



קרא את המאמר
Read the paper



Article in
"Smithsonian
Science News"



כתבה ב"הארץ"

יצירת מים ביקום הקדום

שמואל ביאלי¹, עמיאל שטרנברג¹, ואבי לייב²

¹ בית הספר לפיסיקה ולאסטרונומיה על שם ריימונד ובברלי סאקלר, אוניברסיטת תל אביב, ישראל
² המחלקה לאסטרונומיה, אוניברסיטת הרווארד, ארצות הברית

מים הם הבסיס לחיים. מתי לראשונה נוצרו המים ביקום?

בעזרת מודל תיאורטי המתאר את תהליכי היצירה וההריסה של מולקולות המים בענני גז בתווך הבין-כוכבי, מצאנו כי ייתכן וכבר לפני 13 מיליארד שנה, מים היו שכיחים - יותר משחשבו.

מים בעננים בגלקסיה

תצפיות על ענני גז בגלקסיה גילו מים במצב גזי, בריכוז טיפוסי של 10^{-8} (יחסית למימן). בנוסף, קרחים המתגבשים על חלקיקי אבק נפוצים מאוד בליבותיהן הקרות של העננים.

מאין בא החמצן?

מולקולת המים, H_2O , מורכבת מאטומי מימן וחמצן. במפץ הגדול נוצרו היסודות מימן והליום. שאר היסודות, בפרט חמצן, נוצרו רק מאוחר יותר בתהליך של היתוך גרעיני, בתוך ליבותיהם של כוכבים. בסוף חייהם, הכוכבים מפזרים את החמצן שיצרו לתווך הבין-כוכבי. עננים חדשים מתגבשים, ומחזור יצירת כוכבים חדש מתחיל. כך לאורך הזמן, ריכוז החמצן בגלקסיה הולך וגדל. ריכוז החמצן בגלקסיה כיום הוא 4.6×10^{-4} (יחסית למימן).

יצירת כוכבים ופלנטות

ענני גז ואבק נפוצים בתווך הבין-כוכבי בגלקסיות. כוכבים ופלנטות, נוצרים על ידי קריסה של עננים אלו, בשל כוח הכבידה העצמי שלהם. בגלקסיה שלנו למשל, נוצרים כשני כוכבים חדשים מדי שנה בתהליך זה. ההרכב הכימי של העננים הוא חומר הגלם ל"מערכות שמש" החדשות שנוצרות.

חשיבות האבק

בתוך העננים מתקיימים תהליכים כימיים שיוצרים מולקולות, כגון: מים, אמוניה, מתאן, ועוד. מנגד, קרינת UV ממצבורי כוכבים שכנים הינה הרסנית עבור המולקולות. חלקיקי אבק שבעננים סופגים את קרינת ה UV ומאפשרים העשרה של פנים העננים במולקולות.

האם מים יכלו להתקיים בתנאים ששררו ביקום הקדום?

(לפני כ 13 מיליארד שנה)

מצד שני – כימיה יעילה יותר

המחסור ביסודות כבדים מפחית את יכולות הקירור של העננים (על ידי פליטת קווים ספקטראליים מאטומים ומולקולות), ולכן העננים הקדומים היו חמים ביחס לעננים גלקטיים כיום (מאות מול עשרות מעלות K). ככלל, תהליכים כימיים יעילים יותר בטמפרטורות גבוהות.

