

שם ומספר הקורס: פיזיקה 5 יח"ל 96-900-15/16/17/18

למסלול המכינה הייעודית להנדסה ומדעים מדויקים

[מבוסס על תוכנית לימודים מס' 1 של המל"ג]

שם המרצה: ד"ר נילי מדר-וילצ'יק, ד"ר לבנת לנדאו

סוג הקורס: הרצאה + מעבדות

שנת לימודים: תשפ"ד סמסטר: שנת

היקף שעות: 406 (14 ש"ש, 29 שבועות) + 58 שעות תרגול/תגבור

אתר הקורס באינטרנט: <https://lemida.biu.ac.il/>

שקלול הציון:

- 30% מבחן (סמסטר א')
- 37% מבחן (סמסטר ב')
- 9% תרגילים
- 9% הערכת מרצה
- 15% מעבדה

מעבדה

הקורס כולל מעבדות בפיזיקה בהיקף של 12 שעות.

להלן פירוט המעבדות שנלמדות:

1. חוק סנל
2. חוק שני של ניוטון
3. תנועה הרמונית פשוטה
4. מעגלי זרם
5. גליונומטר טנגנטי
6. התאבכות ועקיפה

סילבוס:

חלק א' – מכניקה

ידע הכרחי במתמטיקה ללימודי מכניקה
הידע המתמטי הנדרש ללימוד המכניקה: פונקציה ריבועית, כולל תיאור גרפי. משוואה ריבועית.
משפט פיתגורס. מערכת-צירים ישרת זוית (שעורי נקודה, מרחק בין נקודות, שיפוע ישר, משוואת ישר). יחס ישר ויחס הפוך. טריגונומטריה: הגדרת זוית במעלות ורדיאן והמרה בין היחידות, הגדרות מצומצמות (עבור זויות חדות חיוביות) של הפונקציות הטריגונומטריות הבסיסיות. זהויות טריגונומטריות בסיסיות. התרת משולש ישר-זווית. הגדרות מוכללות (עבור זויות כלליות) של הפונקציות הטריגונומטריות, סינוס וקוסינוס כשיעורי נקודה במעגל היחידה כולל זויות שליליות. זהויות טריגונומטריות נוספות. משפטי משולשים: סינוסים, קוסינוסים.

1. ביסוס ניסיוני, מדידות ויחידות

פיזיקה כמדע ניסויי, משמעות הניסוי, קשר בין ניסוי לתיאוריה - המודל הפיזיקלי ומשמעותו. משמעות המדידה וחשיבותה, קנה מידה, ממדים ויחידות, שרירותיות בבחירת היחידות. כללי פעולה בערכים עם יחידות. מערכת היחידות הסטנדרטית הבין-לאומית SI.

2. תנועה חד ממדית

תנועה – מושגי יסוד: שינוי המקום בזמן, מערכת יחוס: צופה (כמודד מיקום), מערכת קואורדינטות כדרך להצגת ומדידת מקום, שיעון ומדידת זמן.
תנועה חד ממדית – מושגי יסוד: מערכת קואורדינטות על קו ישר (ראשית, כיוון חיובי, שיטת המדידה כמיקום ביחס לראשית). המושג גוף נקודתי ומשמעותו בפיזיקה. ביטוי מתמטי לתנועה - קואורדינטה כפונקציה של זמן. העתק, תכונות ההעתק (חיבור העתקים, כפל במספר). המושגים: מסלול, אורך הדרך והעתק וההבדלים ביניהם. מהירות ממוצעת, העתק באמצעות מהירות ממוצעת. מהירות רגעית, הגדרת מושג הנגזרת ומהירות רגעית כנגזרת של מיקום (קואורדינטה) לפי זמן (הסבר בלבד), העתק כאינטגרל של מהירות רגעית לפי זמן (הסבר בלבד). תנאי התחלה. תאוצה ממוצעת, תאוצה רגעית כנגזרת של מהירות לפי זמן (הסבר בלבד). מהירות רגעית כאינטגרל של תאוצה רגעית לפי זמן בתוספת מהירות התחלתית (הסבר בלבד).
תיאור גרפי: מקום (קואורדינטה) כפונקציה של זמן, מהירות ממוצעת מגרף המיקום בזמן, מהירות רגעית כשיפוע. מהירות כפונקציה של הזמן, תאוצה ממוצעת ותאוצה רגעית, העתק ודרך מגרף המהירות. תאוצה כפונקציה של זמן, שינוי המהירות מגרף התאוצה. תנועת שוות תאוצה, מהירות ומיקום כפונקציות של הזמן.

