



התבוננות בטבלה מגלה שאותן מתכות מעבר שבהקפה הרביעית של הסליל, אינן דומות לכל היסודות שבשלוש ההקפות הראשונות. הדמיון בין היסודות "תופש" את העין במיוחד משמאל ב"אזור השעות 8-11".

הלנתנידים, בטבלאות המסורתיות, גם זו של סיבורג שעל שמו נקרא היסוד 106 סיבורגיום (גלן תיאודור סיבורג (Glenn Theodore Seaborg)), נדחקים לפינה התחתונה כשהם מנותקים מכל יתר היסודות. כאן הם מופיעים כחלק ממכלול, למרות שברור שאינם דומים לאף יסוד בחמש ההקפות שקודמות להופעתם.

בשולי הגלקסיה, דווקא בהמשך לטורים הראשיים של הטבלה, מטור החנקן ועד לטור הנאון "מתבדרים" בשולי הערפילית היסודות שעדיין לא התגלו (מספרים אטומיים מתבקשת 115-118). השאלה - למה דווקא באזור זה עתידים המדענים לגלות/להמציא יסודות חדשים.



השאלה גוררת שאלה נוספת: מה נכון לומר - יסודות אלה יבודדו? יומצאו? יתגלו?

הגלקסיה הכימית מהווה המחשה מצוינת לרעיון של מוצא היסודות: יש יצירה של אטומי יסודות בתהליך מיזוג גרעיני והתפתחות של מגוון היסודות המזכיר את התהוות היסודות בשמש, כשהמקור של כולם הוא הנייטרון, אותו חלקיק המהווה את האזרח השולט בכוכבי הנייטרונים או הפולסארים.

הגלקסיה מעוררת תיאבון להרחבה - אתר אינטראקטיבי שבו תלמידים יוכלו לחקור את היסודות על פי הרעיון

פתחתם את המגילה שהמורים חברי אגודת מורי הכימיה קיבלו כשי?

ההפתעה עם ההצצה הראשונה גדולה. שמא זו טעות? הפוסטר היפה נראה מובט ראשון כתמונת שער מעלון לאסטרונומים או אולי אפילו תמונת לוויין של הוריקן עם עין הסערה הטיפוסית (ראו תמונת השער). אין התמונה מזכירה כלל אף אחת מהטבלאות המחזוריות שאנו, מורי הכימיה, פגשנו אי-פעם.

בהתבוננות מקרוב מגלים את היופי המובנה הפנימי שבטבלת הגלקסיה הכימית. הרצף הלולייני של אטומי

היסודות מתחיל במרכז או "בעין" הגלקסיה. שם בלב הלבן השקט נמצא הנייטרונים ("אטום" עם מספר אטומי 0). ממנו נובע רצף לולייני של אטומים בעלי מספר אטומי עוקב - מהמימן דרך ההליום והליתיום - ויוצר תמונה רציפה של יסודות ללא הקיטועים השרירותיים (ההגיוניים

אמנם) של הטבלאות המחזוריות המקובלות.

למרות היעדר הקיטוע המסורתי, ניתן בהרף עין לראות מהם היסודות הדומים, מאחר שכל היסודות הדומים ערוכים לאורך אותו חיבור (החיבורים הם אותם קווים עקומים, קונצנטרים היוצאים ממרכז הגלקסיה).

בולט לעין גם השוני בין צדה הימני של הטבלה המכיל את 8 הטורים הראשיים המסורתיים, שבהם היסודות שונים מאוד זה מזה, לבין צדה השמאלי של הטבלה המכיל יסודות צפופים וקרובים יותר, ולכן הם נתפשים כדומים יותר זה לזה.

* רינה ברנסבורג, מורה לכימיה, תיכון עירוני יד' תל אביב.



שלפיו נבנתה, ולברר:

- כיצד נבנים אטומי היסודות זה מזה?
- מה משותף לכל אטומי היסודות שנמצאים בצד הימני של הגלקסיה?
- מדוע יש הצטופפות של יסודות רבים רק החל מההקפה הרביעית?
- מדוע היסודות המודפסים בשחור (היסודות קצרי החיים) נפוצים רק בהקפה השביעית?
- מדוע בהקפה החמישית וגם בהקפה השישית יש רק יסוד אחד המודפס בשחור (${}_{42}^{92}\text{Tc}$ ו- ${}_{61}^{147}\text{Pm}$ בהתאמה)?

