

תוכן העניינים

הקדמה חשמל, מגנטיות ואופטיקה ז

פרק 22 המטען החשמלי 633

- 22-1 חשיבותה של התופעה החשמלי 634
- 22-2 גלוי הכוחות החשמליים 634
- 22-3 מושג המטען 636
- 22-4 הסבר לטעינה חשמלית באמצעות התורה האטומית 637
- 22-5 השראה חשמלית 641
- 22-6 מוליכים ומבודדים 642
- 22-7 חוק קולון 644
- 22-8 ישום חוק קולון בפתרון בעיות באלקטרוסטטיקה 647
- 22-9 השוואה בין כוחות הכבידה לכוחות אלקטרוסטטים 652
- 22-10 כוחות אלקטרוסטטיים נפוצים בחיי היומיום 653
- סיכום פרק 22 654

פרק 23 שדות חשמליים 661

- 23-1 כוחות חשמליים חזקים 662
- 23-2 מבוא למושג השדה 662
- 23-3 שדות כבידה ושדות חשמליים 665
- 23-4 השדה החשמלי שיוצר מטען נקודתי 668
- 23-5 השדה החשמלי הנוצר על ידי מספר מטענים 669
- 23-6 השדה של דיפול חשמלי 672
- 23-7 השדה של טבעת טעונה 674
- 23-8 תנועת מטען נקודתי בשדה חשמלי 678
- 23-9 דיפול בשדה חשמלי 680

23-10 קווי שדה חשמליים 681

סיכום פרק 23 684

פרק 24 חוק גאוס 695

- 24-1 אלטרנטיבה לחוק קולון 696
- 24-2 השטף החשמלי 697
- 24-3 השטף הכולל דרך מעטפת סגורה 698
- 24-4 חוק גאוס 701
- 24-5 סימטריה ופילוג מטען 704
- 24-6 יישום חוק גאוס על פילוגי מטען סימטריים 705
- 24-7 חוק גאוס וחוק קולון 711
- 24-8 מוליך טעון מבודד מסביבתו 712
- סיכום פרק 24 716

פרק 25 הפוטנציאל החשמלי 723

- 25-1 מבוא 724
- 25-2 אנרגיה פוטנציאלית חשמלית 724
- 25-3 פוטנציאל חשמלי 727
- 25-4 משטחים שווי פוטנציאל 730
- 25-5 חישוב הפוטנציאל בהינתן השדה החשמלי 732
- 25-6 פוטנציאל של מטען נקודתי 734
- 25-7 פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית של צבר מטענים נקודתיים 736
- 25-8 פוטנציאל של דיפול חשמלי 739
- 25-9 פוטנציאל הנוצר בגין פילוג מטען רציף 741

