

עבודת אלקים וקדושתו

והוא האדם

הוא

הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

הפקולטה להנדסת חשמל



- ✓ מוטיבציה
- ✓ שדות אלקטרומגנטיים בטבע
- ✓ שדות אלקטרומגנטיים עשויים ידי אדם
- ✓ שדות וחומר
- ✓ מחקרים ביולוגיים ואפידמיולוגיים
- ✓ קוים מנחים לחשיפה
- ✓ מבט על תוצאות מחקר
- ✓ סיכום

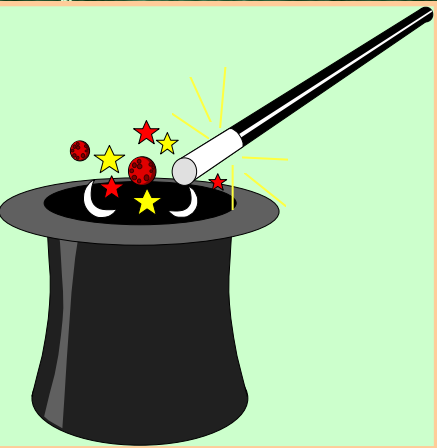
מ/ס'יה - כ/ל'י



"חשמל" בשימוש 100 שנה אך השפעתו על
גוף אדם לא ידועה בוודאות

ידיעת אפקט מסוים מאפשרת להתגונן או אף
לנצל לטובתנו. ✓

חוסר ידיעה מובילה לספקולציות או אמונות
טפלות ומכאן הדרך קצרה
להחלטות לא הגיוניות אשר עלולות
לפגוע בפרט הבודד או בעיבוד. ✓





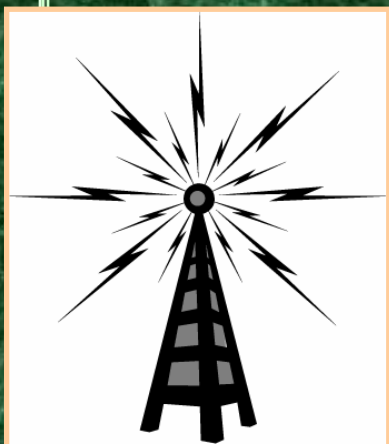
איומים ציבוריים - אלקטרוניים

✓ לפרט צריכה להיות תחושה ביחס לסכנות :
החלטה להשתמש או לא וכמה !?

✓ ערנות ציבור להתקנת אנטנות צריכה להיות
שקולה:

התנגדות על סמך חשדות לא מבוססים
או

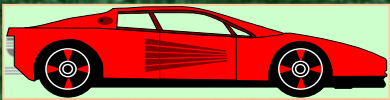
חוסר מעש עקב חוסר אכפתיות



מ/ס'צה - קווי מתח



✓ מחקר בארה"ב העביע על קשר בין קירבה לקווי מתח ולאוקמיה אצל ילדים.



✓ מחקר אחר העביע על קשר בין לאוקמיה וקרבה לאוטוסטרדות.

✓ מחקר שלישי הראה קשר בין לאוקמיה ומעב החברתי-כלכלי של משפחת הילד.



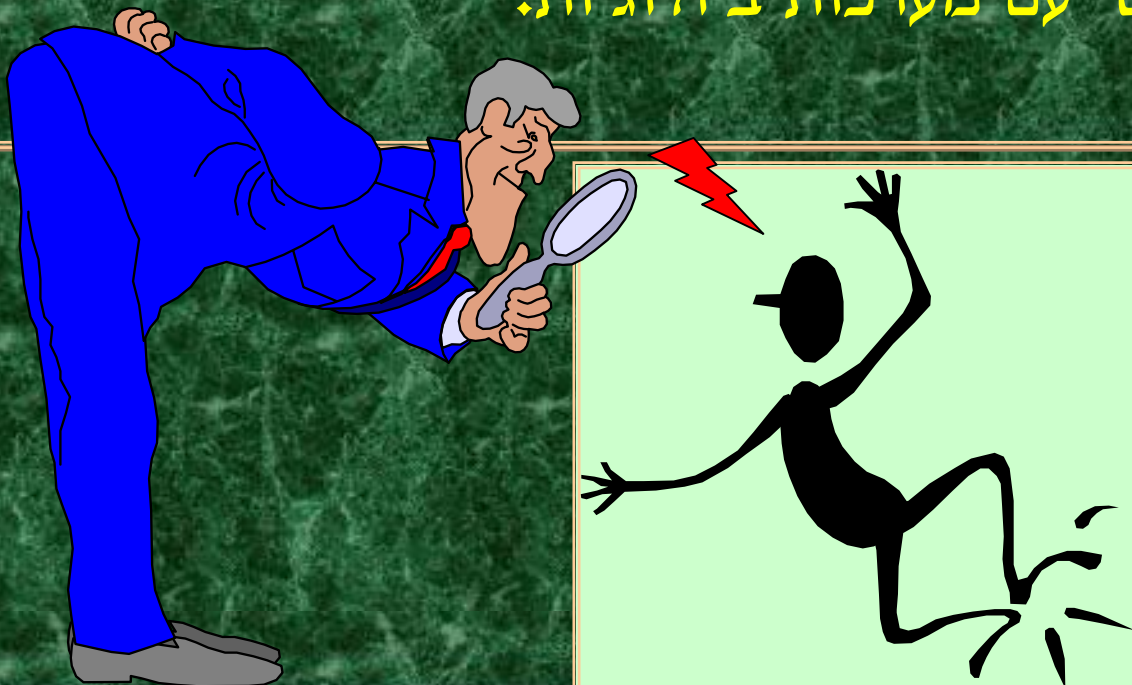
✓ אז מהו הגורם ? קווי מתח, הגזים שנפלטים או תזונה ??

✓ התשובה: איננו יודעים !!

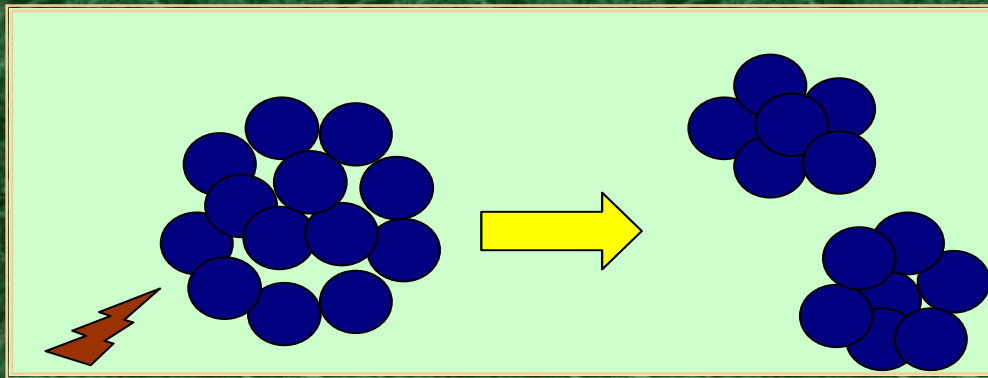
מ/ס'צה - כו/נ' מקר

✓ הדוגמא האחרונה ממחישה שמחקרים אפידמיולוגיים יכולים, במקרה הטוב להצביע על כיוונים כלליים ואינם יכולים להחליף מחקרים פיסיקליים וביולוגיים.

