

דבר העם האמריקאי והעם הישראלי לעולם

ארה"ב של אמריקה, הודות לחירות תושביה ומסירותה לחינוך וליזומה החופשית, הניבה את האומה האדירה בעולם, מבחינת עושר, ערכי אנוש ונכונותה לסייע לבני האדם בתבל להגיע למעמד דומה.

ארה"ב של אמריקה מוכנה להירתם ולעזור לחבר אומות העולם לפתור את הבעיה הבווערת ביותר במאה העשרים ואחת; הצורך והאמצעים לייצר אנרגיה נקייה לסביבה, לא יקרה ולמעשה, בלתי מוגבלת. זאת כדי בני האדם בעולם יחיו חיים משוחררים מאילוצים של זמינות האנרגיה.

הואיל ובמאתיים השנים האחרונות, ארה"ב היתה מנהיגת העולם בתחום ייצור אנרגיה, תחבורה, מחקר מדעי ורפואי, התפתחות טכנולוגית ו;

הואיל ובמאתיים השנים האחרונות, ארה"ב של אמריקה וכן יתר האומות המפותחות, הסתמכו על דלק מאובנים לסיפוק מרבית צרכי האנרגיה בתחומי התחבורה, ייצור החשמל, ייצור מי שתייה; וחקלאות;

הואיל וארה"ב של אמריקה מייצגת כעת 4.5% מאוכלוסיית העולם וצורכת למעלה מ-25% מתפוקת אנרגיה השנתית, בכל מגזרי האנרגיה;

הואיל וארה"ב של אמריקה (וישראל בעלת בריתה) מכירה בכל מאודה בזכותם של כל בני אנוש ברחבי תבל ליהנות מאותן זכויות, מתת האל, כמו האמריקאים, לחיות חיים משוחררים מאילוצי זמינות האנרגיה, בהתאם לשיפוטיהם, ערכיהם ותפוקת כלכלתם;

הואיל והקהילה המדעית של ארה"ב (וישראל בעלת בריתה) מודעת היטב לעובדה כי דלק המאובנים הוא סופי; כי פחות ממאה שנים של דלק מאובנים בר-קיימא נותרו, מבחינה כלכלית ופוליטית, לשם אספקת אנרגיה לאוכלוסיית העולם, ברמות שהורגלו להן אזרחי ארה"ב; כי "מקורות הדלק החליפיים או הירוקים" הידועים ומפותחים כעת, להוציא ביקוע אטומי, מסוגלים יחד לייצר פחות מ-5% מכל דרישות האנרגיה של העולם, ברמה של השימוש באנרגיה בארה"ב;

לפיכך העם בארה"ב של אמריקה (והישראלים בעלי הברית) יתחייבו שוב לפיתוח המדע, הטכנולוגיה והציוד, הדרושים כדי לפתור את צרכי האנרגיה כפי שנקבעו בדו"ח הסופי של מחלקת האנרגיה של ארה"ב, בשנת 2001: "מימוש ההבטחה של אנרגיית ההיתוך". זאת באמצעות המרה ישירה של חומר לאנרגיה, המוגדרת בחוקי הפיזיקה שאין חולק עליהם, כפי שנקבעו ביחס בין חומר ואנרגיה המוגדר בנוסחה $E=MC^2$. הצגה מוצלחת של הפתרון תתקיים לפני סוף העשור.

היתוך הוא במלואו מובן המלה מקור האנרגיה הטוב ביותר לתרבות האנושית. בתהליך ההיתוך החומר הופך ישירות לאנרגיה בהתאם לנוסחת ה"יחסות המיוחדת" של איינשטיין $E=MC^2$.

קמפוז של דלק היתוך יפיק אנרגיה בכמות אדירה. עלות דלק ההיתוך (מימן כבד וליתיום) למגה וואט שעה של אנרגיה כה קרובה לאפס, עד שלמעשה כל עלות החשמל המופק מההיתוך נובעת מעלות ההון של תחנת הכוח ועלויות הבלאי של הפיתוח, התפעול והתחזוקה. כוח ההיתוך הוא בעל פוטנציאל רווח כביר. תהליך ההיתוך יכול לשמש ליצירת דלק נזלי סינטטי ודלקי גז לתעשיית התחבורה וכך להחליף את הבנזין והגז הטבעי. כמו כן ניתן להפיק חשמל, למעשה, בכמות בלתי מוגבלת. מזה זמן רב שוקלים בסוכנות החלל של ארה"ב, נאס"א, להשתמש בכוח ההנעה הישיר של ההיתוך עבור הדור הבא של חלליות מאוישות, שיטושו למאדים ורחוק יותר. הכוח המופק מההיתוך נקי לסביבה, אינו פולט גזי חממה ואינו מייצר פסולת רדיואקטיבית בכמות משמעותית. עתודות דלק המאובנים על פני כדור הארץ מוגבלות להחריד. התהליך הנוכחי של ביקוע גרעיני מאורניום ותורים מניב מקורות אנרגיה, בשפע יחסית. אולם, הכוח הגרעיני כרוך בסוגיות של בטיחות, פסולת

רדיואקטיבית וריבוי נשק. כוח ההיתוך הוא התקווה הידועה היחידה להישרדות המין האנושי על פני האדמה, בהתבסס על רמות האוכלוסין החזויות בעתיד הנראה לעין.

