. מומנט כוח.  
תנועה הרמונית פשוטה.

#### ספרי לימוד:

לאופטיקה גיאומטרית:

D. Halliday, R. Resnick, and K. S. Krane, "Physics", 5th ed. J. Wiley, 2002.  
Vol. 2, Chapters 39 - 40.  
D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, "Fundamentals of Physics", 8th ed. J. Wiley, 2007. Chapters 33 - 34.  
"מבוא לאופטיקה קלאסית ומודרנית", כרך א'. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1997.  
ד"ר י. אשל, "גלים ואופטיקה". הוצאת "אשל", 1990.

למכניקה:

D. Halliday, R. Resnick, and K. S. Krane, "Physics", 5th ed. J. Wiley, 2002.  
Vol. 1, Chapters 1 – 16.  
D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, "Fundamentals of Physics", 8th ed. J. Wiley, 2007. Chapters 1 – 11.  
"מכניקה", יח' 1 - 5. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1979.  
"מכניקה", יח' 6 - 9. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1980.

קרן קמינגז, פרסילה לוז, אדווארד פ' רדיש, פטריק ג' קוני, אדווין פ' טיילור, "מבינים פיזיקה, מכניקה". עורך: דוד פונדק, הוצאת מאגנס, מהדורה שנייה, שני כרכים (2015).

## Physics 2 for Management of Technology

אופן ההוראה: שיעור ותרגיל  
שעות שבועיות: 4 (שיעור - 3, תרגיל - 1)  
נקודות זכות: 3.5  
דרישות קדם: פיסיקה 1 לניהול טכנולוגיה

### הנושאים שיילמדו בקורס:

חשמל

מטען חשמלי, חוק קולון, שדה חשמלי, פוטנציאל חשמלי, שטף של וקטור, חוק גאוס.  
שדה מגנטי, כח לורנץ.  
השראות אלקטרומגנטית וחוק פאראדיי - לנץ.

גלים והתורה האלקטרומגנטית של האור  
גלים בתווך אלסטי. מושגים בסיסיים: חזית של הגל, מימד, גלי אורך וגלי רוחב.  
מהירות מופע. גלים אלקטרומגנטיים, ספקטרום האור.  
קוהרנטיות של האור.  
התאבכות. הניסוי של יונג.  
התאבכות משכבות דקות.  
עקיפה מסדק, עקיפה משני סדקים.

### ספרי לימוד:

1. R. Resnick, D. Halliday, and K. S. Krane, "Physics", Wiley, 5th ed., 2002.
2. H. D. Young and R. A. Freedman, "Sears and Zemansky's University Physics" 12th ed., Addison-Wesley Publ. Co, 2002.
3. י. אשל, "חשמל ומגנטיות". הוצאת "אשל", 1993.
4. "מבוא לאופטיקה קלאסית ומודרנית", כרך ב'. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1997.

קרן קמינגז, פרסילה לוז, אדוארד פ' רדיש, פטריק ג' קוני, אדווין פ' טיילור, "מבינים פיזיקה, חשמל, מגנטיות ואופטיקה". עורך: דוד פונדק, הוצאת מאגנס, בשיתוף עם המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה (2011).

55031 - תורת הקוונטים לננו- ומיקרו- אלקטרוניקה אופטית  
Quantum Theory for Nano- and Micro- Optoelectronics

שם המרצה: פרופ' איליה ריפס  
אופן ההוראה: שו"ת  
ש"ש: 3  
נ"ז: 3  
דרישות קדם: "פיסיקה-3" (20150).

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

(א) בסיס עיוני של תורת הקוונטים

סקירה של מכאניקה קוונטית. אופרטורים. פונקציות עצמיות וערכים עצמיים. סימונים של דיראק (Dirac). הצגה של מטריצות. פונקציות הגל localized ו-delocalized. חלקיק בבור פוטנציאל בעומק סופי. תנאי לקיום של מצב קשור בבור פוטנציאל. קירוב קוואזי-קלאסי (quasi-classical). פיזור במכאניקה קוונטית. מנהור דרך מחסום פוטנציאל. מתנד הרמוני. תורת הפרעות בלתי תלויות בזמן בלי ועם ניוון. מתנד לא-הרמוני (anharmonic oscillator). הפרעות תלויות בזמן. הסתברות של מעבר בין רמות האנרגיה העמידות של המערכת הקוונטית. כלל הזהב של פרמי (Fermi Golden Rule).