✓ מחקרים צריכים להתמקד באינטראקציה של שדה אלקטרומגנטי עם מערכות ביולוגיות.



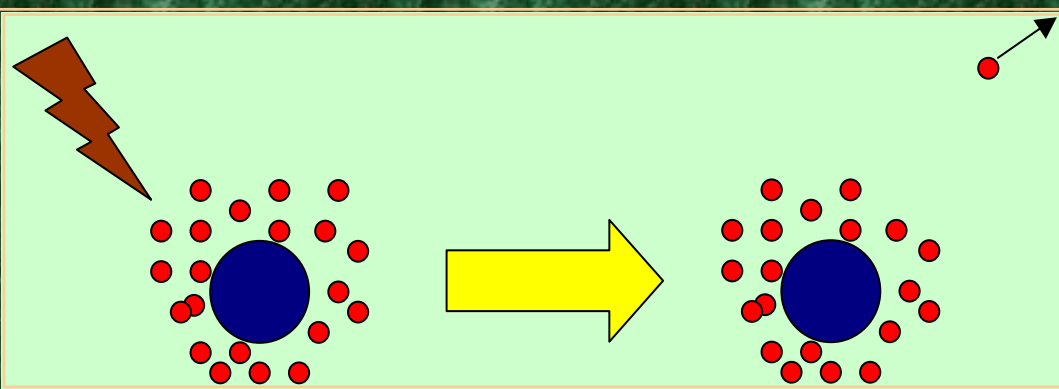
קרינה גרעינית



קרינת השמש



קרינה מיננט



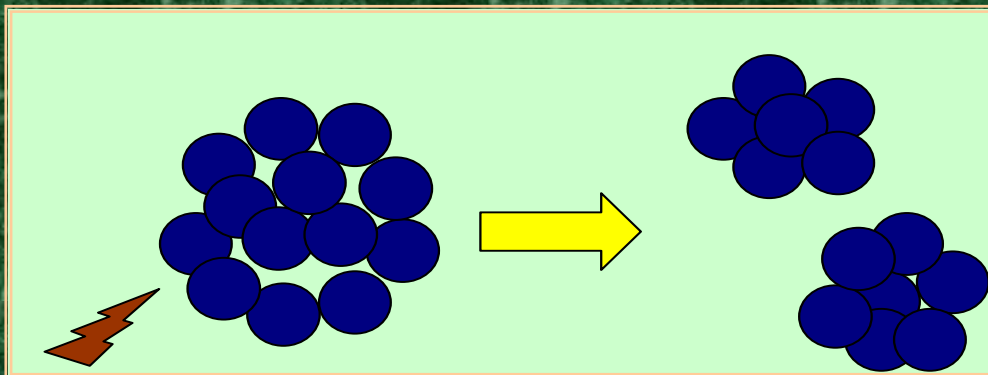
שדות של כדור הארץ



עצם קרינה – קרינה אטומית

✓ קרינה גרעינית קשורה לתהליכים אשר קורים בתוך הגרעין של אטום. היא עלולה לגרום להתפרקות הגרעין ולהפיכת האטום של יסוד אחד ליסוד שונה בתכלית.

✓ התכונות הכימיות של התוצר שונות לכן השפעתו על המערכת הכימית או הביולוגית הסובבת עלולה להיות משמעותית ביותר.

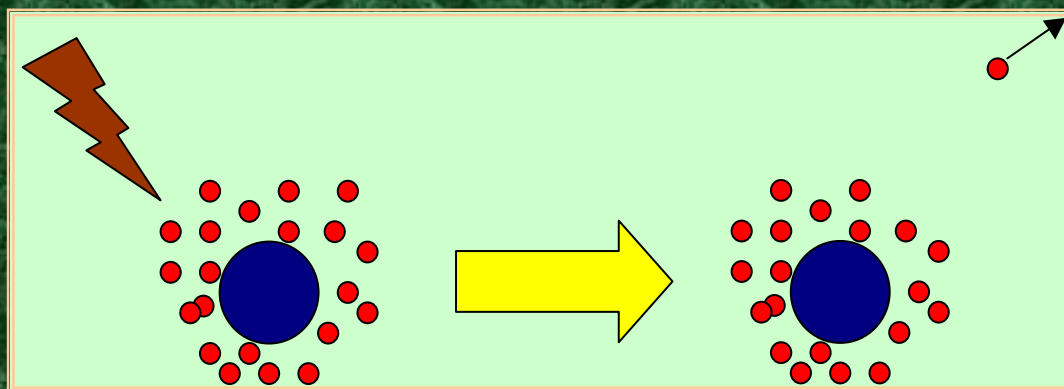


עצם 268 – קרינה מייננת

✓ קרינה מייננת זו קרינה שאינה משפיעה כלל על הגרעין של אטום אולם היא עלולה להוציא אלקטרון ממסלולו סביב הגרעין – התוצאה יון. דוגמא: קרינת רנטגן

✓ ליונים תכונות כימיות שונות מאשר לאטומים הניטרליים.

✓ בהמשך נשוחח על קרינה לא מייננת.



ענשה = עשה מזה



✓ השמש היא המקור העיקרי של קרינה סביבנו. חלק מזערי מן הקרינה אנו רואים בעיניים.

✓ חלק גדול מאוד מן הקרינה מהשמש נבלע (לשמחתנו) באטמוספירה: קרינת רנטגן וקרינה אולטרא סגולה

✓ הוכח בעבר שקיים קשר בין קרינה אולטרא-סגולה והיווצרות סרטן העור

✓ גלי מוח מתנדנדים בתדר בין 10^{-4} עד 10^{-1} הרץ (פעימות בשניה). השדה החשמלי שמגיע מהשמש בתחום זה קטן פי טריליון מהשדה שנמדד בין שני מגעים של שקע חשמל ביתי. זהו שדה זעיר שהאנרגיה שלו קטנה בהרבה מזו שקשורה בשינויים רגילים בחום הגוף.

פרק 13 – כוח הארץ

✓ השדה המגנטי של כדור הארץ הוא בערך $50\mu\text{T}$ המספר אינו חשוב כרגע אלא כנקודת ייחוס.

✓ כדאי לזכור שעצמה זו מספיקה על מנת לשוב מחט של מצפן במשקל של כמה גרמים.

