

ניסוי מס' 12 יישומי מכ"ם

סריא 3
20165 8852

שאלות הכנה

- יש להסביר בקצרה את אפקט דופלר, ולפתח נוסחה המקשרת בין תדר דופלר למהירות המטרה עבור משדר נייח ומטרה נעה במהירות v .
- מערך הניסוי של מכ"ם דופלר מוצג באיור מס' 12.1. הסברי כיצד הוא פועל (ובפרט את השימוש שנעשה במקרה זה בחוסר האידיאליות של המחווג).
- מהו שטח חתך מכ"ם (שח"ם) ?
- מצאי נוסחאות לשח"ם של כדור, גליל, ומחזיר פינתי (corner reflector), בתלות בממדיהם.
- תארי מבנה והסבר עקרון הפעולה של מכ"ם Linear-FM.
- הצגי נוסחה למציאת המרחק עבור מכ"ם פולסים.
- פתחי נוסחה למציאת המרחק במכ"ם Linear-FM כתלות בתדר ההפרש f_{IF} , המתקבל מהפרש התדרים בין האות המשודר לאות המוחזר.
- עבור רוחב סרט $B = 4\text{GHz}$, תדר אפנון $f_m = 100\text{Hz}$ ומרחק אופייני של $d = 20\text{cm}$, מהו תדר ההפרש f_{IF} המתקבל ?
- הסברי כיצד מתאפשר גילוי FM באמצעות מד תדר מהודי ודיודה. התייחסי לאופיין מתח-תדר של מד התדר המהודי שמדדת בניסוי קודם.

⊕ אפקט דופלר הוא אפקט המתייחס לשינוי בתדירות של גלי קול (ובקטגוריה של גלי רדיו) כאשר מקור הגל או הקולט נעים ביחס זה לזה.

$$E^+ = E_0 \exp(j\omega t - jkz) \quad \text{גל פוגע באלו}$$

$$E^- = E_0 \exp(j\omega t + jkz) \quad \text{גל מוחזר}$$

עבור גל נע במהירות v ממוצע z_0 וזווית כניסה (זג) θ

$$z = z_0 + vt$$

$$\begin{aligned} \varphi &= \omega t + kz = \omega t + k(z_0 + vt) \\ &= \omega \left(1 + \frac{v}{c}\right) t + kz_0 \end{aligned}$$

$$\Delta\omega = \omega - \omega\left(1 + \frac{v}{c}\right) =$$

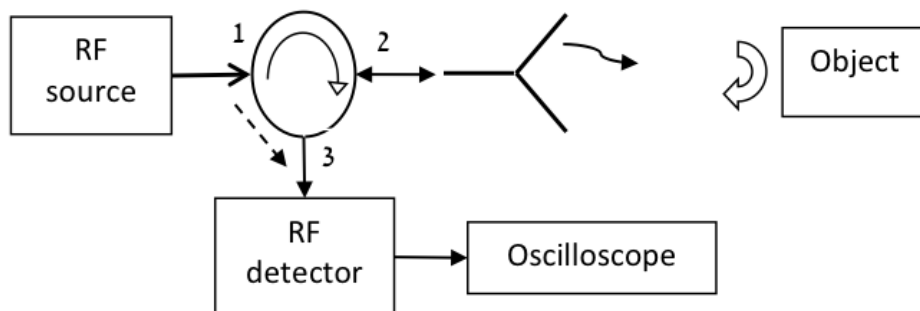
$$= \omega \frac{v}{c}$$

$$\Delta f = \frac{\Delta\omega}{2\pi} = \frac{v}{2\pi c} f$$

$$f_d = f + \Delta f =$$

$$= \left(1 + \frac{v}{2\pi c}\right) f$$

4 מרחק מה מקור הישיר



איור מס' 12.1: מערך ניסוי מכ"ם דופלר.