(ב) מבוא לפיסיקה של מצב מוצק

סימטריה טראנסלטורית (translational) של הגבישים. שריג בראווה (Bravais).

פונקציות מחזוריות. שריג הפוך. קוואזי-תנע (quasi-momentum). פסי ברילואן (Brillouin). משפט בלוך (Bloch). תנאי שפה של בורן-פון קרמן (Born-von Karman). צפיפות המצבים האלקטרוניים. אלקטרונים במתכות. מודל של פסים. אלקטרונים כמעט חופשיים. המסה האפקטיבית. משטח פרמי. פס הערכיות, פס ההולכה והפס האסור. מצבים אלקטרוניים במולקולות. קשרים יוניים וקוולנטיים (covalent). קירוב MO LCAO (עם דוגמאות). קירוב של הקשר החזק (tight-binding approximation) במוצקים. מצבים אלקטרוניים בננו-חלקיקים ובננו-צינורות (nano-tubes). מצבים אלקטרוניים של גרפן (graphene). מכאניקה סטטיסטית של האלקטרונים. התפלגות פרמי-דיראק (Fermi-Dirac). מערכות מזוסקופיות (mesoscopic). רמות האנרגיה. מוליכות במערכות המזוסקופיות (נוסחת לנדאואר). נקודות קוונטיות (quantum dots), בורות קוונטיות (quantum wells) ותיילים קוונטיים (quantum wires). שיטות הכנה. רמות האנרגיה האלקטרוניות וספקטרום.

(ג) מכשירים אלקטרוניים קוונטיים מבוססים על quantum wells, quantum dots, ו-quantum wires

לייזרים על בסיס בורות קוונטיים (quantum wells). אוסצילטורים ומתגים על בסיס בורות קוונטיים. גלאים על בסיס בורות קוונטיים. מכשירים על בסיס האפקט האלקטרו-אופטי העצמי (SEED) Single-mode לייזרים על בסיס נקודות קוונטיות (QD). Mode-locked לייזרים על בסיס נקודות קוונטיות (QD). טרנזיסטור אופטי על בסיס בנקודות קוונטיות (QD). מתגים על בסיס נקודות קוונטיות (QD).



- D.J. Griffiths, "Introduction to Quantum Mechanics", 2-nd ed. Prentice-Hall/Pearson, 2005.
- S. Gasiorovich, "Quantum Physics", 3-rd ed. J. Wiley, 2003.
- Y. Peleg, R. Pnini and E. Zaarur, "Shaum's Outline of Theory and Problems of Quantum Mechanics", McGraw-Hill, 1998.
- C. Kittel, "Introduction to Solid State Physics". 8-th ed. J. Wiley, 2004.
- J.M. Ziman, "Principles of the Theory of Solids". 2-nd ed Camb. Univ. Press. 1979.
- N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, "Solid State Physics". Brooks Cole Publ. Co. 1976.
- M. Katsnelson, "Graphene: Carbon in Two Dimensions". Camb. Univ. Press, 2012.
- P. Harrison, "Quantum Wells, Wires and Dots: Theoretical and Computational Physics of Nanostructures". 3-rd ed. J. Wiley, 2010.
- "Quantum Dot Devices (Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology)". Ed. Z. M. Wang. Springer, 2012.
- "פרקים בפיסיקה מודרנית", יח' 1-11. הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 1980.

## 55045- ננופוטוניקה

### Nanophotonics

שם המרצה: פרופ' בוריס פיינברג  
אופן ההוראה: שו"ת  
ש"ש: 3  
נ"ז: 3

דרישות קדם: "פיסיקה - 2" (20157), "פיסיקה-3" (20150), " שדות אלקטרומגנטיים" (50015), "תורת הקוונטים לנו ומיקרו- אלקטרוניקה אופטית" (55043).