✓ המטענים החשמליים אשר מגיעים מן השמש נבלעים באטמוספירה ויוצרים שדה חשמלי שהוא פי 100 יותר קטן מהשדה ליד שקע ביתי.

✓ בעת סערה, השדה הזה גדל והוא יכול להיות מאותו סדר גודל.



AM ת/3e ת"ל/ע' י'3' ק3/כ - 1'39

535 - 1705kHz; <50kW ✓

✓ השדה החשמלי דועך מרחק/1 בתנאי שהמרחק גדול מאורך הגל (100 -- 600 מטר).

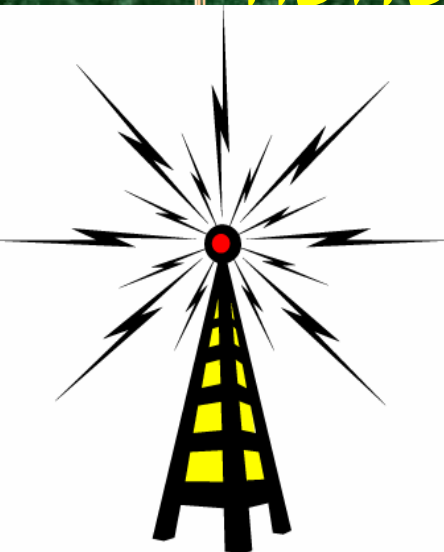
✓ למשל אנטנה המשדרת 50kW במרחק שלושה

ק"מ, השדה הוא 1 וולט/מטר שהוא

פי 10,000 קטן מהשדה החשמלי

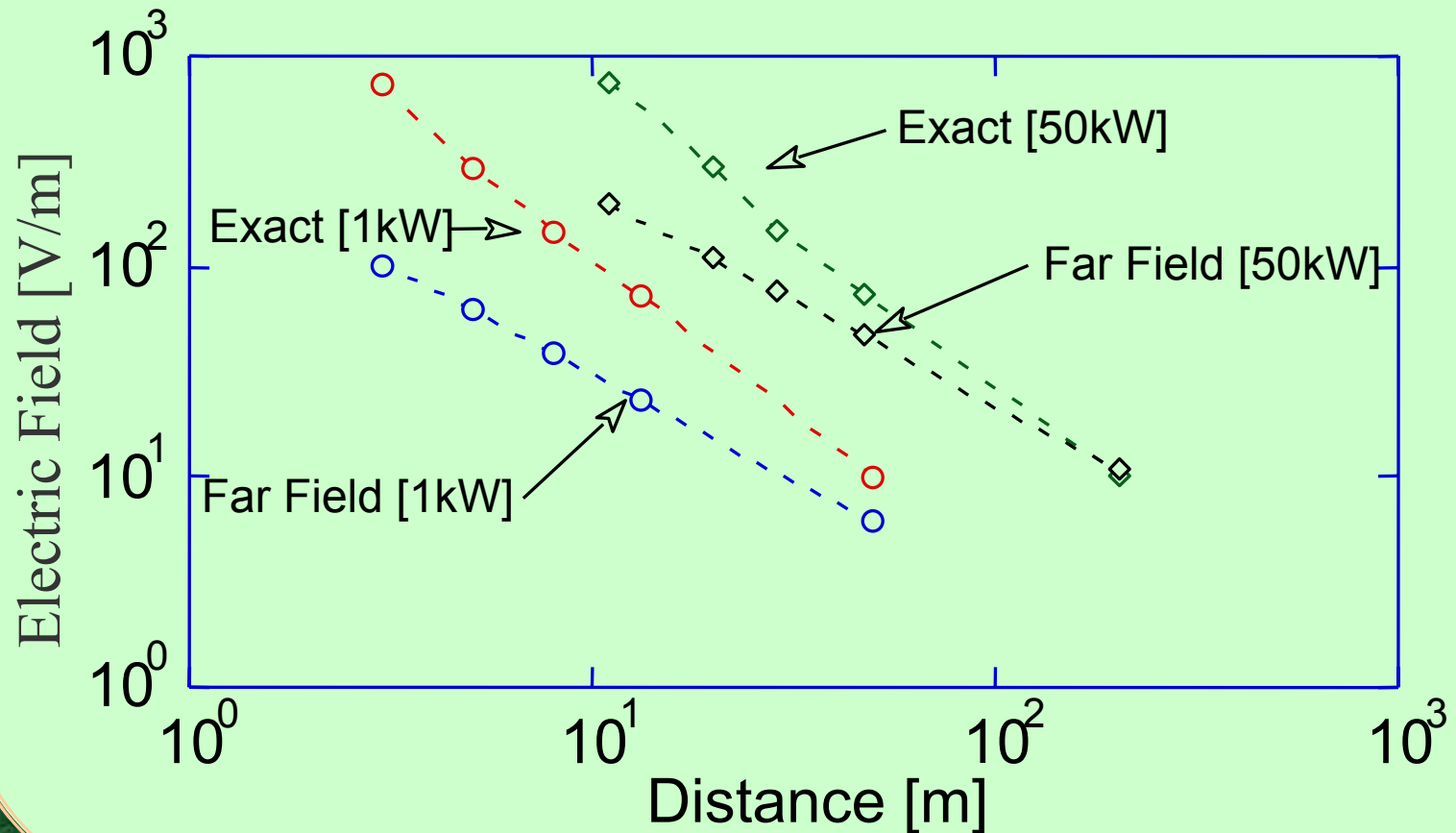
ליד שקע ביתי. השדה המגנטי במרחק

זה קטן פי 20,000 מזה של כדור הארץ.



AM 1139 – $\rho\beta/\epsilon\sigma$ $\rho\beta/\epsilon\sigma$

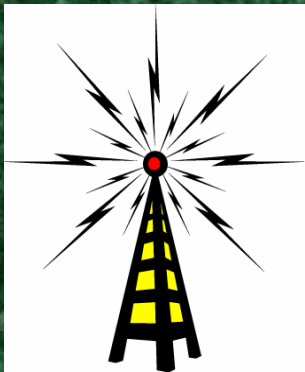
- הדעיכה קרוב לאנטנה שונה לכן השדה הוא באופן משמעותי יותר גדול



FM ת/צח ם״ע ף״כ ף״כ – ף״כ /FM

✓ 88-108MHz; אפיוניי החשיפה דומים.

✓ במרחק של ק"מ מאנטנה המשדרת 100kW, ההספק הכולל שהגוף חשוף אליו הוא 1/1000 של וואט זה קרוב לפי 600 פחות מטלפון סלולרי שמשדר 0.6W (התדר 800-900MHz or 2GHz).



רפואה – פיזיקה – רפואה

25W to 2kW.@13-2450MHz ✓

✓ חימום סלקטיבי של גידולים.