RF source - מקור גל
מחולק - מקבל גל או שני גלים

מקבל - מקבל גל הגולש וקולט גל מחולק

מחולק - מקבל גל

מקבל - מקבל גל מחולק, מקבל גל מחולק
מקבל גל, מקבל גל מחולק עם מקור

מקבל גל - מקבל גל מחולק, מקבל גל מחולק

מקבל גל - מקבל גל מחולק, מקבל גל מחולק

נותן למחשבים מידע לנתן ישיבה הפעם וסביב כדף
 כחש $\Delta t \approx \frac{1}{2\pi c}$, $\Delta t \approx \frac{1}{2\pi c}$ כחש
 חושבים קול בזהר בגלגול חשב.

$$\frac{\Delta t}{4} = \frac{1}{2\pi c}$$

$$\rightarrow 2\pi c \frac{\Delta t}{4} = 1$$

(3) שכל חלק מזה הוא שכל חלק וחלק שכל חלק
 יום יום צפונה כחש ל שכל חלק וחלק שכל חלק
 כחש חלק וחלק שכל חלק וחלק שכל חלק
 חלק וחלק שכל חלק וחלק שכל חלק

$$G = 4\pi \frac{S_t}{S_r} R^2$$

\downarrow
 חלק וחלק
 חלק וחלק

$$S_r = \frac{G S_t}{4\pi R^2}$$

חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק
 חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק
 חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק

(4) חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק
 חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק
 חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק

$$\frac{\pi R^2}{4\pi} \lambda^2$$

$$G = \pi R^2 \lambda^2$$

חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק חלק וחלק

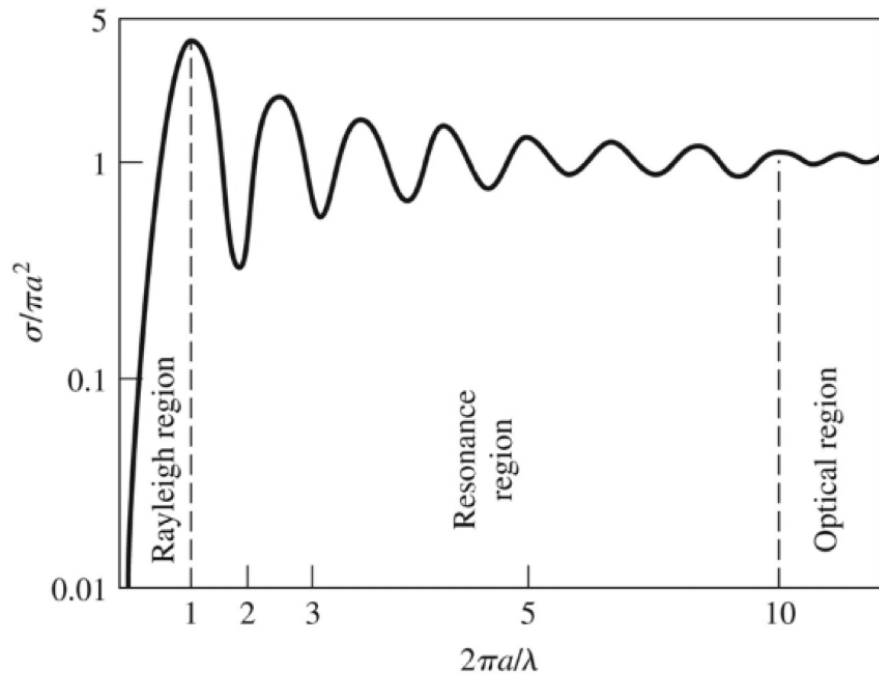


Figure 3.11 Monostatic radar cross section of a conducting sphere.