### תיאור הקורס:

הקורס יחשוף את התלמידים לתחום הננופוטוניקה ברמה התיאורטית וברמה היישומית. בצד התיאורטי נבחן את המפגש בין אור לחומר הקטן מאורך הגל האופטי ואת האינטראקציה בין אטום ובין קרינה אלקטרומגנטית בתחום הזה (השדה הקרוב). בצד היישומי נדון ביישום תופעות ננו אופטיות באמצעות נאנו חלקיקים מתכתיים המאפשרים הגבר חזק של שדה אלקטרומגנטי חיצוני וכן נעסוק בהולכת פלאזמונית באמצעות מוליך גל פלאזמוני (plasmonic wave-guide). בנוסף הקורס יעסוק באופטו-אלקטרוניקה חד-אלקטרונית, אופטו-אלקטרוניקה של גראפן, פלאזמונים בגראפן, תכונות "פלאזמוניות" של חומרים אורגניים, מטא-חומרים, ראייה דרך חומרים בלתי שקופים.

## הנושאים שיילמדו בקורס:

(א) בסיס תיאורטי

יסודות של ננו אופטיקה. משוואות מאקסוול בחומר מעובה, תנאי שפה. אינטראקציה בין אטום ובין קרינה אלקטרומגנטית בקירוב דו-קוטב (דיפול), תנודות האוכלוסיה של רבי (Rabi), פלאזמון פני שטח (surface plasmon), תכונות אופטיות של מתכת, קירוב קוואזי-סטטי (quasi-static approximation). פלאזמון פני שטח ותהודה פלאזמונית של חלקיק כדורי, ופולאריטון פלאזמון פני שטח (surface plasmon polariton). אפקט דופלר בתוך בעל מקדם שבירה שלילי, מנהור קליין בגראפן והשפעתו למוליכות גבוה שלו, פלאזמונים בגראפן.

(ב) יישומים:

הגבר של שדה אלקטרומגנטי חיצוני, שדה מקומי (local field), הגבר של קרינה אלקטרומגנטית ממולקולות בדידות על יד נאנו חלקיקים מתכתיים, מוליך גל פלאזמוני (plasmonic wave-guide), אופטו-אלקטרוניקה חד-אלקטרונית, התקן למעבר מטען שווה למטענו של אלקטרון, אופטו-אלקטרוניקה של גראפן, פלאזמוניקה של גראפן, פולאריטון פני שטח בשכבות אורגאניות דקות, מטא-חומרים (metamaterials), מקדם שבירה שלילי, עדשה מושלמת (perfect lens), ראייה דרך חומרים בלתי שקופים (Cloaking).

## ספרי לימוד:

1. Novotny L., Hecht B., "Principles of Nano-optics". Cambridge University Press, 2012.
2. Maier A. M., "Plasmonics: Fundamental and Applications". Springer, 2007.
3. Zrenner A. et al., "Coherent properties of a two-level system based on a quantum-dot photodiode", Nature, vol. 418, p. 612, 2002.
4. Griffiths D. J., "Introduction to Quantum Mechanics", Prentice-Hall/Pearson, 2005.
5. Gasiorovich S., "Quantum Physics", J. Wiley, 2003.
6. Jackson J. D., "Classical Electrodynamics". J. Wiley, 1999.
7. Katsnelson M., "Graphene: Carbon in Two Dimensions", Cambridge University Press, 2012.
8. Raether H., "Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, 1988.

## Nanomaterials

שם מרצה: ד"ר אלה זאק  
 אופן הוראה: שו"ת  
 ש"ש: 3  
 נ"ז: 3  
 דרישת קדם: פיזיקה- 3

**תיאור הקורס:**

ננוחומרים הינו כר פורה למחקר עדכני, הנמצא היום בחזית המחקר העולמי ומחולל תעשיות חדשות בהיקף של מיליארדי דולרים. פיתוח ננוחומרים הוא ענף מדעי חדשני ופורץ דרך. התכונות המרתקות המתגלות בננוחומרים הינן לבו של שטח הננומדעים הצומח במהירות רבה. נושא זה מאפשר יישומים מלהיבים שחלקם נחשבו בלתי אפשריים בעבר המכונים ננוטכנולוגיה. בשלושת העשורים האחרונים נצבר ידע רב המאפשר פיתוח ננוחומרים חדשניים ושימושם בתחומים רבים דוגמת מיקרואלקטרוניקה, אופטואלקטרוניקה, חומרים מרוכבים, מכניקה, רפואה ועוד.