✓ 100MHz @Magnetic Resonance Imaging (MRI) ✓

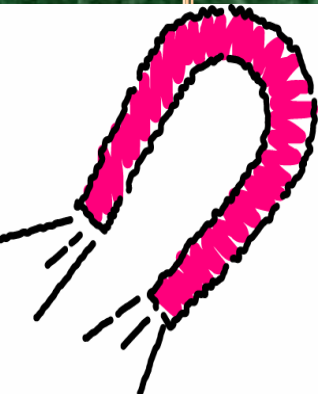
✓ 100W הספק ממוצע, 10kW הספק שיא.

זהו ערך של פי 10,000 מהספק של סלולרי !!

השינויים בשדה מגנטי הם פי 1,000,000

השדה המגנטי של כדור הארץ בשניה.

✓ סיכויים מול סיכונים.





size במחנה – שינוי חלל

✓ חומר בעל מוליכות סופית (כמו מתכת למשל)
ממיר הספק אלקטרומגנטי לחום.

✓ זהו המנגנון העיקרי שנחקר -- למרות שדי
ברור שזה אינו יכול להיות מנגנון מרכזי.

✓ הקווים המנחים העכשוויים מתבססים על חשיפת
עכברים.



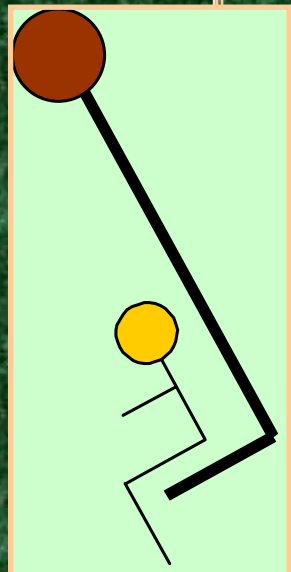
130 חמא - תהארה לאנ'ת

✓ תהודה זמנית: סנכרון בין מחזור התופעה
"המכנית" לבין מחזור השדה האלקרו-מגנטי

✓ אפשר לחשוב על מולקולה או אטום כעל נדנדה
אך עם מחזור תנועה הרבה יותר קצר.

✓ חישבו מה קורה אם בכל מחזור הנדנדה מקבלת
"מכה קטנה", אך גדולה מהפסדי החיכוך.

✓ אנלוגיה למולקולה



תורת המוליך - תהליך מרחיב

✓ תהודה מרחיבת: שוויון בין ממדי ההתקן לאורך הגל

Specific Absorption Rate (SAR) ✓



$$SAR = \frac{\text{Power} / \text{Volume}}{\text{Weight} / \text{Volume}} = \frac{\text{Power}}{\text{Weight}}$$

✓ עבור סלולריים ההמלצה $SAR = 0.08 - 4 [W/Kg]$

צ/ס - ס/ס - ס/ס ס/ס

✓ נבחן כדור בעל רדיוס של 15 ס"מ המדמה ראש אדם.
הכדור חשוף לקרינת מיקרו גל @ 0.918GHz & 2.45GHz.
בשני המקרים שטף האנרגיה הוא $10\text{mW}/\text{cm}^2$

✓ בתדר 2.45GHz

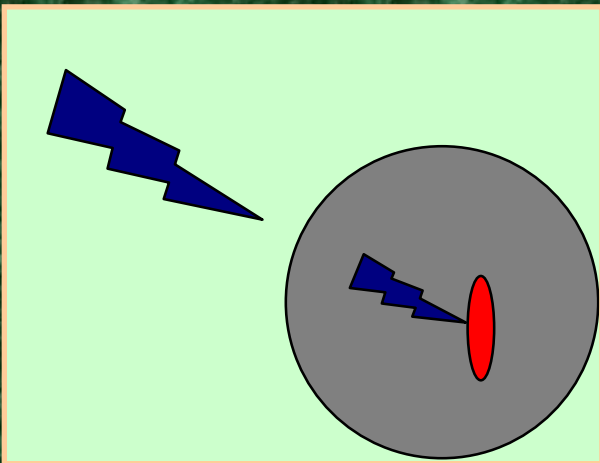
SAR=2W/Kg בסנטימטר הראשון
למרות שהממוצע על כל הראש SAR = 0.1W/Kg !!
באמצע הכדור SAR=0.2W/Kg

✓ בתדר של 0.9GHz המצב הפוך

בפני השטח SAR=0.2W/Kg
במרכז SAR=0.5W/Kg

רצף במחיר – תהליך מרחבית

- ✓ מדידות מעבירות על כך שהבליעה המקסימלית של הראש היא בין 400-500MHz לכן ברור שלפחות מנקודת ראות זו, רצוי להשתמש ב 2GHz ולא ב 0.9GHz .
- ✓ נתן לנצל תהודה מרחבית עבור טיפול רפואי (גידולים).



מחקרים ג'ל-100/א"ס



✓ שדות בין 10Hz לבין 450Hz הם בעלי השפעה התנהגותית

✓ שדות חשמליים שהם פי מיליארד קטנים מאלה בקרבת שקע ביתי ידועים כמשפיעים על יכולת הניווט של ציפורים וכרישים.



✓ אפנון ב 40Hz של גל מיקרו (1GHz) המשדה שדה פי 10 מיליון יותר קטן מהשדה של שקע ביתי, משפיע על גלי המוח כפי שנמדדים על ידי EEG.

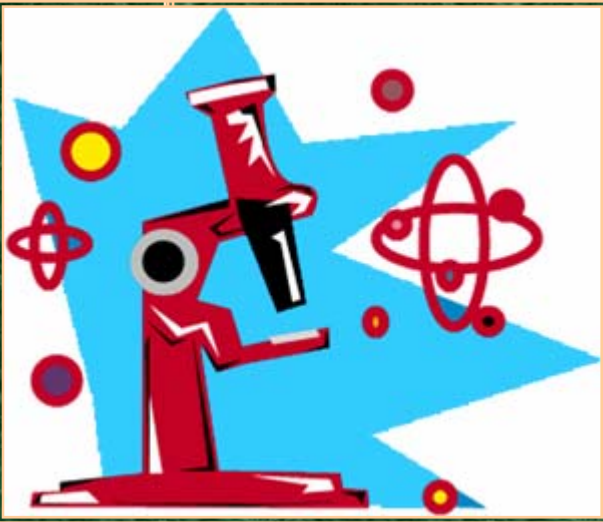
✓ שדות מגנטיים גדולים פי 20 מהשדה של כדור הארץ, עשויים להפעיל עצבים.

✓ שדה מגנטי משפיע על איחוי שברים

מחקרים ג' - / 99 / א"י -- DNA

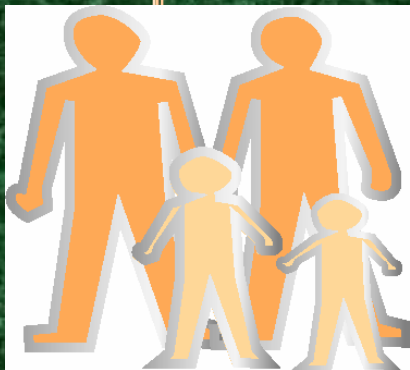
✓ עד לאחרונה, הנחת היסוד הייתה שאם קיים אפקט, הוא בא לידי ביטוי בעיקר בקרבת הממברנה של התא שם עשויים להתפתח שדות חשמליים שהם פי 1000 יותר גדולים מאשר בסביבה של שקע ביתי.

