

התאורים של העבודה בקבוצות המחקר שנביא להלן הם של מחקרים הנמצאים בשלבי ביצוע או שזה עתה הסתיימו. התאורים ניתנים, במידת האפשר, בסיגנונם של החוקרים. השתדלנו שהתאור יהיה כללי עד כמה שאפשר. הקורא המעוניין בפרטים נוספים מוזמן להתקשר עם החוקרים המתאימים.



9.1.1

יסודות של מכניקה קוונטית

(פרופ' י. זק, פרופ' ש. אקשטיין)

עוסקים במחקר של המושגים היסודיים של זיית ופזה במכניקה קוונטית. משתמשים בהצגת ה- kq כדי להגדיר זיית במרחב הרגיל ופזה עבור אוסצילטור הרמוני. הבנה נכונה של מושג הפזה מהווה את הבסיס למחקר בתופעות קוהרנטיות באופטיקה, בעל-מוליכות ועל נזילות. מחקר נעשה גם במשוואות התנועה של תורת הקוונטים, הכתובות בצורה מטריצית ובצורה אופרטורית. בנגוד לדעה הרווחת, משוואות אלה אינם זהות. התנאים הדרושים לזהות נבדקים ונבדקת המשמעות של אי-הזהות.

9.1.2

פזור של אלקטרונים מאטומים

(פרופ' ש. רוזנדרף)

הפזור האלסטי של חלקיקים טעונים מאטומים קלים חושב בתחום של אנרגיות מעל אנרגיית הינון. המחקר הראה שהקרוב השני של בורן הוא בעל חשיבות גדולה, בעיקר בתחום הזוויות הקטנות. כתוצאה מכך השתפרה בהרבה ההתאמה עם החומר הניסויי.

9.1.3

ספקטרוסקופיה אטומית

(ד"ר א. אדלר)

מטרת המחקר היא למדוד בשיטות רזוננס כפול וכן לחשב את המבנה הדק ועל-דק של רמות אלקטרוניות בליתיום. בכוונתנו גם לפתח ולחקור שיטות לערוך אטומי ליתיום ע"י התנגשויות ביונים של ליתיום.

9.1.4

לייזרים מולקולריים

(פרופ' א. אופנהיים, ד"ר בן-אריה)

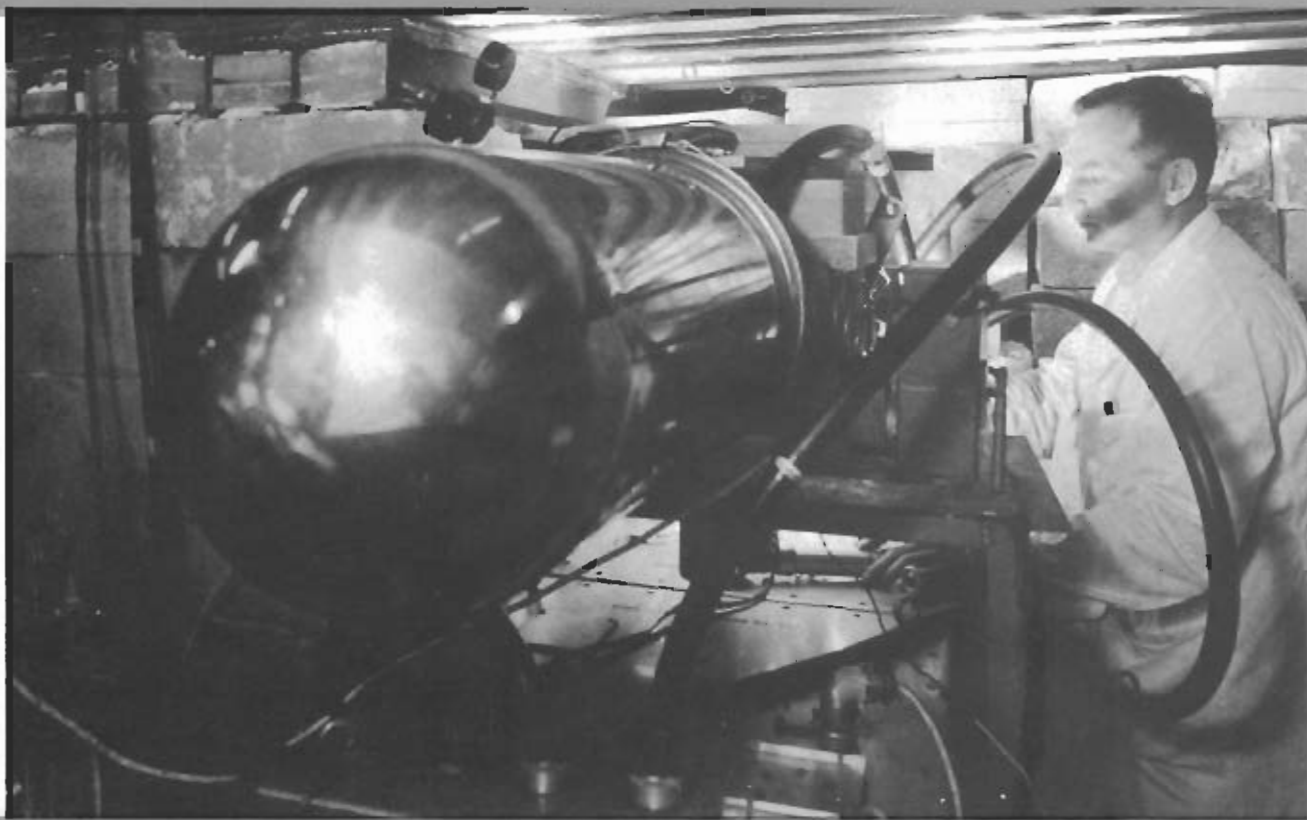
לייזר ה- CO_2 הוא בעל הספק גבוה יותר מכל לייזר אחר הידוע כיום. קרינתו היא מונוכרומטית מאד, ונפלטת מהלייזר באלומה מקבילה מאד. תכונות אלה מאפשרות שמוש בלייזר כאמצעי תקשורת בעל טווח ארוך. כמו כן אפשר להשתמש בו בשטח הספקטרוסקופיה המוליקולרית, כלומר בחקירת חומרים בעזרת קרינה מאד מונוכרומטית. קבוצת המחקר המטפלת בלייזר זה עוסקת בשלושה נושאים: איפנון (מודול-ציה) של קרן הלייזר, מדידה, הגברה ורוויה, וכן בספקטרוסקופיה באינפרא-אדום. בצד התיאורטי חוקרים את הרחבת הקוים הספקטראליים עקב התנגשויות וסיבות אחרות בתחום האינפרא-אדום, האור הנראה והאולטרה-סגול. נחקרים קוים בספקטרום של מולקולות גזיות והמכניזם של העברת פולסים של קרינה קוהרנטית בגזים מולקולריים.

