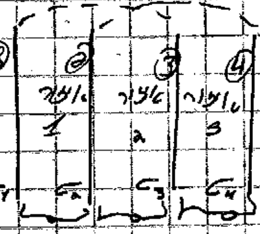
תרגיל 7:

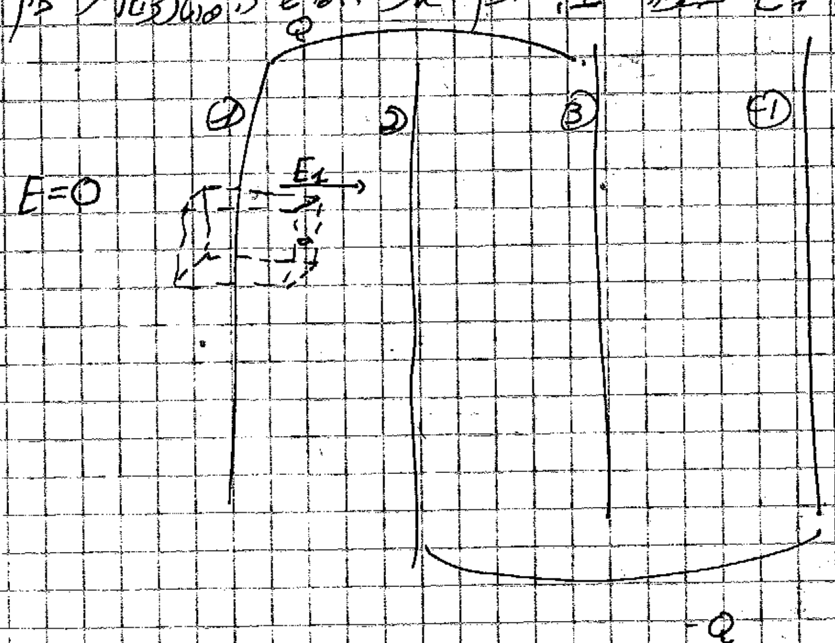
נתונה מערכת עם ארבעה לוחות מוליכים ששטח כל לוח הוא A והמרחק בין כל לוח ולוח הוא s, כמתואר בציור.



מחברים את הלוח הראשון והשלישי בחוט מוליך וכן את הלוח השני והרביעי. הציבו את ציר ה-x החיובי לצד ימין, נסמן σ_i לכל לוח.

המטרה: מציאת כל השדות והאנרגיה האצורה בקבל

א. באמצעות מעטפת גאוסית אשר צדה האחד נמצא משמאל למערכת וצידה הימני באיזור 1 מצאו את השדה החשמלי במונחי σ_1 באיזור 1, וכן את הפרש הפוטנציאלים בין לוח 1 ללוח 2.



$$\oiint \vec{E}\cdot d\vec{s} = \frac{Q_{in}}{\varepsilon_0}$$

$$E_1 \cdot a = \frac{\sigma_1 \cdot a}{\varepsilon_0}$$

$$\vec{E_1} = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_0}\hat{x}$$

$$\Delta V_{21} = -\int_1^2 \frac{\sigma_1}{\varepsilon_0}dx = -\frac{\sigma_1 s}{\varepsilon_0}$$

ב. במונחי σ_1, מהו הפרש הפוטנציאלים בין לוח 2 ללוח 3? מהו השדה החשמלי באיזור 2?

כי יש פוטנציאל זהה בכל חוט

$$\Delta V_{3,2} = -\Delta V_{21} = \frac{\sigma_1 s}{\varepsilon_0} = -\int_2^3 E_2 dx = -E_2 \cdot s$$

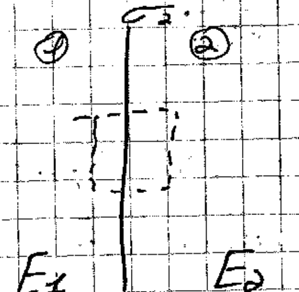
$$\vec{E_2} = \frac{-\sigma_1}{\varepsilon_0}\hat{x}$$

ל. כנ"ל מצאנו את $\Delta V_{4,3}$ ו- E_3

$$\Delta V_{4,3} = -\Delta V_{3,2} = -\frac{\sigma_1 S}{\varepsilon_0} = -\int_3^4 E_3\,dx = -E_3 S$$

$$\vec{E_3} = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_0}\hat{x}$$

3. באמצעות משפט גאוסית ~~[illegible]~~ אשר ציפה האחת נמצאת באזור 1 וציפה הימני נמצא באזור 2, ומצאנו קשר בין σ_1 ל- σ_2