✓ צפיפות הזרם הפנימי (טבעי) בתוך מולקולת DNA מגיעה ל 5 A/cm^2 זוהי צפיפות פי 1000 יותר גדולה מזו ברדיו טרנזיסטור. האנלוגיה מצביעה גם על אופי האינטראקציה – חישבו על הרעש הנשמע בעת שרדיו טרנזיסטור נמצא מתחת לקו מתח גבוה...



מחקרים ג'1-1/09/א"י

✓ ברמה המאקרו-מולקולרית לא נמדד אפקט חוץ מאשר זה הקשור בעליה בטמפרטורה בתנאי שהתדר $< 5\text{MHz}$ וכן $\text{SAR} < 0.4\text{W/Kg}$



✓ 2.45GHz לא משפיע על הפריזון

✓ אין השפעה על מערכת העצבים המרכזית אפילו ב $\text{SAR} = 350\text{W/Kg}$ פי 100 מן הערך המומלץ – כמובן החשיפה היא לפרק זמן קצר.

✓ אין אפקט הורמונלי עבור $\text{SAR} < 0.4\text{W/Kg}$

✓ מערכת הדם אינה מושפעת $\text{SAR} < 1\text{W/Kg}$

מחקרים ג'ל-10/09/א"ס

✓ השפעה על הלב $SAR > 2 \text{ W/Kg}$

✓ העיניים מאוד רגישות לקרינה אלקטרומגנטית
בתחום המיקרוגל (1-10GHz) . עכברים הנחשפים
במשך 100 דקות לשטף אנרגיה של 0.1 W/cm^2
פתחו קטרקט.



מחקרים אפידמיולוגיים

✓ מחקרים הראו קשר בין חשיפה לקרינת מיקרוגל וסוגים מסוימים של סרטן המוח (לימפומה). הניסוי שהתבצע:

- 18 חודשים, כל יום שתי חשיפות של 30 דקות
- כל חשיפה מורכבת מפולסים של 0.001 שניה
- עם מחזוריות של 217 Hz
- תדר הקרינה 900 MHz
- עצמות לפי המומלץ $SAR=0.08 - 4 \text{ W/Kg}$

✓ על כל מאמר שמצביע על קיומו של קשר קיים מאמר נגדי שטוען שלא קיים - מטא-סטטיסטיקה של המחקרים מראה ממוצע אפס.

✓ אין כל מידע על השפעות רב שנתיות

מחקרים אפידמיולוגיים -- אנרגיה

מחקר של ה DoD :

- הספק שיא 700,000,000W @ 3GHz
- פולסים של 30/1,000,000,000 שניות
- הספק ממוצע פחות מ 2W
- $SAR = 0.7W/Kg$
- זמן חשיפה של 17 דקות.
- אפקטים מאוד משמעותיים נמצאו.

קוים מנחים לחשיפה

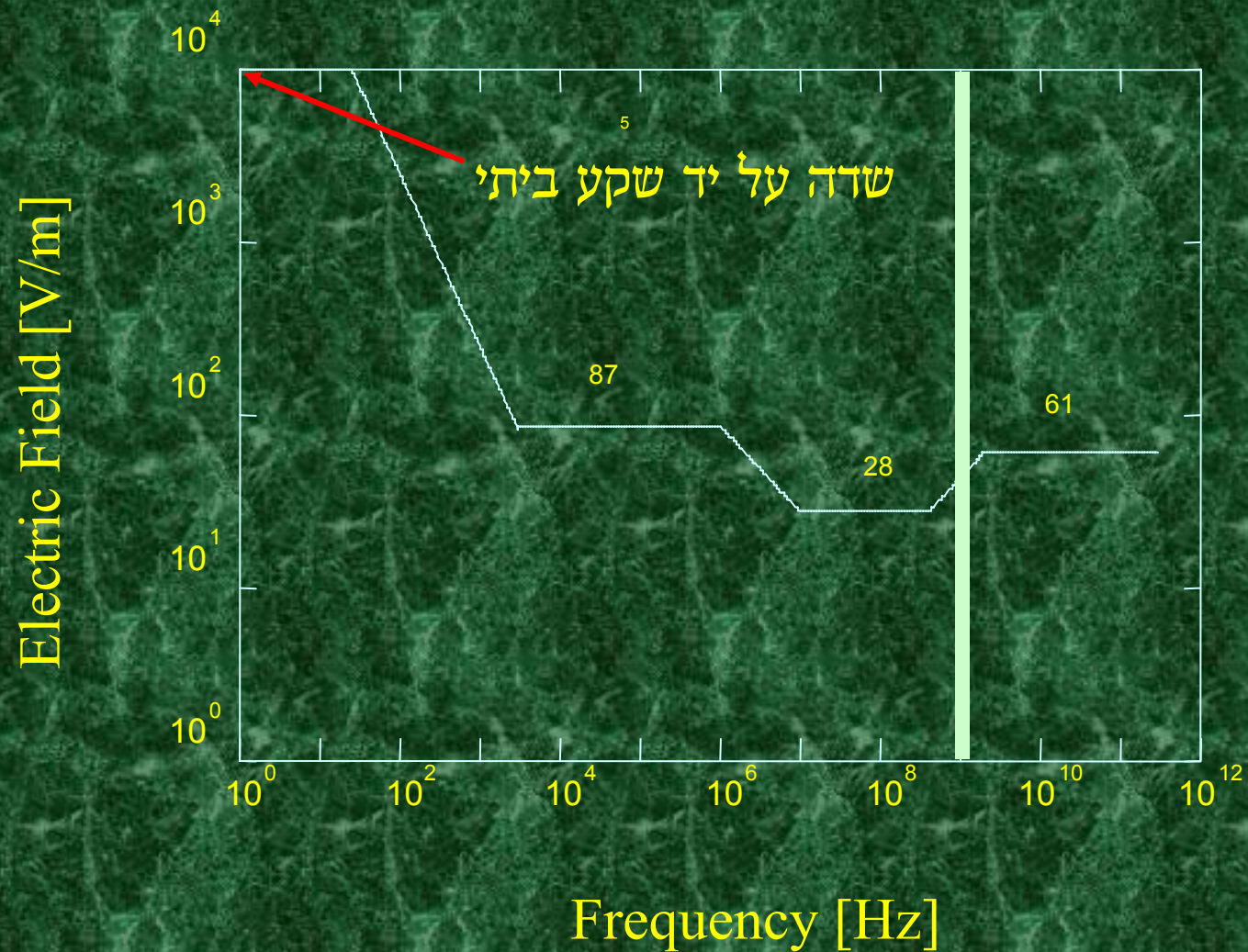
✓ סימנים ראשונים להשפעת הקרינה עזו אחרי מלחה"ע השניה כאשר מצאו שטכנאי מכ"ם לקו בקטראקט הרבה מעבר לממוצע.