9.1.5

יונוספירה — פיסיקת הפלסמה

(ד"ר ק. אלטמן)

המחקר עוסק בהתפשטות גלים אלקטרומגנטיים והידרומגנטיים ביונוספירה ובמגניטוספירה של כדור הארץ. הפלסמה היא פלסמה חמה, בלתי הומוגנית, בנוכחות שדה מגנטי-חיצוני. התווך חולק לשכבות דקות ונותח בשיטת ה- $W.K.B.$, שיטת אינטגרל הפזות, שיטת הגל-המלא וצורה מוכללת של שיטה אופטית של שכבות דקות. מספר תצפיות שלא הובנו כהלכה עד כה הובהרו בעזרת השיטה האחרונה.



9.2. פיסיקה של הגרעין

9.2.1

נסויית

(ד"ר י. דר, פרופ' מ. לינדמן, פרופ' ר. פוקס, ד"ר י. פלשטיינר, ד"ר ר. קליש, פרופ' ב. רוזנר)
נושאי המחקר הנוכחיים הנם:

(1) ספקטרוסקופיה גרעינית ומכניזם של ריאקציות בעזרת יאונים כבדים. (2) חקר מבנה הגרעין אחרי אקטיביזציה בנויטרונים מהירים. (3) מדידת מומנטים מגנטיים של רמות גרעיניות מעוררות. (4) אינטרקציה היפר דקה בגרעינים בסביבה פרומגנטית. (5) מצבי מטען של קרן יאונים כבדים מהירים. (6) איזומרי בקוע מושרים על ידי נויטרונים מהירים. (7) שמוש בטכניקות גרעיניות בשטחים אחרים של הפיסיקה כמו מצב מוצק וכו'. (8) חקירת התנהגותם של מוני גייגר במטרה להגיע לתמונה ברורה של מנגנון ההתפרקות במונה בזמן ספירת קרינה גרעינית.

9.2.2

תיאוריה

(פרופ' א. דר, ד"ר ק. אבולפיו)

בכוון מחקר אחד מנסים להבין את הנתונים של הספקטרוסקופיה של גרעינים מסובכים: היחסים בין רמות אנרגיה של הגרעין ועוצמות המעבר ביניהן.
במחקר אחר מבררים את התופעות הקשורות בהתנגשויות בין גרעינים כבדים: יצירת גרעינים דמויי מול-קולות, ההתפלגות הזותית של תוצרי הריאקציה ויצירת גרעינים סופר-כבדים בעלי זמן חיים ארוך.