3. וקטורים בפיזיקה

הגדרות וקטורים וסקלרים: וקטור כזוג רכיבים, קיום הפעולות (שוויון, חיבור, כפל במספר). וקטור בגישה גיאומטרית (גודל וכיוון). פעולות (שוויון, חיבור וכפל במספר) בשיטה הגיאומטרית. הבדל בין וקטור (תלות הרכיבים בבחירת מערכות קואורדינטות) לבין סקלר.

4. תנועה בשניים ובשלושה ממדים

תיאור מקום במישור ובמרחב: הצגת וקטורי המקום, העתק (כשינוי הקואורדינטות) והמהירות בגישה אלגברית וגיאומטרית. הצגת וקטור התאוצה (גישה אלגברית בלבד). **מערכת קואורדינטות קרטזיות:** צורך בשלוש קואורדינטות. עקרון אי-התלות של התנועות לאורך כל קואורדינטה. מושגי יסוד (מהירות, תאוצה) לכל קואורדינטה באופן בלתי תלוי. העתק, מהירות ותאוצה כמערכים בעלי שלושה רכיבים השייכים לכל קואורדינטה בנפרד. נדרשת שליטה בשני ממדים.

תנועה בתאוצה קבועה ותנועה בליסטית: המושגים תאוצת נפילה חופשית, נפילה חופשית בהיעדר אטמוספירה, זריקה, נקודת השיגור, מהירות השיגור, זווית השיגור, שיא המסלול, טווח. צורת המסלול. קשרים בין מהירות, תאוצה והעתק.

תנועה מעגלית: המושג מסלול מעגלי, קואורדינטה זוויתית, זווית הסיבוב – שינוי במיקום הזוויתי. כיוון וקטור המהירות כמשיק למסלול. תאוצה משיקית הנובעת משינוי גודל המהירות ותאוצה ניצבת הנובעת משינוי כיוון המהירות. תאוצה צנטריפטלית ותאוצה משיקית.

תכונות כלליות של תנועה בשניים ושלושה ממדים (גישה איכותנית): מסלול ודרך, כיוון המהירות כמשיק למסלול, כיוון התאוצה באופן כללי, תאוצה ניצבת.

5. דינמיקה, חוקי ניוטון

תנועה יחסית במהירות קבועה והחוק הראשון: מערכת יחוס (צופה, מערכת קואורדינטות ושעון). עקרון התנועה היחסית (תנועה נמדדת תמיד ביחס וע"י צופה כלשהו). הגדרה של מערכת יחוס התמדית (כל גוף, בהעדר השפעה עליו מגופים אחרים, נע במהירות קבועה ביחס לצופה במערכת התמדית). עקרון היחסות למערכות התמדיות (חוקי פיזיקה אינם תלויים בצופה/מערכת המדידה). (בניית מערכות יחוס התמדיות נוספות (צופה עומד וצופה נע לאורך קו ישר במהירות קבועה). הקשרים בין וקטורי המקום, המהירות, והתאוצה בין מערכות התמדיות שונות. החוק ראשון של ניוטון.

חוק שני: וקטור כוח כמידת השפעה של גוף אחד על אחר. סופר-פוזיציה וכוח שקול. חוק שני: תאוצה כתוצאה פעולת הכוח השקול – סכום הכוחות המופעלים ע"י גופים אחרים (חשוב להדגיש שבמערכות התמדיות הכוח השקול בחוק השני הוא סכום הכוחות שמופעלים ע"י גופים, ז"א לכל כוח יש גוף שמפעיל אותו). מסה כתכונת הגוף הקוצבת את תאוצתו תחת פעולה של כוח נתון. מסה כסקלר.