✓ 1957 ועדה עבאית קובעת תקן עבאי ראשון 0.01 W/cm^2 בתחום 10MHz – 100GHz

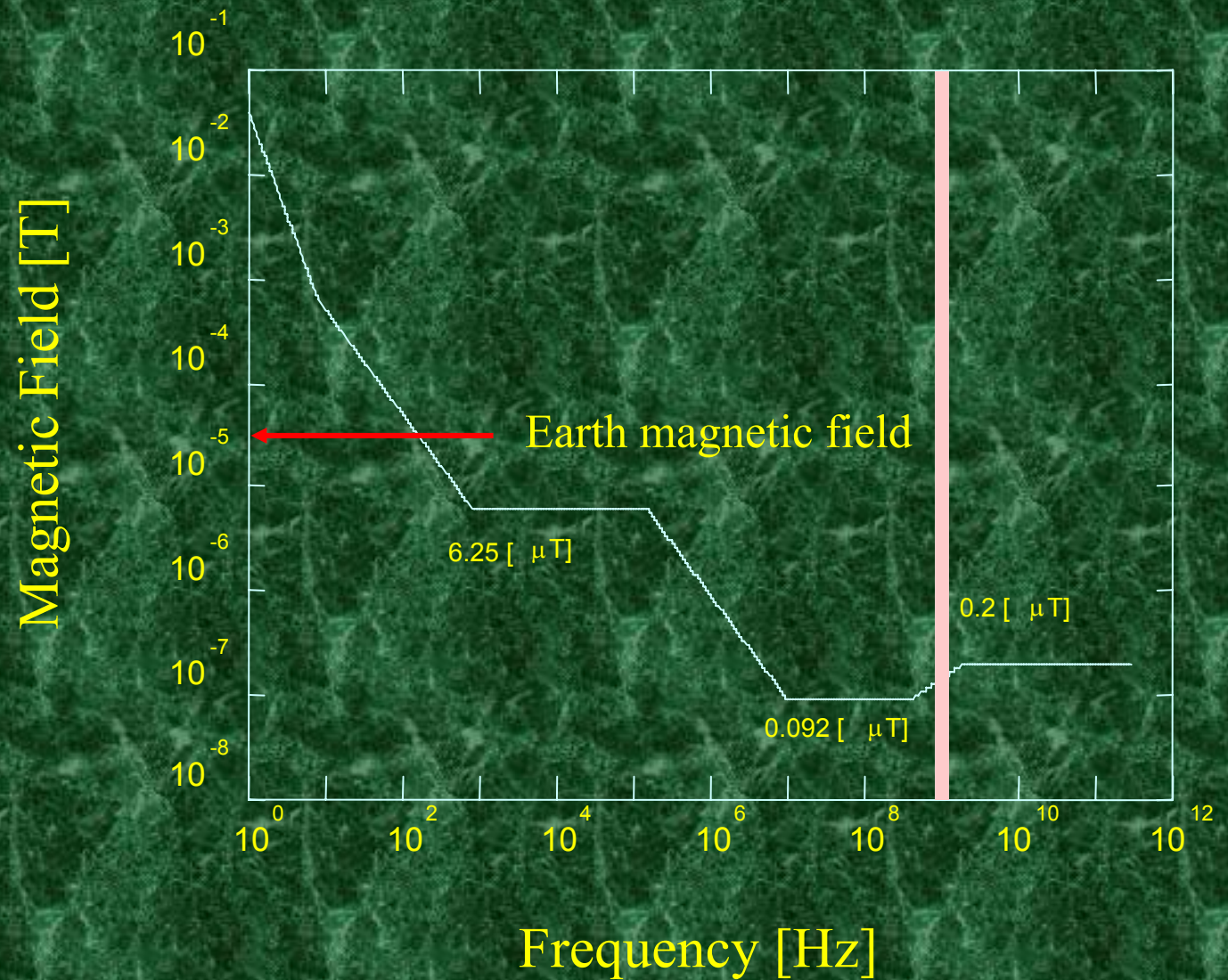
✓ 1966 התקן העבאי מאומץ על ידי מכון התקנים האמריקאי.