**מטרת הקורס:**

להקנות לסטודנטים ידע במבנה של ננוחומרים, בתהליכי ייצור שונים של ננוחומרים, בתכונות של ננוחומרים ויישומיהם. בחלק הראשון של הקורס ירכשו הסטודנטים ידע בסיסי למושגים וחוקים של כימיה. בחלקו השני של הקורס ילמדו הסטודנטים תהליכי סינתזה שונים שבעזרתם מקבלים את הננוחומרים ויכירו את הטכניקות המודרניות לאפיון ננוחומרים. בהמשך ירכשו הסטודנטים הבנה מהי ננוטכנולוגיה, איך היא מבוססת על תכונות של ננוחומרים ומהם היישומים הבסיסיים בננוחומרים.

**הנושאים שיילמדו בקורס:**

1. המושגים והחוקים הבסיסיים של הכימיה:  
 מבנה אטומי, יסודות כימיים, טבלה מחזורית; ריאקציה כימית ואנתלפיה, ריאקציה כימית ומבנה אטומי (רמות אנרגיה באטום ונוסחאות אלקטרוניות); סוגים של חומרים אי-אורגניים וסוגים של קשרים כימיים.
2. סינתזה ואיפיון ננוחומרים:  
 (א) תגליות של ננוחלקיקים שונים: Fullerenes, nanotubes, quantum dots מורפולוגיות (צורות) שונות של ננוחומרים: חד-ממד (ננוצינוריות, ננומוטות), דו-ממד (ננולוחיות) ואפס-ממד (נקודות קוונטיות ופולרנים).  
 (א) שיטות כימיות ופיסיקליות לסינתזת ננוחומרים:  
 Solid-gas or gas-phase reactions, laser/solar ablation, colloidal wet synthesis, chemical vapor deposition (CVD), thermal decomposition or spray pyrolysis, electron beam irradiation;  
 (ב) שיטות בסיסיות לאיפיון ננוחומרים:  
 מיקרוסקופיה אלקטרונית וחקר מבנה גבישי על ידי SEM-scanning electron microscope, TEM-transmission electron microscope, XRD- X-Ray Diffractometer.
3. תכונות ויישומים של ננוחומרים:  
 (א) תכונות של ננוחומרים: כימיות, מכניות, חשמליות ואופטיות, biocompatibility;  
 (ב) יישומים של ננוחומרים: באלקטרוניקה (חישנים, FET- field-effect transistors)

בטריבולוגיה (חומר סיכה קשיח), ברפואה לזיהוי תאים סרטניים,  
ל- tissue engineering, drug delivery, כננו-מלאן ( filler ) לחיזוק פולימרים, ועוד.

### ספרי עיון:

1. Emanuel Manzurola, "Principles of Chemistry" (Two Parts),  
"עקרונות הכימיה", חלקים א וב, מחבר עמנואל מנזורולה, מס' מערכת 20748.
2. Anthony R. West, "Solid State Chemistry and its application", John Wiley & Sons;
3. L. Cademartiri, G.A. Ozin, "Concepts of Nanochemistry", J. Wiley – VCH, 2009.
4. G.A. Ozin, A.C. Arsenault, L. Cademartiri "Nanochemistry: A Chemical Approach to Nanomaterials", 2-nd Ed., Royal. Soc. Chem., London, 2008.
5. G.L. Hornyak, J.J. Moore, H.F. Tibbals, J. Dutta "Fundamentals of Nanotechnology", CRC Press, 2008.
6. G.W. Hanson, "Fundamentals of Nanoelectronics", Prentice Hall, 2007.