25-10	השדה החשמלי הנגזר מהפוטנציאל	743
25-11	פוטנציאל של מוליך טעון מבודד מסביבתו	745
סיכום	פרק 25	749
פרק 26 זרם והתנגדות 757		
26-1	מבוא	758
26-2	סוללות ומעבר מטענים	758
26-3	סוללות וזרם חשמלי	759
26-4	תרשימים של מעגלים חשמליים ומכשירי מדידה	764
26-5	התנגדות וחוק אוהם	765
26-6	התנגדות והתנגדות סגולית	768
26-7	הספק במעגלים חשמליים	771
26-8	צפיפות הזרם במוליך	773
26-9	התנגדות סגולית וצפיפות הזרם	775
26-10	מבט מיקרוסקופי על זרם והתנגדות	776
26-11	סוגים נוספים של מוליכים	779
סיכום	פרק 26	782
פרק 27 מעגלים חשמליים 787		
27-1	זרמים ומעגלים חשמליים	788
27-2	זרם חשמלי ומתח במעגלים בעלי עניבה בודדת	789
27-3	התנגדות טורית	791
27-4	מעגלים רבי עניבות	793
27-5	התנגדות מקבילה	794
27-6	סוללות ואנרגיה	799
27-7	התנגדות פנימית והספק	800
סיכום	פרק 27	806
פרק 28 קיבול 817		
28-1	שימוש בקבלים	818
28-2	קיבול	819
28-3	חישוב הקיבול	822
28-4	חיבור קבלים במקביל ובטור	826
28-5	האנרגיה האגורה בשדה חשמלי	830
28-6	קבל עם חומר דיאלקטרי	833
28-7	חומרים דיאלקטריים במודל אטומי	835
28-8	חומרים דיאלקטריים וחוק גאוס	837
28-9	מעגלי RC	839
סיכום	פרק 28	844
פרק 29 שדות מגנטיים 851		
29-1	סוג חדש של כוח?	852
28-2	בדיקת ההתנהגות של הכוח המגנטי	852
29-3	הגדרת השדה המגנטי	853
29-4	יחסי הכוח המגנטי והשדה המגנטי	855
29-5	תנועה מעגלית של חלקיק טעון	861
29-6	שדות ניצבים: גילוי האלקטרון	865
29-7	אפקט הול	867
29-8	פעולת הכוח המגנטי על תיל נושא זרם	869
29-9	מומנט סיבוב הפועל על לולאה נושאת זרם	871
29-10	מומנט הדיפול המגנטי	873
29-11	הציקלוטרון	874
סיכום	פרק 29	877
פרק 30 שדות מגנטיים הנוצרים על ידי זרמים 885		
30-1	מבוא	886
30-2	תופעות המגנטיות של זרמים - תצפיות אורסטד	886
30-3	חישוב שדה מגנטי הנוצר על ידי זרם חשמלי	887
30-4	הכוחות שבין זרמים מקבילים	894
30-5	חוק אמפר	895
30-6	סילונית וטורואיד	900
30-7	סליל נושא זרם, כדיפול חשמלי	902

33-3	צפיפות האנרגיה בשדה 992
33-4	תנודות LC , דיון איכותי 993
33-5	האנלוגיה החשמלית-מכנית 995
33-6	תנודות LC , ניתוח כמותי 996
33-7	תנודות מרוסנות במעגל RLC 1000
33-8	עוד על זרם חילופין 1002
33-9	תנודות מאולצות 1003
33-10	ייצוג תנודות באמצעות פאזורים 1003
33-11	מעגל RLC טורי 1007
33-12	הספק במעגלי זרם חילופין 1013
	סיכום פרק 33 1015

פרק 34 גלים אלקטרומגנטיים 1023

34-1	מבוא 1024
34-2	חיזוי האלקטרומגנטיות על ידי מקסוול 1024
34-3	יצירת גלים אלקטרומגנטיים 1026
34-4	תיאור מתמטי של תכונות הגל האלקטרומגנטי 1030
34-5	העברת אנרגיה באמצעות גלים אל"מ 1035
34-6	לחץ קרינה 1039
34-7	קיטוב 1042
34-8	הקשת של מקסוול 1046
	סיכום פרק 34 1047

פרק 35 יצירת דמויות 1055

35-1	מבוא 1056
35-2	החזרה ושבירה 1057
35-3	החזרה פנימית מלאה 1062
35-4	קיטוב באמצעות החזרה 1063
35-5	שני סוגי דמויות 1064
35-6	מראות מישוריות 1066
35-7	מראות כדוריות 1068

סיכום פרק 30 905

פרק 31 השראות ומשוואות מקסוול 915

31-1	מבוא 916
31-2	השראות עקב תנועה בשדה מגנטי 916
31-3	השראות באמצעות שדה מגנטי משתנה 918
31-4	חוק פאראדיי 920
31-5	חוק לנץ 923
31-6	השראות וחילופי אנרגיה 926
31-7	שדות חשמליים מושרים 928
31-8	שדות מגנטיים מושרים 933
31-9	זרם העתק 936
31-10	חוק גאוס לשדות מגנטיים 938
31-11	משוואות מקסוול בריק 939
	סיכום פרק 31 941

פרק 32 סלילי השראות וחומרים מגנטיים 953

32-1	מבוא 954
32-2	השראות עצמית 954
32-3	השראות הדדית 957
32-4	מעגלי RL 960
32-5	משרנים, שנאיים וכוח חשמלי 963
32-6	חומרים מגנטיים הקדמה 966
32-7	פרומגנטיות 971
32-8	חומרים מגנטיים אחרים 975
32-9	המגנטיות של כדור הארץ 977
	סיכום פרק 32 980