הצורך:

אם כל בני האדם על פני האדמה אמורים לחיות חיי נוחות ושגשוג, חובה עלינו להגדיל את תפוקת האנרגיה השנתית הכוללת ברחבי העולם, בפקטור גדול פי עשר משיעור התפוקה הנוכחי. מקורות האנרגיה כיום בעולם אינם מאפשרים זאת ואם אכן ננצל אותם בשיעור שכזה, ייכלו מאגרי דלק המאובנים בעולם הרבה לפני מחצית המאה הנוכחית. מקורות אנרגיה "חליפית, ירוקה ומתחדשת" יכולים לספק פחות מ-4% מסך כל דרישות האנרגיה החזויות לשנת 2050. קיימת ישנה דרך אחת ויחידה להפיק כמות האנרגיה הזו לקיום המין האנושי. מדובר בהמרת מסה לאנרגיה באמצעות תהליך ההיתוך הגרעיני.

אנרגיה היא המרכיב הבסיסי הדרוש לקיום המין האנושי. אם כל האומות אמורות ליהנות מרמת חיים מכובדת, אזי הן יזדקקו למקורות אנרגיה בכמויות המתקרבות לאלו הנצרכות בארה"ב ובמערב, יחסית לאוכלוסייתן. אוכלוסיית ארה"ב מונה כיום 310,000,000 תושבים בקירוב, כמעט 4.5% מאוכלוסיית העולם. יחד עם זאת, ארה"ב צורכת יותר מ-25% מצריכת האנרגיה העולמית. כדי לקיים את אוכלוסיית העולם הנוכחית ברמת חיים הקרובה לזו של ארה"ב, נצטרך להגדיל את תפוקת האנרגיה העולמית פי עשר לפחות.

בהתחשב בעובדה שתפוקת האנרגיה מדלקי מאובנים הגיעה לשיא מבחינת יכולת מיצוי כלכלית, ודלק נוזלי, גז ודלק מוצק ייכלו בתוך 75 שנים, חייבים למצוא מקור אנרגיה חדש, שיספק אנרגיה שוטפת בשפע. נחזור ונאמר: זוהי ההמרה הישירה של מסה לאנרגיה בהתבסס על הנוסחה של אלברט איינשטיין המתארת "יחסיות מיוחדת" ושוויון הערך של מסה ואנרגיה המיוצגת על ידי הנוסחה $E=MC^2$. מחוק זה נמצאנו למדים כי כמות קטנה מאוד של חומר שוות ערך לכמות אדירה של אנרגיה לאחר המרה.

הרקע המדעי:

היתוך הוא התהליך המספק כוח לשמש ולכוכבים. זוהי דרכו של הטבע ליצור אנרגיה וזהו תהליך הממוגד לביקוע גרעיני, שבאמצעותו מפיקים כיום אנרגיה. בתהליך ההיתוך, הגרעין האטומי של שני אטומים קלים מותך ויוצר גרעין כבד יותר. בתהליך, נוצרת כמות רבה של אנרגיה בגלל המרת המסה ישירות לאנרגיה, כפי שמבטאת הנוסחה $E=MC^2$. כאשר מדובר על ייצור מסחרי של אנרגיית ההיתוך, ייבדקו בטווח הקצר ריאקציות היתוך בהם משתתפים שני איזוטופים של מימן, דהיינו H^2 או דאוטריום (D) ו- H^3 או טריטיום (T). הדאוטריום קיים בטבע במי הים המהווים מקור שופע לאיזוטופ. כאשר בוחרים בדאוטריום ובטריטיום כדלק לכור היתוך, טריטיום נוצר כחלק ממעגל דלק מתוכנן היטב ובו משתתף היסוד הנפוץ ליתיום. גרעין של אטום דאוטריום מכיל פרוטון וניוטון, בעוד שגרעין של טריטיום מכיל פרוטון אחד ושני ניוטרונים. כאשר גרעין דאוטריום מותך עם גרעין טריטיום, נוצר גרעין הליום וניטרון אחד משתחרר. גרעין ההליום והניוטון נושאים את האנרגיה המופקת בריאקצית ההיתוך. כאשר גרם אחד של דאוטריום מותך לחלוטין עם גרם וחצי של טריטיום, נוצרים 235,852 קילוואט שעה של אנרגיה. במחיר של 5 סנט לקילוואט שעה, אנרגיה זו שווה בפוטנציאל ל-\$11,790, בניכוי עלויות ייצור האנרגיה.