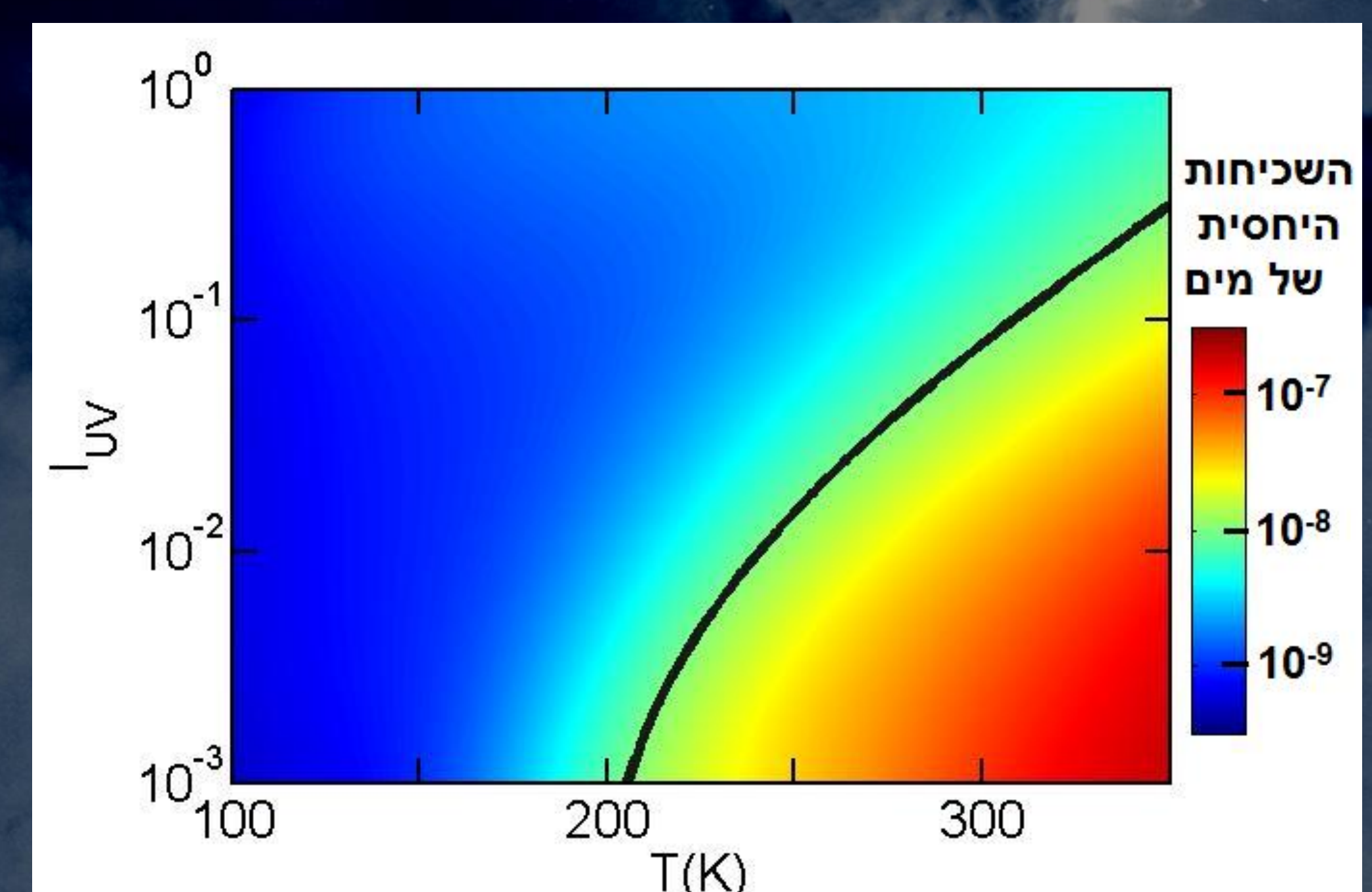
מצד אחד – מעט חמצן ומעט אבק

העננים הקדומים היו עדיין עניים ביסודות כבדים מהליום, ובפרט בחמצן הנחוץ ליצירת מים. בנוסף, העננים היו גם דלים באבק (שכן גם הוא מורכב מיסודות כבדים מהליום) ולכן חשופים לקרינת ה UV ההרסנית.

האם הטמפרטורות הגבוהות יכולות לפצות על דלות החמצן והאבק?

ריכוז המים בגז, כפונקציה של הטמפרטורה (T) ועצמת הקרינה (I_{UV}). הקו השחור הוא הקונטור 10^{-8} (=ריכוז המים בענני גז גלקטיים כיום, לשם השוואה). ריכוז מים גבוה ($>10^{-8}$) מתקבל עבור טמפרטורות $>200K$ ושדות חלשים מ $I_{UV}=0.2$.

כדי לענות על שאלה זו, פתרנו את המשוואות המתארות את קצבי הריאקציות של יצירה והריסה של מולקולות מים, בגז בעל ריכוז חמצן נמוך (10^{-3} מהערך בגלקסיה כיום), החשוף לשדה קרינת UV. הגרף מימין מתאר את התוצאה המרכזית:



ריכוז המים כפונקציה של הטמפרטורה ועצמת קרינת ה UV, עבור גז בעל ריכוז חמצן של 4.6×10^{-7} (= אלפית** מהערך הטיפוסי בעננים גלקטיים כיום).

היעילות הגבוהה של יצירת מים בטמפרטורות גבוהות מאפשרת העשרת הגז במים, עבור עננים החשופים לעוצמות קרינה נמוכות ($I_{UV} < 0.2$).

* I_{UV} = שטף הקרינה בתחום ה UV מנורמל לשטף הטיפוסי בגלקסיה
** ערך מייצג עבור התקופה בה הגלקסיות הראשונות החלו להיווצר, לפני כ 13 מיליארד שנה.

בעתיד, נרצה להמשיך ולחקור

האם פלנטות קדומות הכילו מים?

איזה חלק מהמים בעננים מגיע בסופו של דבר לפני פלנטות שנוצרות? מהי חשיבותם של חלקיקי הקרח בעננים ראשוניים?