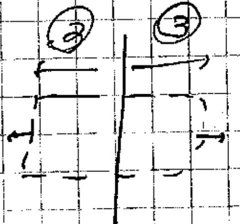
$$\oiint \vec{E}\cdot\vec{ds} = \frac{Q_{in}}{\varepsilon_0}$$

$$-E_1\cdot \cancel{A} - E_2\cancel{A} = \frac{\sigma_2 \cancel{A}}{\varepsilon_0}$$

$$-E_1 - E_2 = \frac{\sigma_2}{\varepsilon_0}$$

$$-\frac{\sigma_1}{\varepsilon_0} - \frac{\sigma_1}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma_2}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{\sigma_2 = -2\sigma_1}$$



ה. באופן דומה מצאנו הקשר בין σ_2 ל- σ_3

$$\oiint \vec{E}\cdot\vec{ds} = \frac{Q_{in}}{\varepsilon_0}$$

$$E_2 a + E_3 a = \frac{\sigma_3 a}{\varepsilon_0}$$

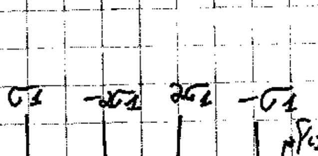
$$\frac{\sigma_1}{\varepsilon_0} + \frac{\sigma_1}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma_3}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{2\sigma_1 = \sigma_3}$$

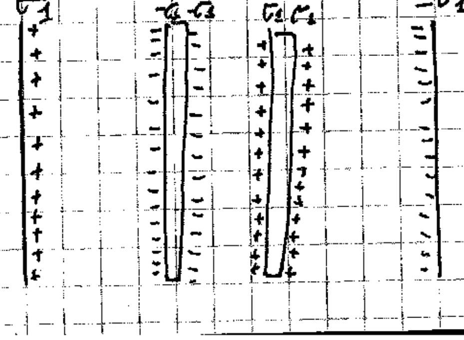
$$\overbrace{\sigma_1 A + \sigma_3 A}^{Q} = -\overbrace{(\sigma_2 A + \sigma_4 A)}^{-Q}$$

$$\sigma_1 + 2\sigma_2 = 2\sigma_1 - \sigma_4$$

$$\boxed{-\sigma_1 = \sigma_4}$$



ככה הפלוגים שווים אבל בסימן שהמטענים שווים.



ו. כעת חשבו את הקיבול המערכת

קיבול $\boxed{C=\frac{Q}{|\Delta V|}}$

$$Q=\sigma_1 A+2\sigma_1 A=3\sigma_1 A$$

$$|\Delta V_{21}|=\frac{\sigma_1 s}{\varepsilon_0}$$

$$C=\frac{3\sigma_1 A}{\frac{\sigma_1 s}{\varepsilon_0}}=\frac{3A\varepsilon_0}{s}$$

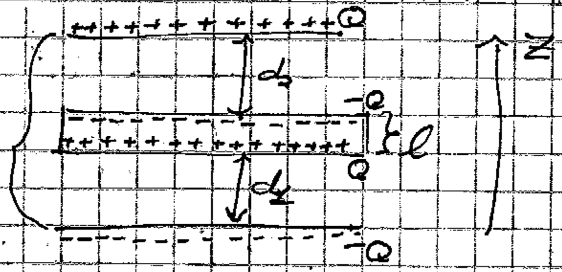
ט. מה האנרגיה האגורה בקבל

$\boxed{U=\frac{Q^2}{2C}}$

אנרגיה האגורה בקבל

$$U=\frac{Q^2}{2\cdot\frac{3A\varepsilon_0}{s}}=\frac{Q^2 s}{6A\varepsilon_0}$$

שאלה: נתון קבל לוחות בעל שטח לוחות A ומרווח D ביניהם. מכניסים לתוך הקבל C בלוח מתכתי עבה, לא מוארק ולא טעון.