כדי ליצור ריאקציות של אנרגיית היתוך, יש לחמם תערובת של דאוטריום-טריטיום (D-T) לטמפרטורה העולה בהרבה על מיליון מעלות צלזיוס כדי שתגובות ההיתוך יתרחשו בשיעור משמעותי. בטמפרטורות כאלו, האלקטרונים החגים סביב לגרעין של אטומי תערובת ה-D-T משתחררים מהמשיכה החשמלית של הגרעין ואז הופכים ליונים בעלי מטען חיובי. תערובת האלקטרונים והיונים נקראת "פלזמה". כאשר מפעילים שדה מגנטי על הפלזמה, החלקיקים הטעונים בפלזמה חגים במעגלים בקרבת קווי השדה המגנטי וכך אינם בורחים מהשדה המגנטי. בדרך זו ניתן להשתמש

בשדה מגנטי כדי לכלוא פלזמה בטמפרטורות גבוהות מאוד ולהרחיקן מכל דופן של חומר. זהו העיקרון הבסיסי של גישה אחת לאנרגיית היתוך המכונה: היתוך בכליאה מגנטית (MCF). אולם בפועל, חלקיקי הפלזמה מתנגשים ועלולים להיסחף על פני קווי השדות וכך לברוח מהשדה המגנטי, בפרק זמן ארוך מספיק ולשבור את הכליאה המגנטית של הפלזמה. זהו האתגר שיש להתגבר עליו במחקר והפיתוח בתחום.

גישה נוספת ל"כליאת" פלזמה חמה היא ניצול העובדה שאין זה משנה עד כמה הגז חמה, לוקח זמן עד שהוא מתפשט ומתקרר בגלל האינרציה שלו (המסה). זהו העיקרון הבסיסי של גישה אחרת לאנרגיית היתוך המכונה "היתוך כליאה אינרטיית" (ICF). בגישה זו, דוחסים את תערובת הדאוטריום-טריטיום באמצעים כגון, הדף של קרני לייזר בהספק גבוה, המכונה "דרייבר". התערובת מגיעה לטמפרטורות היתוך ולנפח קטן מאוד; שאינו עולה בדרך כל על 0.1 מ"מ, במרחק מה מדופן התא. ריאקציות ההיתוך מתרחשות בכדור פלזמה זעיר אך דחוס, בפחות מננו-שנייה. כדור הפלזמה מתפשט ומתקרר וריאקציות ההיתוך נפסקות. לאחר מכן חוזרים על התהליך במנוע בעירה פנימי כדי ליצור זרם רציף של פולסי אנרגיה, שווי ערך לכוח רציף ממוצע.

ההבדל בין היתוך גרעיני ובין ביקור גרעיני קונבנציונלי הוא שלביקוע גרעיני נלוות כמויות גדולות של תוצרי פסולת רדיואקטיבית, בעלות מחצית חיים ארוכה של עשרות אלפי שנים. זאת בשעה שתהליך היתוך מובהק אינו יוצר תוצרים ישירים של פסולת רדיואקטיבית. אולם, צופים כי הדגמים המוקדמים ביותר של כורי DT יפיקו כמות מסוימת של תוצרים רדיואקטיביים, בעלי מחצית חיים של שנים מעטות בלבד. באופן שכזה, כוח ההיתוך המסחרי לא ייצור בעיה של פסולת גרעינית. זאת ועוד, כדי לקיים את ריאקציות ההיתוך בכור, דרוש הספק כניסה. במקרה של תאונה שגורמת לתקלה, יהיה הפסד של הספק הכניסה ותגובות ההיתוך יעצרו בכור. מבחינה זו, כור של כוח היתוך מסחרי יהיה אל-כשל מכיוון שלא תהיה לו בעיה של בריחת הגרעין כתוצאה מהתכה, כפי שעלול לקרות בכור ביקוע מסחרי במהלך תאונה או תקלת כור.

לסיכום, היתוך הוא בטוח ונקי. עלות הדלק קרובה לאפס. התהליך מפיק אנרגיה כה רבה שתספיק לתרבות האנושית במשך מיליוני שנים. זו הדרך בה הטבע עצמו מפיק אנרגיה בשמש ובכוכבים. ידוע לנו בוודאות מוחלטת שהתהליך מצליח מכיוון אנרגיה הופקה בדרך זו על ידי האדם במבחנים תרמו-גרעיניים. מה שנותר לעשות הוא לתכנן פתרון הנדסי ליצור אנרגיית היתוך בכור מסחרי בעלות תפעול נמוכה דיה, כדי ליצור אנרגיה, וכן דלקים סינטטיים נזליים למטוסים וכדומה. זה האתגר הניצב בפני העם בארה" והעולם כולו מוכן לשלם את מחיר האתגר הזה, למען הדורות הבאים.