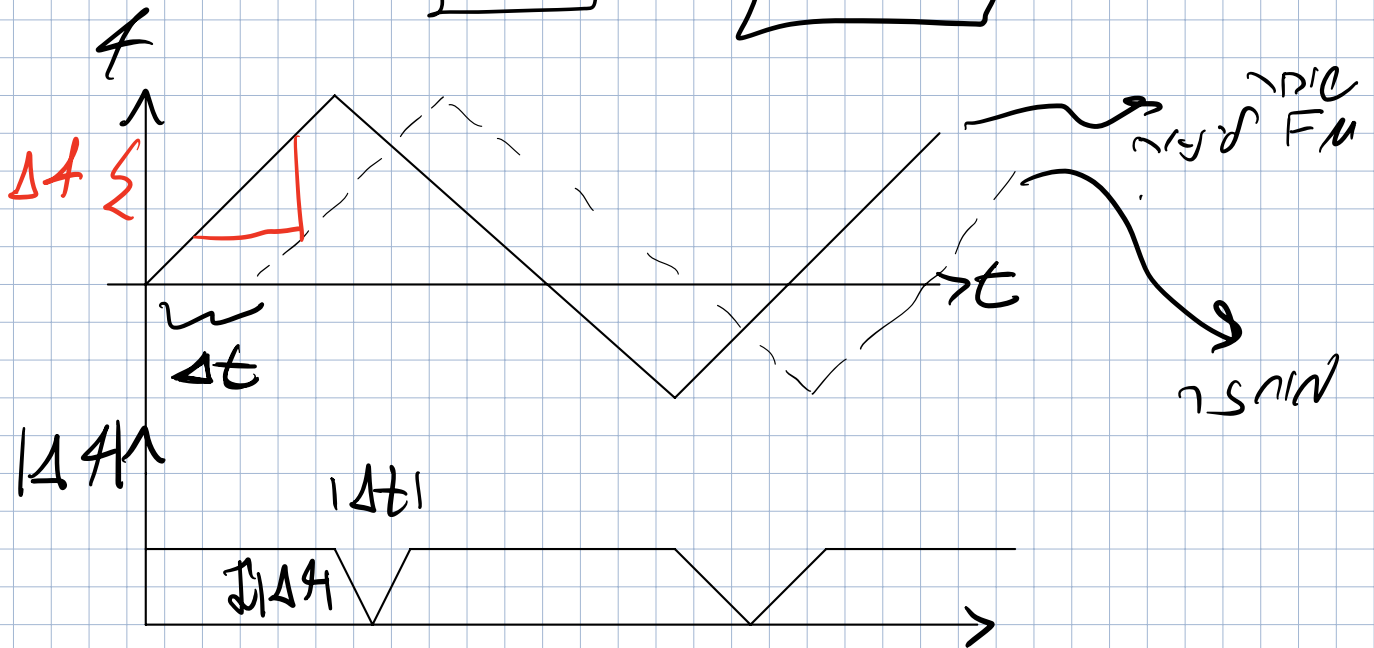
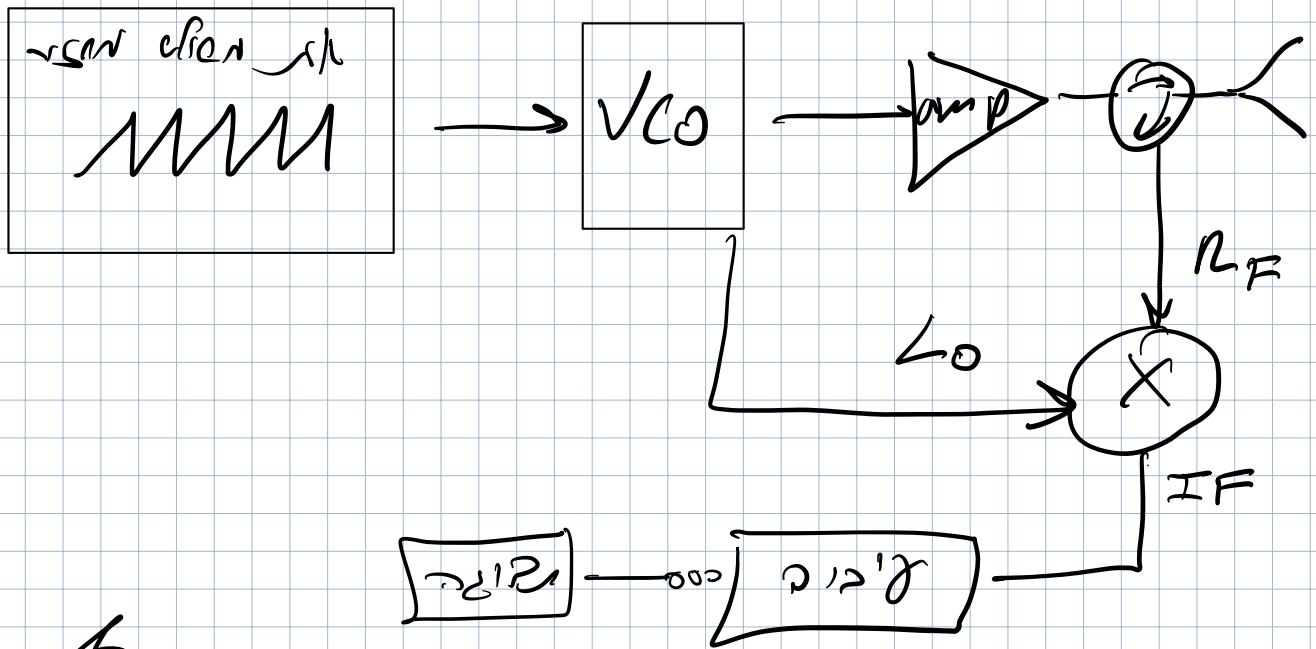
הסדר $\int_0^\pi \sin \theta d\theta$ הוא זהה לזה של $2\pi r d\theta$ שבו r הוא רדיוס הכדור.
 נניח שיש לנו כדור מוליך עם רדיוס a ונניח שיש לנו קרינה E_0
 המגיעה אליו. אז הפוטנציאל V של הכדור הוא $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a}$
 שבו Q הוא המטען הכולל על הכדור.

