

# "חסכון" באנרגיה

מאת: רפי כהן  
 המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

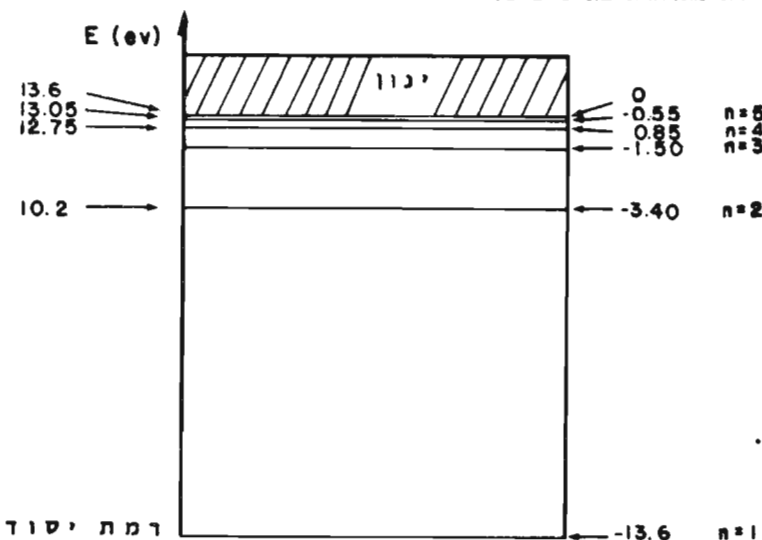
הדרך המקובלת ברוב הספרים להגיע לנוסחה הנותנת את רמות האנרגיה של אטום המימן באופן אמפירי מן התצפיות הספקטרוסקופיות, ארוכה למדי. היא כוללת נתוח סדרת בלמר, השערתו על נוסחה עבור אורכי גל ואורך גל גבולי, מעבר דרך הסדרות האחרות, נוסחת רידברג וכו'. דגם לגישה כזו קיים בפרק ג' של הספר "פיסיקה מודרנית" בהוצאת המחלקה להוראת המדעים של מכון ויצמן.

תוך כדי הוראת פרק זה התברר לי שניתן לנצל את התרגיל 8 בסוף אותו פרק כדי להגיע ישירות לנוסחה המבוקשת. אתאר כאן את המהלך המחשבתי.

אחרי דיון בספקטרום הקוי של אטומים, וניסוי פרנק-הרץ, מגיעים למסקנה שבכל אטום יש רמות אנרגיה בדידות, והקוים הספקטראליים מייצגים מעברים בין רמות שונות. עתה נותנים לתלמיד (תרגיל 8 הנ"ל) רשימה של 10 אורכי גל של קוים בספקטרום המימן. מבקשים ממנו להראות, אחרי היפוך אורכי גל לאנרגיה של פוטונים באמצעות הביטוי

$E_p \text{ (eV)} = \frac{12400}{\lambda \text{ (Å)}}$ , כי עשרת הקוים מייצגים מעברים בין חמש רמות אנרגיה הכוללות רמת יסוד וארבע רמות מעוררות. השלב הזה אינו קשה: מתברר כי ארבעת הקוים בתחום האולטרה-סגול מייצגים מעברים מרמות מעוררות לרמת יסוד, וכל יתר הקוים מייצגים מעברי ביניים.

נוסיף מידע לתלמיד, ונאמר לו כי נמצא שרמת הינון של המימן נמצאה בניסוי וערכה 13.6 eV, ושקיימים קוים נוספים המרמזים על כך שמספר הרמות אינו מוגבל. דיאגרמת האנרגיות הנובעת מכל התצפיות מתוארת בתרשים 1.



תרשים 1:

סכימת רמות האנרגיה של אטום המימן. בצד ימין - ערכי האנרגיה לאחר הזזת הראשית אל רמת הינון. על סמך ערכים אלה קל למצוא את תלות רמות האנרגיה במספר הקוונטי n.

רמת יסוד

קשה למצוא במספרים אלה חוקיות, והצעד הראשון לקראת מציאת חוקיות כזו הוא העברת רמת האפס של האנרגיות (הידועה לתלמיד כשרירותית מכל עבודותיו) לרמת הניון. ההנמקה היא, שזה מתאים למה שעשינו באלקטרוסטטיקה, שם קבענו את רמת האפס של האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית בין שני גופים במצב בו המרחק המפריד ביניהם אינסופי. מי שאומר ניון אומר הפרדה אינסופית בין אלקטרון ובין יתרת האטום, במקרה זה הפרוטון.

הצעד השני הוא בהכרה כי האנרגיה של הרמות השונות הנה פונקציה של המספר הטבעי  $n$  המבטא את מספר הרמה, כאשר:

$$E(5) = -0.55 \quad E(4) = -0.85 \quad E(3) = -1.5 \quad E(2) = -3.4 \quad E(1) = -13.6$$

$$E(\infty) = 0$$

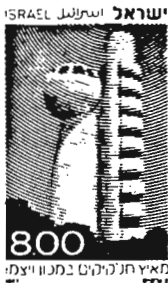
אם נתעלם מן הסימן,  $E(n)$  היא פונקציה יורדת ונוכל אולי לגלותה ע"י תיאור בנייר לוג-לוג כפי שעשינו זאת בחוק קולון. ואכן תיאור כזה מתגלה כקו ישר בעל שיפוע  $-2$ , דבר המוכיח כי צורת הפונקציה היא:

$$|E| = \frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

$$E_n = - \frac{13.6}{n^2} \text{ eV} \quad \text{ולכן}$$

מהלך כזה של פיתוח הנוסחה יותר מהיר, וגם יותר "מוחשי" מן המהלך הקיים בספר שצוטט. ה"מוחשיות" נובעת מכך, שמושג האנרגיה מוחשי יותר לתלמיד מתדירויות של קוים ספקטראליים. תאור רמות האנרגיה גם פשוט יותר מתאור הספקטרום הכולל. אמנם, במהלך כזה אנו "חוטאים" קצת לצד ההיסטורי, אך מעולם לא טענו שהצד ההיסטורי הוא נר לרגלינו.

\*\*\*\*\*



## סירים מודרניים במאיץ החלקיקים של מבון ויצמן למדע

מורים המעוניינים לסייר עם תלמידיהם במאיץ הפלטון (בעיקר מומלץ הדבר לריאליסטים מכיתות י"א, י"ב), מתבקשים להתקשר עם המחלקה ליחסי ציבור, מס' הטלפון: 054-83597, ולהזמין את הסיור מראש. סיורים מתקיימים פעמיים בחודש, בימי רביעי בבוקר.

\*\*\*\*\*