את סיפור הטכניציום ניתן לקשר לכתבה המעניינת (עמ' 39) על טכניציום ושימושו ברפואה גרעינית של יוסף ליבנה.

לסיכום: טבלת הגלקסיה הכימית ללא ספק יפה ומושכת הרבה יותר מהטבלאות המחזוריות המסורתיות, אבל תרומתה החשובה נובעת מהיותה רעיון מרענן וחדשני שיכול לתרום התייחסות מחדשת להוראת רעיונות בסיסיים בכימיה ולקירוב תלמידים לכימיה.

תודה לדר' יהושע סיוון, יוזם המיזם של איתור הפוסטריום של הגלקסיה, מזמין הפוסטריום והמוציא לפועל של חלוקתם למורים עם דף הסבר.

מתוך האתר: <http://www.chemicalgalaxy.co.uk>

להלן מצורף ההסבר שנשלח לחברי האגודה יחד עם הפוסטר של הגלקסיה הכימית*:

גלקסיה כימית: הערות טכניות

למה גלקסיה? כאשר היסודות הכימיים ערוכים לפי העלייה במטען החיובי של גרעין האטום (והעלייה במספר האלקטרונים השליליים סביב הגרעין), הם יוצרים סדרה מתמשכת שבה תכונות כימיות מסוימות התלויות בעיקר במס' האלקטרונים, חוזרות בעקביות בצורה מחזורית. ניתן לראות זאת ע"י חיתוך הרצף למקטעים וסידור המקטעים כטבלה מלבנית. דרך אחרת היא לכרוך את הרצף בצורה סלילית (לוליינית). מאחר שהחזרות המחזוריות נמצאות במקטעים ההולכים וגדלים, המספר הגדל והולך של היסודות צריך להתאים לפיתולי הסליל.

ב-1951 הראה אדגר לונגמן שהדרך הטובה ביותר היא יצירת סליל אליפטי. בגרסה חדשה זו עוצבו לראשונה חזרות עוקבות כך שגודלן יגדל בקצב קבוע. התבנית שנוצרת דומה לגלקסיה, ודמיון זה הוא הבסיס לעיצוב שלי.

החישורים מקושטים כדי לשמור את היסודות הפנימיים יותר ביחד ועדיין מרווחים דיים בעבור היסודות הנוספים שבמחזורים היותר חיצוניים, אלא שה"בור" מתחיל להיפער אפילו במחזור השני בין בריליום לבין בור. ה"בור" מתאזן ע"י בור נוסף וקטן יותר בין חמצן לפלואור שנסגר ככל שנעים כלפי חוץ. עקמומיות החישורים נקבעת על פי כוח משיכה מדומה של "מושך גדול" שממוקם בימין למעלה.

שמונה הקבוצות הכימיות הראשיות נמצאות על ארבע עקומות שעוברות דרך המרכז ומצטרפות אליהן בארבעה זוגות. זה נעשה כך משיקולים אמנותיים, אך אינו מונע מלראות בזוגות האלה - מימן והליום, בליתיום וחנקן, בריליום ובור וחמצן ופלואור - זוגות משלימים או מנוגדים.

נייטרונים מוקם במרכז הגלקסיה. ניתן לראותו כיסוד בעל מס' אטומי אפס. נייטרונים, החלקיקים הנייטרלים שמצטרפים לפרוטונים ביצירת אטומים הכבדים ממימן רגיל, הם האטומים שלו. כאשר צפיפות היקום הקדום מאוד הייתה גדולה מכדי לאפשר קיום פרוטונים ואלקטרונים בנפרד, זה היה החומר המקורי. חומר כזה עדיין קיים בכוכבי נייטרונים שבהם היתוך גרעיני אינו מתגבר על הצפיפות, כך שהגרעינים והאלקטרונים של כל היסודות דחוסים יחד עד לצפיפות של 3×10^{14} גרם לס"מ מעוקב (אצבעון ישקול אז 300 מיליון טון). נייטרונים לכד את דמיונם של חובבי

* מורים שיחדשו את חברותם באגודה יקבלו את הפוסטר.



מדע בדיוני כמו "ביצת הדרקון" ו"רעש כוכבים" של רוברט פורוורד, ו"אל-כימאי הנייטרונים" של פיטר המילטון (Dragon's Egg and Starquake by Robert Forward and The Neutronium Alchemist by Peter F Hamilton).