א. חשבו את הקיבול בין שני הלוחות. $E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ לוח

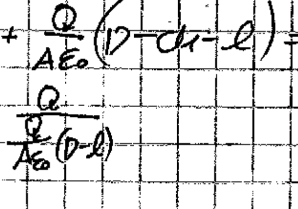
$$\vec{E}=\begin{cases}-\frac{Q}{A\varepsilon_0}\hat{z} & 0<z<d_1\\ 0 & d_1<z<d_1+l\\ -\frac{Q}{A\varepsilon_0}\hat{z} & d_1+l<z<D\end{cases}$$

$$\Delta V=-\int_{1}^{2}\vec{E}\,\vec{dl}=-\int_0^{d_1}\frac{-Q}{A\varepsilon_0}dz-\cancel{\int_{d_1}^{d_1+l}0}-\int_{d_1+l}^{D}\frac{-Q}{A\varepsilon_0}dz$$

$$=\frac{Q}{A\varepsilon_0}d_1+\frac{Q}{A\varepsilon_0}(D-d_1-l)=\frac{Q}{A\varepsilon_0}(D-l)$$

$$C=\frac{Q}{|\Delta V|}=\frac{Q}{\frac{Q}{A\varepsilon_0}(D-l)}$$

מתקבל מה כמו חיבור קבלים בטור



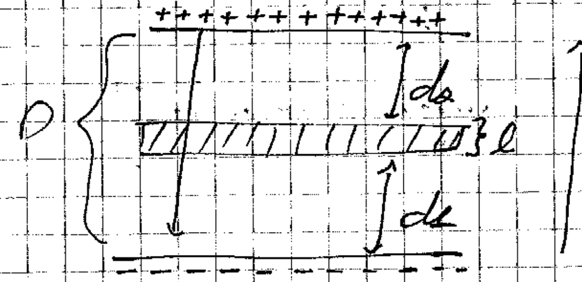
$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$$

$$C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$$

$$C_1=\frac{A\varepsilon_0}{d_2}\quad C_2=\frac{A\varepsilon_0}{d_1}$$

$$C=\frac{A\varepsilon_0}{d_1+d_2}=\frac{A\varepsilon_0}{(D-l)}$$

ב. חשבו את הקיבול עבור קבל שכבה מחומר דיאלקטרי עם קבוע
ε_r במרווח הלוחות המקבילים



עבור חומר דיאלקטרי: $\vec{E}=\frac{\vec{E_0}}{\varepsilon_r}$

$1\le\varepsilon_r\le\infty$

$\varepsilon_r=\infty$ מוליך

$\varepsilon_r=1$ ריק (ואקום) אויר.

$$E=\begin{cases}-\frac{Q}{A\varepsilon_0}\hat{z} & 0<z<d_1\\ -\frac{Q}{A\varepsilon_0\varepsilon_r}\hat{z} & d_1<z<d_1+l\\ -\frac{Q}{A\varepsilon_0}\hat{z} & d_1+l<z<D\end{cases}$$

$$\Delta V=-\int_0^{d_1}-\frac{Q}{A\varepsilon_0}dz-\int_{d_1}^{d_1+l}\frac{-Q}{A\varepsilon_0\varepsilon_r}dz-\int_{d_1+l}^{D}\frac{-Q}{A\varepsilon_0}dz$$

$$=\frac{Q}{A\varepsilon_0}d_1+\frac{Q}{A\varepsilon_0\varepsilon_r}(d_1+l-d_1)+\frac{Q}{A\varepsilon_0}(D-d_1-l)$$

$$=\frac{Q}{A\varepsilon_0}\left(d_1+\frac{l}{\varepsilon_r}+D-d_1-l\right)$$

$$\Delta V=\frac{Q}{A\varepsilon_0}\left(D-l+\frac{l}{\varepsilon_r}\right)$$

$$C=\frac{Q}{|\Delta V|}=\frac{Q}{\frac{Q}{A\varepsilon_0}\left(D-l+\frac{l}{\varepsilon_r}\right)}=\frac{A\varepsilon_0}{\left(D-l+\frac{l}{\varepsilon_r}\right)}$$

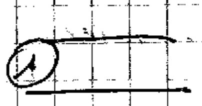
הרצאה 3

$\vec{J}$ - וקטור צפיפות הזרם

$I=\int\vec{J}\cdot\vec{da}$

$\vec{J}=n\cdot q\cdot\vec{v}$

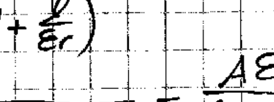
n — צפיפות המטענים



$[n]=\frac{1}{m^3}$

התנגדות סגולית

$$\frac{\Delta\varphi}{I}=R=\frac{\rho\cdot L}{A}$$ ← חוק אוהם של המקרו — <u>חוק אוהם:</u>



$\vec{J}=\sigma\cdot\vec{E}$ $\quad\sigma=\frac{1}{\rho}$ ← חוק אוהם של המיקרוסקופ