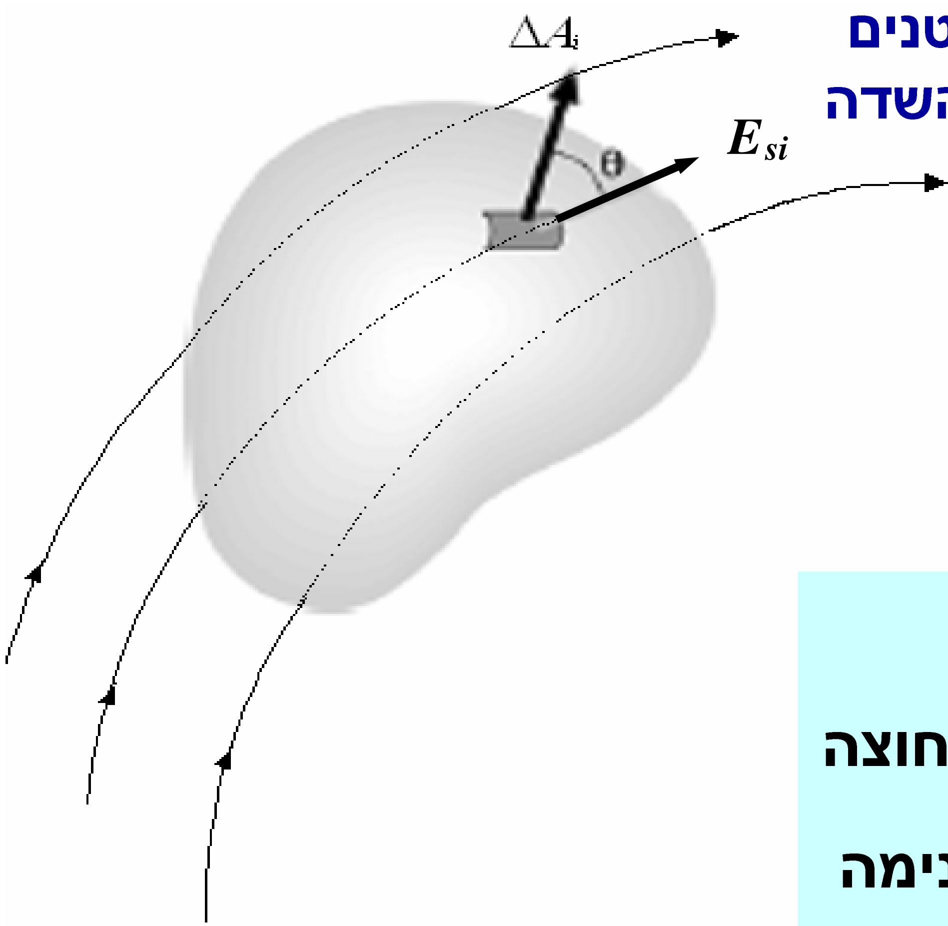
<u>עונות השנה:</u> מהו ההבדל בין קיץ לחורף?

- זה לא קשור למרחק מהשמש.
- זה קשור לזווית שבה קרני השמש פוגעות בנו. כמה שהקרניים קרובות יותר לניצב לשטח, כך השטף ליחידת שטח גדול יותר, ומזג האוויר חם יותר.

- בקיץ הזווית הממוצעת של קרני השמש קרובה יותר לניצב מאשר בחורף.
- כמו-כן, בקיץ היום ארוך יותר מהלילה, אז השמש מחממת יותר שעות ביממה.

המקרה הכללי ביותר

כאשר כיווני השדה ופני השטח אינם קבועים,
מחלקים את פני השטח לשטחים קטנים
ΔA_i כאשר $i=1,2,...$, שעל כל אחד השדה
הוא אחיד בקירוב והשטף הוא
$\Delta\Phi_i$. אז השטף הכולל:



$$\Delta\Phi_i = E_{si}\Delta A_i \cos\theta$$

$$\Phi_E = \sum_i \Delta\Phi_i$$

עבור משטח סגור:

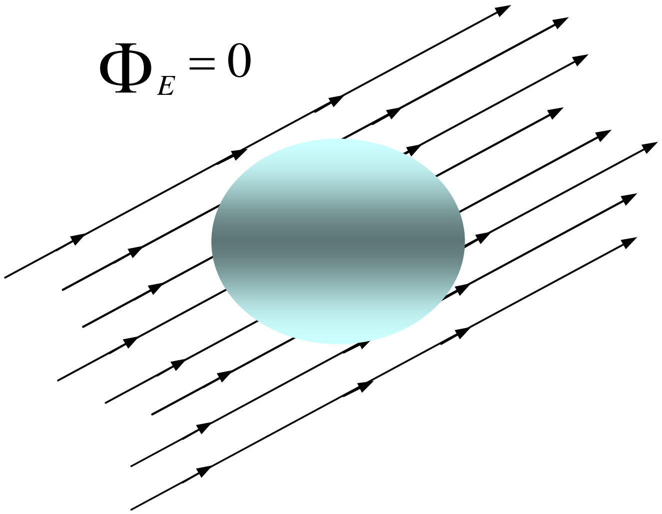
$\Delta\Phi_i > 0$ אם השדה מצביע החוצה

$\Delta\Phi_i < 0$ אם השדה מצביע פנימה

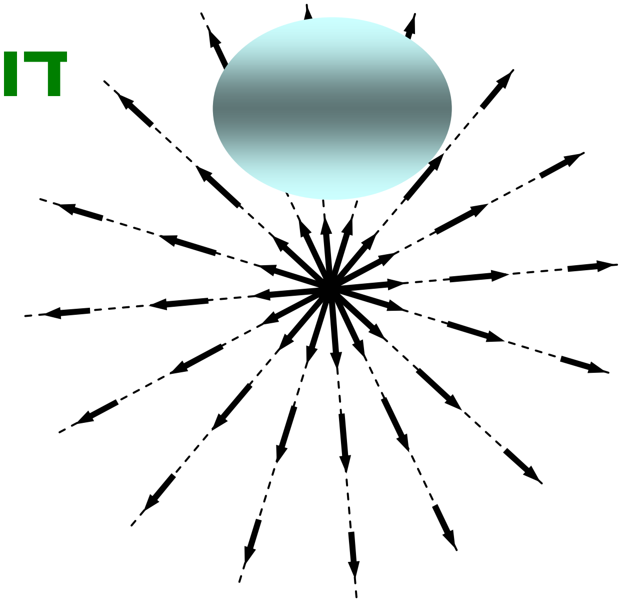
השטף מבטה סה"כ זרימה (מספר של קווי שדה, או באנלוגיה, זרימה של מים) כלפי חוץ (אחרי שמחסירים זרימה כלפי פנים).

דוגמאות: מהו השטף?

