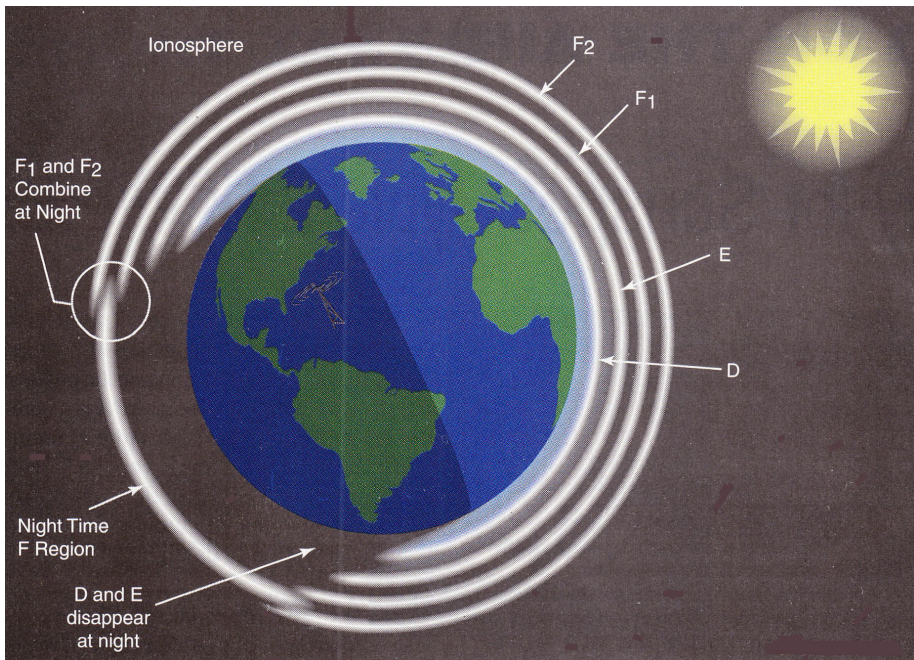


השכבות שמעלינו

מאת אלי קובו 4X4LH

סוף סוף מצאתי שתי "תמונות" יפות של הנעשה מעלינו – מסביב לכדור הארץ. כמו שאומרים: תמונה טובה אחת שווה אלף מילים, כל שכן שתי תמונות! התהליכים שמתנהלים מעלינו כוללים את מיטב הפיזיקה והאסטרונומיה. התקשורת ככלל - וזאת שלנו בפרט, נעזרת בהם עד קצה היכולת... לכן כדאי שמפעם לפעם נחדש את ארסנל הידע שלנו גם בשטח הזה.

בני התמותה הרגילים (אלה שאינם חובבי רדיו) קוראים למה שמעלינו אטמוספירה ומחלקים לשכבות לפי הגובה - טרופוספירה עד ~15 ק"מ, - סטראטוספירה עד גובה 100 ק"מ, - יונוספירה מ 100 ק"מ עד ~700 ק"מ. לנו חלוקה כזאת לא מספיקה, כי אנחנו צריכים לדעת מה יש במרחב הזה ואיך לנצל את המערכת המופלאה הזאת לתקשורת הרדיו שלנו. ואכן בשנת 1900 עבדו על זה Heaviside ו Kennelly וגילו שקיימת שיכבה מוליכת חשמל שמגיעה לגובה 700 ק"מ. בשנת 1924 Lord Appleton & Barnett הסתמכו על הממצאים הקודמים של היוויסייד ומצאו שבנוסף לגובה וחשמל קיימות שכבות "משנה", נתנו הסבר על התנהגותה והשפעתה של כל אחת מהם וסימנו אותם באותיות. איזו גאונות יחסית לאמצעים שהיו בידם! המאפיין הפיזיקלי העיקרי של השכבות האלה הוא היותם מורכבים מגאזים ובעיקר חמצן, חנקן, מימן, הליום, אוזון ועוד... השמש מייצרת ומפזרת ספקטרום רחב מאד של קרניים - קרני X, רנטגן, קרני אור אולטרה סגול וקרני חום אינפרא אדום ואפילו קרני רדיו. הפגיעה בכוח במולקולות של הגאזים, גורמת לאלקטרון אחד (לפחות) להשתחרר מהמעטפת היציבה ומה שנשאר נטען בחשמל. מולקולה טעונה כזאת נקראת **יון**. שכבות אלו כוללות כעת יונים ואלקטרונים "חופשיים". כל שיכבה כזאת משמשת למזלנו לבלימה, לסינון, לספיגה וכ"ראי" שמחזיר לחלל (!) את רוב קרני השמש האלו, אחרת הן היו שורפות אותנו מיד אם היו מגיעות עד אלינו! אחד מהגאזים האלה הוא האוזון למשל, שמתכלה לאחרונה ולתדהמתי, למדענים עדיין אין מושג קלוש מה גורם לכך (גאזי חממה? בלה בלה!). זאת למרות הידע והאמצעים שעומדים לרשותם היום...! ועוד לא נאמרה כאן מילה על העטיפות המגנטיות מסביב לכדור הארץ, שיכולות לפרק עצמותיהם של אסטרונוטים ואת החלליות שלהם. שמם של עטיפות אלה על שמו של האסטרופיזיקאי ההולנדי Van Allen - שגילה ותיאר אותם כרמוי טורואיד כשכדור הארץ המסכן באמצע כל הסאמאטוכה...