9.3.1 נסויית

(פרופ' צ. ברייס, פרופ' י. גולדברג)
 קבוצה זאת מבצעת מחקר ניסויי על תכונות החלקיקים היסודיים, באמצעות צילום האינטראקציות בתא בעות העומד בקרן היוצאת ממאיץ גדול, למשל ב-CERN (גי'נה).

כעת מנתחת הקבוצה שני ניסויים של K מזונים על פרוטונים במטרה לנתח את הפיזור πK ובחיפוש כללי אחרי „בריונים מוזרים“.

9.3.2

תיאוריה של חלקיקים יסודיים

(פרופ' פ. זינגר, פרופ' א. דר, פרופ' ד. לוריא, פרופ' ש. רוזנדרף, ד"ר ר. נ. סן, ד"ר ח. וייל)

נבחנים מודלים שונים של האינטראקציות בין החלקיקים היסודיים. בין השאר: שבירת הסימטריות הפנימיות של האינטראקציות החזקות; מודלים פריפרליים לריאקציות חילוף באנרגיות גבוהות; אלגברה של זרמים; מודל ונציאנו; מבנה אלקטרומגנטי של מזונים; מודל סוגורה.

9.3.3

תורת הפיזור

(פרופ' א. דר, פרופ' ש. רוזנדרף)

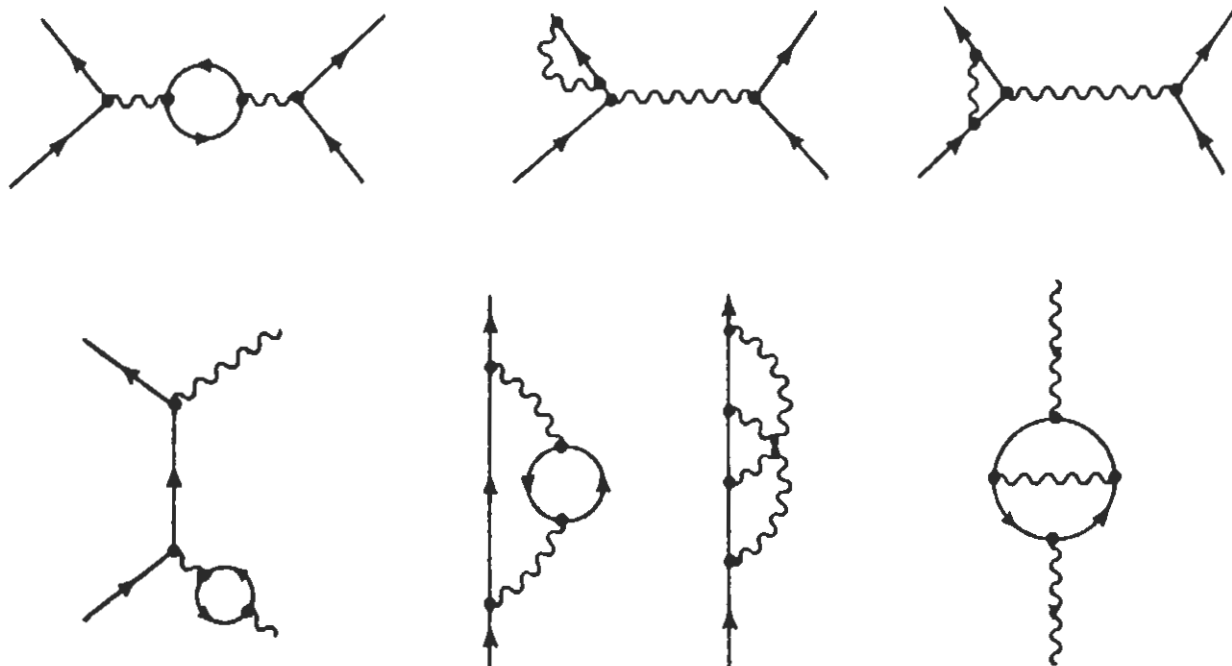
נבדקים אספקטים שונים של הפיזור. מצד אחד מסתכלים על פוטנציאלים בעלי תכונות מסויימות ומחשבים את אמפלי-טודת הפיזור באופן אנליטי עבור ערכים שונים של אנרגיה ומעבר התנע. מאידך בודקים תקונים מסדר גבוה בתורת הפרעות של נוסחות פיזור הידועות בקרוב נמוך יותר.