חוק שלישי: כוחות כפעולה הדדית בין זוגות גופים. שווי גודל והפוכים בכיוון. סקירת כוחות נפוצים בקורס: כוח הכבידה, משקל, נורמל ככוח שהמשטח מפעיל בניצב (פועל מכיוון המשטח החוצה), כוח חיכוך סטטי/קינטי – ככוח שהמשטח מפעיל בכיוון המשיק. שקול הכוחות על גוף חסר מסה מתאפס תמיד, מתיחות של חוט "חסר" מסה, חוט בעל מסה (גישה איכותנית).

סטטיקה ותנועה במהירות קבועה: עקרונות – שקול הכוחות מתאפס. פתרון בעיות בסטטיקה, גוף על גוף, מציאת מתיחויות במערכת של גופים וחוטים.

בעיות ללא חיכוך: גלגלת, מכונת אטווד, גוף על מדרון, משקל הנמדד במעלית מואצת, שילוב גלגלת ומדרון.

חיכוך: חיכוך ככוח התגובה המשיק של משטח (בניגוד לנורמל ככוח התגובה הניצב) תכונות של כוח חיכוך סטטי (אי-שוויון לגודל במקום גודל מקסימלי) וכוח חיכוך קינטי. חשיבות מהירות הגוף ביחס למשטח בנקודת המגע.

6. עבודה ואנרגיה

אנרגיה קינטית ועבודה: המושג "אנרגיה קינטית", תלות האנרגיה הקינטית במערכת הייחוס. עבודת כוח קבוע לאורך מקטע ישר. עבודת כוח התלוי במקום במקטע קטן ושינוי האנרגיה הקינטית במקטע זה (איכותני בלבד). עבודה של כוח שקול כסכום העבודות של הכוחות המרכיבים את הכוח השקול.

העבודה של כוחות שונים: כוח קבוע (כדוגמה כוח הכבידה), כוח הנורמל (משטח נייד), כוח חיכוך סטטי (משטח נייד), כוח חיכוך קינטי (משטח נייד ואחיד), כוח אלסטי של קפיץ. משפט עבודה ואנרגיה קינטית, שינוי האנרגיה הקינטית שווה לעבודתו של הכוח השקול. יש להדגיש: "השינוי הינו אנרגיה קינטית בסוף פחות אנרגיה קינטית בהתחלה", יש להדגיש כי אסור להשתמש בערך מוחלט במשוואה זו ולהסביר את משמעות הסימן של העבודה. הספק ממוצע והספק.

אנרגיה פוטנציאלית: כוחות משמרים ולא משמרים. עבודה של כוח משמר כשינוי אנרגיה פוטנציאלית. אנרגיה פוטנציאלית כאנרגית פעולה הדדית. שייכות האנרגיה הפוטנציאלית לזוג הגופים שמפעילים כוחות זה על זה על פי החוק השלישי. אנרגיה פוטנציאלית של גוף בסביבה לא משתנה (אנרגיה פוטנציאלית תלויה במקום בלבד). תלות אנרגיה פוטנציאלית במיקום. חופש בחירה של נקודת ייחוס לאנרגיה פוטנציאלית. אנרגיה פוטנציאלית של כוח הכבידה ושל קפיץ. אנרגיה מכנית. משפט עבודה ואנרגיה עם כוחות משמרים בלבד וחוק שימור האנרגיה עבור אנרגיה מכנית. משפט עבודה - אנרגיה כאשר פועלים כוחות משמרים ועבור המקרה בו פועלים גם כוחות לא משמרים.

7. תנע ומערכות חלקיקים

תנע ומתקף: הגדרה של מתקף ותנע והקשר ביניהם, החוק השני של ניוטון באמצעות תנע (שינוי תנע ומתקף, נגזרת התנע לפי זמן וכוח, הסבר בלבד). וקטור הכוח הממוצע בזמן (וקטור המתקף חלקי הזמן).