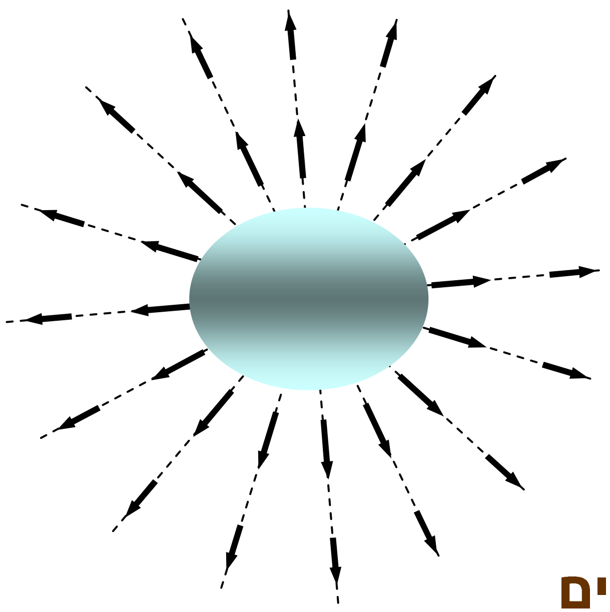
$\Phi_E = 0$



$\Phi_E = 0$



$\Phi_E \neq 0$



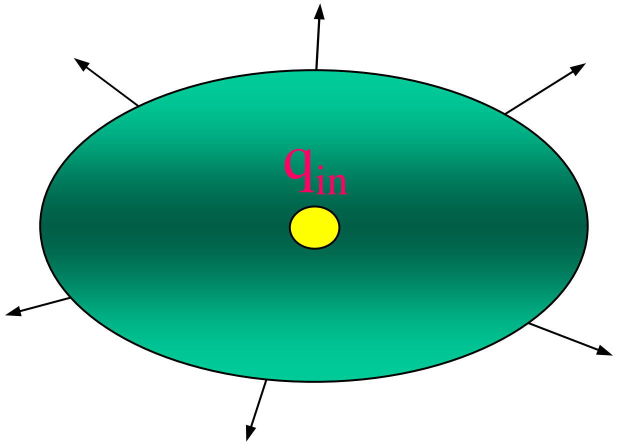
כאשר כל קו שדה שנכנס לגוף גם יוצא ממנו (באזור אחר על פני השטח), סה"כ השטף הוא אפס.

במקרה משמאל, קווי שדה רק יוצאים מהגוף (ואף קו לא נכנס), אז סה"כ השטף הוא חיובי. לכן חייב להיות מטען חיובי בפנים, שממנו נובעים קווי השדה.

באנלוגיה של מים: אם מים רק יוצאים מנפח, אז חייב להיות מקור מים בתוכו. אם מים רק נכנסים, אז חייבת להיות משאבה בפנים, כי מים רק זורמים, ולא יכולים להיעלם או להיווצר אלא בעזרת משאבה או צינור חיצוני.

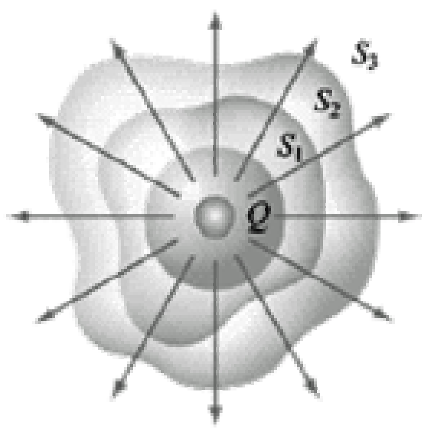
חוק גאוס

חוק גאוס קושר בין השטף החשמלי דרך משטח סגור וסה"כ המטען החשמלי הכלוא בתוכו



$$\Phi_E = 4\pi k q_{in}$$

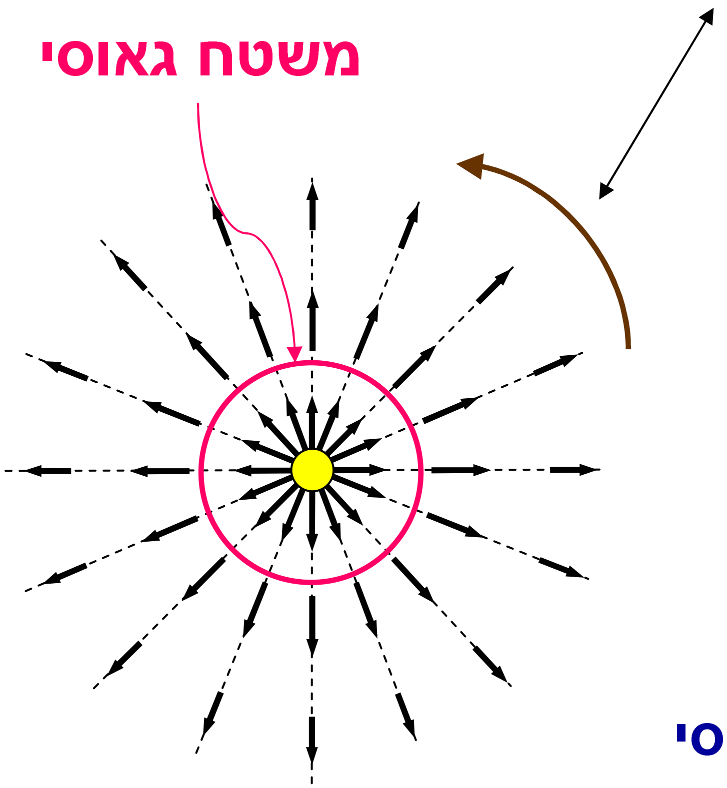
q_{in} - סה"כ המטען הכלוא



<u>שימו לב:</u> חוק גאוס הוא נכון עבור כל משטח סגור שבוחרים. בחוק, אין תלות בצורת המשטח או בגודלו, אלא רק בשטף החשמלי דרך פני השטח. בציור משמאל, חוק גאוס אומר שהשטף דרך המשטחים S_1, S_2, ו- S_3 הוא זהה, מכיוון ששלושתם מכילים את אותו המטען Q.