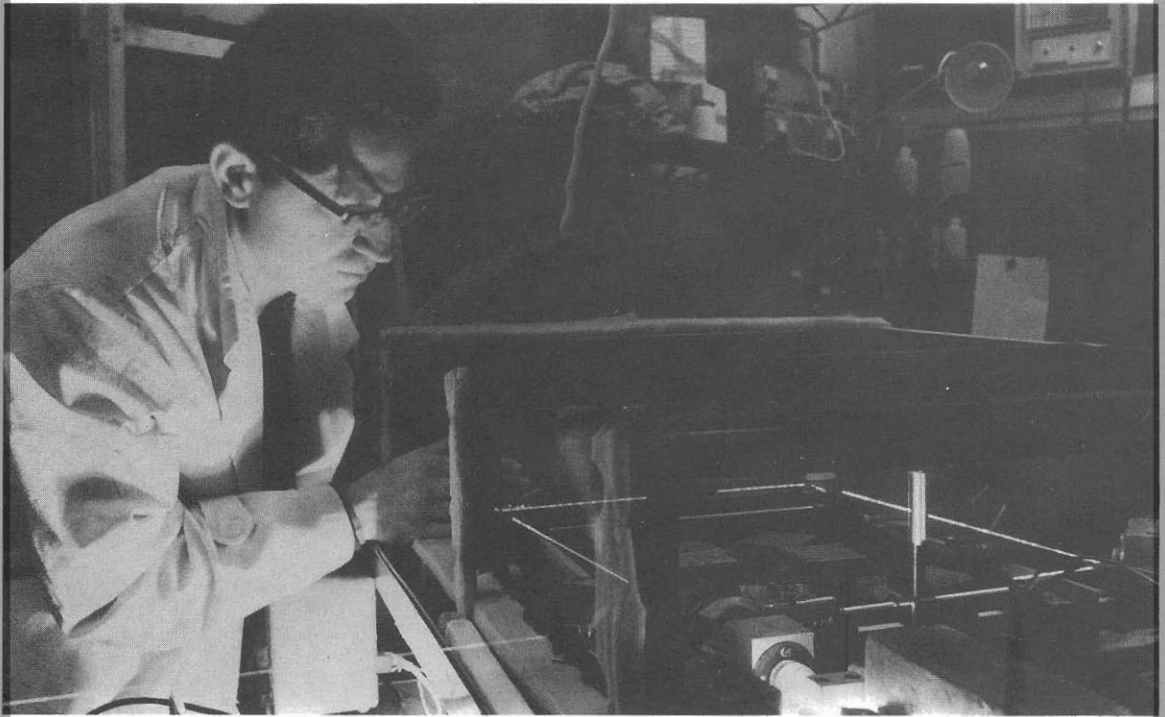
9.3.4

תורת השדות הקוונטית

(פרופ' א. פרס, פרופ' ד. לוריא, ד"ר ר. נ. סן, ד"ר ח. וייל)

חוקרים כמה בעיות כמו בעית הקונטינציה של מטענים מגנטיים, נתוח של תהליך המדידה בתורה יחסותית, והבעיה של שבירת סימטריה ספונטנית. מבררים יישומים אפשריים בתורת החלקיקים היסודיים (למשל: מודל סוגורה), ובתורה של מערכות רבות. חלקיקים (על מוליכות, על נזילות וכד').





9.4. יחסות, קוסמולוגיה ואסטרופיסיקה

9.4.3

תורת היחסות הפרטית
(פרופ' צ' קופר, פרופ' ר. פוקס,
ד"ר ס. ליפסון)

מהירות חבורה גדולה ממהירות האור איננה תנאי מספיק לאי-שמירת הסיב-תיות; צריכים להפריד בין מהירות האור למהירות החבורה של גלים. הוכחנו שה"טכיון" (חלקיק בעל פחות אנרגיה מתנע ביחידות שבהם $c=1$) שומר על הסיבתיות.

9.4.4

ניסויים ביחסות ואסטרופיסיקה
(פרופ' ר. פוקס, ד"ר י. שמיר)

מבצעים מספר נסיונות ביחסות ואסטרופיסיקה, הנושאים הם:

- איזוטרופיה של המרחב.
- עקרון האקויוולנטיות של פוטונים.
- איבוד אנרגיה של פוטונים בריק או בחומר (הזזה לאדום שאיננה הזזת דופלר).
- קליטת גלי גרביטציה מהמרחב ובדיקתם כתלות בתדירות, כוון וסוג (קוודרופול או מונופול).

9.4.1

יחסות כללית — תיאוריה

(פרופ' נ. רוזן)

- נחקרות בעיות קוסמולוגיות בקשר לצורת היקום והתפתחותו.
- מבררים את התכונות של תורת היחסות במרחב בעל מספר ממדים גדול מארבעה.

9.4.2

קונטיזציות שדה הגרוויטציה

(פרופ' א. פרס)

הקונטיזציה של משואות איינשטיין איננה מידית, בגלל חופש הכיול הנרחב של התיאוריה. סלוק חופש הכיול ע"י אלור-צים גורר קשיי חישוב. ששת המשתנים הזינמיים של הטנסור המטרי בוטאו בעזרת מערכת חדשה של משתנים, שבעזרתם ניתן לכתוב את האילוצים בצורה פשוטה. בצורה זאת אפשר לבצע קוונטי-ציה קוונטית.