מערכות חלקיקים: הגדרת המערכת והעולם החיצוני לה, גופים השייכים למערכת וגופים חיצוניים, כוחות פנימיים וכוחות חיצוניים. מסת המערכת, תנע המערכת, הגדרת מרכז המסה ומשמעותו (תנועתו נקבעת על פי כוחות חיצוניים בלבד), מהירות מרכז המסה ומיקומו. החוק השני של ניוטון למערכות של גופים. שימור תנע של מערכת גופים. אנרגיה קינטית של מערכת גופים. **התנגשויות:** הגדרת ההתנגשות (זמן פעולת הכוחות קצר מאוד), טיפול בבעיות פיזיקליות הקשורות להתנגשויות הגופים (התעלמות ממידות, קיום מבנה פנימי). שימור המסה בהתנגשות. תנאים לשימור התנע (מתקף כוחות חיצוניים זניח). שימוש במונח "אנרגיה קינטית של גוף נקודתי" כתחליף ל"אנרגיה קינטית של מרכז המסה של הגוף". אנרגיה קינטית של מערכת הגופים. התנגשויות אלסטיות ואי-אלסטיות והמרת אנרגיה קינטית של הגופים לאנרגיה פנימית..

8. תנועה הרמונית פשוטה

ניתוח תנועת גוף המחובר לקפיץ אופקי (שקצהו השני מקובע) על משטח אופקי נטול חיכוך, בעקבות הסטה משיווי משקל ושחרור ממנוחה: כח מחזיר, התאוצה המשתנה התלויה במיקום ביחס לנק' שיווי המשקל, המהירות המקסימלית בנק' שיווי המשקל, הסימטריה סביב נק' שיווי המשקל, סימטריה בין כיווץ ומתיחה. הגדרת המשרעת, זמן המחזור, תדירות התנודות. שימור האנרגיה המכנית בתנודה. פיתוח ביטויים למהירות בכל נקודה. ניתוח תנועת גוף הקשור לקפיץ אנכי (שינוי משולב של האנרגיות הפוטנציאליות הכובדית והאלסטית), הפרדה בין המצב בו הקפיץ רפוי (וביחס אליו נמדד תמיד השינוי באורך הקפיץ במשוואות הכוח והאנרגיה) לבין מצב שיווי המשקל (הקפיץ נמתח כשנתלה בו הגוף). ניתוח תנודת מטוטלת, עבור קירוב זוויות קטנות בלבד.

9. כבידה

רקע היסטורי, חוקי קפלר (איכותי בלבד). חוק הכבידה האוניברסלי בין כל שני גופים בעלי מסה, קבוע הכבידה האוניברסלי, הגודל הזניח של כוחות אלה בגופים שמסתם מסדר גודל של גופים בחיי היומיום. חישוב גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ, כאשר יש להציב בנוסחת הכוח את רדיוס כדור הארץ. חישוב גודל תאוצת הנפילה החופשית במרחק משמעותי מעל פני כדור הארץ (הוכחה שיש כבידה בחלל!). תנועת לוויינים: תנועה מעגלית, עם תאוצה רדיאלית בעלת גודל קבוע שכיוונה מרכז המעגל, כלומר מרכז הכוכב. ביטוי למהירות כתלות במרחק ממרכז הכוכב. אנרגיה פוטנציאלית כבידתית (סימן המינוס – באופן מעשי בלבד, עדיין ללא העמקה במשמעות, אשר תגיע בהמשך). אנרגיית לוויין. מהירות שיגור. מהירות מילוט.

10. חלק ב' - חשמל ומגנטיות

ידע הכרחי במתמטיקה:
וקטורים, נגזרות, אינטגרל (ילמד במקביל).

11. המטען החשמלי וחוק קולון

מושגי יסוד: כוח חשמלי ומטען חשמלי, שימור המטען, מנות המטען. מטען הפרוטון ומטען האלקטרון. מבנה החומר, מטען של גופים: גוף טעון וגוף ניטרלי. מבדדים ומוליכים. טעינת גופים בחשמל סטטי.
חוק קולון: חוק קולון ברישום וקטורי, יחידת המטען החשמלי, עקרון הסופר-פוזיציה עבור מטענים נקודתיים בדידים. השדה על ציר הסימטריה של טבעת מטען אחידה.