דוגמא: השדה של מטען נקודתי q, לפי חוק גאוס

נתון מטען נקודתי אחד. זוהי דוגמא למערכת מטענים בעלת סימטריה כדורית. למשל, אם נסובב את המערכת בזווית מסוימת (או גם: אם נשים מראה) אז התפלגות המטענים לא תשתנה. במצב כזה, גם השדה החשמלי הוא בעל סימטריה כדורית, ז"א, כיוונו רדיאלי החוצה (אפשר גם להניח פנימה, ובכל מקרה חוק גאוס ייתן בסוף את הסימן הנכון), ועוצמת השדה תלויה רק ברדיוס r.

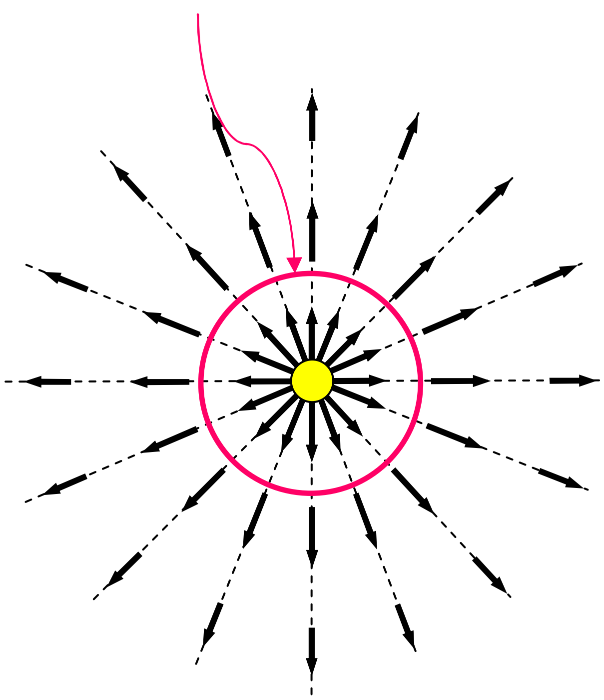


במשוואה:

$$\vec{E} = E(r)\hat{r}$$

עכשיו, מבחינת חוק גאוס, מותר לנו לבחור איזה משטח שרוצים. אנו בוחרים משטח גאוסי שיעשה לנו חיים קלים: במקרה זה, קליפה כדורית ברדיוס r.

קודם מוצאים את השטף שעובר בפני השטח. גודל השדה E תלוי רק ב-r, ולכן גודל השדה הוא שווה על כל הקליפה, אבל כיוונו משתנה. כיוון השדה הוא רדיאלי, ולכן הוא בדיוק ניצב לכל נקודה על פני השטח (וכלפי חוץ, ז"א השטף חיובי). אז אם נחלק את שטח הקליפה A להרבה שטחים קטנים, נקבל:



$$\Phi_E = \sum_i \triangle\Phi_i = \sum_i E \triangle A_i$$
$$= E\sum_i \triangle A_i = EA = E\,4\pi r^2$$

עכשיו: חוק גאוס

$$\Phi_E = 4\pi kq$$

$$\Downarrow$$

$$4\pi r^2 E = 4\pi kq$$

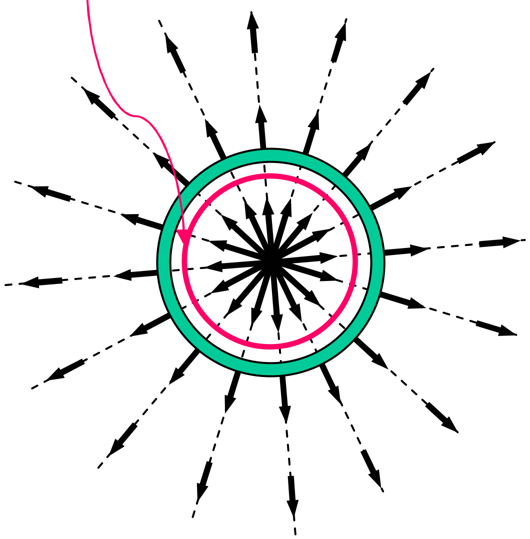
$$\Downarrow$$

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

כמו שציפינו...