כאן בכדור הארץ ניתן להחזיק בבקבוק נייטרונים קרים המואטים ע"י שדה מגנטי חזק, כך שייוצרו גזים אצילים מלאכותיים ורדיואקטיביים מאוד, וידעכו עם זמן מחצית חיים של 14.64 דקות תוך יצירת פרוטונים ואלקטרונים שמרכיבים אטומי מימן.

מימן ממוקם באמצע הדרך שבין תחילת הסיבוב הראשון של הסליל לבין סיומו. בהיותו היסוד היחיד באזור זה של הרצף, הוא היה נראה משונה לו מוקם בכל מקום אחר, כמו בשכנות לנייטרונים ומתחת לליתיום, או מתחת לליתיום וסמוך להליום ומתחת לפלואור. במקום זה הוא מתרווח מעל לפחמן הדומה לו בהרבה מובנים, ולא ליד ליתיום או פלואור שאינם דומים לו כלל מלבד בערכיות. גם מימן וגם פחמן נמצאים במחצית הדרך בין רמה אלקטרונית מלאה וריקה, ולכן הם מתרכבים עם יסודות אחרים, בעיקר בקישור קוולנטי, שבו הם משתפים אלקטרונים ואינם לוקחים או מוסרים אלקטרונים. לשניהם זיקה גדולה זה לזה, והם נמצאים יחד במספר תרכובות עצום. נימוקים מפורטים למיקום זה ניתנים ע"י:

Marshall Cronyn 'The Proper Place for Hydrogen in the Periodic Table' Journal of Chemical Education, Vol. 80, no. 8, pp. 947-951 (August 2003).

לוטציום ולורנציום מהווים בעיה בגרסאות מקובלות של הטבלה המחזורית, שבהן הגושים מופרדים. האם יש לראותם כאחרון הלנתנידים או כראשון בגוש מתכות המעבר? הבעיה נעלמת בסידור הסלילי: ניתן לראותם בשני האופנים.

הצעה זו מונעת את הפתרון המסורבל שמופיע באותן טבלאות שמתייחסות ללנתן כאל ראשון ברצף מופסק של מתכות מעבר, למרות שאינו לנתניד.

ויליאם ב. ג'נסן הביא נימוקים אלה למיקום לוטציום ולורנציום, ולא לנתן ואקטיניום, יחד עם סקנדיום ואיטריום. 'The Positions of Lanthanum (Actinium) and Lutetium (Lawrencium) in the Periodic Table', Journal of Chemical Education, Vol. 59, no. 8, pp. 634-36 (August 1982).

יסודות רדיואקטיביים קצרי חיים מיוצגים ע"י סימולים באותיות שחורות. לבן מצייני יסודות ארוכי חיים וכולל גם תוריום ואורניום, למרות שכל האיזוטופים שלהם רדיואקטיביים. זמן מחצית החיים של תוריום הוא 14 מיליארד שנה (וזוהה לגיל היקום), וזה של אורניום 238 הוא 4.5 מיליארד שנה (כגיל כדור הארץ). לאף אחד מהאיזוטופים של פולוניום, אסטטין, רדון, פרנציום, רדיום, אקטיניום או פרוטאקטיניום אין זמן מחצית חיים הארוך מכמה אלפי שנים, כך שהכמויות הזערורות שקיימות בטבע מתחדשות ע"י דעיכת אורניום ותוריום. מכל היסודות האלה רק הרדון חשוב, מפני שהוא נפלט מהסלעים ומהווה סכנה בריאותית. שני היסודות הקלים יותר, טכניציום ופרומתיום, נוצרים אף הם בביקוע גרעיני ספונטני של אורניום.

שני יסודות טרנס-אוראניים, נפטוניום ופלוטוניום, נוצרים בכמויות מזעריות בתהליך טבעי שמתחיל כשאטום אורניום 238 לוכד נייטרון. מעבר לפלוטוניום כל היסודות מלאכותיים לחלוטין ובעלי חוסר יציבות גדלה, למרות הצפי ל"אי של יציבות" סביב היסוד 114. שמות ניתנו עד ליסוד 111. על יצירת יסודות 112 ו-114 נמסרו דיווחים מהימנים, אך עדיין לא ניתנו להם שמות והם מכונים זמנית ununquadium, Uuq-1 ununbium, Uub

לו תוריום ואורניום לא היו בעלי זמן מחצית חיים כה גדול, לעולם לא הייתה מתגלה הרדיואקטיביות; כימיה ופיזיקה היו פחות מעניינות, אבל העולם עשוי היה להיות מקום בטוח יותר.

P J Stewart, 2005