קוים מנחים משיטה

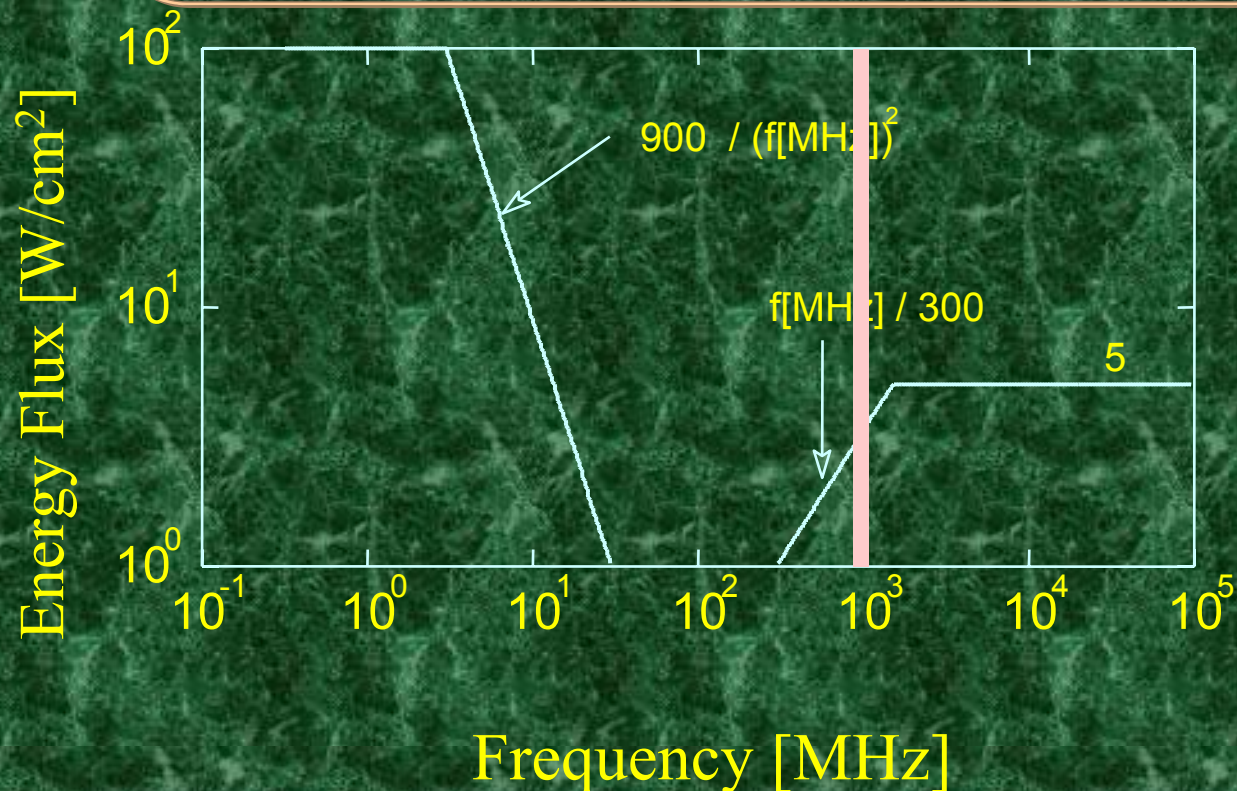


קו'י מ'ח'מ'י מ'ע'נ'ת



קוים מנחים לחשיפה

- ✓ ערכים ממוצעים לאורך פרק זמן של לפחות 6 דקות.
- ✓ הערכים מתאימים לעצמות אשר נתגלו אפקטים ואז חולקו ב 50
- ✓ ערך המקסימום אסור שיהיה גדול מ 1000
- ✓ שטף אנרגיה



קווים אנומיים לחשיפה



✓ עד כה ראינו

- הספק ליחידת משקל של הגוף הנחשף (SAR)

- שטף אנרגיה (הספק ליחידת שטח)

✓ קריטריון נוסף: אנרגיה ליחידת משקל. נמחיש אותו בדוגמא

- נניח אות מיקרוגל בתדר של 1GHz

- אנרגיה מספיק גבוהה עשויה לעורר את עיצבי השמע

- הסף לתופעה זו $4 - 16 \text{ [W] [sec]/[Kg]}$

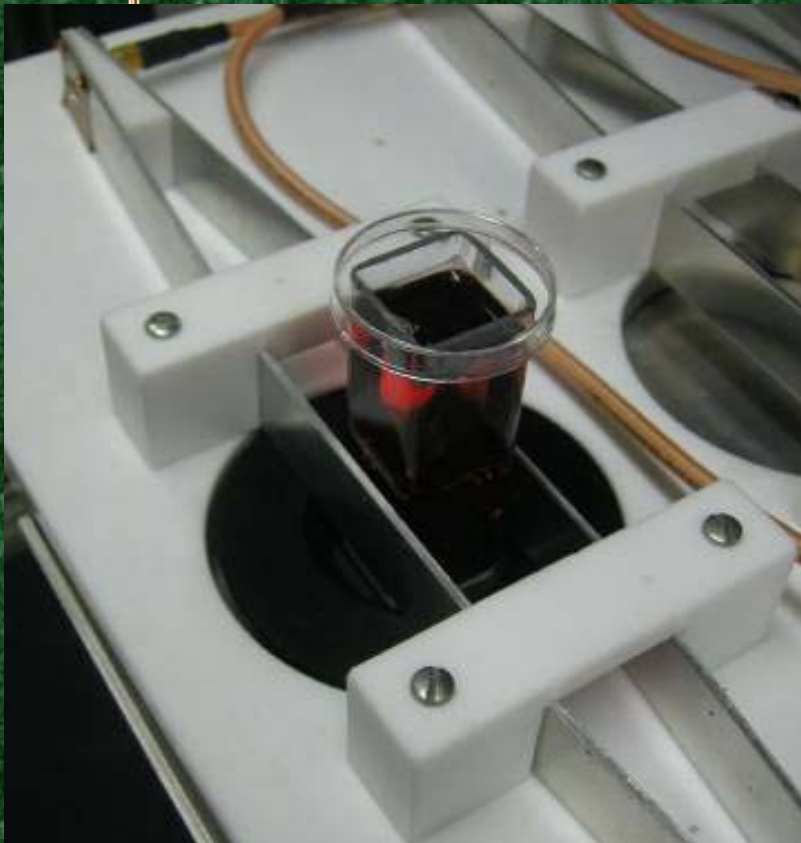
✓ שיחת בת שעה בסלולרי (0.08 W/Kg) גורמת לבליעה

של 300 W sec/Kg וזהו ערך של למעלה מפי 20 מעל

המותר.

מבט כללי על תוצאות מחקר

✓ שיתוף פעולה עם פרופ' אהובה דברת – ביה"ס לרפואה
המטרה: לבחון השפעת קרינה לא מיינת על עדשת העין ללא
העלאת של הטמפרטורה.

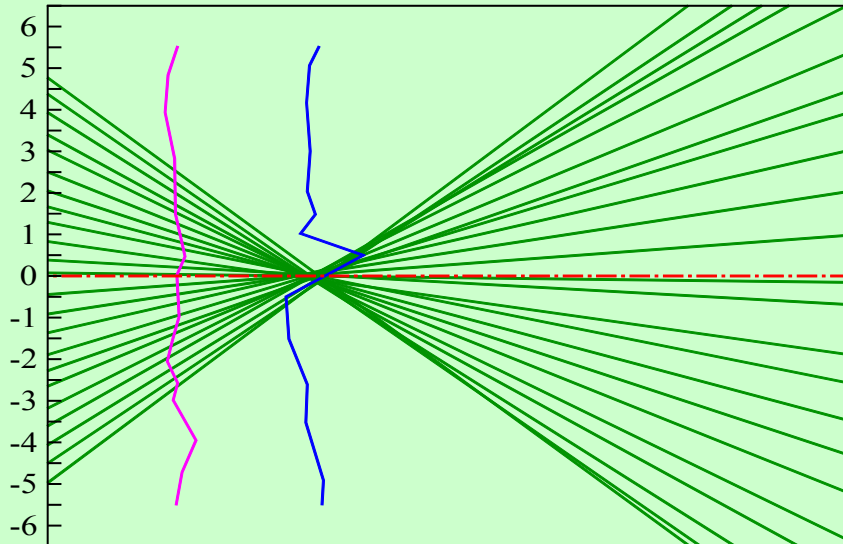


✓ מערכת ניסויית מבוקרת מחשב חושפת
עדשה לקרינה 2.2mW, 1GHz,
50min+10min, 24hours, 15days