במשך הלילה כאשר לא נשאר הרבה מהמבחר המגוון הזה של קרני שמש, חוזרים האלקטרונים למולקולות, כמו בכסאות מוזיקליים. התהליך הזה נקרא רה-קומבינציה - חזרה להרכב האורייגנלי. שכבות שלמות הופכות ל"סתם" גזא ניוטראלי וכאילו נעלמות - ובעצם הופכות שקופות לקרני רדיו. שתי השכבות העליונות F1 ו F2 מתאחדות אחת עם השנייה – עד הבוקר. ראה תמונה למעלה.

בשלב הזה ננסה להזכר איך כל אלמנט כזה תורם לשידורים שלנו:

השכבה D בגובה 50 ק"מ היא הראשונה מעלינו וממש מפזרת ובלעת תדריויות נמוכות - תחנות שידור על גלים בינוניים לא נשמעות למרחקים. למזלנו היא נעלמת בלילה ומפסיקה להיות גורם לגבי אותות רדיו.

שכבה E בגובה 120 ק"מ. במשך היום מכילה כמות גדולה של אלקטרונים חופשיים. בלילה כמות האלקטרונים קטנה מאד עד כדי העלמותה ואז מתאפשר לאותות רדיו להגיע לשכבות העליונות וכך להגיע לתחנות הרחוקות ביותר. מצד שני, בעיקבות "סערות מגנטיות" בעיקר בקירבת הקוטב הצפוני השכבה נשארת רוויה באלקטרונים – וחוסמת קרני רדיו מלהגיע לשכבות הגבוהות יותר, אך בעצמה ממלאה תפקיד של מחזירה אותות שלנו לטווח של 4000 ק"מ. מכיון שתופעה זו קוררת לגמרי באקראי, קוראים לה Sporadic E. אחד הרמזים שחובבים מנצלים כדי לדעת אם השיכבה הזאת הופיעה זה, שכאשר שאר הגלים "מתים" - יש סיכוי לפתיחה על 6 מטר! מאותם סיבות ובתוספת של השדה המגנטי שעוטף את כדור הארץ ולעיתים סוער, נוצר זיו הצפון Aurora Borealis. מספרים, שאנשים שרואים את התופעה הזאת לראשונה, נבהלים מהמסכים הצבעוניים האלה שנעים כל הזמן ונדמה יפלו אליהם או יעטפו אותם או יבלעו אותם...

שכבה F היא השכבה בה מתאחדות במשך הלילה שתי השכבות העליונות F1+F2

שכבה F1 בגובה 220 ק"מ דומה בהרכבה לשכבה שמעליה.

שכבה F2 בגובה 400 ק"מ. היא הראשונה שקולטת את חוזקם של קרני השמש. בגלל זה השכבה הזאת עשירה באלקטרונים. "איכות" השבירה וההחזרה של אותות הרדיו גדל עם ריבוי האלקטרונים. רק כדי לסבר את העין (שקוראת כאן), כמות האלקטרונים בשכבה זו מגיעה למיליון אלקטרונים לסנטימטר מעוקב (cm^3).

תדר קריטי הוא התדר הגבוה ביותר שיוחזר מאחת השכבות. תדרים יותר גבוהים ממנו יופנו ישר לחלל.

זוית קריטית היא אותה זוית שקרני רדיו בזוית יותר אנכית ממנה לא יופנו ארצה אלא לחלל. (תמונה 2) **MUF** Maximum Usable Frequency או **ש"ע** - תדר שימושי עליון. התדר הגבוה ביותר שיוחזר לארץ. המידע הזה דרוש כדי להבטיח קשר אמין ומתמשך בין תחנות מסחריות, רחוקות זו מזו, על תדר גבוה ככל האפשר. זה קורה בדרך כלל על תדר שקרוב לתדר ה MUF.

גלי קרקע הם אותם הגלים שמתפשטים מהמסדר על פני הקרקע למרחקים קרובים. ראה תמונה 2

גלי רקיע הם הגלים שמוקרנים כלפי מעלה ומוחזרים מהשכבות שמעלינו.

Skip Zone או **אזור הדילוג** של גל הרדיו הוא האזור ש"בין סוף גלי הקרקע לבין ההחזרה הראשונה משכבות היונוספרה".

לכן אני במבשרת לא שומע על 20 מטר ומעלה, תחנות מהארץ, כי הן נמצאות עבורי ב"אזור הדילוג" או ב"שטח מת" (ואני עבורם גם). לעיתים כל אירופה בשטח מת ואז אנחנו עושים את מיטב הדיאקסים!

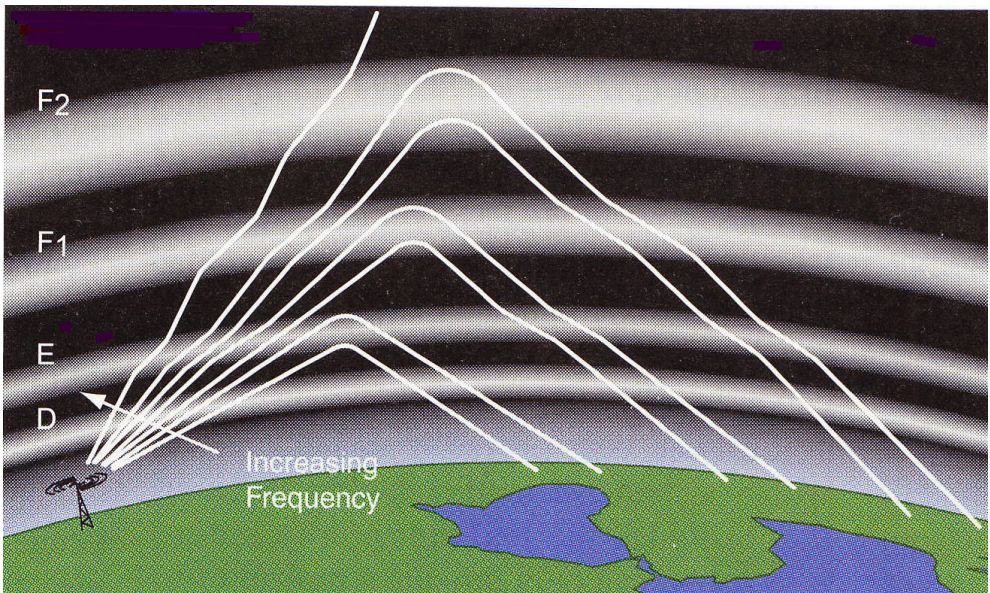
The Grey Line הוא קו של תחילת ההעלמות של השכבות היומיות D ו E, עם שקיעת השמש ותחילת הרה-קומבינציה - לבין החושך "המוחלט" של הערב. השלב הזה הוא הדרגתי ואותות הרדיו מוחזרים על ידי השכבות העליונות F1 ו F2 שעדיין לא איבדו את עושר האלקטרונים שלהם - בצורה טובה מאד וכמעט ללא בליעה - מצויין לדיאקסים!

Fading - דעיכה נוצרת בעיקר ע"י קליטה כפולת מסלול, כלומר הקרן נקלטת טוב אך קרן נוספת מאותו משדר מוחזרת בדרך קצת שונה, באיחור מה ותוך הזזת פאזה חלקית. הזזה כזאת גורמת להחלשה או ביטול של האות הנקלט. גורם אחר נוסף הוא - אי היציבות של השיכבה המחזירה, כלומר תזוזה שלה מעלה-מטה.

מחזור ה 11 שנים של "כתמי השמש" בתקשורת רדיו הוא תופעה בלתי מוסברת. מה גורם להופעת כתמי שמש כל 11 שנים? לגודל? למספרם? הם ככל הנראה סערות ופיצוצים אטומיים שמתרוממים לגובה של 50,000 ק"מ מעל פני השמש. סברה אחת טוענת על דמיון לפעולת הגייזר "Old Faithful" בצפון אמריקה – אותו עמוד של מים שרתחו במעמקים בלתי ידועים ע"י חומר בווער, שנקרא בפי המדענים "מאגמה" ופורצים אל על כל 55 דקות לגובה של 50 מטר. פיטריה אטומית ענקית על השמש נראת לנו במבט על "ככתם כהה"! כתם כזה יכול להיות בקוטר של 10,000 ק"מ. קשה לקלוט מספרים ענקיים כאלה אך צריך לדעת שהאסטרונומיה עוסקת במספרים שקשה לנו מאד להבין. מרחקים בקילומטרים ייכתבו עם חזקות לא

של ספרה אחת אלא שתיים ואם נרצה לכתוב אותם במפורש יתפשו שתיים שלוש שורות במאמר הזה!...
 לכן משתמשים במהירות האור - 300,000 ק"מ/שנייה כבסיס - והמרחק שיעבור בשנה שלמה ביחידה
 "שנת אור". אנחנו נמצאים בדיוק במרחק שמונה דקות ו 19 שניות אור מהשמש!... עוד דוגמא: היחס
 בגודל בין כדור הארץ לבין השמש זה כמו ראש של סיכה ליד כדור בקוטר 2-3 מטרים!...
 כל זה בירברתי כדי שנבין מה זה כתם שמש בקוטר של 10,000 ק"מ....

הפעילות בשמש כוללת אלמנטים רבים, החל מגודלה הענק, מגנטיות חזקה מאד מסביבה, כמויות ענק של
 יסודות רדיואקטיביים שמעוררים אחד את השני עד כדי "רתיחה" אטומית ענקית ובלתי נתפשת במושגים
 שלנו. חום של 4000 מעלות צלזיוס אולי אפשר לדמיין איכשהו. מעניין מאד לדעת אם בסביבת מגנטיות
 חזקה כזאת, יש ביטוי ומשמעות לחוק שלושת האצבעות? מסביב לשמש הנראת לעיננו, קיימת שיכבה של
 עשרות אלפי קילומטרים של קרינה בעלת ספקטרום רחב מאד שמתגלה רק באמצעות רדיו-טלסקופים. חלק
 מהגלים האלה שבתחום הרדיו נקלטים בכדור הארץ בתדר 2,8 GHz.



תמונה 2

די מצער אותי שתוך החיפושים הרבים עבור המאמר הזה, גיליתי לאכזבתי, שכרוב המקומות חוזרים על
 אותם הקלישאות כאשר מדברים על מה שקורה במרווח שביננו לבין השמש. זאת למרות האמצעים הרבים
 העומדים לרשות המדענים היום לחקר החלל ותופעות הטבע הענקיות שקורות ב"מרווח" הזה.

לעומת זאת התקשורת עצמה עברה כמה וכמה מהפכות מכובדות מאד, החל מתקופת החוקרים במאה ה-19.
 חובבי הרדיו לא טמנו את ידם בצלחת והפעילו את מלוא יכולותיהם ותרמו תרומות חשובות מאד, כמו
 "הגילוי" של הגלים הקצרים לתקשורת ארוכת טווח ביותר. המשך התפתחות התקשורת בהמצאת הטריודה,
 הופעת הטרנזיסטור, אחריה (ה'ג'וקים) ה"שבבים", האינטרנט, טלפון נייד לכל ילד!... המשדר שלנו תפש
 פעם חדר שלם. היום - ככל שהוא קטן יותר מגיע לטווחים גדולים יותר ב CW, FM, PSK, SSB ועוד.
 אנחנו משתפים את המחשב בקשר ורואים על הצג את הנעשה על כל הגל ע"י SDR! וע"י ה WSPR!

לעומת כל היופי הזה, הלוויינים בודקים את... תנועת הדבורים והתרבותם בחלל, את רגישותו לבדידות של
 קוף בחלל - ועוד כאלה... נראה לי שפעולת השמש מתקבלת אצל המדענים כמתת שמיים ותו לא... אולי
 בנושא לסטטיסטיקה... סופרים את מספר "הכתמים" בשמש ומחכים 11 שנים כדי להשוות לפעם הקודמת...

Scientists have discovered that in the human brain:

On the left side, there is nothing right, and on the right side, there is nothing left.