

0311-1880 (תשפ"ב) – ד"ר ישראל שק

## אטום, גרעין, איזוטופים, ביקוע גרעיני והשלכותיו Atom, Nucleus, Isotopes, Fission and Consequences

### סילבוס מקוצר:

השימוש הטכנולוגי בביקוע הגרעין, הן לפצצה והן לכורים גרעיניים לכוח ולמחקר, הוא אחד ההישגים הכבירים בתולדות האנושות, לטוב ולרע. קדמו לכך כמה עשרות שנים בהן העמיק המדע בהבנת מבנה החומר והשתכללה הטכנולוגיה בבניית כלים המשפרים הבנה זאת.

בד בבד עם הטמעת הרעיון האטומי במחצית המאה ה-19 התגלו בזה אחר זה תהליכים, חלקיקים ואינטראקציות חדשות בקצב שעלה על כל מה שהתחולל במדע ובטכנולוגיה עד אז: שפופרת ריק, רדיואקטיביות, אלקטרון, גרעין האטום, איזוטופים. השתכללו כלים מתמטיים ומודלים תאורטיים שהסבירו את מבנה האטום ואת התהליכים המורכבים בתוכו ובין האטומים. התפתחה מערכת מחשבתית חדשה המתארת את העולם האטומי - המכניקה הקוונטית. האינטראקציה של קרינה אלקטרומגנטית עם החומר (אטום, מולקולה, סריג גבישי) הובנה ברמה עמוקה יותר ויותר. התגלו תהליכים של רדיואקטיביות המאולצת ע"י התנגשויות של יסודות שונים עם חלקיקים כמו אלקטרונים, קרינת גאמא וחלקיקי אלפא. התגלו עוד ועוד חלקיקים אלמנטריים שקיומם שוער וגם כאלה שהפתיעו. הושלמו כל ה"חורים" במערכת המחזורית הכימית. ולאחר מכן התגלה הביקוע - פירוק גרעיני יסודות כבדים לגרעיני יסודות קטנים יותר. לתהליך אלכימי זה התלווה עוד משהו: נוצרה אנרגיה בכמות אדירה. והרי איינשטיין בתורת היחסות שלו כבר ניבא בדיוק רב את התוצאה.

מה ניתן לעשות עם האנרגיה הזאת? האם קיים חשש משימוש שלילי?

שמי העולם החלו להחשיך בדיוק אז, עם עליית משטרים פשיסטיים, ובעיקר עקב עליית המשטר הנאצי. אירופה התרוקנה מהמדענים היהודים בני המזל שהסתלקו בזמן, ומכמה מדענים ליברלים שנסיים לבריטניה ולאמריקה. מלחמת העולם שפרצה סיפקה תשובה טבעית: שימוש למטרות הרס באנרגיה המשתחררת. הקהילה המדעית הפסטורלית כמעט, שחברו בה מדענים מארצות רבות באירופה, וגם מארה"ב, התבקעה כמו הגרעין. צצו מריבות על רקע פוליטי ועל רקע נאמנות לצד זה או אחר. מספר מדענים נאציים מתנגדים ל"מדע יהודי".

המרוץ בין הצדדים הנצים, גרמניה הנאצית ובעלות הברית המערביות הסתיים לאושרנו בניצחון פרויקט מנהטן, אליו גויסו כמעט כל המוחות האנושיים הגדולים. סוף המלחמה לווה בשימוש כפול בפצצה הגרעינית. החל מרוץ חדש בנושא הגרעין, הכרוך במלחמה הקרה בין המערב וברה"מ וגרורותיה. נודעו פרשיות ריגול, ורמת ההרס עלתה עוד ועוד עם יצור פצצת ההיתוך של המימן.

### דרישות הקורס:

השתתפות חובה ב-80% מהשיעורים (כולל שיעורים מקוונים סינכרוניים בזום, במידה ויהיו). מטלה סופית: מבחן המהווה 100% מהציון.

