

# על הספר: "הכוח הגרעיני - אנרגיית העתיד"

מאת: ורדה בר, הוצאת דן, 2008

רמי אריאלי, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

הלקוח מעיתון מדע (רק חיפוש ברשימת המקורות מאפשר גלות מהיכן נלקח המאמר ומתי פורסם). ראשית, ברצוני להעיר כי השימוש בביטוי המופיע בכותרת: "הכוח הגרעיני" בצמוד למילה "אנרגיה", הוא שגוי, וצריך להמירו במילים "האנרגיה הגרעינית", ניסוח גרוע מסוג זה מוביל לחוסר ההבחנה בין כוח לאנרגיה, שאינם מושגים זהים.

אם הנושא של הספר הוא **אנרגיית העתיד**, הרי שגם אם ההתייחסות **המוגבלת** בספר היא רק לאנרגיה מגרעין האטום, היה לפחות צריך להביא בספר מידע על: ההתפתחות בתכנון כורי הביקוע הגרעיניים מהדור הרביעי<sup>1</sup> (4th Generation Initiative), כמו לדוגמה: Pebbled Bed Modular Reactors, ועוד יותר חשוב היה לתאר את ההתפתחות הרבה בנושא **המיזוג הגרעיני**. לדוגמה, בשנים הקרובות מתוכננת הפעלת שני מתקני ניסוי גדולים המופעלים על ידי מיזוג גרעיני:

1. **NIF - National Ignition Facility** - מיתקן המיזוג הגרעיני בארה"ב.

2. **ITER - International Thermonuclear Experimental Reactor** - מתקן המחקר האירופי לחקר אנרגיית המיזוג הגרעיני.

במבוא לספר מופיע משפט שהיה מקובל בשנות השמונים של המאה הקודמת: "העניין באנרגיה הגרעינית גדל בזמן האחרון, עם ההכרה כי **רק פיתוח זה ימנע את**

לדעתי, חשוב שתהיה לציבור גישה **למידע מדעי מהימן ומעודכן**, ובעיקר על נושאים היכולים להשפיע על גורל האנושות. על כן שמחתי לראות ספר על נושא האנרגיה, הכתוב בעברית, ונועד לקורא המשכיל.

בספר 394 עמודים, והוא **מחולק לחמישה חלקים**:

- החלק הראשון הוא סקירה היסטורית, מגילוי האלקטרון ועד גילוי הנייטרון;
  - החלק השני מוקדש למגוון שימושים של קרינה רדיואקטיבית;
  - החלק השלישי דן בתגובת השרשרת והכור הגרעיני;
  - החלק הרביעי עוסק בסכנות ובמגננות;
  - החלק החמישי מתייחס לתקלות ואסונות.
- בסוף הספר יש רשימת מקורות, מילון אישים, מילון מונחים ומפתח (אינדקס).

**הבעיה העיקרית בספר היא שמו המעורר ציפיות גבוהות, והכיתוב על כריכתו, שהוא מטעה ושגוי.**

לאחר עיון בספר, חשבתי שכדאי היה לשנות את שמו, באופן שיציב על כך שלפנינו **סקירה היסטורית של מידע בסיסי על האטום והגרעין**. הספר מבוסס על **מידע שאינו מעודכן**, מראי המקום שבסוף הספר הם אסופה, לא מקיפה, של פרסומים שרובם נכתבו לפני שנת 2000, ולדוגמה ניתן היה לכלול בה מאמרים נוספים בעברית, כגון 4,5. בספר לא תמיד מצוין ליד המאמרים המקור המדויק שלהם, ובעיקר זמן פרסומם. לדוגמה, בפרק 47,

## הסכנה של התחממות כדור הארץ בעקבות אפקט

החממה". העובדה ששימוש באנרגיה מתהליך ביקוע גרעיני אינו מגדיל את כמות גזי החממה היא אמנם נכונה, אך הבעיות הסביבתיות הכרוכות בדרכים לאחסון הדלק הגרעיני לאחר השימוש בו בכור ביקוע גרעיני הן עצומות, ונכון לשנת 2008, אין כל פתרון אחסון טוב לטווח ארוך (חובה לאחסן את מוטות הדלק המשומשים לתקופות זמן של מאות אלפי שנים). מומלץ לקרוא מאמר המנתח נושא זה בעיתון סיינטיפיק אמריקן<sup>2</sup> (Scientific American).

הקביעה במשפט זה, כי **הכורים הגרעיניים הם הפתרון הבלעדי**, אינה מבוססת מדעית. בעשור האחרון חלה התפתחות רבה במחקר ובפיתוח של אנרגיות חלופיות כגון אנרגיית השמש, ראה מאמר בעיתון סיינטיפיק אמריקן מחודש ינואר 2008, על ניצול אנרגיית השמש<sup>3</sup>. בשנים האחרונות הייתה התקדמות רבה מאוד בהגדלת הנצילות והוזלת מחיר הייצור של התאים הפוטו-וולטאיים, המשמשים לניצול אנרגיית השמש והפיכתה ישירות לאנרגיה חשמלית.

על כריכת הספר מופיע המשפט: "יודעים יותר - פוחדים פחות". למשפט זה אין לדעתי מקום בכותרת הספר, כי הוא אינו קביעה מדעית אובייקטיבית. העובדות מצביעות על כך שככל שיודעים יותר על האנרגיה מתהליכי ביקוע גרעיני, פחות ופחות מתייחסים אל הכורים הגרעיניים כפתרון עתידי לבעיות האנרגיה. ספר יפה (באנגלית) המתאר זאת ניתן להוריד בחינם באינטרנט<sup>6</sup>. כאן ניתן לציין את העובדה שבארצות הברית לא נבנו כורים גרעיניים חדשים מזה שנים רבות, והכורים הגרעיניים הנבנים בעולם כיום הם ברובם בארצות המתפתחות, כגון הודו וסין, או בארצות המעוניינות להשתמש בידע לצרכים שאינם הפקת אנרגיה (אלא פצצות), כגון פקיסטן, סוריה ואיראן.

הקטע בספר, בפרק 42 על המיזוג הגרעיני נלקח מתוך מאמר מיושן באנציקלופדיה העברית. נצטט קטע ממנו: "יש התקדמות מה בנושא המיזוג בעשור האחרון. הוכח כי

התהליך אפשרי מבחינה פיסיקלית, אבל הדרך למיזוג ארוכה". בפועל, ההתקדמות במחקר המיזוג הגרעיני היא במהלך 50 השנים האחרונות, ואמנם הדרך עדיין ארוכה, אך מבטיחה.

בסיכום, הספר כולל מידע רב בעברית על נושא האטום והגרעין, אך רצוי היה לעדכן את המידע המופיע בו, ויש להימנע בו מציטוטים של סיסמאות שאינן נכונות מדעית, כגון (בסוף פרק 41, בעמוד 229): "נדגיש כאן כי רק השימוש בכורים גרעיניים יכול להקטין בעילות את אפקט החממה שסכנותיו מתגלות כיום ומחמירות במשך הזמן". משפט זה חוזר ומופיע במקומות רבים בספר, כמו בצורה מודגשת בעמוד 267, או ב"אחרית דבר" בעמוד 373 בסוף.

## מראי מקום והמלצה לקריאה נוספת

1. J.A. Lake, R.G.Bennet, J.F.Kote: "Nuclear Energy's Next Generation Nuclear Power", Sci. Am., pp. 70-79, Jan 2002.
2. F.N. von Hippel, "Rethinking Nuclear Fuel Recycling", Sci. Am., pp. 66-71, May 2008. Appears on the Internet as: "Nuclear Fuel Recycling: More Trouble Than It's Worth", at [www.sciam.com](http://www.sciam.com).
3. K. Zweible, J. Mason, V. Fthenakis: "A Solar Grand Plan", Sci. Am., Vol. 298 (1), pp. 48-57, Jan. 2008.
4. ברנרד ל. כהן, "התאונה בכור הגרעיני בצ'רנוביל", בריה"מ, חלק א', תהודה (1) 13, עמ' 4, 1989, חלק ב', תהודה (2) 13, עמ' 12, 1989.
5. אריאלי, ה., "איך מייצרים כוכב במעבדה", תהודה (1) 18, עמ' 12, 1996.
6. A. Makhijani: "Carbon Free and Nuclear Free: A Roadmap for U.S. Energy Policy", at:<http://www.ieer.org/carbonfree/CarbonFreeNuclearFree.pdf>.