הפוטנציאל V של הכדור הוא $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a}$
 שבו Q הוא המטען הכולל על הכדור.

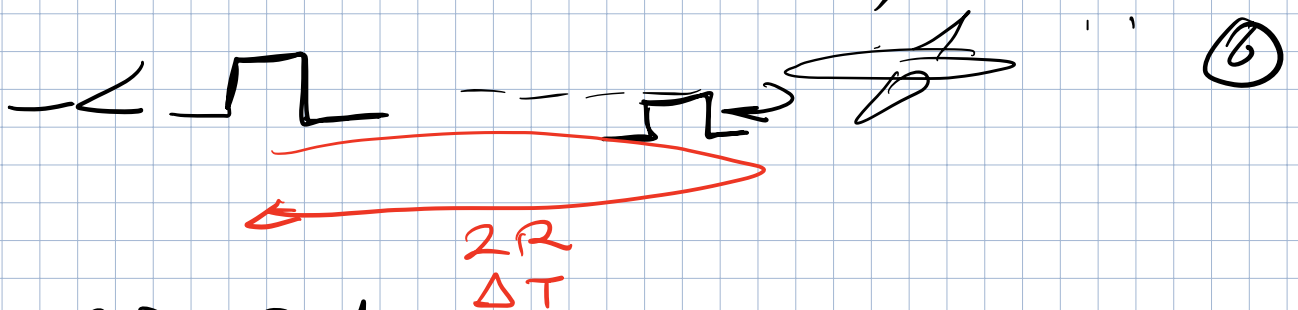
אם $\epsilon = 0$ אז $\frac{\epsilon}{\epsilon_0} = 1$
 אז $\epsilon = 1$
 אז $\epsilon = 1$

$$\sigma = 4\pi a^2$$

Linear FM ⑤



מחזוריות, Δf , Δt , $f(t)$ הם פרמטרים המגדלים את הצורה של $f(t)$ ואת Δt ו- Δf הם הפרמטרים המגדלים את הצורה של $A(t)$



$$2R = C \cdot \Delta T$$

$$R = \frac{C \cdot \Delta T}{2}$$

7

$$\frac{\Delta f}{\Delta t} = \frac{810^6}{1} = m$$

$$\Delta f = \Delta t \cdot m = \frac{2R}{C} m$$

$$\frac{\Delta f C}{2m} = R$$

$f_0 \rightarrow m=1$ כ"כ

$$\rightarrow R = \frac{\Delta f C}{2}$$

מכאן נובע
כאשר Δf קטן
הוא Δf גדול

מכאן נובע 8

$$m = \frac{2 \cdot B}{f_m} = 80 \times 10^6$$

$$f_{IF} = 100 \cdot 80 \times 10^6 = 8 \text{ GHz}$$

$\sqrt{V_s f}$ ז"ל 9