פרק 33 תנודות אלקטרומגנטיות זרם חילופין 989

33-1	יתרונותיו של זרם החילופין 990
33-2	האנרגיה האגורה בשדה מגנטי 991

עקיפה דרך סדק צר: מיקום אזורי המינימום	37-2	1131
ניתוח איכותי של עקיפה מסדק יחיד	37-3	1134
ניתוח כמותי של העוצמת בעקיפה דרך סדק יחיד	37-4	1135
עקיפה דרך מפתח עגול	37-5	1138
עקיפה מסדק כפול	37-6	1140
סריגי עקיפה	37-7	1143
סריגים: נפיצה וכושר הפרדה	37-8	1146
עקיפת קרני x	37-9	1149
סיכום פרק 37		1152

נספחים 1159

תשובות לתרגילי קריאה ובעיות בלתי זוגיות 1165

זכויות לתמונות 1175

מפתח העניינים 1177

**הסדרה המדעית של המכללה האקדמית להנדסה
אורט בראודה 1186**

דמויות של מראות כדוריות	35-8	1069
משטחי שבירה כדוריים	35-9	1073
עדשות דקות	35-10	1076
מכשירים אופטיים	35-11	1082
שלוש הוכחות	35-12	1085
סיכום פרק 35		1088

פרק 36 התאבכות גלי אור 1099

התאבכות	36-1	1100
האור כגל	36-2	1100
עקיפה	36-3	1105
ניסוי ההתאבכות של יאנג	36-4	1105
קוהרנטיות	36-5	1109
העוצמה בהתאבכות עם סדק כפול	36-6	1110
התאבכות משכבות דקות	36-7	1113
האינטרפרומטר של מיכלסון	36-8	1120
סיכום פרק 36		1121

פרק 37 עקיפה 1129

עקיפה והתורת הגלית של האור	37-1	1130
----------------------------	------	------

הקדמה לספר

חשמל, מגנטיות ואופטיקה

בסדרת "מבינים פיזיקה"

תגובות מעודדות שקבלנו ממרצים ומסטודנטים לפיזיקה עודדו אותנו להמשיך במפעל תרגום "מבינים פיזיקה" עבור הקורס השני בלימודי יסוד באקדמיה, העוסק בחשמל מגנטיות ואופטיקה. סטודנטים רבים חשים שהידע הנלמד בקורס אלה אינו זמין לאחר סיום הקורסים. הם סובלים מתופעת "ידע שביר", ידע המסייע להם לעיתים לעבור את הקורס, אך נעלם זמן קצר לאחר סיומו וחסר להם בהמשך לימודיהם. אחת הסיבות לכך היא הנטייה של סטודנטים רבים להתמקד בפתרון תרגילים, מבלי להעמיק בהבנת הנושאים הנדונים ותוך המנעות מקריאת ספרי לימוד. הסיבות לנטייה זו רבות, אחת הבולטות שבהן הוא השילוב בין צבר קשיים אותם פוגש הסטודנט בתחילת לימודיו. הקושי בכניסה לעול הלימודים האקדמיים, התמודדות עם עומס לימודים גבוה בסביבה לא מוכרת ובנוסף לכך הדרישה לקורא ספרות מקצועית באנגלית. הסטודנטים טענו כי "לו היה ספר מתאים בעברית הם הייתי לומד בעזרתו פיזיקה". לראיה רבים מהם מעדיפים לקרוא ספרי לימוד ברמה תיכונית בעברית בקורסי היסוד בפיזיקה של האקדמיה. במשך כשלושים שנה מאז ראה אור בעברית ספר אקדמי במכניקה, חלו התפתחויות רבות בשיטות ההוראה, בידע הפיזיקאלי ובשילובו בטכנולוגיה העוטפת את האדם המודרני. שולבו מעבדות ממוחשבות, הופיעו אתרי אינטרנט, נוצרו הדמיות, הופיעו מצגות ועוד. לכל אלה אין הד בספרים הקודמים.