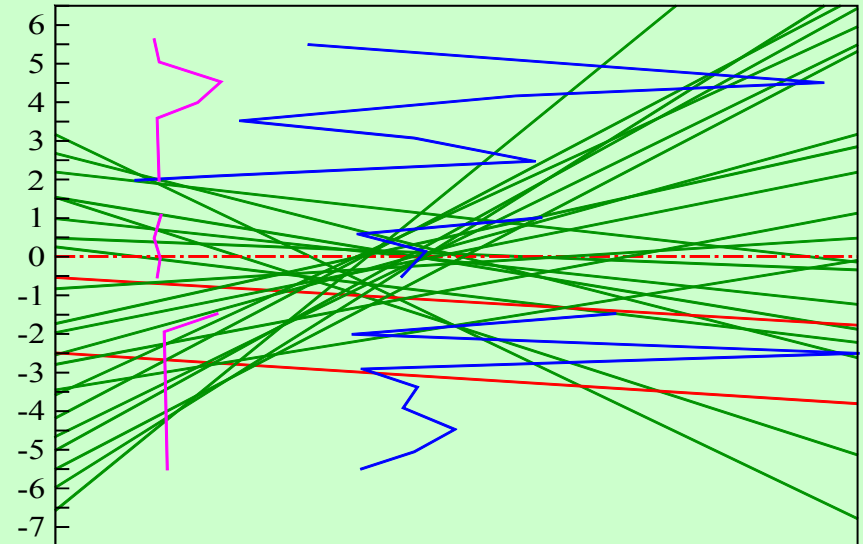
מבט חלול על תוצאות מחקר

✓ בדיקה אופטית של יכולת העדשה למקד את קרני האור

Control

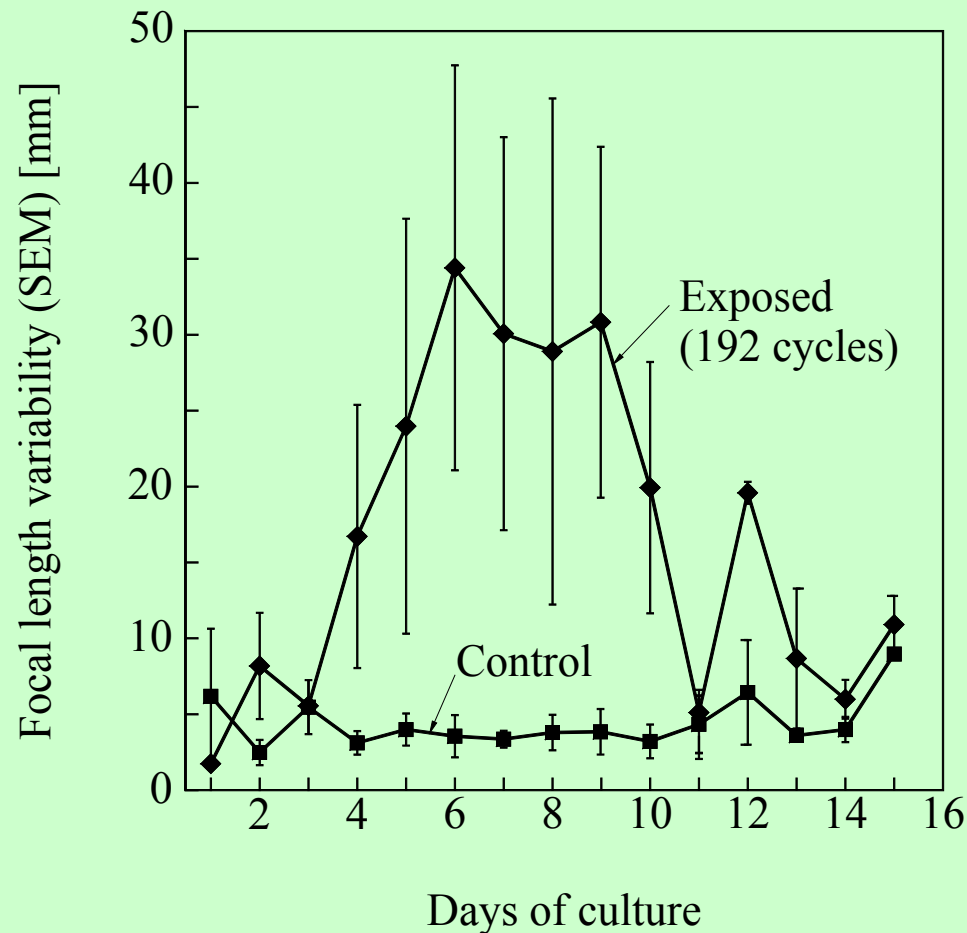


Exposed

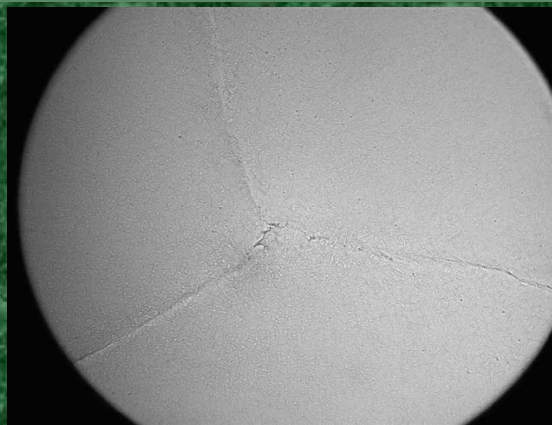
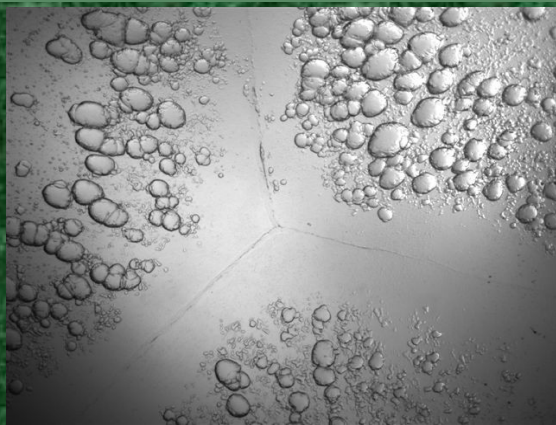


מבט חלוף על תוצאות מחקר

✓ בדיקה אופטית של יכולת העדשה למקד את קרני האור



סדרת תצפיות – תהליך קריסטליזציה



- ✓ מנקודת מבט הנדסית סביר מאוד להניח שקיים אפקט אך מאפייניו, נכון לעכשיו, לא ידועים.
- ✓ היסטוריה קצרה של הסלולריים אינה מאפשרת להעריך אפקטים ארוכי טווח.
- ✓ חשיפה סבילה (כמו בעישון) לא פחות מסוכנת – עדיין אין התייחסות אליה
- ✓ בכל הקשור למחקר
- יש לנטרל את ההשפעה של גופים בעלי עניין, מתוך גופים הממנים מחקרים בנושא
- אפקטים משמעותיים, אם קיימים, סביר להניח שיימצאו קרוב לתהודה ובצרוף של אפקטים קבוצתיים.
- ✓ למשתמש הבודד מומלץ לנקוט בגישה של הימנעות זהירה
- ✓ לציבור יש להעלות את המודעות לחשיפה סבילה.