9.5.1

מצב מוצק תיאורטי

(פרופ' י. זק)

נחקרת הדינמיקה של אלקטרונים בגבי-שים על בסיס ההצגה kq . פותחה שיטה חדשה לטיפול בתנועות אלקטרונים בגבישים בהשפעת הפרעות של שדה חשמלי, שדה מגנטי ושדה של סיגים. השיטה היא שמושית גם במתכות וגם במוליכים למחצה.

9.5.2

תכונות של ערוצים אלמנטריים

בגבישים

(ד"ר א. ברפמן, פרופ' ג. גילת,

ד"ר י. גרונצוויג, ד"ר א. כהן, פרופ' ע. רון,

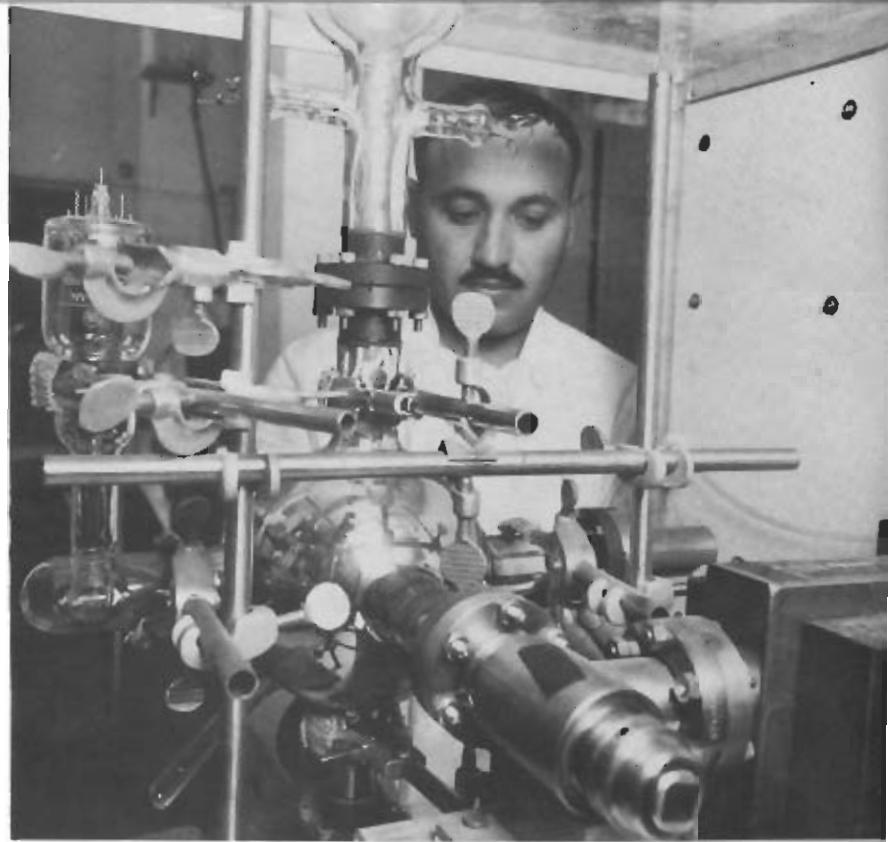
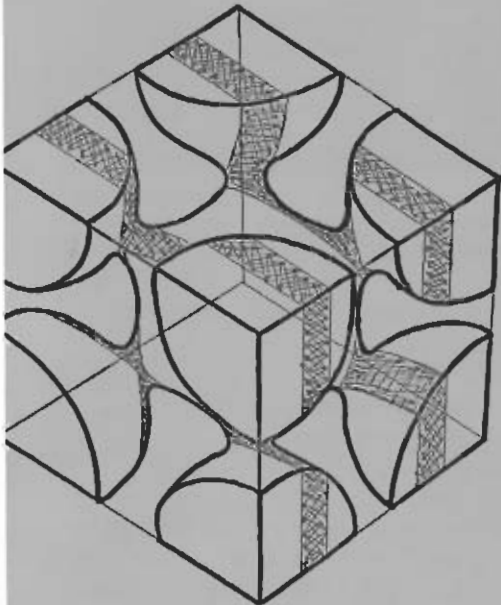
ד"ר ח. שכטר)

א. תכונות דינמיות של שריגים, תכונות מגנטיות של מבודדים וחצאי מוליכים ותכונות חשמליות של גבישים פרואלקטריים נחקרות בכמה שיטות: ספקטרוסקופית בליעה ופליטה, פזור ראמאן,

רזוננס מגנטי גרעיני ואפקט מוסבאוואר. כמו כן הולך ונבנה קלורימטר למדידת חום סגולי בזיוק רב. המדידות נעשות בתחום טמפרטורות רחב ובהשפעת גורמים חיצוניים כגון לחץ ושדה מגנטי. ענין מיוחד במדידות הוא התנהגות הערוצים האלמנטריים בקירבת מעברי פאזה שונים בחומרים מגנטיים, בחומרים פרואלקטריים, בנתכים מסודרים וכו'.