### שיעור 1:

האטום באמצע המאה ה-19: הסכמה רחבה על אודות קיום האטום והסתייגויות ממנו  
התפתחות הספקטרוסקופיה (בונזן, קירכהוף) וההשלכות המדעיות  
גילוי ספקטרום המימן  
שכלולים טכנולוגיים רבי חשיבות להתפתחות המדע:

Electricity Supply  
Need for High Vacuum  
Mercury Vacuum Pump  
Spark

### שיעור 2:

תגליות יסודיות בסוף המאה ה-19:  
⊗ X-Ray, November 1895  
⊗ Zeeman Effect, October 1896  
⊗ Electron, 1897  
⊗ Radioactivity, February 1896  
⊗ Isotopes

### שיעור 3:

קרינת גוף שחור: התופעה והעדר הסבר קלאסי  
מהפכת פלאנק: הפתרון הקוואנטי לבעיית הגוף השחור: הבנת האינטראקציה בין קרינה וחומר (אטום,  
מולקולה, סריג גבישי)  
גזים אצילים והשלמת המערכה המחזורית של היסודות

### שיעור 4:

1905, שנת הפלאות  
אימות קיום האטום (המודל של איינשטיין, הניסוי של פריין)  
תורת היחסות, שקילות החומר והאנרגיה ( $E=mc^2$ )

### שיעור 5:

ראתרפורד: גילוי גרעין האטום.  
הסתירה בין מודל ראתרפורד לבין הפיסיקה הקלאסית  
פתרון הסתירה ע"י מהפכת בוהר: המכניקה האטומית, "ההנחות המוזרות"

### שיעור 6:

המכניקה הקוואנטית, מכניקת הגלים (דה-ברולי, פאולי, שרדינגר, הייזנברג, דיראק)

### שיעור 7:

1932: נויטרון, דאוטריום, תא הערפל, פוזיטרון, ציקלוטרון  
מבנה הגרעין (פרמי)  
רדיואקטיביות מאולצת  
ביקוע הגרעין ויצירת אנרגיה אדירה, אימות נוסחת איינשטיין  
הבנת המשמעות הכבירה של אפקט הביקוע

#### שיעור 8:

עלית משטרים פשיסטיים באירופה, עלית הנאציזם  
בריחת מדענים לאנגליה ולארה"ב  
התפרקות הקהילה המדעית הפסטורלית, ביקוע על רקע פוליטי  
"המדע הארי" מול "המדע היהודי"  
פרוץ מלה"ע השנייה  
המחזה "קופנהאגן"

#### שיעור 9:

המרוץ בין הצדדים הנצים: גרמניה הנאצית מול בעלות הברית המערביות  
התגייסות המדענים היהודים בארה"ב לפיתוח הפצצה הגרעינית  
פרויקט מנהטן

#### שיעור 10:

הפרדת איזוטופים  
מנגנון הפצצה, הצורך במכונות חישוב משופרות  
הטלת הפצצה הגרעינית על הירושימה ונגסקי

#### שיעור 11:

סיום המלחמה, מבצע אלסוס לאיתור מדענים גרמנים, המלחמה הקרה  
היתוך גרעיני, פצצת המימן  
השמש – כור היתוך גרעיני

#### שיעור 12:

המרוץ בין ארה"ב ובריה"מ  
ועדת מקקארתי ומשפטי הריגול  
רתימת הביקוע ליצירת אנרגיה – הכור הגרעיני  
עולם אחוז אימה

#### רשימת קריאה:

האטום הסוער (The Restless Atom, The Awakening of Nuclear Physics)  
אלפרד רומר (Alfred Romer), דביר ועם עובד, 1966  
שבעתיים כאור החמה (Heller als Tausend Sonnen)  
רוברט יונגק (Robert Jungk), מחברות לספרות, 1960

Radiochemistry and the Discovery of Isotopes,  
1971, Alfred Sherwood Romer, ISBN-10: 0486625079

Copenhagen (play),  
Michael Frayn, 1998, ISBN-10: 0385720793

The Manhattan Project: The Birth of the Atomic Bomb by Its Creators, Eyewitnesses  
and Historians, 2009, Cynthia C. Kelly, ISBN-10: 1579128084