12. שדה חשמלי

שדה חשמלי: הגדרה בעזרת מטען-בוהן, עקרון הסופרפוזיציה. חישוב השדה על פי מטענים יוצרים, חישוב כוח חשמלי שקול באמצעות שדה. תיאור שדה באמצעות קווי שדה, קווי שדה של מטען בודד, מטענים שווים ודיפול.
חוק גאוס: שטף חשמלי, תיאור באמצעות קווי שדה. ניסוח החוק עבור שדה חשמלי. חישוב שדה בעזרת חוק גאוס רק עבור ההתפלגויות הבאות: קליפה כדורית טעונה אחיד, מישור אינסופי טעון אחיד, חוט אינסופי טעון אחיד. הדגמת העקרונות של חוק גאוס על ידי קווי השדה של שני מטענים נקודתיים מסוגים שונים (הסבר איכותני).

13. אנרגיה פוטנציאלית חשמלית ופוטנציאל חשמלי

אנרגיה אלקטרוסטטית: אנרגיה של שני מטענים נקודתיים. עבודה של כוח חשמלי על מטען בוחן בשדה חשמלי נתון. אנרגיה של מערכת מטענים נקודתיים. אנרגיה האינטראקציה של מטען בוחן עם מטענים נייחים (כאשר השדה החשמלי נתון).
פוטנציאל חשמלי: פוטנציאל חשמלי - הגדרה, עקרון הסופרפוזיציה. קשר בין פוטנציאל ושדה (על בסיס ניתוח של אנרגיה פוטנציאלית במכניקה). משטחים שווי-פוטנציאל. הפוטנציאל של קליפה כדורית טעונה אחיד (בחוץ ובפנים). הפרש פוטנציאלים בשדה אחיד. הגדרת המתח כהפרש פוטנציאל.

14. מוליכים באלקטרוסטטיקה

תכונות המוליך, איפוס השדה בתוך מוליך, איפוס צפיפות המטען בנפח המוליך והצטברות המטען על השפה החיצונית של מוליך, מוליך כגוף שווה-פוטנציאל. כיוון השדה על פני המוליך. חיבור מוליכים ומעבר מטען. הארקה.

15. קיבול חשמלי של שני מוליכים

הגדרת הקיבול החשמלי, מטען הקבל, מתח הקבל, אנרגיית הקבל. הקיבול של קבל לוחות מקבילים. שימושים בקבלים (אכסון של מטען ואנרגיה). חיבור קבלים בטור ובמקביל.

16. זרם חשמלי

זרם ישר: הגדרת הזרם החשמלי הממוצע, כיוון הזרם, עוצמת זרם ממוצעת/רגעית, יחידת עוצמת זרם, זרם ישר. הסבר בלבד: זרם לא ישר, זרם חילופין, זרם אחיד/לא אחיד, זרם קבוע/לא קבוע. **זרם במוליך:** מוליכות (התנגדות), הסבר מיקרוסקופי (למה אלקטרונים במוליך לא מואצים ללא הגבלה), מוליכות סגולית (התנגדות סגולית), נגד פשוט, התנגדות. מתח וזרם, חוק אום. חיבור נגדים. איבודי האנרגיה בנגד.

17. כא"מ ומעגלים

מקור אנרגיה חיצוני, מקורות כימיים וסוללה (גישה איכותנית). מעגל פשוט של כא"מ ונגד, התנגדות פנימית של סוללה, הספק של רכיב כלשהו כמכפלת הזרם במתח והספק של נגד, פתרון מעגלי זרם ישר פשוטים תוך שימוש בתכונות חיבור הנגדים במקביל ובטור, נצילות של מעגל חשמלי. מכשירי מדידה: אמפרמטר ווולטמטר אידאליים ולא אידאליים. טעינת קבלים ופריקתם) גישה איכותנית.

18. שדה מגנטי וכוח מגנטי

מגנטיות בטבע. חומרים מגנטיים וקווי שדה מגנטי. כוח לורנץ. תכונות קווי שדה מגנטי, אי-קיום "מטען מגנטי". שדה מגנטי אחיד. תנועת חלקיקים טעונים בשדה מגנטי אחיד. ספקטרוגרף מסות. כוח מגנטי הפועל על זרם חשמלי. מנוע זרם ישר (גישה איכותנית). יצירת שדה מגנטי ע"י זרמים חוק ביו-סבר (גישה איכותנית). שדה מגנטי של תיל ישר ואינסופי נושא זרם ושדה מגנטי במרכז של לולאת זרם. כוח בין תילים מקבילים נושאי זרם. אלקטרומגנט. חומרים מגנטיים.