ב. בצד התיאורטי נבדקים מודלים לתאור פסי האנרגיה של הערוצים האלמנטריים (פונונים, אלקטרונים, ומגנונים) וחשוב מדויק של הספקרה הגבישיים הנובעים מהם. יחושבו עצמות ספקטרום ליות של בליעה אינפרא-אדומה, אפקט-מנהרה בעל-מוליכים, מעברים ויברוניים, פיזורים אי-קוהרנטיים של נויטרונים בגבישים וכו'.

ג. נחקרת התופעה של ערוצים אלמנטריים שמשך קיומם קצר מאד, כמו פראמגנונים, והשפעתם על תופעות הולכה.



9.5.3

מתכות וטמפרטורות נמוכות

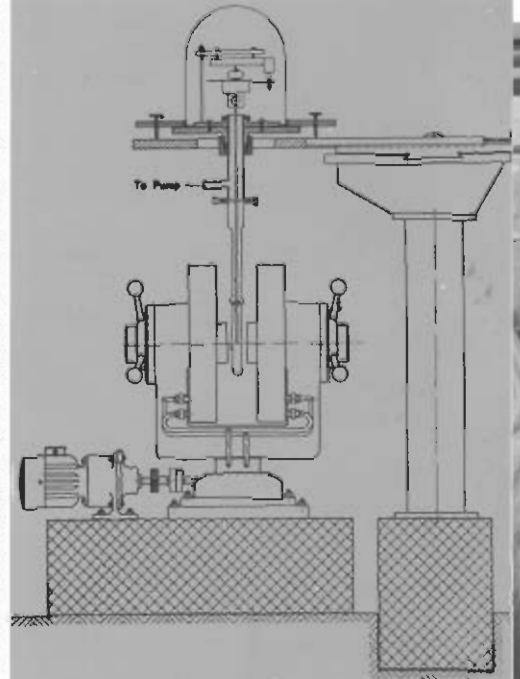
(פרופ' י. אקשטיין, פרופ' ש. אקשטיין, פרופ' ד. לוריא, ד"ר ס. ליפסון, ד"ר י. לנדאו, ד"ר ר. נ. סן, פרופ' צ' קופר, פרופ' מ. רבזון, ד"ר ר. רוזנבאום, פרופ' ע. רון)

א. על מוליכות ועל נזילות

נעשים נסויים בעל-מוליכות מושרית בצמנות הבנויות משכבת מבודד או מוליך למחצה מנודפת על מתכת על-מוליכה. נמדדת תלות ההתנגדות בטמפרטורה. מנסים להסביר את התלות הנמדדת באמצעות מודל תיאורטי של על-מוליך אי-הומוגני; כמו כן מנצלים אנלוגיות לתיאור ריה של חלקיקים אלמנטריים לפתוח הפורמליזם של על-מוליכות. נבדקות תכונות מיקרוסקופיות ופנומנולוגיות של ^4He .

ב. משטחי פרמי

מתבצעים נסיונות של התפשטות גלים אלקטרומגנטיים במתכות נורמליות בנו-כחות שדה מגנטי (הליקונים) ובאמצעותם נחקרות תכונות של משטחי פרמי.



ג. טמפרטורות נמוכות ביותר

הולך ונבנה מקרר מיהול של ^4He ב- ^3He שבאמצעותו אפשר יהיה להגיע לטמפרטורות של אלפיות מעלות קלוין. הנסויים המתוכננים לשלב הראשון הם תכונות של תמיסות דלילות של ^3He בתוך ^4He . וטכני קות של מדידת טמפרטורה עד 0.008°K . בשלב השני תבדק אפשרות לבצע דימגן טיזציה אדיאבטית כדי להגיע עד 0.001°K . בתחום זה מתכוונים לחפש מעבר של ^4He למצב על-נוזלי. נחקרת תיאוריה של תמיסות $^3\text{H}_2$ ב- ^4He .

ד. מתכות

נבנה מודל תיאורטי פשוט במטרה להסיביר את ההשפעה ההדדית בין השדה המחזורי של הגביש לאינטרקציות קולוריות בין האלקטרונים החופשיים למחצה.

ה. נוזל פרמי

נחקרות תופעות הולכה בנוזל פרמי, במיוחד השימוש בתורת לנדאו והרחבתה לצורך זה.



9.5.4

מוליכים למחצה

(ד"ר ל. בן-גייג, פרופ' ד. טנהאוזר, ד"ר ב. פישר, ד"ר ב. פרת)

א. חקר תכונות גבישים מקבוצות

III—V

נחקרות תכונות של תופעות בשדות חשמליים גבוהים בעיקר ב- GaAs ו- InSb ; נחקר האפקט האקוסטואלקטרי, תופעות גלוונומגנטיות וחמום אלקטרוני. מאמץ נעשה בכיוון של גדול גבישי GaP ו- GaAs להתקנים חשמליים, למקורות אור רגילים וללייזרים.

ב. חקר מוליכים למחצה בעלי מוביליות

נמוכה

בחד-גבישים של תחמוצות של מתכות המעבר, נחקרות התכונות הבאות: מוליכות, מתח תרמואלקטרי, אפקט הזול, פוטומוליכות. הדבר נעשה בתחום טמפרטורות עד 1600°C וכפונקציה של היחס הסטויכיומטרי. מכאן מתקבלים רב-נושאי המטען והמוביליות שלהם, וכן תכונות אי השלמויות בגביש.



9.5.8

מגנטיות של נתכים

(ד"ר מ. פיביך, פרופ' ע. רון)

א. נתכים דלילים. נחקרת השפעת הרלק-סציה של הספינים הממוקמים על תופעות הקשורות באפקט של קונדו.

ב. נתכים של מתכות מעבר. הופעת מגנטיות כפונקציה של הרכוז נחקרת במקרים שונים כמו CuNi וכו'.

9.5.9

נתכים, סדר בגבישים ומעברי

פזות

(ד"ר מ. פיביך, ד"ר י. פרל,

פרופ' פ. רודמן, ד"ר מ. רון)

א. מחקר מעברי פזות במוצקים ובנת-כים על ידי דיפרקציות קרני-א בתחום טמפרטורות רחב. נבדקים התנאים לסט-ביליות של הפזות השונות.

ב. נחקרות תכונות מגנטיות, חשמליות וקלורומטריות ליד מעברי פזה סטרוקטור-ראליים ומגנטיים, באמצעות דיפרקצית קרני-א, אפקט מוסבאואר וחום סגולי, ונבדקת השפעת אי-הסדר בנתכים על תכונות אלה.

9.5.10

אסוף אינפורמציה על תכונות

גבישים בשמוש במחשב

(פרופ' פ. רודמן)

נבדקת שיטה של אסוף אינפורמציה על דיאגרמות-פאזה ותכונות תרמודינמיות של מערכות נתכים בשמוש במחשב כדי להקל על הוצאת נתונים במהירות לעזרה במחקר.

9.5.5

פרומגנטיות

(פרופ' א. א. הירש)

המחקר הנסויי והעיוני בפרומגנטיות מתרכז בבעיות הקשורות במנגנון המגנט והמבנה המגנטי של גבישים יחידים, מתכות ונתכים. מודדים אפקטים מגנטר-חשמליים בגבישים בטמפרטורות של הליום נוזלי. באמצעות האפקט של מוס-באואר חוקרים התנהגות סופר-פרומגנטית של חומרים שונים. במעבדה נבנו כמה מכשירים רגישים מאד כגון: מגנטומטר למדידת אניזטרופיה מגנטית, מכשיר מגנטר-אופטי לרישום עניבות מגנט.

9.5.6

שכבות דקות

(פרופ' ע. אסתרמן, פרופ' א. א. הירש,

ד"ר א. אחילה)

המחקר עוסק בעיקר בבעיות של תכונות חשמליות ומגנטר-חשמליות של שכבות דקות עשויות מתכות רגילות, על-מוליכים ומוליכים למחצה. באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני חוקרים את תהליך הגידול של השכבות הדקות העשויות בריק גבוה.

9.5.7

רזוננס מגנטי גרעיני

(ד"ר י. גרונצוויג)

נחקרות תכונות מגנטיות של תרכובות של עפרות נדירות ושל אורניום.



10. אמצעי עזר למחקר

10.1

בית-מלאכה מכני

בבית המלאכה המכני 6 מחרטות, 2 כרסר מים, 3 מקדחות, משורים מכניים ומשורי סרט וכן ציוד הלחמה וריתוך, כולל ריתוך בארגון. לאחרונה כללה עבודת בית המלאכה בניית חלקים למערכות אופטיות, ציוד לריק גבוה וקריאוסטטים.

10.2

מחלקה אלקטרונית

המעבדה האלקטרונית אחראית לתחזוקה ותקון של כל הציוד האלקטרוני בפקולטה לפיסיקה (בשווי של כ-1.5 מיליון דולרים). בנוסף לכך מפתחת ובונה המעבדה ציוד מיוחד המוזמן ע"י סגל המחקר וההוראה לשמוש במעבדות השרות. כ-20% מכח האדם של המעבדה פעיל ביחד עם עובדי מחקר בהערכה והזמנה של ציוד חדש. צוות התכנון מורכב מחמישה מהנדסי אלקטרוניקה המטפלים בפתוח של מכשור מיוחד.

המעבדה מחזיקה במחסנה מלאי של חלקים ומרכיבים אלקטרוניים, העומד לרשות כל חברי סגל הפקולטה. כמו כן מצויים במחסנה מכשירים וציוד אלקטרוני כללי. קיימת ספרייה של קטלוגים ופרסומים בתחום של מכשור אלקטרוני וכן שרטט המבצע את כל עבודות השרטוט של הפקולטה.



10.3.

קריאוגניקה

(יצירת ושמירת טמפרטורות נמוכות)

בפקולטה מצויה מכונה אוטומטית לניזול הליום; היא מסוגלת לייצר כ-150 ליטרים בשבוע, אף כי היום אין מנצלים אותה במלוא כושרה. ישנה מכונה אחת לניזול חנקן ובקרוב תתווספנה אליה עוד שתי מכונות שיחד תספקנה 2000 ליטרים של חנקן ואויר נוזלים בשבוע. מכונות הניזול נמצאות בבנין קטן מיוחד המכיל גם בית-מלאכה המכין ובונה ציוד האפיני לתחום הקריאוגני כגון: קריאוסטטים וצנורות העברה.

10.4.

מחשבים

חברי הפקולטה לפיסיקה נהנים משרותי מרכז המחשבים של הטכניון. מרכז זה כולל:

1. מחשב 360/50 י.ב.מ. בעל זכרון של 512 K בתים וכל ציוד העזר הנוסף לו. בין היתר יש במרכז שלוחות המאפשרות גישה למחשב מרחוק. המחשב מצויד במערכת חלוקת זמן והוא בעל ספריה עשירה של לשונות.

2. מחשב 503 „אליוט“ בעל זכרון של 24K מילים, סרטים מגנטיים וקומפילר של אלגול.

3. מחשב 1401 י.ב.מ. המיועד לפעולות נוספות של קלט-פלט (Input - Output).

4. בפקולטה לפיסיקה מצוי מחשב קטן (SDS Sigma⁻²) בעל זכרון של 12K מילים ודיסק גדול; מחשב זה מתאים במיוחד לעבודה On-line. הצרכנים העיקריים של מחשב זה הם הקבוצה העוסקת בפיסיקה גרעינית נסויית וזו העוסקת בספקטרוסקופיה בעזרת אפקט מוסבאור.



11. ספרייה

בפקולטה לפיסיקה ישנה ספרייה עשירה בספרים בתחומי הפיסיקה השונים. כתבי עת מדעיים רבים מגיעים אליה בקביעות מכל העולם. גם הספרייה המרכזית של הטכניון מכילה מדור מיוחד לפיסיקה. כתבי העת החשובים ביותר נמצאים גם בספרייה זו וגם בספריית הפקולטה. הספרייה המרכזית רוכשת מספר רב של עותקים של ספרים המומלצים כספרי למוד, בערך ספר אחד לכל שלושה סטודנטים. ספרים אלה אפשר לקבל בהשאלה לזמן ארוך.

12. ועידות וכנסים

כנסים בינלאומיים

חברי הסגל האקדמי בטכניון מקבלים עזרה במימון השתתפותם בכנסים ובוועידות בחו"ל.

מאידך, הטכניון עצמו מארח לעתים קרובות ועידות בין-לאומיות ובתי ספר של קיץ. במסגרת הפקולטה לפיסיקה התקיים, למשל, סמינר בת-שבע, "נוזלים קוונטיים" בקיץ 1968 וכנס בינלאומי ביחסות וגרביטציה לציון יובל השישים של פרופ' נתן רוזן בקיץ 1969. למעלה ממחצית המשתתפים בכנסים אלה באים בדרך כלל מחוץ לארץ.

פגישות ארציות

המוסדות האקדמיים בארץ משתפים פעולה בסמינר לחלקיקים יסודיים המתקיים אחת לשבועיים ובסמינר לפיסיקה של המוצק אחת לחודש. האגודה הישראלית לפיסיקה מקיימת ועידה שנתית בחודש אפריל; הועידה נודדת בין מוסדות המחקר משנה לשנה. הודעות על פגישות קולוקיום וסמינרים אחרים נשלחות ממוסד למוסד, ובגלל המרחקים הקצרים אין קושי בהשתתפות חברי סגל ממוסד אחד בפגישות המתקיימות במוסד אחר.