

אנרגיה כמו מים

מבוסס על מחקר של דוד מילשטיין ועמיתים

מדעני מכון ויצמן פיתחו גישה חדשה לפירוק מים לחמצן ולמימן

הארץ. על-אף ההתקדמות המשמעותית שחלה בהבנת הפוטוסינתזה, השאלה כיצד בדיוק פועלת המערכת אינה ברורה במלואה. קבוצות מחקר רבות ברחבי העולם מנסות לפתח מערכות פוטוסינתטיות מלאכותיות - אך עד כה בהצלחה מוגבלת למדי.

הגישה החדשה שפיתחו מדעני מכון ויצמן למדע כוללת רצף של תגובות עוקבות, המונעות על-ידי אור וחום, אשר מובילות לשחרור מימן וחמצן. עוד משתתפת בתהליך תרכובת מתכתית "חכמה" שתוכננה ופותחה במחקרים קודמים של הצוות. זהו צבר של מולקולות אורגניות, שבמרכזן ממוקם אטום של המתכת רותניום. בכל שלב של התהליך עובר הצבר החכם שינויים כימיים - שמאפשרים את קיומו של השלב הבא. "כאשר אנו חושפים את הצבר שנוצר בשלב השלישי והאחרון לאור, בטמפרטורת החדר, הזרז חוזר בחזרה למצבו המקורי, כך שאפשר לשוב ולהשתמש בו למחזור חדש של תגובות", אומר פרופ' מילשטיין.

בשלב הראשון, פעילות משותפת של המרכז המתכתי ושל החלק האורגני מאפשרת פירוק של מולקולות המים: נוכחות של הצבר החכם במים גורמת לשבירת

פיתוח מערכות יעילות להפרדת מים לרכיביהם - מימן וחמצן - באמצעות אור השמש, הוא אתגר מדעי שממקד אליו מאמצים רבים, במקומות שונים בעולם. מערכות כאלה עשויות לאפשר שימוש בגז המימן כבדלק נקי וידידותי לסביבה. עם זאת, רוב המערכות המלאכותיות הקיימות כיום אינן מצליחות "לספק את הסחורה", משום שהן מחייבות שימוש בחומרים כימיים שאי-אפשר למחזרם. גישה חדשה שפיתחו פרופ' דוד מילשטיין ושותפיו למחקר מהמחלקה לכימיה אורגנית במכון ויצמן למדע עושה צעד חשוב בהתמודדות עם האתגר הזה - באמצעות פיתוח גישה חדשה ל"פיצוח" מולקולות מים.

במהלך עבודת המחקר, שפורסמה בכתב-העת המדעי Science, גילו המדענים גם מנגנון חדש ובלתי-מוכר להיווצרות קשרים כימיים בין אטומי חמצן, והבהירו את שלביו. קישור שני אטומי חמצן שמקורם במולקולות המים ליצירת גז חמצן הוא התהליך שמהווה את צוואר הבקבוק בביקוע המים. הטבע כבר בחר בנתיב משלו כדי להתמודד עם הבעיה: הפוטוסינתזה, שמבצעים צמחים, היא המקור לכל החמצן שבאטמוספירת כדור-

פרופ' דוד מילשטיין, מחלקה לכימיה אורגנית, מכון ויצמן למדע, רחובות
מתוך המכון, חדשות מדע בשפה ידידותית, גיליון מס' 55 יוני 2009



חמצן בודד. בהמשך מתלכדים שני אטומי חמצן ליצירת מולקולה של גז חמצן. "חוסר היציבות היחסי של מי החמצן גרם למדענים להתעלם מאפשרות קיומו של השלב הזה, מתוך הערכה שהוא בלתי-סביר. אנחנו הראינו שהשלב הזה אכן מתקיים", אומר פרופ' מילשטיין. המדענים הצליחו להוכיח, כי הקשר בין שני אטומי החמצן נוצר בתוך מולקולה בודדת, ולא בין אטומי חמצן שמקורם במולקולות שונות - כפי שמקובל היה לחשוב - וכן כי מקורם בצבר מתכתי יחיד.

פיתוח שיטות מלאכותיות יעילות לפירוק מולקולות מים למימן וחמצן באמצעות אור השמש הוא מטרה עיקרית בתחום המחקר של אנרגיה נקייה ובת-קיימא. עד כה הצליח צוות החוקרים בראשות פרופ' מילשטיין למצוא מנגנון בן שלושה שלבים ליצירת מימן וחמצן ממים, המבוסס על שימוש באור שמש ואינו מחייב שימוש בחומרים כימיים מתכלים. עכשיו מתכננים המדענים לאחד את שלושת השלבים לרצף אחד, וליצור מערכת יעילה, שתקדם את חוקרי האנרגיה צעד נוסף וחשוב בדרכם להשגת מטרתם.

במחקר השתתפו החוקר הבתר-דוקטוריאלי (דאז) ד"ר סטפן קוהל, תלמיד המחקר לאונידשוורצברד, וטכנאי המעבדה יהושע בן-דוד מקבוצתו של פרופ' מילשטיין במחלקה לכימיה אורגנית, ביחד עם ד"ר לב ויינר, ד"ר לאוניד קונסטנטינובסקי, ד"ר לינדה שמעון וד"ר מרק איירון מהמחלקה לתשתיות למחקר כימי.

הקשרים הכימיים בין החמצן והמימן. אטום מימן אחד נקשר לחלק האורגני של הצבר, ואטום מימן נוסף ואטום חמצן (קבוצת הידרוקסיד) נקשרים למרכז המתכתי. בשלב הבא של התהליך, שלב החום, מוסיפים מים לתערובת ומחממים אותה לטמפרטורה של 100 מעלות צלסיוס. שלב זה גורם לשחרור גז מימן מהצבר מקור אפשרי לדלק נקי - תוך קשירת קבוצת הידרוקסיד נוספת למתכת.



נוכחות הצבר החכם גורמת לשבירת הקשרים הכימיים בין החמצן והמימן. אטום מימן אחד נקשר לחלק האורגני של הצבר, ואטום מימן נוסף ואטום חמצן נקשרים למרכז המתכתי

בשלב השלישי של התהליך - שלב האור - נוצר גז חמצן, ובסופו חוזר הצבר המתכתי למצבו המקורי. מדובר בממצא מפתיע, שכן עד כה לא היה ידוע שאפשר ליצור קשר בין שני אטומי חמצן בצורה זו. פרופ' מילשטיין וחברי הצוות שלו גילו גם את המנגנון הבלתי מוכר שבאמצעותו מתחולל התהליך. מתברר, כי במהלך השלב השלישי מספק האור את האנרגיה הדרושה להתלכדותן של שתי קבוצות הידרוקסיד, וליצירת מי-חמצן (H_2O_2). זהו קישור קצר-מועד, שכן מדובר בחומר בלתי-יציב, המתפרק במהירות למים ולאטום