19. כא"מ מושרה

כא"מ מושרה במוליך שנע בשדה מגנטי. השראה אלקטרומגנטית, שטף מגנטי, חוק פאראדיי-לנץ. מחולל זרם חילופין, שנאי (מומלץ).

20. אופטיקה גיאומטרית

האור, טיבו והתפשטותו (כולל מהירות האור), התקדמות קרני אור בקו ישר. זווית של קרן אור נמדדת תמיד ביחס לאנך למשטח בנקודת הפגיעה של הקרן.

החזרה (זווית החזרה שווה לזווית פגיעה), מראות מישוריות, שרטוט מהלך הקרניים, היווצרות דמות מדומה במראה המישורית, מרחק דמות מהמראה, גודל דמות במראה, ההבדל בין היווצרות דמות לבין ראיית דמות ע"י צופה ספציפי, צופה נקודתי ולא נקודתי, שדה ראייה.

שבירה: חוק סנל, כולל עומק מדומה, החזרה חלקית, זווית קריטית והחזרה מלאה, מנסרה (סיב אופטי באופן איכותי בלבד), נפיצה (איכותי בלבד).

עדשות דקות (מרכזות ומפוזרות): רוחק מוקד זהה משני הצדדים של העדשה, הגדרת העדשה ע"י פגיעת קרן במקביל לציר האופטי ושבירתה דרך המוקד (מרכזת) או כאילו הגיעה מהמוקד (מפוזרת), שרטוט מהלך שלוש קרניים ידועות לכל סוג עדשה (פוגעת במקביל, פוגעת דרך המוקד – או כאילו הגיעה מהמוקד – ופוגעת דרך מרכז העדשה וממשיכה בלי להישבר, שרטוט בקו ישר), דמות בעדשה מרכזת (כאשר העצם מרוחק מהעדשה יותר מהמוקד, וכאשר העצם קרוב לעדשה), דמות בעדשה מפוזרת. דמות ממשית ומדומה, דמות ממשית ניתן לראות על מסך. משוואות הגדלה קווית, קשר בין מרחק עצם מהעדשה, מרחק דמות מעדשה ומרחק מוקד מעדשה. גובה דמות (כולל סימן שלילי אם הדמות הפוכה). שתי עדשות, עדשה ומראה. מיקרוסקופ, טלסקופ, ליקווי ראייה (באופן איכותי בלבד).

21. גלים, התאבכות ועקיפה

הגדרת גל כהפרעה שמתקדמת בתווך. מונחים מתמטיים הקשורים לאפיון גלים: אורך גל, משרעת, זמן מחזור, תדירות. אנרגיית הגל תלויה במשרעת הגל (איכותי בלבד). גלים מחזוריים, גרפים של התנודה כפונקציה של הזמן ושל המיקום, גלי סינוס. גלי אורך ורוחב. דוגמאות לגלים בחיי היומיום, גלים אלקטרומגנטיים, גלי קול. קשר בין אורך גל, תדירות, זמן מחזור ומהירות ההתקדמות של הגל. שינוי מהירות כתלות בתווך.

הגדרת התאבכות, הגדרת מקורות קוהרנטיים, הגדרת התאבכות בונה. התאבכות בונה כתנודה בעלת משרעת כפולה. התאבכות הורסת כהעדר תנודה. התאבכות בנקודה המרוחקת מרחק זהה משני המקורות לעולם תהיה בונה. הפרש דרכים שין המקורות לנקודה כלשהי, ואופי התאבכות ע"י הפרש הדרכים הזה: התאבכות בונה כשהפרש הדרכים שווה לכפולה שלמה של אורך הגל, התאבכות הורסת כאשר הפרש הדרכים שווה לכפולה שלמה ועוד חצי אורך גל. התאבכויות ביניים.

תבנית התאבכות על מסך, התאבכות בשני סדקים (כדי לייצר שני מקורות קוהרנטיים עבור גל אלקטרומגנטי). מרחק בין שתי נקודות סמוכות בעלות עוצמה מקסימלית, מרחק בין שתי נקודות סמוכות בעלות עוצמה מינימלית. סימטריה סביב נקודת האמצע. גרף עוצמה (איכותי בלבד) כפונקציה של המיקום.