לאור צרכי הסטודנטים ורצון לעדכן את הוראת הפיזיקה החליטה המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה לפתח סביבת לימוד בהוראת פיזיקה, שתועמד לרשות כל המוסדות להשכלה גבוהה בארץ. סביבה זו מבוססת על שני מרכיבים עיקריים - הספר מבינים פיזיקה שיופיע בשלושה חלקים - א. מכניקה, ב. חשמל מגנטיות ואופטיקה ג. פיזיקה מודרנית. אתר אינטרנטי שיתמוך בלמידה של סטודנטים ובהוראה של מרצים בפיזיקה ובו יופיעו: תקצירים מהספר, שאלות, הדמיות, מערכות מושגים, פתרונות לשאלות, סרטי ודיאו והרצאות. כתובת האתר <http://up.braude.ac.il> בדרך זו אנו מקווים לאפשר עדכון מתמיד של נושאים הקשורים בהוראת הפיזיקה והזדמנות לשפר את הספר והאתר התומך בו. מרכיב שלישי המסייע בהוראת הפיזיקה הוא בודק המטלות ברשת - WebAssgn. במערכת זו, שפותחה לפני למעלה מעשור בארה"ב, מופיעות שאלות מהספר (ומעוד כמה ספרים נוספים בפיזיקה) שניתן להציגם לסטודנטים באמצעות הרשת. המערכת עובדת בהצלחה, בגרסתה העברית, מזה עשר שנים במכללתנו ובמכללות נוספות, ומסייעת לסטודנטים ולמרצים. כתובת האתר של בודק המטלות היא www.wa2u.net.

מבצע פיתוח סביבת למידה חדשה ותרגום ספר הינו מורכב ודורש שיתוף פעולה נרחב ועזרה של אנשים רבים. זוהי הזדמנות נעימה להודות לחלק מהם. ראשונה חביבה ברצוני להודות למיכל ברוק העורכת הגרפית של הספר שעמלה בכישרון ימים ולילות על הכנתו תוך התאמתו לכל הדרישות המדעיות והאסטטיות. דוד אגמון העורך המדעי של הספר, רחב האופקים, בנוסף להיותו מורה מוכשר לפיזיקה, הקפיד על קלה כבחמורה. לפרופ' יובל גרעיני מאוניברסיטת בר-אילן ולדר' אהרון גרו מהטכניון, אשר סייעו בליטוש התרגום והקפדה על הדיוק המדעי. למר שאדי עסאקלה ומר אביחי בלמס - בוני האתר של ספר. שאדי ריכז את התמיכה הטכנית ביחידה לתקשוב בהוראה, והוחלף על ידי אביחי. בעבודתם הפגינו ידע ותושייה רבים בהסבה של רעיונות פיזיקאליים לביטים ושורות קוד. הספר תורגם על ידי שלושה מתרגמים אשר יצרו טכסט בהיר, מדויק ונוח לקריאה. מר אוזי וגנר תרגם את פרקים 22 - 25, מר יעקב גרעיני תרגם את פרקים 26 - 32, ומר שמחה גילעם שתרגם את פרקים 33 - 37. תודתנו נתונה להוצאת Wiley על שנאותה להעניק לנו את זכויות

התרגום, ולהוצאת מאגנס ומנהלה מר חי צבר שעבדו עמנו בשיתוף פעולה פורה בהפקה ושיווק. לעונג היה לי לבלות עם עמיתי פרופ' אריה מהרשק בדיונים על שיפור ההוראה ופיתוח סביבות למידה ותרומתם ניכרת בספר זה. עזרה חיונית הגישו לנו אנשי המנהלה במכללה: שמעון הקר - מנהל הקמפוס, צביקה קרני - מנהל הכספים, ונתן שטיינפלד - החשב שדאגו להיבטים חשובים בלעדיהם הספר לא היה רואה אור. אחרונים יבואו על הברכה מובילי החזון ואמונה בחשיבות פיתוח אמצעי לימוד והוראה נשיא הקודם של המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה דר' שמריהו רוזנר, והנשיא הנכחי פרופ' יוחנן ארזי.

דר' דוד פונדק
ראש היחידה לתקשוב בהוראה
המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה.