

4XBulletin – הגל החדש



גיליון מס' 39, מאי 2023/5



מועדון חובבים בפולין בפעילות מיוחדת לציון 80 שנה למרד גטו וארשה

מה בגיליון:

חדשות חובבי הרדיו בארץ ובעולם.

המחזור הסולרי ה-25

סיפורו של חובב – שמואל הרשקוביץ 4X5HS

מיהו יו"ר אגודת חובבי הרדיו בישראל?

חובבת הרדיו הראשונה בארץ.

המדור בשפה האנגלית ENGLISH CORNER ועוד...

- 3 - דבר העורך מאי 2023
- 4 - חובבים מציינים 80 שנה למרד גטו וארשה
- 5 - מי זה ה"דני קצמן" הזה?
- 9 - חובבת הרדיו הראשונה בישראל
- 11 - הזמנה לאספה השנתית
- 12 - שמואל הרשקוביץ מגשים חלום
- 15 - המחזור הסולרי ה-25 – עדכון
- 18 - IARC News
- 22- רעש במעגלים חשמליים

משתתפים בגיליון זה:

	פרופ' עלי לוי
4X1SK	דניאל רוזן
4Z1ZV	צביקה סגל
4Z1KO	רועי כהן
4X5HS	שמואל הרשקוביץ
4X1ST	טים סקרימשואו
4X4DK	עמי שמי

בברכת 73, וקריאה נעימה! נפתלי בלבן-אברהנד 4Z1RM, מו"ל ועורך הגיליון.
המאמרים אשר לא צוין שמו של המחבר, נכתבו ע"י העורך.

חברי מערכת: משה אינגר 4Z1PF, דר' איל רסקין 4X1RE וטים סקרימשואו 4X1ST.
תודה לצביקה סגל 4Z1ZV ועדו רוזמן 4X6UB על תרומתם המקצועית.

לקריאת גיליון זה וגם את קודמיו ניתן להיכנס לאתר: <https://4xbulletin.org/>

כתובת המערכת לתגובות, בקשות ומשלוח מאמרים: 4xbulletin@gmail.com

שימוש בתמונות לפי חוק זכויות יוצרים 27א'. עיתון זה נכתב ונערך בהתנדבות עבור חובבי רדיו שלא למטרות רווח, יש אפשרות לפרסם קטעים ממנו במקומות אחרים בתיאום עם המערכת. כתובת המערכת: "הוצאת אחוזה-חיפה", ת.ד. 3773, חיפה 3103701
הערה: המאמרים המופיעים בגיליון זה הם באחריות הכותבים בלבד



דבר העורך מאי 2023

קוראים יקרים,

אחרי חגי אפריל הגענו לחודש מאי שבו ישנם ימים אחדים הצרובים בזיכרון הקולקטיבי שלנו בארץ ובעולם.

* מדינת ישראל נוסדה לפני 75 שנה ב-14/5/1948 ומיד מצאנו עצמנו במלחמת שחרור שנמשכת עד ימינו אלה, כיום יש לנו אויבים נוראים במזרח התיכון, אך יש סכנות גם בתוך המדינה, נקווה שנהיה מספיק חכמים בכדי לעמוד מול כל הסכנות.

* בחודש האחרון ציינו בארץ ובפולין 80 שנה לפרוץ מרד גטו ורשה, בו עמדו יהודים מועטים בגבורה מול אלפי חיילים נאצים חמושים היטב.

* ל"ג בעומר בפתח, וב-8 למאי ידליקו בארץ מדורות רבות, המציינות תקשורת באמצעות איתות על-ידי אש למרחקים ארוכים, נקווה שנצא בשלום מהאירוע הזה.

* ה-8/9 למאי, בו העולם מציין 78 שנה לתום מלחמת העולם השנייה והניצחון על גרמניה הנאצית. איגוד חובבי הרדיו של רוסיה בשיתוף ועד עורכי המגזין "רדיו" יצא בפעילות קשר עם חובבים בעולם לציון "יום הזיכרון Victory-78".

* האספה השנתית של אגודת חובבי הרדיו. תתקיים ביום חמישי, ה-4/5/2023 בשעה 17:00, בבית הלוחם ברמת-השרון.

על כמה מהנושאים אלה נכתוב בהמשך הגיליון.

קריאה נעימה, נפתלי בלבן-אוברהנד 4Z1RM



חובבי רדיו מציינים 80 שנה למרד גטו וארשה

מאת נפתלי בלבן-אוברנהנד 4Z1RM

מועדון חובבי הרדיו בדובזיצק-פולין SP3PDO, SP9CJM ארגון פעילות מיוחדת על גלי הרדיו לציון 80 שנה למרד גטו ורשה. חובבי רדיו מארצות רבות התקשרו עם תחנת המועדון שפעלה באות הקריאה מיוחד SP80PGW כאשר האותיות PGW מהוות ראשי תיבות של מרד, גטו וארשה בין המפעילים היה גם חברנו מארק שטרן שהפעיל באות הקריאה 4Z75KX, כמה סמלי מדי פעם, ותחנות משתפות פעולה יפעלו בצד המארגן: (ראו את תמונת השער) <https://www.qrz.com/db/SP80PGW> לפרטים נוספים:



סמל הארגון היהודי

הארגון היהודי הלוחם (ŻOB) הוקם בתור תנועה חתרנית של התנגדות מזוינת של יהודים בגטו ורשה. יוזמיה היו חברי הארגון הקרבי הקומוניסטי של הגוש האנטי-פשיסטי, סוציאליסטים מהבונד (מפלגת הפועלים היהודית) וציונים (כולל ארגון השומר הצעיר). מרדכי אנילביץ', פעיל הנהגת השומר הצעיר, הפך לראש ה-ŻOB ארגון זה החל לפעול במהירות באזורים אחרים של **גנרלגוברנמן** – וסניפים שלו הוקמו גם בקרקוב, צ'נסטוחובה, ובדז'יץ. הארגון יצר קשרים הן עם הצבא הארצי AK והן עם הגוורדיה העממית GL אשר סיפקו לו את הנשק הדרוש. בנוסף ה-ŻOB הוכר על ידי **הממשלה הפולנית הגולה**.

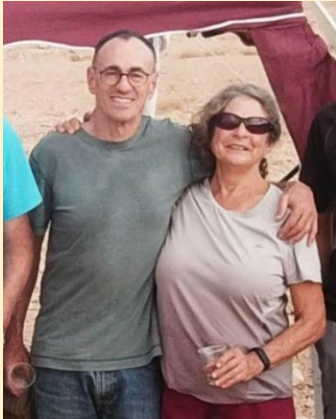
משימותיו העיקריות של הארגון היו: בניית בונקרים בגטו, השגת נשק עבור הלוחמים, הרג מלשינים ולחימה בארגונים משתפי פעולה עם הנאצים. במהלך המרד בגטו, ה-ŻOB כלל כ-22 קבוצות לחימה בראשותם מפקדי מחוזות אחדים. כ-500 אנשים לחמו בשורותיהם. מטה הפיקוד היה בית דירות ברחוב מילה 18, שם היה גם בונקר, שבו אנילביץ' פוצץ את עצמו בתום המרד. ישנה אנדרטה במקום הזה. בשל היתרון הגרמני המשמעותי והבעיות החמורות בחימוש, הלחימה הוגבלה בדרך כלל להגנה על עמדות ספציפיות בבונקרים.

לאחר נפילת הגטו, ב-8/5/1943 עשו הניצולים המעטים את דרכם ליערות הסמוכים לווישקוב, שם תמכו ביחידות המשמר העממי. במרד גטו ורשה השתתפה גם כיתת ŻOB מיוחדת שפעלה בעיר העתיקה בפיקודו של יצחק צוקרמן.



מי זה ה"דני קצמן" הזה ?

תחקר וסיכום – צביקה סגל 4Z1ZV



אוכלוסיית חובבי הרדיו בישראל ובעולם נחלקת כרגיל כמקובל בצה"ל ל-3 חלקים – כאלו שמכירים ומוקירים את דני קצמן 4Z5SL, כאלו שלא מכירים וכאלו שלא איכפת להם.

לאחרונה התנדב דני לקבל את תפקיד יו"ר הועד ואז נחשפתי לשאלות – "מי זה הקצמן הזה", וידידי נפתלי שבין היתר הוא יו"ר ועדת בקורת ועורך בטאון זה אתגר אותי בכתיבת מאמר בנושא.

אני שייך אמנם לאוכלוסייה שמכירה ומעריכה את דני, החל משלב ההרשמה לאגודה לפני כעשור שנים ודרך פרויקטים רבים משותפים, הפעלות שטח, בניית ציוד והובלת פרויקט אתר הקורסים של האגודה. למרות האמור, כשקבלתי את בקשתו של נפתלי, פשוט ראיינתי את דני ולהפתעתי גיליתי צדדים נוספים שלא נחשפתי למרות היכרותנו.

אז נתחיל כמקובל – דני נולד בקבוץ מעיין ברוך בשנת 1954. בגיל 5 עבר עם הוריו לקריית חיים שם התגורר עד סיום הצבא, בנ.מ. בחיל האוויר.

הפגישה הראשונה של דני עם "הג'וק" של הרדיו הייתה בגיל 12, כאשר נשאר חולה בבית, אביו ז"ל נתן לו חוברות של הטכנאי הצעיר.

דני נשבה במלכודת הזאת שהקסימה אותו, התנ"ך שלו היה הספר של ARRL משנת 1949 שהיה של אביו והוא החל לבנות כמו פעם: רדיו גביש, מקלטים, משדרים ואפילו אוסצילוסקופ שאת השק"ק, שנאים ושאר הרכיבים הביא לו אבא שהיה מהנדס מכונות ראשי של ארד דליה והיה מחובר לחנויות ציוד של פעם כמו גבעון וכו'.

למרות שלמד בבית ספר עיוני, צבר ידע טכני רב והיה מתקן מכשירים לחבריו שלמדו בבסמ"ת... החלום של דני היה להיות חובב רדיו. בעיניו זה היה סוג של מעמד ליחיד סגולה ובגיל 17 הלך למשרד הדואר על מנת להירשם לבחינות חובבות רדיו וגילה שיש דרישה למורס. זה היה הגורם שמנע ממנו להגשים את החלום.

במהלך טיול ראשון לצפון אירופה בסוף שנות ה-70 חיפש חובבי רדיו וכשראה בית ואנטנה של חובב היה מקיש על הדלת מציג עצמו ומבקש לראות את התחנה ולהעביר דרישת שלום להורים דרך חובבים בישראל. סגירת המעגל הייתה מעל 30 שנה מאוחר יותר. בגיל 50 גילה את אגודת חובבי הרדיו בישראל, נפגש עם שלום בקלו, נרשם לקורסים הנוהלי שהועבר על ידי חובב צעיר והקורס הטכני שהועבר על ידי הבת של משה אינגר.

מרים, אשתו של קוטי, העניקה לו את הדרגה ואות הקריאה 4Z7DCD וזה היה יום מאושר בחייו – הגשמת חלום של קבלה ליחידה המובחרת.

חבר ג'יפאי, נתן לו את פרטי הקשר של חבר שלו, חובב רדיו בשם צחי (TL) שהיה באותה תקופה מזכיר האגודה. דני יצר עם צחי קשר והם העבירו שעות רבות בשיחות נפש טכניות, כמקובל אצל שני "יידים" המקפידים על כל פרט ודין מצווה קלה כחמורה. צחי המליץ לדני לרכוש את מכשיר הקשר הראשון שלו הנמצא אצלו גם כיום IC-910. דני הקפיד להגיע לכל המפגשים והפעילויות של האגודה שידע עליהם. לימים גילה שיש תערוכה בגרמניה, נסע לשם ואז מצא שיש ביתן ישראלי. הוא הכיר שם לראשונה את מארק שטרן. היה לו רגע מרגש שבוע לאחר מכן כאשר מארק דווח בגל המשודר על הפגישה עם דני ונקב בשמו המפורש...

באחד המפגשים בהרצאה לחובבי רדיו ביהוד, פנה אליו עמוס ברק והציע לו להצטרף לוועד החדש אותו הוא מארגן. לאחר התלבטות החליט להצטרף.

דני שהיה מגיע מצפון הארץ, היה אוסף מקדימה את עמוס ברק, אז יו"ר האגודה, ויחד היו נוסעים לשיבות הועד. עמוס, אשר טחן אותו כהרגלו עד עפר דק שכנע אותו להוביל את נושא הקורסים מול החובבים החדשים.

באותה תקופה העביר משה אינגר קורס שכלל 20 מפגשי הדרכה אשר כמעט כולם צולמו על ידי דני ובעצם מאותה תקופה כמעט כל החובבים נחשפו ומכירים את דני, לרבות אנוכי שהצטרפתי לאגודה כמה שנים מאוחר יותר.

באותה תקופה עבד דני כסמנכ"ל פתוח בשמיר אופטיקה, שם היה פוגש במסדרון את גיל ליאני והצליח להחדיר גם בו את החיידק.

דני סגר עסקה עם גיל – תביא ששה חברים מעמק החולה ודני יעביר קורס חובבי רדיו מסודר. הצטרפו לעסקה כמה עובדי שמיר אופטיקה ובנוסף גל פוקס, היום חבר ועדת ממסרים ובקרוב גם הוא יהיה חבר וועד מין המניין.

בחן אותם איימן ממשרד התקשורת במטבח הבית של דני. את 50 הקשרים עשו החברה כתחנה של גל בקיבוץ דן שהיה הדמות המובילה מבחינת אמצעי קשר ומעבדה מסודרת ואת המבחן המעשי ערך דב גביש בהרצליה.

דני לא שכח את הקושי להגשים את חלום חובבות הרדיו בגיל 17 בגלל הצורך במורס והיה בין הלוחמים (ביחד עם רוחות דומות ברחבי העולם) לבטל את הצורך במורס הזה לקבלת הרישיון. כאן המקום לציין, כי בזכות או בגלל.. הביטול הזה, אני כמו חברים רבים, נעשינו חובבי רדיו וחברי אגודה.

אני את דני הכרתי כאשר גבה ממני 750 שקל דמי הצטרפות לאגודה ולקורס המתקדם. נרקמה ביננו ידידות והערכה הדדית. במובנים מסוימים אנחנו מאוד שונים אבל משלימים זה את זה. דני מביא את הדייקנות "היידית" וסגנון תקשורת מעודן ואני את GET THE JOB DONE על כל המשתמע מזה...

אנחנו מתייעצים רבות בהרבה נושאים, מבניית אנטנות, ציוד ומכשירים, שיכוב מתכת, הדפסות תלת ממד ועוד ועוד. הובלנו כצוות את פרויקט אתר האגודה, השתתפנו ביחד בהרבה הפעלות שדה ועוד ועוד.

במהלך השבעה על אימו של דני בקרתי בבית אביו והתפעלתי מהבית שלו שהיה בו את "ארגז החול" של חובב אלקטרוניקה ומכניקה לרבות מחרטה, מדפסת תלת ממד וכל ציוד נחשק אחר. הסביר את הגנים שקבל דני.

יש לציין כי בין הפרויקטים (המרשימים אך המיותרים...) שעשה דני היה שעון דיגיטלי המקרין את השעה על הקיר/תיקרה, השלמת פרויקט בו התחיל אביו – שעון מחוגים מכני היוצר את שם האמא כאשר המחוגים זה מול זה, הכל כמובן ממוקד ארדואינו כאשר את כל התוכנה כותב דני. נשאר רק לייצב את מקור הזמן עם GPS.. פרויקט נוסף שנזכרתי היה אנטנת לופ, כאשר את קבל האוויר הסיבובי תכנן ובנה דני, את הלוחות חתך בלייזר, וכמובן כתב את הקוד למערכת הבקרה אשר שולטת בקבל לקבלת התאום הקריטי.

לאחרונה השלים פרויקט אישי נוסף של לימוד מורס ובניית מפתח ומפענח מורס, שוב, מבוסס ארדואינו שאת הקוד כרגיל כתב בעצמו.



התחנה האולטימטיבית של דני

שיגעון מיוחד יש לדני והוא בניית אנטנות. מידי כמה זמן אני מקבל ממנו טלפון וסכמות של עוד סוגי אנטנות כאלו ואחרות, הדורשות מצד אחד יכולת מכנית והבנה של ההתנהגות החשמלית. לרוב בהפעלה או ביום שדה הקרוב, יגיע דני עם היצירה התורנית. ראוייה לציון התחנה של דני המורכבת מ-3 חלקים. עגלה שנושאת באופן ארגונומי את כל הציוד, תוכננה בסוליד וורקס והעצים נחתכו ב-CNC כי לייזר לא מתאים לעץ, אזור המעבדה בו כל כלי נמצא במקום המסומן ואזור המשרד הממוחשב.



פרויקט CW KEYER לתפארת

לאחרונה, כאשר נתבקש לאייש את תפקיד יו"ר הוועד ולמרות התנגדותו לאורך שנים, הבין דני את גודל השעה והתנדב לקחת את התפקיד ביחד עם צוות מגוון החל מניר עדן הגזבר, רועי כהן המזכיר, דב גביש הסגן, אייל רסקין הדובר והרוח החיה ועוד כמה חברים שהצטרפו ומתפקדים ללא זכות הצבעה בשלב זה כמו גל פוקס ושמואל הרשקוביץ ורון יציב. זה בנוסף לחובבים רבים נוספים שאינם חברי ועד ואשר תורמים מזמנם ומרצם לטובת כלל החובבים. אני נמנע מלפרט את שמותיהם שמה אחמיץ שם/ות...

צוות זה מביא רוח צעירה משולבת עם חדשנות אותה כבר רואים במעבר ככל שניתן למדיה הדיגיטלית, לרבות כרטיסי החבר שכבר מנופקים בגרסה אלקטרונית. אישור התקנון החדש באספה הכללית יאפשר להשלים את המהלך ולעבור למדיה המודרנית ולהחליף את הנייר ככל שניתן.

בזכות האופי של דני עבודת הוועד ובכלל נעשית בהרמוניה ובעבודת צוות שכולנו נהנים ממנה.

ואיך אפשר לסיים מבלי להזכיר את העוזר כנגדו – רחלה ה-XYL...

ברבות השנים ולאות הערכה להשקעתו הרבה בתחביב החליטה אשתו של דני, רחלה, לאתגר את עצמה ולהוציא רישיון. לא היה לה קשה לאתר מורה hi והיא נרשמה ועברה את הבחינות כולל השתלמות מעשית שהעביר צורי וקבלה ממארק אות קריאה מתאים והוא 4Z5YL. חוות האנטנות שמתנוססת מעל ביתם ממחישה את הטולרנטיות הרבה שלה לנושא.

אוסף ואומר כי על בסיס פגישותיי עם רחלה, התרשמתי כי היא אשת אשכולות עם יכולות ניהול מרשימות, וכי היא יכולה להיות מעמדת ראויה ליו"ר הוועד... חומר למחשבה.

חובבת הרדיו הראשונה בישראל

דרורה ברקו ז"ל SK 4X4YL



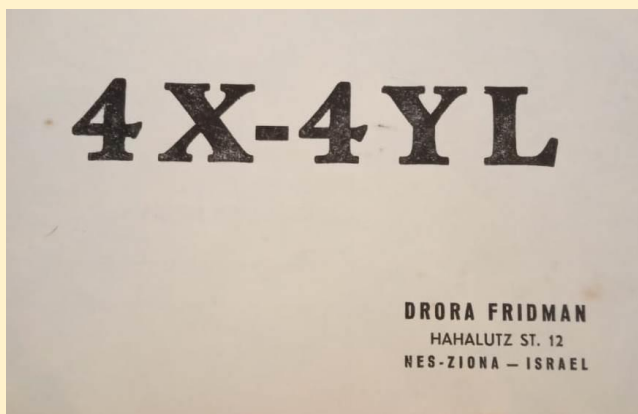
דרורה משדרת בתחנתה, ב-CW עם מפתח אוטומטי - בזמנו הייתה סלבריטי בין חובבי הרדיו

דרורה פרידמן-ברקו ז"ל 4X4YL נולדה ב-14/7/1936 בהרצליה. אביה היה חבר בשומר ופדה קרקעות עבור קק"ל ואמה עבדה כאחות. בצבא היא מילאה מגוון תפקידים, ביניהם אלחוטאית, מפקדת בסיס מודיעין בו היא עסקה באיסוף מידע באמצעות קשר, מדריכה בבית ספר למקצועות קשר, ומדריכה בבית ספר לטיסה. היא שירתה בצבא קבע והשתחררה בדרגת רב סרן. במהלך שירותה התחילה לעסוק בחובבות רדיו, והייתה לאישה הצעירה הראשונה שעסקה בתחום זה בישראל. במסגרת פעילותה זו יצרה קשר עם אנשים מסביב לעולם, ביניהם חוסיין, מלך ירדן לשעבר אתו דיברה פעמים אחדות. היא הקימה משפחה עם אליעזר ברקו והתגוררה בכפר סבא והוד השרון במשך שנים רבות. השאירה בן ובת וחמישה נכדים. הלוייה התקיימה ב-17/4/2023.

מאת: בתה, רותי ברקו-מן

הצטערתי לשמוע שדרורה נפטרה. אין לי הרבה זיכרונות מהעבר הרחוק, זכור לי שהיא הייתה מדריכת מורס בבה"ד 7 של חיל הקשר בצריפין בשנות ה-50, שם הכירה את אהרון סלונים 4X4FQ, והם היו זוג במשך תקופה מסוימת. יותר מאוחר הפעילה את משרד

ה QSL של האגודה וגרה אז בנס ציונה. באותו זמן הייתה פעילה לרוב במורס. היא נשארה לשרת בצה"ל בדרגת קצונה, וזכור לי שעברה לגור בבני ברק באזור המפעל של קוקה קולה, ומי שנסע בכביש גהה ראה שם אנטנה בת 3 אלמנטים, שהייתה שלה. נכתב ע"י עמי שמי 4X4DK.



Radio	OE6U1	Confirming	
our	14.07	Mc. From/cw	
Qso of	5	1960	
At	17 ³⁰	GMT	
ur-sigs R	S S 9 T 9		
Tx	25 ^m		
Rx	5X-25		
Ant.	dipole		
Remarks	two on Card for nice pro		
PSE	Qsl via I. A. R. C		
IK5	or Direct		
	73's	E 2020.	

RETOUR
NOT MEMBER
of
Co. V. S. V.

AMATEUR RADIO STATION

OE-AUSTRIA
QSL-SERVICE
WIRTSCHAFTS-UNION
O.V.S.T.



לזכרו של יגאל גולן ז"ל (GY)

חבר יקר של פורום חובבי הרדיו בחיפה והצפון, היה משתתף קבוע במפגשים של חובבי הרדיו בישראל מאז שנות ה-80. יגאל היה אדם יודע כל, החל מאלקטרוניקה, מכניקה, רכבים, גרפיקה ותקופה מסוימת היה שף ובעל מסעדות סיניות בהן נהגנו להיפגש ולחגוג, גם שימש כיו"ר ארגון המסעדנים בצפון. יגאל היה חולה כמה שנים ונפטר ביום העצמאות, השאיר את בת הזוג שלו תמי, בת איילת ועידו שהיה לו כבן. יגאל היה בן 65 במותו, הוא יהיה חסר לכולנו.



הזמנה לאספה השנתית

אגודת חובבי הרדיו בישראל (ע"ר), ת.ד. 17600, ת"א 6117501



הנני מתכבד להזמין לאספה הכללית השנתית של אגודת חובבי הרדיו בישראל אשר תתקיים ביום חמישי 4 מאי 2023 בבית יד לבנים רח' המחתרת 3 רמת השרון.

סדר היום (כפוף לשינויים קלים):

17:00 מפגש חברים, חידוש רישום לאגודה.

18:00 פתיחת האספה ובחירת יו"ר האספה, יזכור.

18:20 ברכת נשיא הכבוד של האגודה

18:30 ברכת נציג משרד התקשורת

18:40 דיווחי יו"ר האגודה, יו"ר ועדת חברים, יו"ר ועדת ביקורת

19:20 אישור הדוחות הכספיים (מילולי וכספי) ודוחות הועדות ע"י האספה הכללית.

19:40 אישור חברי ועד מנהל חדשים:

שמואל הרשקוביץ 4X5HS, רון יציב 4X1IG וגל פוקס 4X1KW

20:00 אישור הצעה לעדכון תקנון העמותה.

20:30 הפסקה

21:00 חלוקת תעודות הוקרה.

21:15 חלוקת גביעים ותעודות לתחרות ארץ הקודש.

21:40 דיון חופשי

22:10 הגרלה (השתתפות בהגרלה מותנית בחברות לשנת 2023 בתוקף)

23:00 סיום משוער.

*הדוחות יועמדו לעיון החברים לפני האספה באתר האגודה.

הערה: במידה ובשעה 18:00 יהיו נוכחים פחות משליש מחברי העמותה, תידחה האספה בחצי שעה ותהיה חוקית בכל מנין שהוא.

בברכת 73, רועי כהן 4Z1KO מזכיר ועד האגודה.

כאן 4X5HS שמואל הרשקוביץ מגשים חלום

להיות חובב רדיו היה חלום ישן שלי, בגלל הדרישה לשליטה במורס לקבלת רישיון חובב רדיו, התרחק מימוש החלום והפך למשהו שלא ניתן היה להשיגו. בנעורתי וכפיצוי הפניתי את מאמצי להאזנה לתחנות רדיו בגלים קצרים. באותה תקופה פיתחתי מיומנויות טיפוס על עצים ותרנים לצורך חיבור כבלי אנטנות מתאימות למקלטי רדיו אשר שימשו אותי להאזנה בגלים קצרים. אלו היו המכשירים שנהגתי להשתמש בהם (ראו תמונות)



Siemens – מקלט גרמני עתיר שפופרות



Hammarlund SP-600 - מקלט שפופרתי תוצ' ארה"ב

במשך שנים שימשתי כמאזין "רשמי" של תחנות רדיו שונות החל מיפן עבור דרך ספרד ופורטוגל ועד לגרמניה ושבדיה. התחביב הזה, רק חיוך בי את הרצון לעבור לשלב חובבות רדיו כהלכתו, לא רק כמאזין אלא גם לשוחח ולשדר. התפקידים שביצעתי ושגרת החיים דחקו את הרצון, אך החלום נשאר.

לימים, כשעברנו לגור ברעננה, ראיתי אנטנות רבות על גגות הבתים והסקתי מכך כי בעיר ישנם חובבי רדיו רבים. גיליתי שאחד מהם, הוא שכן שלי, מיקי עמית 4X4UE שלימים הפך גם לחבר, וממנו למדתי הרבה בתחום. מיקי לא היה היחיד, במהלך השנים פגשתי באחד מתפקידי בשירות המדינה את ישראל קז ז"ל 4X1IK, איש מוכר בקרב חובבי הרדיו ויו"ר לשעבר של אגודת חובבי הרדיו בישראל, והוא דאג לעדכן ולספר לי מה קורה בתחום לרבות העובדה שהוא יבואן ציוד לחובבי רדיו. כאמור, האהבה לתחום העיסוק הזה קיננה אצלי לאורך כל השנים.

נחשפתי לתקשורת החובבים במגוון הזדמנויות ולאחר שפרשתי לגמלאות משירות המדינה, גמלה בליבי ההחלטה להיות חובב רדיו. פניתי לאגודת חובבי הרדיו, וגיליתי בראש ובראשונה חבורת אנשים "משוגעים לדבר" מלאי רצון טוב שמוכנים ללמד, לעזור ולשתף בידע ובחוויות. באגודה "הוצמד" לי חונך מוכר, צביקה סגל 4Z1ZV אשר באופן מתודי, הציב לי את המטרות אותן צריך הייתי להשיג כדי להתקדם לאות הקריאה הנכסף.

ראשית, הוא בחן את רצינותי לתהליך, החל מלימודי ההכנה למבחנים וכלה בתחום הכנת התשתיות. דיברנו על סוג המכשירים הרלוונטיים, הקמת אנטנות ובסופו של יום אמר לי "....נו כשיהיה לך מכשיר ל HF – נתקדם".... כדי לדחוף אותי ולתרגל שימוש במכשיר, השאיל לי צביקה מכשיר ל – 2 מטר. בכל שלבי הלמידה דאגו החברים להזמין אותי להשתתף בהרצאות העשרה, ימי שדה, "פרלמנטים" ודאגו להכניס אותי ל – "תדר האנושי" המתאים בנוסף ל – "תדר הטכני".

בשלב הזה היה ברור לי שאני צריך להיכנס למסלול שיביא אותי להגשמת החלום - הוצאת רישיון חובב רשמי. במקרה שלי רישיון דרגה ב'. כשנערכתי לבחינות, גיליתי עולם מלא של נושאים בהיבט הטכני וחלקם האחר נושאים מנהליים, שלא את כולם הכרתי. ניגשתי להכנות באופן שיטתי עם מספר כללים מנחים:

- מיפוי הנושאים שהם הכי רלבנטיים לידע הנדרש למבחן.
- מיפוי חומרים הרלבנטיים ועיון בהם כולל תרגול עצמי.
- לימוד מתוך השאלונים ומתוך הספר "המדריך לבחינות חובבי רדיו".
- קיום שיחות עם חובבים ותיקים ובירור סוגיות לא ברורות.
- גיבוש הידע הנלמד וארגונו לקראת המבחנים.

ככל שהתקרב מועד המבחן נדרשתי לעשות סדר בפרטים, לחזור לשנן ולהבין סוגיות מקצועיות מורכבות. בחרתי מספר תחומים שהנחתי שימצאו מקום בשאלון המבחן, ולגבי נושאים אחרים הייתי משוכנע שאני ברמה סבירה. בשלב זה אספתי מתוך האתר של אגודת חובבי הרדיו שאלונים לדוגמא כמו כן נחשפתי לשאלונים מקוונים באתר של משרד התקשורת, מתוך

הספר "מדריך לבחינות חובבי רדיו" בחרתי שאלות נוספות וכשכל החומר היה לפני התחלתי בסדרת מבחנים עצמיים תוך עבודה שיטתית עד ליום המבחן. אודה ולא אבוש שזה לא היה פשוט להיכנס למשטר לימודים, לזכור פרטים, לשנן, אבל המאמץ היה כדאי והגעתי למבחן רגוע למדי ובטוח בעצמי. הנחתי שעל שאלות שלא אדע להשיב, אוכל לקבל הכוונה על ידי הצוות שליווה את המבחן וכך אכן היה. כשהרישיון הממשלתי ו - אות קריאה היו בידי, הגיע שלב המעשי שהוא התארגנות להקמת "תחנת שידור" ביתית כולל הקמת אנטנה מתאימה. גם כאן הייתה היענות חברית מרשימה כולל הצעתו של צביקה להגיע ולסייע פיזית בהקמת האנטנה ולימים, סיוע טכני בקליטת מכשיר הקשר החדש.

מכשיר הקשר IC 7300 שבביתי



תודה לבננו עודד שהעמיד לרשותי את מכשיר הקשר. הימצאותו של המכשיר חשובה כי היא מאפשרת להתחיל באופן מעשי בתרגול החומרים התיאורטיים. זהו תהליך למידה מתמשך ולא פשוט, ממכר משהו ובעיקר מחייב תרגול עצמי לצד תמיכה של חברים כדי להתעדכן כל העת בפרטים. מכשיר כזה יוכל למלא את תפקידו רק עם אנטנה מתאימה שגם אותה

צריך הייתי לרכוש. הקמתי על גג הבית תורן אנטנה בהתאם לתקנות. זוהי משימה אתגרית שצריך הייתי להשקיע בה מאמץ פיזי וטכני לא פשוטים אבל זה שווה.



4X5HS

לסיכום, אני מבקש להודות לחברים על סיוע חברי וטכני ובכך לתרום משמעותית לנחיתה קלה כחובב רדיו חדש. בגיל השלישי זהו אתגר מרתק ותחביב מעניין. לכל מי שיש זיקה טכנית קלה ומוכן להשקיע מעט מאמץ מזמנו הפנוי בכיוון הלמידה, הכרת תחום חדש, הכרת אנשים חדשים בעולם הרחב זה הזמן. בקיצור, זהו כיוון מרתק. "התבשלתי" ארוכות עד שהגשמתי את חלומי ואין לי אלא רק לשמוח שכך קרה.



המחזור הסולרי ה-25 – עדכון

דניאל רוזן, 4X1SK

מבוא

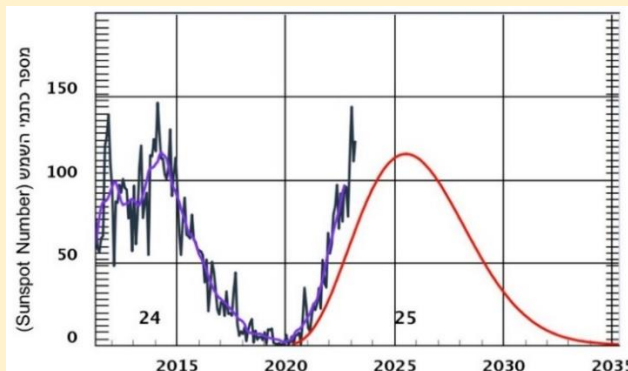
שנת 2023 החלה עם התפתחות חיובית בפעילות הסולרית, שהשפיעה לטובה על תנאי התפשטות הגלים בת"ג.

המחזור הסולרי (Solar Cycle) ה-25, שהחל בדצמבר 2019 ונמצא בעיצומו, ייתן לנו ארבע שנים של פעילות סולרית גבוהה, שיגרמו לתנאים ייחודיים של התפשטות גלים בת"ג, ובמיוחד בתחומי התדרים של 6, 10 ו-12 מ'.¹ בתנאים אלה, גם אנטנה פשוטה (דיפול או אנכית) והספק נמוך (עשרות ואטים) יאפשרו לנו לקיים קשר רדיו חובק עולם.

מאמר זה מציג תמונת מצב עדכנית של הידע על התפתחות המחזור הסולרי ומנתח את משמעותיותו.²

תחזיות

התחזית הראשונה לביצוע המחזור הסולרי ה-25 פורסמה בידי קבוצת מומחים של NASA ו-NOAA בשנת 2019.³ תחזית זו עברה מאז מספר עדכונים, שהעיקרי בהם היה הקדמת השיא בחצי שנה. תחזית זו צפתה כי המחזור הסולרי ה-25 יהיה דומה למחזור ה-24, שקדם לו, עם שיא ביולי 2025, במספר כתמי שמש של 115.⁴ הפעילות הסולרית בפועל גבוהה מהתחזית, כפי שניתן לראות באיור מס' 1.



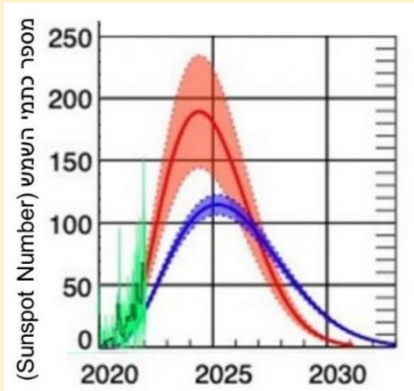
איור מס' 1: התפתחות המחזור הסולרי ה-25

ערכי כתמי שמש שנמדדו בפועל (גרף כחול) בהשוואה לתחזית קבוצת המומחים משנת 2019, שהוקדמה ב-6 חודשים (גרף אדום). מקור: NOAA, אפריל 2023

¹ ראו: דניאל רוזן, המחזור הסולרי (Solar Cycle) ה-25: מספר דגשים, 4XBulletin, גיליון 16, יוני 2021.
² חיזוי מחזור סולרי היא התפתחות מדעית חדשה יחסית. לראשונה נערכה תחזית כזו בשנת 1989, למחזור הסולרי ה-22.

³ ראו: <https://www.weather.gov/news/190504-sun-activity-in-solar-cycle>
⁴ שיא מחזור כתמי השמש ה-24, באפריל 2014, היה בכמות של 116 כתמי שמש.

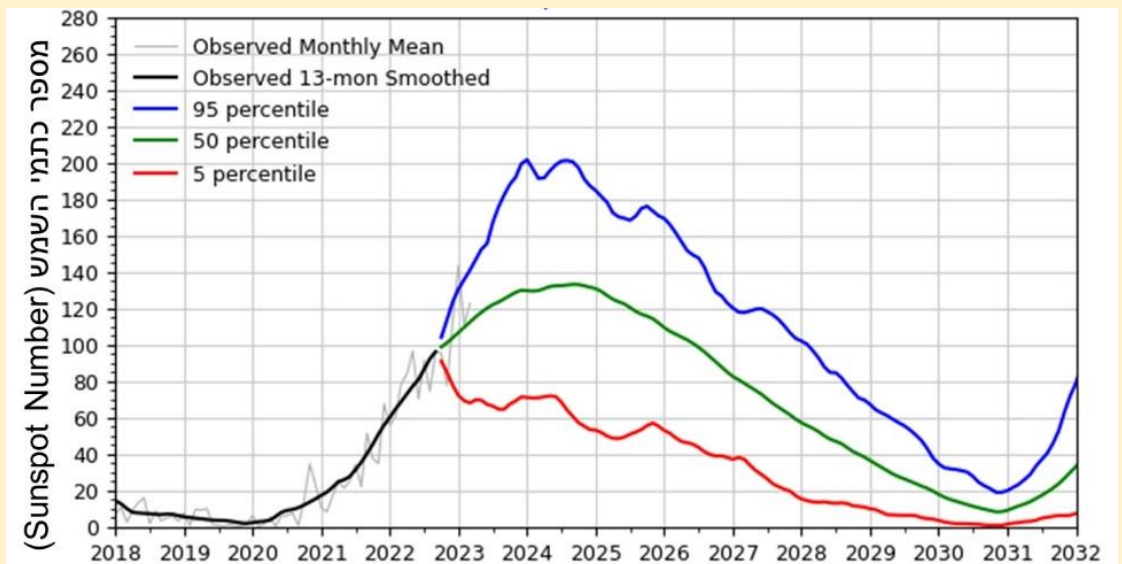
תחזית חשובה נוספת נעשתה בידי קבוצה ב-NASA, בראשות סקוט מקינטוש, ופורסמה בנובמבר 2020.⁵ היא מציגה את שיא המחזור הסולרי ה-25 מוקדם יותר ועם כמות כתמי שמש משמעותית גבוהה יותר, כפי שניתן לראות באיור מס' 2.



איור מס' 2: תחזית שונה של המחזור הסולרי ה-25 (גרף אדום) מול תחזית קבוצת המומחים (גרף כחול)

תחזית של קבוצת מומחי NASA
מה-National Center for Atmospheric Research, בהובלת
סקוט מקינטוש, שפורסמה ב-Solar Physics בנובמבר
2020, מעודכנת לדצמבר 2021

מעניין להשוות תחזיות אלה לתחזית המעודכנת, על פי מדידות בפועל של התפתחות הפעילות הסולרית, כפי שפורסמה בידי NASA זה מכבר, ומוצגת באיור מס' 3. תחזית זו מראה שהשנה, אנו כבר מתקרבים לשיא המחזור הסולרי ה-25, אותו היא צופה בכמות כתמי שמש של 200, במהלך רוב שנת 2024.



איור מס' 3: תחזית עדכנית של המחזור הסולרי ה-25

מקור: NASA, אפריל 2023 — <https://www.nasa.gov/msfcsolar>

שכבות היונוספירה F_1 ו- F_2 , בגובה של 250 עד 400 ק"מ, השכבות החשובות ביותר לקיום קשר ארוך טווח, מושפעות מאוד מהפעילות הסולרית. ככל שכמות כתמי השמש גבוהה יותר, אמינות התקשורת לטווח ארוך גבוהה יותר: בשעות היום בתחומים 20 עד 10 מ', בשעות הלילה בתחומים 40 עד 10 מ'. פעילות סולרית גבוהה גורמת לתדר שימושי עליון (תש"ע) גבוה, מעל 50 מה"ץ, משפרת את התפשטות הגלים בנתיבים החוצים את קו המשווה (Trans Equatorial Propagation), ומאפשרת קשר ארוך טווח בתחום 6 מ'.

פעילות שכבה E, בגובה של 100 עד 120 ק"מ, מושפעת מאוד מעצימות הפעילות הסולרית, במיוחד בחודשי האביב ובתחילת הקיץ, מאי עד אוגוסט. בשנים הקרובות נחזה בחודשים אלה בהיווצרות שכבה E נקראת (Sporadic E) – שכבה דקה, יעילה מאוד בהחזרת אותות אלקטרומגנטיים, זמינה מזריחת החמה עד שקיעתה. 'רוחות' ביונוספירה גורמות להגדלת צפיפות שכבה E נקראת באזורים מסוימים, דבר המביא לשיפור ביצועיה. החזרות משכבה E, במשולב מהחזרות משכבה F, מאפשרות קשר ארוך טווח, 4,000 עד 10,000 ק"מ, בתחום 6 מ'.

מה צפוי לנו, בארבע השנים הקרובות, בתחומי התדרים השונים, על בסיס התחזיות העדכניות?

- 160 ו-80 מ': ביצועים ירודים; תחומי תדר אלה לא יתאימו לקשר ארוך טווח.
- 40 ו-30 מ': ביצועים טובים לקשר ארוך טווח בשעות הלילה.
- 20 עד 15 מ': ביצועים טובים לקשר ארוך טווח, כל שעות היממה; נחזה גם ימים רבים בתנאים המאפשרים קשר בנתיב סביב כדור הארץ ('מעגל גדול' – Long Path), ולא רק בנתיב ישיר (מעגל קטן – Short Path).
- 12 ו-10 מ': ביצועים מצוינים לקשר ארוך טווח בשעות היום ובשעות הלילה המוקדמות, גם בהספק נמוך ובאנטנות פשוטות.
- 6 מ': נצפה הפתעות בלתי פוסקות – אירועים רבים של תנאים המאפשרים קשר ארוך טווח, לזמן יחסית קצר, במיוחד בשנתיים הקרובות.

* * *



IARC News

Tim Scrimshaw 4X1ST

In this month's edition, we review the Israel 75 activity and the Holyland Contest. We'll look forward to the World Radio Team Championship and check out activity on the 6m band. As always, we offer a list of major contests for the coming month.

IARC Annual General Meeting

The AGM takes place on Thursday May 4th from 17:00 at Beit Yad Lebanim, Hamacheret 3, Ramat Hasharon. Aside from the formal meeting, it's always great to meet up with old and new friends.

Israel 75 Award

IARCs special activity marking 75 years of Israel's independence (and the founding of the "aguda" - Israel Amateur Radio Club) drew to a close on April 30th.

Hams needed to achieve 75 points to qualify for the award. Three points are awarded for working 4X75 and 4Z75 callsigns, and one point for a "regular" 4X/4Z call. At the time of writing, nearly 35000 QSOs were logged, from over 14000 callsigns and covering 161 DXCCs. Over 30 "75" stations were active.

To find out if you qualified for the award and download your certificate, check out <https://www.iarc.org/iarc75/>

Holyland Contest

This year's Holyland Contest took place on April 14th-15th for 24 hours. With the contest now also open for DX-to-DX QSOs, 330 logs were received from 42 distinct DXCCs from around the world.

In recent years, Holyland has suffered a lot from the overlap with CQ MM and several other major contests. This makes it hard for us to attract activity after the first few hours of the contest. The answer might be to move Holyland a little later in the calendar.

We also face the perennial issue that Shabbat-observant hams are unable to take part until the closing hours of the event, and sometimes not at all when it falls on a Pessach weekend. The obvious answer would be to move the contest to Sundays, as it was in the distant past - but that would mean some participants missing a day of work.

Any change is likely to be controversial, but we should give our unique contest the chance it deserves.

World Radio Team Championships - WRTC 2022

WRTC is an international contest held every 4 years, along the lines of other well-known sporting events.

Top-ranked testers from around the world are invited to compete in the championships. 2022's event was postponed due to Covid/Corona so the teams will meet this July in Castel San Pietro, in the Emilia region of Italy.

There are 43 teams of two. Each team works from a separate station location in the region, using identical antennas but will use their own transceivers, mics, headphones, keys and so on. Teams are randomly assigned a station, special callsign and a volunteer referee who monitors the operators during the contest to ensure the rules are followed.

WRTC runs alongside the IARU HF Championship, so there's plenty of activity. Hams around the world have no idea who is operating which WRTC station due to the random callsign assignment. That's to prevent (for example) UK hams piling up on their WRTC entrants.

Tzvika 4X6FR and Seth (Moshe) 4X1DX took part in the previous WRTC and have been invited again for this year's championship. I'm sure we'll be hearing more from them in the run up to the contest.



Six Meters

Long-known as the “magic band”, 6m lives up to its nickname.

While apparently dead for long periods of time, propagation openings can be the source of much good DX. “[Sporadic-E](#)” openings can occur at pretty much any time, but are common in mid-winter, and especially during May through early August. Distances of many thousand kilometers are possible. Recent weeks have seen good openings to Africa and South America.

So how do you know if the band is open? There are online tools such as the clusters and [PSKreporter.info](#) which you can filter to show just 6m activity. We’re lucky to have the 4X4SIX beacon on 50.0802MHz. If you can hear that well, it’s a good sign. The main FT8 frequency of 50.313MHz is another useful guide to activity.

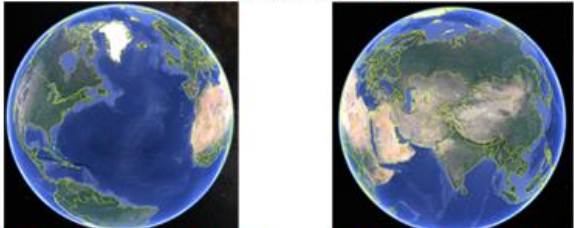
CW activity tends to be just below 50.1 and SSB just above 50.1MHz. When the band is wide open, the FT8 frequency can be very busy. For that reason, a second FT8 spot is available at 50.323. That’s reserved for intercontinental QSOs.

How do you get on Six? Many newer HF transceivers include 6m these days, and antennas are quite easy to self-build. You can also buy antennas from the usual sources like DX Engineering and Wimo. Antennas should be horizontally polarized

and range from simple dipoles to multi-element beams for more gain. There are other options too such as Moxons, and halos which are omnidirectional.

Note that in Israel, we are limited to 50.0-50.4MHz and a power of 25W. But when the band is truly open, you won't care.

FT8 Intercontinental DX
50.323 MHz



EU Tx "even/1st"
AS & NA "odd/2nd"

Please transmit in the correct time period



Upcoming Contests

It's always great to hear 4X/4Z on the air in contests. Whichever contest you take part in - good luck!

Here are a few of the events coming up in May:

ARI International DX: 1200Z May 6 - 1159Z May 7 CW/SSB/RTTY

CQ-M International DX: 1200Z May 13 - 1159Z May 14 SSB/CW

King of Spain CW: 1200Z May 20 - 1200Z May 21

EU PSK DX Contest: 1200Z, May 20 to 1200Z, May 21 BPSK63

CQ WW WPX CW - 0000Z, May 27 to 2359Z, May 28 - the big one!!

As ever, you'll find all the details at WA7BNM's Contest Calendar

<https://contestcalendar.com/weeklycont.php>



רעש ג'והנסון-נייקויסט במעגלים חשמליים, חלק שני

פרופ' עלי לוין, מכללת אפקה להנדסה תל אביב ElyL@afeka.ac.il

בחלק הראשון של המאמר סקרנו את הרקע התרמו-דינמי של הקרינה האלקטרומגנטית על פי בולצמן, פלנק ואחרים וביחוד את פליטת הגוף השחור ואת היסודות הראשוניים של המכאניקה הקוונטית. בחלק השני, הנוכחי, נעמוד על תרומותיהם של ג'ון ג'והנסון והארי נייקויסט להבנת הרעש האלקטרוני במעגלים חשמליים וביחוד את השפעתו על עולם התקשורת.

אנטרופיה ומידע

בכל מערכת פיסיקלית קיימים שינויים אקראיים זעירים אשר נכנה אותם להלן בשם פלקטואציות fluctuations. שינויים טבעיים אלה קשורים למשפט התרמודינאמי שלפיו פילוג המצבים האנרגטיים בשווי משקל הוא אחיד (Equipartition Theorem). כל דרגת חופש של מערכת מיקרוסקופית מבצעת פלקטואציה באנרגיה $0.5kT$, כאשר $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ הוא קבוע בולצמן ו- T היא טמפרטורת המערכת. דרגת חופש פירושה שקיימת יכולת השתנות של פרמטר יחיד. אם למשל חלקיק מסוים מסוגל לנוע בשלושה צירים אזי נאמר שיש לו 3 דרגות חופש והאנרגיה החופשית שלו תהיה $1.5kT$. מושג הפלקטואציה קשור באופן עמוק גם לתורת המידע מפני שכמות המידע קשורה לכמות אי הסדר או לכמות האנטרופיה המוגדרת, בעקבות לודוויג בולצמן, לפי [1]:

$$(1) \quad S = k \ln \Omega$$

Ω הוא מספר האפשרויות לסדר או לספור את דרגות החופש של המערכת. אפשר להסביר את האנטרופיה על ידי דוגמה של N חלקיקים זהים שמהם רק חלקיק אחד מסוגל לנוע וכל היתר נייחים. החלקיק הנע הבודד יכול להיות כל אחד מחברי הקבוצה ולכן האנטרופיה הכוללת תהיה $k \ln(N)$.

אם נניח שמערכת יכולה להימצא במצב Ω_i מסוים מתוך Ω מצבים אפשריים, אזי ההסתברות לכך תהיה:

$$(2) \quad P_i = \Omega_i / \Omega$$

למערכות "מסודרות" יש אנטרופיה נמוכה יותר מאשר למערכות "לא מסודרות" מפני שיש פחות דרכים לסדר את חלקיה. האנטרופיה היא אפוא מדד לאי הסדר והמידע הוא היכולת לבודד מצב מסוים Ω_i על פי ההסתברות שלו:

$$(3) \quad I = -\ln(P_i) = -\ln(\Omega_i / \Omega) = \ln(\Omega) - \ln(\Omega_i) = \text{constant} - S/k$$

כאשר אנו מעבירים מידע ממשדר אל מקלט אנו מקטינים בהכרח את האנטרופיה של המערכת (לאחר קבלת המידע היא יותר מסודרת מאשר לפני קבלת המידע) ולכן המידע הפוך בערכו לאנטרופיה. מן החוק השני של התרמודינאמיקה אנו יודעים כי שינוי באנטרופיה δS כרוך בשינוי אנרגיה δE לפי:

$$(4) \quad \delta E = T\delta S$$

משוואה (4) מתארת מצב של שיווי משקל. במצב של עירור קטן כלשהו נוכל לרשום:

$$(5) \quad \delta E/\delta t = P = T(\delta S/\delta t) = -kT(\delta I/\delta t)$$

P מסמן זרימת הספק ולכן העברת מידע קשורה בהכרח להעברת הספק (הפוכה, בגלל סימן המינוס). נמצאנו למדים כי מקלט המקבל מידע מאבד מן האנרגיה שלו.

$$(6) \quad \delta I/\delta t = -P/kT$$

במקביל, גם המשדר צריך לבצע עבודה ולכן תמיד יהיה בו איזושהו הפסד, כי אין בטבע מערכת שהנצילות שלה היא 100%. הפסד האנרגיה בתהליך התקשורת פרופורציוני לזרימת המידע.

$$(7) \quad P_{\text{dissipated}} = \text{constant} \times \delta I/\delta t$$

כאן נוכל לנסח מחדש את המשפט היסודי של תורת התקשורת על שם קלוד שנון [3]-[2]:

$$(8) \quad \delta I/\delta t \text{ (bit per second)} = B \log_2 (1 + S/N) \text{ (Hz)}$$

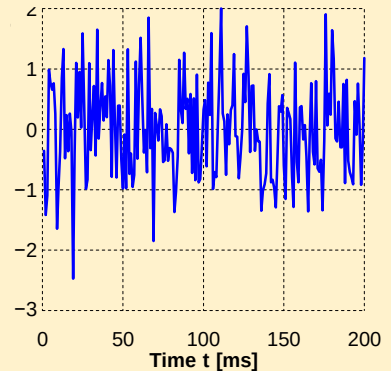
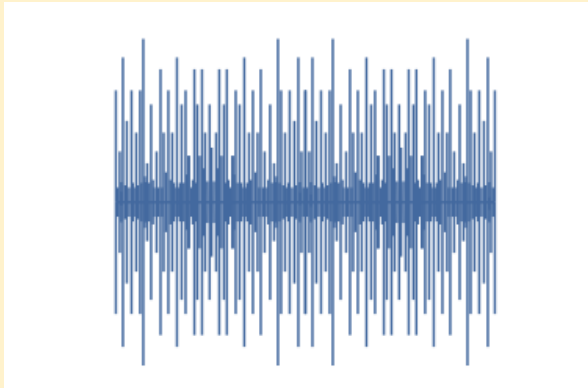
היכן ש- B הוא רוחב הסרט, S הוא הספק האות ו- N הוא הספק הרעש. הגודל S/N הוא כמובן היחס בין האות לרעש ועל פי בחירת שנון, בסיס הלוגריתם הוא 2, על פי הרעיון של תקשורת ספרתית עם שתי הודעות אפשריות, 0 ו-1. שאלה טכנולוגית חשובה היא מהו הקשר בין יחס האות לרעש S/N לבין ההספק המתבזבז במשדר ($P_{\text{dissipated}}$) או במילים אחרות, מהו הקבוע במשוואה (7). התשובה לכך היא:

$$(9) \quad S/N = (2^{P/kTB})^{1/c}$$

הגבול התיאורטי הוא $c \geq \ln 2$ (חסם שנון) אך באופן מעשי, הערך של הקבוע תלוי בקדמה הטכנולוגית וכיום במעגלים ספרתיים רגישים הערך המתקבל של c הוא $10^2 \div 10^3$. אנו רואים כי מלבד הקשר המנוגד בין יחס אות לרעש לבין רוחב סרט, קיים גם קשר מנוגד בין יחס אות לרעש לבין ההספק המתבזבז והופך לחום. הקשר בין מידע לאנטרופיה כפי שהוצג לעיל, קשור באופן עמוק יותר לקשר הפיסיקלי הכללי בין רעש (פלקטואציה) והפסד פנימי (דיסיפציה), הידוע כעיקרון Fluctuation-Dissipation. עיקרון זה, המונח ביסודה של המכאניקה הסטטיסטית, טוען כי במערכת מאוזנת הנמצאת בשיווי משקל, קיימות פלקטואציות טבעיות בהתאמה לאימפדנס או לאדמיטנס המוכללים של התווך, שאינם רק תכונה חשמלית אלא גם

תכונות אחרות של התווך הקשורות להפסדים. משפט זה הוכח על ידי **Herbert Callen** ו-**Theodore Welton** בשנת 1951 [4] והורחב על ידי **Ryogo Kubo** בשנת 1966 [5]. מקרים פרטיים מפורסמים הם ההסבר של **אלברט איינשטיין** למהותה של התנועה הבראזית וההסבר של **הארי נייקוויסט** [6] לרעש האלקטרוני שנמדד לראשונה על ידי **ג'ון ג'והנסון** [7].

תיאור תיאורטי של רעש ג'והנסון – נייקוויסט



ג'והנסון ממעבדות Bell בארצות הברית הגדיר לראשונה [6] תוצאות מדידה של מתח חשמלי המתעורר באופן טבעי בין ההדקים של נגד אוהמי, לפי שתי נוסחאות: במעגל מנותק

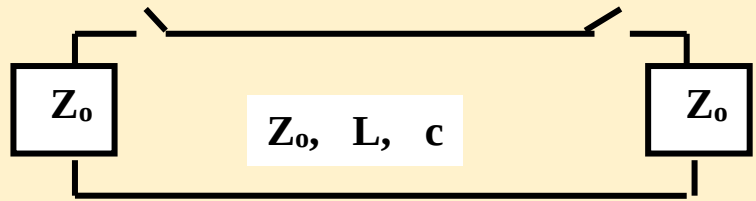
$$(10) \quad V_N^2 = 4kTB R$$

במעגל מקוצר

$$(11) \quad I_N^2 = 4kTB / R$$

תוצאות שקולות אלה מראות שאפשר לדמות נגד אמיתי כצירוף של נגד חסר רעש בצירוף מקור רעש לפי **Thevenin** (מעגל מנותק) או לפי **Norton** (מעגל מקוצר). רעש אלקטרוני נוצר על ידי תזוזה (agitation) של אלקטרונים בתוך מוליך והוא מהווה חסם לרגישות הקליטה של מקלטי תקשורת ומדידים רגישים. בדפי היסטוריה של מעבדות Bell מסופר כי **ג'והנסון** אמנם גילה את הרעש אך עמיתו **נייקוויסט** הצליח להסביר את הרעש באופן מזהיר על בסיס התרמודינאמיקה הקלאסית והקוונטית [7] ועל כן הרעש נקרא על שם שניהם. כדי להוכיח את קיומו ואת ערכו של רעש **ג'והנסון-נייקוויסט** נתאר קו תמסורת עם אימפדנס אופייני Z_0 באורך L שבשני קצותיו נמצאים עומסים מתואמים המחוברים דרך מתגים פתוחים. נתאר לעצמנו שקו התמסורת מוביל גלים נעים במהירות פאזה c והוא שומר על שווי משקל תרמי בטמפרטורה T . לפי העקרון של חלוקה שווה בין מצבי האנרגיה של הקו, יתעוררו בו כל אופני התנודה האפשריים מסוג TEM ולכל אחד מהם קשורה אנרגיה עצמית בשיעור $0.5kT$. כל אופן תנודה נכנס לתהודה בתדר אחר, כך שאופן n תוהד בתדר f_n

$$(12) \quad f_n = nc/2L$$



איור 1 קו תמסורת אידאלי עם אימפדנס אופייני Z_0 , אורך L ומהירות פאזה c
מועמס בשני קצותיו על ידי עומסים אוהמיים עם אימפדנס Z_0

נתאר לעצמנו שכל אופן תנודה תומך בשני קיטובים ניצבים ולכן האנרגיה הקשורה לכל אופן היא kT . האנרגיה האגורה ברוחב סרט B שייכת לאופנים המסומנים מ- n עד m :

$$(13) \quad W_B = (n - m)kT = (2L/c) (f_n - f_m)kT = (2L/c)kTB$$

זוהי האנרגיה התרמית האגורה בקו כששני המתגים פתוחים. אם נסגור את המתגים הקו יהיה מתואם משני צידיו (ללא החזרות) וכל האנרגיה שהיתה בקו תיבלע על ידי אחד העומסים. כתוצאה משווי המשקל התרמי, העומס הנגדי חייב לייצר אנרגיה זהה לזו הנבלעת. המסקנה היא שהאנרגיה המיוצרת בעומס כלשהו שווה להספק המיוצר בו כפול הזמן שלוקח לגלים לנוע לאורך הקו (מניחים שהקו ארוך מאוד וחסר הפסדים).

$$(14) \quad P(Z_0) = kTB$$

בין העומס והקו נוסף מפצל מתח ביחס 0.5 ומכאן נקבל שמתח הרעש בין הדקי הנגד יהיה

$$(15) \quad V_N = \sqrt{4kTR}$$

צפיפות הרעש התרמי או השונות של המתח ליחידת תדר תהיה:

$$(16) \quad \overline{V_N^2} = 4 kTR$$

אם נציב את ערכו של קבוע בולצמן $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ ונתייחס לנגד של $1 \text{ k}\Omega$ בטמפרטורה של 300°K נקבל כי צפיפות הרעש המתקבלת תהיה: $V_N = 4 \times 10^{-9} \text{ V/}\sqrt{\text{Hz}}$. סך ההספק RMS של הרעש התרמי על פני רוחב סרט B יהיה:

$$(17) \quad V_N = \sqrt{\overline{V_N^2} B} = \sqrt{4 kTR B}$$

למשל, נגד של $1 \text{ k}\Omega$ ברוחב סרט 10 kHz מייצר מתח רעש של $0.4 \mu\text{V}$. דוגמה אחרת: נגד של 50Ω ברוחב סרט של 1 Hz מייצר מתח רעש של 1 nV . ההספק של הרעש הוא:

$$(18) \quad P = V_N^2/R$$

מכיוון שבהתאם להוכחה על ידי קו התמסורת, כל אחד משני הנגדים מייצר רעש גם בתוכו וגם בתוך הנגד השני, ורק חצי מהמתח הכולל נופל על כל נגד. לכן הספק הרעש בכל נגד יהיה:

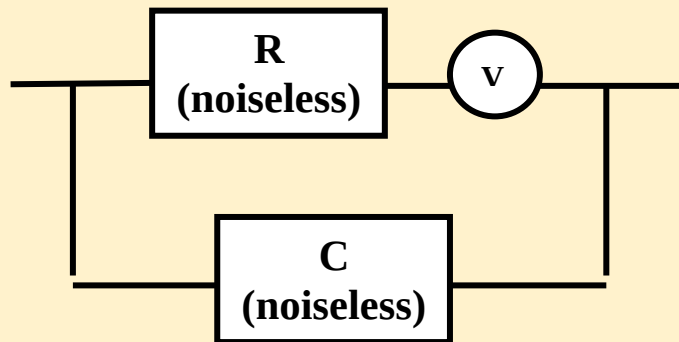
$$(19) \quad P = kTB$$

צפיפות הרעש (ההספק ליחידת תדר) אינה תלויה בתדר ולכן הרעש נקרא "רעש לבן", בדומה לאור לבן המורכב מכל הצבעים. מובן כי צפיפות הרעש אינה יכולה להיות אינסופית (עייין ערך "הקטסטרופה של העל-סגול"). כאשר מכניסים את חוק פלאנק לתמונה (התפלגות בוזה-איינשטיין במקום התפלגות מכסול-בולצמן) מקבלים כי רעש ג'והנסון-נייקוויסט מקבל את הצורה:

$$(20) \quad V_N^2 = 4 R B h f / [\exp (hf/kT) - 1]$$

כאשר קבוע פלאנק ניתן על ידי $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Joule/}^\circ\text{K}$. בטמפרטורת החדר מופיעה "נקודת ברך" $hf=kT$, בתדר $f=6 \text{ THz}$ שבה מתחיל הרעש הלבן לדעוך.

במעגל חשמלי הכולל נגד וקבל מקבל רעש ג'והנסון – נייקוויסט צורה שונה במעט המכונה רעש kTC . נתאר מעגל עם נגד וקבל המחוברים במקביל כמוצג באיור 2.



איור 2 חיבור מקבילי של נגד וקבל

$$(21) \quad V_N^2 = 4kTR / 4RC = kT/ C$$

$$(22) \quad V_N = \sqrt{kT/ C}$$

רעש המטען יהיה מכפלה של הקיבול במתח

$$(23) \quad Q_N = C V_N = \sqrt{kTC}$$

$$(24) \quad Q_N^2 = C^2 V_N^2 = kTC$$

מתח הרעש אינו תלוי אפוא בנגד אלא רק בערכו של הקבל ובטמפרטורה. למשל בטמפרטורה 300°K קבל של 1pF יעורר מתח של $64\mu\text{V}$ וקבל של 1nF יעורר מתח של $2\mu\text{V}$.

היבטים מעשיים של הרעש התרמי

מקובל לציין ערכים מספריים של אותות רדיו ושל רעשים (וממילא גם יחס אות לרעש) בסקלה לוגריתמית של דציבלים. הגדרת הדציבל היא:

$$(25) \quad A(\text{dB}) = 10 \log_{10} A(\text{abs})$$

נוסחה זו לוקחת מספר אבסולוטי והופכת אותו לדציבל. בתקשורת מקובל להציב 10 לפני הלוגריתם, כי A מבטא הספק. באלקטרוניקה רגילה, לוקחים לפעמים 20 אם A מבטא מתח. נוסחה הפוכה למעבר מסקלת dB לסקלה לינארית נתונה על ידי:

$$(26) \quad A(\text{abs}) = 10^{A(\text{dB})/10}$$

כאן הספק השידור dBm מתקזז ביחידות עם הספק הקליטה dBm, וכן אורך הגל שהוא במטרים מתקזז עם הטווח שגם הוא במטרים.

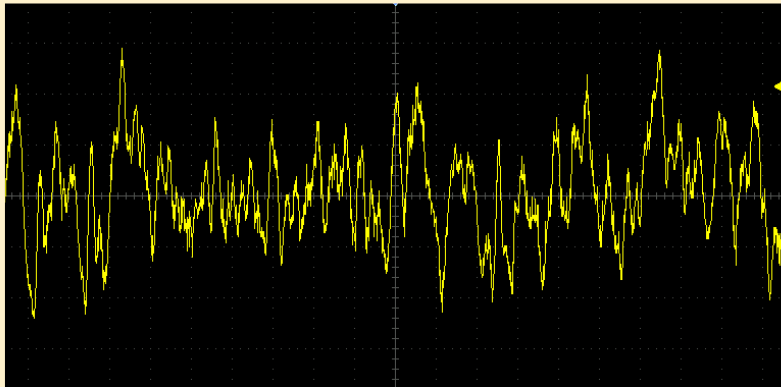
במערכות קליטה רגישות מקובל לסמן את תרומת הרעש העצמי של דרגת הכניסה הראשונה באמצעות היחס בין האות לרעש בכניסה חלקי היחס בין האות לרעש ביציאה. ערך זה מכונה "ספרת רעש" Noise Figure

$$(28) \quad NF = (S/N)_{\text{in}} / (S/N)_{\text{out}}$$

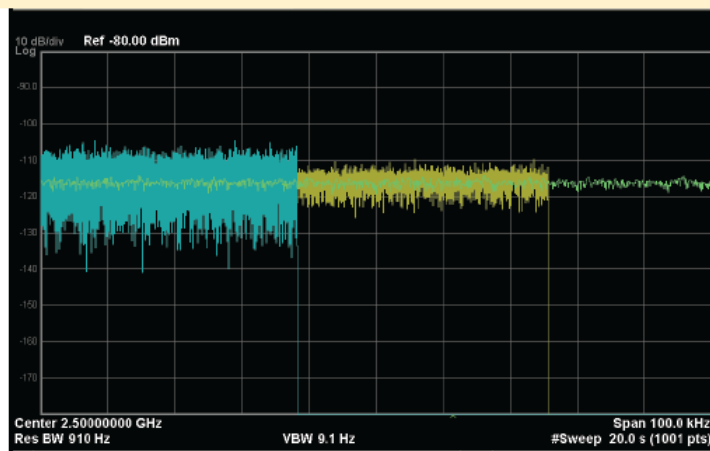
"רגישות קליטה" של מקלט היא המכפלה של "רצפת הרעש" ביחס אות לרעש הדרוש.

$$(29) \quad \text{Sensitivity or minimal required signal} = (k T B NF) (S/N)$$

אותות ורעשים ניתנים למדידה פשוטה ומידית בעזרת אוסצילוסקופ (בציר הזמן) כמו באיור 3 או בעזרת נתח תדר (בציר התדר) כמו באיור 4.

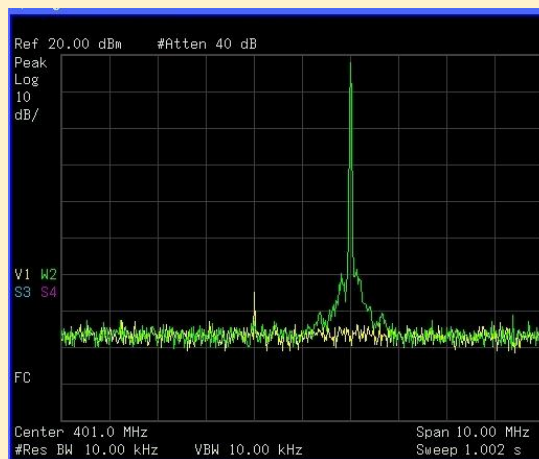


איור 3 הצגת רעש תרמי בציר הזמן



איור 4 הצגת רעש תרמי בציר התדר (הגרף כולל 3 מקרים של רוחב סרט הגלאי VBW)

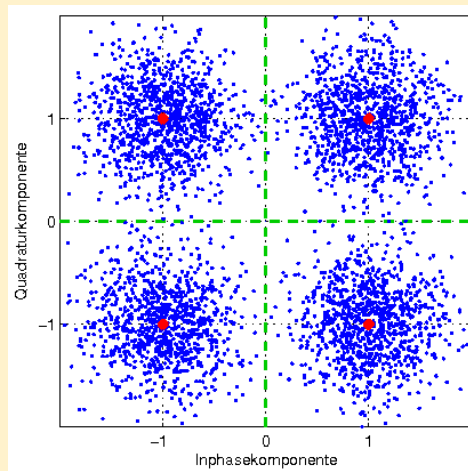
איור 5 מראה אות חזק על רקע רעש טבעי הנובע מדרגת הכניסה של נתח הספקטרום. בהינתן שכל משבצת אנכית היא 10 dB הרי יחס אות לרעש המתקבל במדידה הוא כ-75 dB.



איור 5 תצוגה בציר התדר של אות חזק בצירוף רעש תרמי

מלבד התכונה של היות הרעש התרמי "לבן" הוא מכונה גם רעש "גאוס" מפני שבכל רגע נתון המתח המופיע הוא פונקציה אקראית עם פילוג גאוס (ממוצע 0 וסטטיית תקן σ). אם נוסיף לכך גם את העובדה שהרעש אינו תלוי סטטיסטית באות אלא הוא ניתן לצירוף בלתי תלוי (אדיטיבי), נוכל להבין מדוע קוראים לו בקיצור **AWGN = Additive White Gaussian Noise**. חלקים גדולים מתורת התקשורת מסתמכים במידה רבה עם תכונות אלה של הרעש הטבעי שהוא הנפוץ ביותר בטבע.

במכשיר המדידה הנקרא Signal Generator ניתן להציג אותות מאופננים בשיטות אפנון ספרתיות שונות כגון QAM, MASK, MPSK, ורבות אחרות. באיור 6 רואים מרחב אותות המגיעים בארבעה מצבים QPSK אך עקב רעש כל אות מתפזר באופן גאוס סביב נקודת האמצע, כך שמתקבלים צבירים של נקודות/אותות. הרעש נתון על ידי השונות σ^2 והאות נתון על ידי הוקטור הממוצע של המרחק בריבוע אל הנקודות האדומות.



איור 6 מרחב אפנון של 4 אותות עם פילוג האותות המגיעים לפי גאוס

קורות חייו של ג'והן ג'והנסון



ג'והן ג'והנסון 1887-1970

John Bertrand Johnson נולד בשנת 1887 ונפטר בשנת 1970. מהנדס ופיסיקאי אמריקאי ממוצא שוודי. היגר לארצות הברית בשנת 1904 ולמד פיסיקה באוניברסיטת ייל. בשנת 1925 הצטרף למעבדות Bell ופירסם בשנת 1918 את מאמרו החשוב Thermal Agitation of Electricity in Conductors [6]. ג'והנסון פיתח וחקר שפופרות קתודיות עד שנת 1952 ולאחר מכן עבר למעבדת Edison Research Laboratory. ג'והנסון רשם לזכותו כ-30 פטנטים ונודע כחובב אופרה וגידול פרחים. נישא ל-Louisa Conger בשנת 1919 ול-Ruth Marrie Severtson בשנת 1961. מאשתו הראשונה נולדו לו שני בנים. Bowden בשנת 1961.



Harry Theodor Nyquist נולד בשוודיה בשנת 1889 למשפחה בת שמונה נפשות. בשנת 1907 היגר לארצות הברית ולמד לתואר ראשון ושני באוניברסיטה של צפון דקוטה. לאחר מכן למד פיסיקה באוניברסיטת ייל והתיזה שלו משנת 1917 עסקה במדידת תופעת Stark בגזים הליום וניאון ובהסבר התופעה על ידי התיאוריות התרמודינאמיות של אותה התקופה. בשנת 1917 הצטרף לחברת AT&T ורשם לזכותו לא פחות מ-138 פטנטים בנושאי רדיו, טלפוניה וטלוויזיה. כחודש ימים לאחר שפגש את ג'ון ג'והנסון ושמע ממנו על גילוי הרעש התרמי הלבן, הוא הצליח לחבר הסבר מזהיר [7] לתופעת הרעש על פי המודלים של קרינת גוף שחור, תנועה בראונית של חלקיקים ועקרון Fluctuation-Dissipation שתואר לעיל.

הארי נייקויסט 1889-1976

מבין תרומותיו החשובות הנוספות ניתן לציין את חקירותיו על מעגלי המשוב של מגברים ומתנדים וביסוס תורת הבקרה ע"י תנאי התבדרות והתכנסות [8]. נציין גם את הגדרת קצב הדגימה הנדרש של אותות אנלוגיים הידוע כ"משפט נייקויסט". במשפט זה הוא הוכיח כי אות אנלוגי המכיל תדרים שאינם עולים על $W(\text{Hz})$, ניתן לדגימה ספרתית ולשחזור מלא על ידי סדרת פולסים קצרים בקצב $fs \geq 2W$ [9].

מראי מקום

ערכים בויקיפדיה

Black body radiation, Thermal radiation, Thermodynamics, Thermal equilibrium, Entropy, Thermal noise, Johnson Nyquist noise, Thevenin Norton equivalence, Additive White Gaussian Noise, Spectral density, Fluctuation Dissipation Theorem, Shannon Law, Boltzman constant, Plank constant, Friis equation

ביוגרפיות

Kirchhoff, Boltzmann, Rayleigh, Planck, Einstein, Johnson, Nyquist, Shannon

מקורות

[1] L. Boltzmann, "On the Relationship between the Second Fundamental Theorem of the Mechanical Theory of Heat and Probability Calculations Regarding the Conditions for Thermal Equilibrium" (**Wien. Ber.** 1877), Translated in **Entropy**, 2015, 17, 1971-2009.

[2] C.E. Shannon. "A mathematical theory of communication", **Bell Systems Technical Journal**, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October 1948.

- [3] C.E. Shannon, "Communication Theory of Secrecy Systems", **Bell Systems Technical Journal**, Vol. 28, pp. 656–715. October 1949.
- [4] H.B. Callen and T.A. Welton, "Irreversibility and Generalized Noise", **Physical Review** 83, No. 1, pp.34-40, 1951.
- [5] K. R. Kubo, "The Fluctuation Dissipation Theorem", **Reports of Progress in Physics**, 29, No. 1, pp.265-284, 1966.
- [6] J. B. Johnson, "Thermal Agitation of Electricity in Conductors", **Physical Rev.** 32, No. 1, pp. 110-113, 1928.
- [7] H. Nyquist, "Thermal Agitation of Electrical Charge in Conductors", **Physical Rev.** 32, No. 1, pp. 97-109, 1928.
- [8] H. Nyquist, "Certain Topics in Telegraph Transmission Theory" **Trans. AIEE**, 47 (2), pp. 617-644, 1928.
- [9] H. Nyquist, "Regeneration Theory", **Bell Systems Technical Journal**, 11, pp. 126-147, 1932.
- [10] 2. Noise EE 3.02/A04 Imperial College <https://studylib.net>
- [11] D.V. Perepol'tsa, Johnson Noise and Shot Noise, <https://mit.edu>
- [12] N.A. Romero, Johnson Noise, <https://Old.Phys.huij.ac.il>
- [13] M.S. Suzuki, Johnson Nyquist Noise, Ch. 10S, <https://bingweb.binghamton.edu>
- [14] Thermal Noise, <https://www.physics.utoronto.ca>
- [15] 4. Noise in Communication Systems, <https://iht.kit.edu>
- [16] D. Abbott et. al. "Simple Derivation of the Thermal Noise Formula Using Window Limited Fourier Transform and Other Conundrums". **IEEE Trans on Education**, 39, No.1, pp.1-13, 1996.
- [17] Noise, Boltzmann Constant and Brownian Motion, <https://physicsopenlab.org>
- [18] S. Katsumoto, Electric Circuits for Physics, <https://kats.issp.u-tokyo.ac.jp>