תבנית עקיפה על מסך, כתוצאה מסדק יחיד. רוחב כפול של פס האור המרכזי בהשוואה לרוחב שאר פסי האור. דעיכה של העוצמה בהתרחקות ממרכז המסך (איכותי בלבד). ניתוח משמעות תוצאות

מספריות (תבניות התאבכות ועקיפה בהן עובי הפס דק מכדי להיראות בעין בלתי מזויינת, או גדול עד כדי כך שעובר את גודל המסך).

22. מבנה החומר

משוואת אנרגיה כוללת של אלקטרון באטום. האנרגיה של אלקטרון באטום היא שלילית. אנרגיה של אלקטרון כאשר הוא משתחרר מהאטום היא לכל הפחות אפס. משמעות הפרש האנרגיה הזה ("בור אנרגיה"), והצורך לקבל אנרגיה ממקור חיצוני כדי "לצאת מהבור", תהליך שלא יכול להתרחש ללא הפעלת כוח או קבלת אנרגיה ממקור חיצוני כלשהו.

האפקט הפוטואלקטרי: תיאור הניסוי, הבעיות שהתעוררו בו (העוצמה, שאמורה היתה להשפיע, ולא השפיעה. התדירות, שלא היתה אמורה להשפיע כלל, והשפיעה באופן משמעותי, כולל קשר לינארי לאנרגיה הקינטית ותדירות סף). מתח עצירה כדרך למדוד את האנרגיה הקינטית של האלקטרונים היוצאים מהאטום.

הפיתרון של איינשטיין, שהאנרגיה בסדרי הגודל האלה ניתנת במנה קצובה בבת-אחת או בכלל לא, הגדרת הפוטון, אנרגיית פוטון תלויה בתדירותו, קבוע פלאנק. משרעת גל משפיעה על מספר הפוטונים ולא על אנרגיית כל פוטון בפני עצמו. אופייין (גרף הזרם כפונקציה של המתח), כולל משמעות סימן המתח (מתח עצירה בסימן שלילי), פוטו-זרם כאשר המתח שווה לאפס, זרם רוויה.

מודל בוהר לאטום מימן: פליטת פוטון במעבר מערך אנרגיה גבוה לערך אנרגיה נמוך יותר, הספקטרום הבדיד הנמדד של רמות האנרגיה. עקרון בוהר (מסלול האלקטרון סביב הגרעין חייב לקיים תנאי של התאבכות בונה), בניית משוואות הרדיוסים המותרים ורמות האנרגיה הבדידות המותרות לאלקטרון באטום מימן. שרטוט סכימה של רמות אנרגיה. רמת היסוד.

עליה בין רמות ע"י מתן אנרגיה הן כאנרגיה קינטית (שניתן לקבל רק חלק ממנה ולהשאיר "עודף" לחלקיקים שהגיעו איתה מלכתחילה) הן כפוטונים (שנבלעים במלואם או בכלל לא, כלומר אנרגיית פוטון נבלע חייבת להיות שווה להפרש בין רמות האנרגיה הבדידות), ספקטרום בליעה. ספקטרום פליטה, כולל כל נפילות הביניים האפשריות.

פיזיקה גרעינית: הגדרות מספר אטומי ומספר מסה, איזון תגובות מבחינת מטען חשמלי ומספר נוקליאונים. יחידת מסה אטומית, משוואת איינשטיין להמרה בין מסה לאנרגיה. מסת גרעין אטום ע"י מסת האטום כולו פחות מסת האלקטרונים באטום. סכום המסות של הפרוטונים והניוטונים המרכיבים את הגרעין. הפרש המסות, ושקילות מסה-אנרגיה, וע"י כך מציאת אנרגיית הקשר של הגרעין. הגדרת יציבות ע"י אנרגיית קשר ממוצעת לנוקליאון.

התפרקות רדיואקטיביות, כולל ניסוח ואיזון תגובות. חישוב אנרגיה קינטית של תוצרי תגובה גרעינית (כולל באשר נוצר גם פוטון גמא, והשוואה ביניהן). זמן מחצית חיים, קבוע דעיכה, קצב התפרקות ומספר גרעינים, והקשרים ביניהם.