

נקודת מבט תרמודינאמית על השפעה של קרינה בתדר רדיו על ריקמה חיה

מיכאל פלג

A Thermodynamic Perspective on the Interaction of Radio Frequency Radiation with Living Tissue

<http://article.sapub.org/pdf/10.5923.j.biophysics.20120201.01.pdf>

המאמר דן בהשפעה של קרינת רדיו על רקמות חיות מנקודת מבט של תרמודינאמיקה. נקודת מבט זו נראית מפתיעה אבל, כפי שמראה המאמר, היא חלק בלתי נפרד מפיסיקה ידועה ומוכרת.

לפני יותר ממאה שנה נתגלה שאנו מוקפים תמיד בקרינת רדיו טבעית המכונה 'קרינת הרקע' או 'קרינת גוף שחור'. קרינה זו הינה חלק מהעולם הפיזי והיא קשורה לאנרגיה תרמית של כל החלקיקים, כולל אלה המרכיבים את גופינו. במצב של שווי משקל תרמי קיים יחס מסוים וקבוע בין האנרגיה של קרינת הרקע ובין האנרגיה התרמית האופיינית של כל חלקיק.

אם האנרגיה של הקרינה גבוהה יחסית לזו של החלקיקים אז קיימת נטייה טבעית חזקה של העברת האנרגיה העודפת מהקרינה אל החלקיקים עד לחזרה למצב שווי המשקל. זו אותה ההשפעה שגורמת לחום לזרום מאזור חם לאזור קר עד להשוואת הטמפרטורות.

קרינת רדיו הנוצרת על ידי האדם כגון טלפונים סלולאריים, אנטנות של תחנות הבסיס שלהם ומכ"ם מעלה את האנרגיה של הקרינה לרמות המתאימות למיליונים רבים של מעלות חום וזאת גם עבור רמות קרינה הנמצאות בתחום התקן בישראל ובחול. עוצמת קרינה זו מהווה סטייה חריפה משווי המשקל התרמי והיא יוצרת נטייה של העברת האנרגיה מהקרינה אל החלקיקים המרכיבים את גופנו עד לחימום לאותה הטמפרטורה של מיליוני מעלות. אנו לא מגיעים בפועל לטמפרטורות כאלה מפני שהעברת האנרגיה מהקרינה היא איטית מאוד ובגלל מנגנוני קירור של גופנו המסלקים את רוב האנרגיה העודפת כך שברמות הקרינה המותרות האנרגיה **הממוצעת** של חלקיקים המרכיבים את גופנו תואמת טמפרטורה הגבוהה רק במקצת מהרגיל. לטמפרטורה הענקית של הקרינה יש בכל זאת את המשמעות הבאה:

1. היא יוצרת אפשרות של חימום נקודתי חזק בהתאם להבדלים מקומיים בספיגת אנרגית הקרינה ובכושר פיזור לסביבה ע"י קירור טבעי.

2. קיימת נטייה תרמודינאמית חזקה להעברה של אנרגיה הקרינה לחלקיקים המרכיבים את גופנו. זו אותה התופעה הגורמת לחום לזרום מאזורים חמים מאוד לאזורים קרים. המונח התרמודינאמי לנטייה זו הוא עליה ב-'אנטרופיה' כתוצאה ממעבר החום.

האנרגיה המוקנית לכל מולקולה או לקבוצת מולקולות בגופנו נקבעת ע"י קצב ספיגת האנרגיה מהקרינה על ידם וע"י קצב פיזור אנרגיה זו לסביבתן. זה יכול להיות מאוד שונה לגבי מולקולות שונות. מולקולות מסוימות, למשל מולקולות בדופן התא, עלולות לרכוש יותר אנרגיה מהאחרות. אכן התפרסם מחקר קודם המזהה ספיגת אנרגיה לא אחידה בתוך התא החי. עלית הטמפרטורה המקומית לא צריכה להיות דרמטית כדי לגרום לשינוי ביולוגי, מספיקה עליה של מעלות ספורות לגרימת נזק כבד כפי שידוע היטב לכל מי שקיבל פעם חום גבוה.

האם מולקולות כאלה באמת קיימות בתאים שבגופנו? במחקרים יסודיים על תאים אנושיים חיים הוכח בוודאות שקרינת רדיו חלשה משנה רקמות חיות גם ברמות שלא יוצרות חימום משמעותי וגוף המחקר של ארגון הבריאות העולמי מגדיר כל קרינת רדיו כגורם מסרטן אפשרי. המנגנון המדויק שבו שדה הקרינה משפיעה על המולקולות וגורם בסופו של דבר לנזק או לסרטן לא ידוע במדויק, האופן שתואר כאן הוא בגדר אפשרות. קיימות אפשרויות נוספות ושונות שהועלו במאמרים אחרים. בכל מקרה הפיסיקה המוכרת אינה רואה בקרינה סולארית משהו "חלש" ובטוח לבני אדם וקיום של השפעה ביולוגית של קרינה זו בהחלט תואמת את הפיסיקה הידועה.

הערות נוספות:

1. **פוטונים:** קרינת רדיו, כמו כל קרינה אלקטרומגנטית, מרכבת מ"פוטונים", כל אחד בעל אנרגיה זעירה. אלה בעלי השפעה רבה לגבי קרינה רדיואקטיבית ולגבי קרינת רנטגן. משמעות הפוטונים לגבי קרינת גוף שחור בתדרי רדיו היא זניחה כפי שידוע יותר ממאה שנה מעבודתו של Planck. כל מרכיב של קרינת הרקע מכיל הרבה פוטונים כמו שגל הנשבר בים מכיל המון טיפות מים. גודל זעיר של טיפת המים לא מבטיח שהגל "חלש" ובטוח לבני אדם.

2. **תרמי או א-תרמי?** התופעות האפשריות המתוארות כאן מכונות תופעות לא תרמיות (א-תרמיות) כי הן לא נגרמות ע"י חימום אחיד, כי הן יכולות להתרחש גם כאשר החימום הממוצע של הריקמה חלש וזניח וגם כי במקרה ומדובר במולקולה בודדת מתאים יותר להשתמש במונח אנרגיה מאשר טמפרטורה.

המאמר המלא באנגלית נגיש באופן חופשי ב- International Journal of Biophysics בקישור

<http://article.sapub.org/pdf/10.5923.j.biophysics.20120201.01.pdf>