השדה של קליפה כדורית טעונה

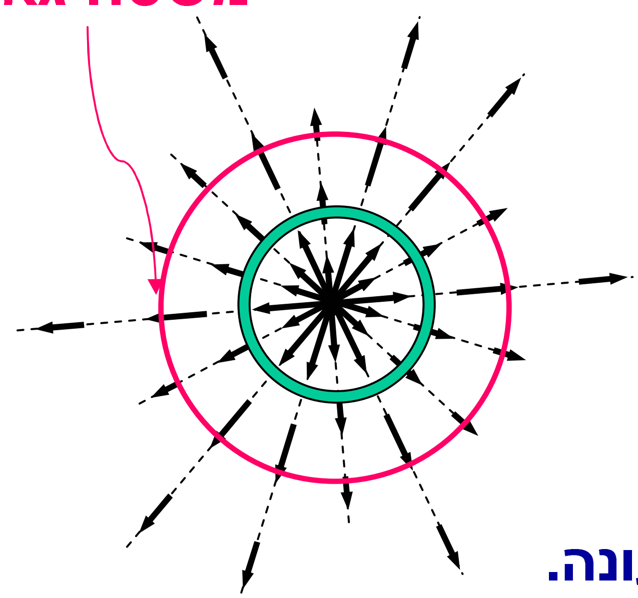
(הקליפה ברדיוס R, המטען הכולל q)



שוב, התפלגות המטענים הנתונה היא בעלת סימטריה כדורית. לכן, שוב השדה הוא רדיאלי וגודלו תלוי רק ב-r, ולכן אנו בוחרים קליפה כדורית ברדיוס r בתור המשטח הגאוסי. כמו קודם, השטף הוא:

$$\Phi_E = 4\pi r^2 E$$

עכשיו יש שני מקרים:



<u>בפנים</u> (r<R): המשטח מכיל מטען 0, ולכן: E=0

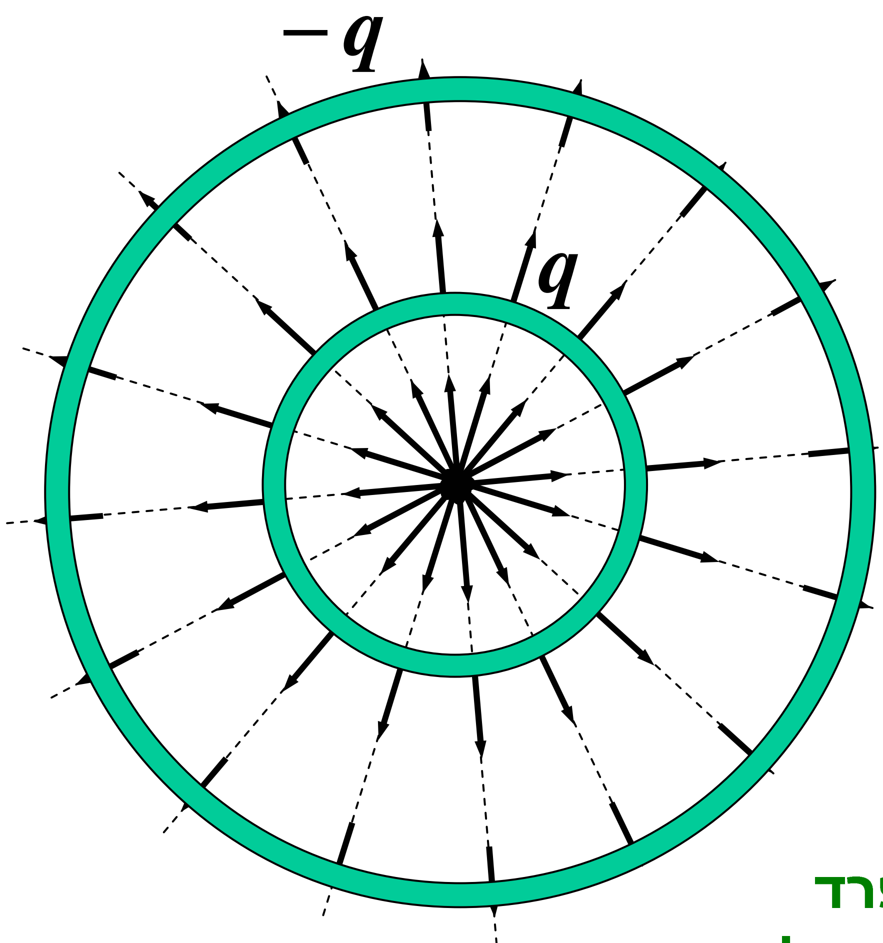
<u>בחוץ</u> (r>R): מכיל מטען q, אז השדה הוא כמו של מטען נקודתי q במרכז:

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

<u>שימו לב:</u> r הוא המרחק מהמרכז, לא מהקליפה הטעונה.

השדה של שתי קליפות כדוריות טעונות

(הקליפות ברדיוסים R_1 ו- R_2, המטען הכולל q ו -q)

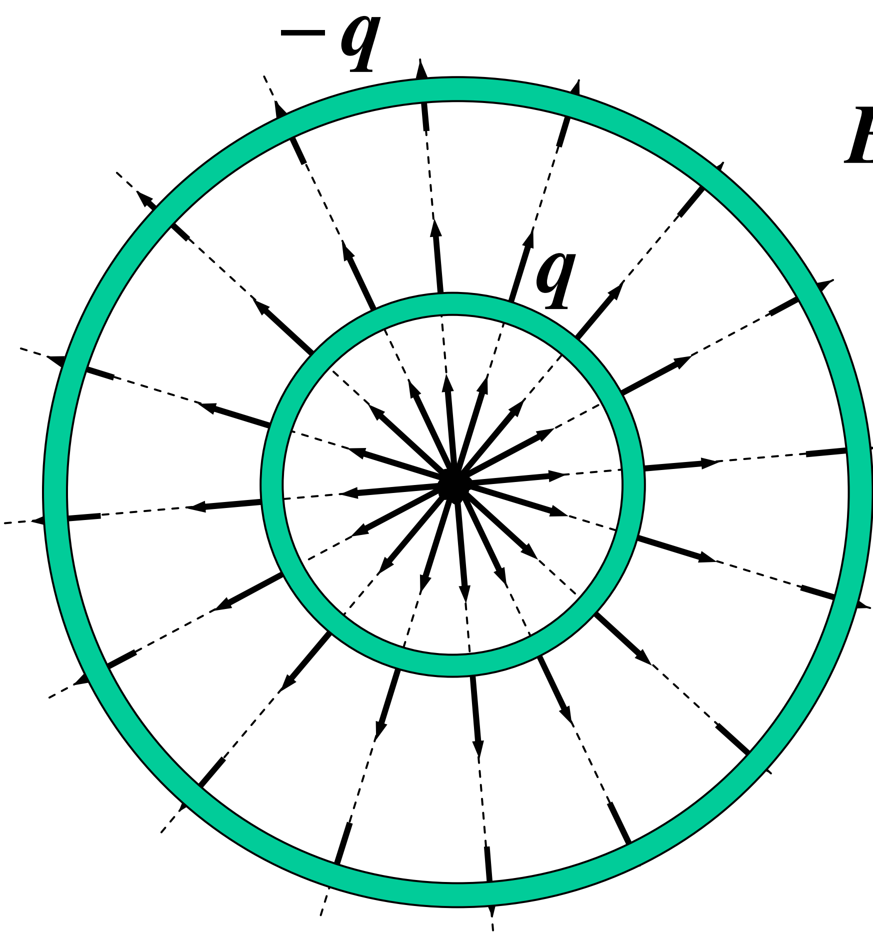


נפתור בשתי דרכים שונות:

1) עקרון הסופרפוזיציה: בשביל למצוא את השדה הכולל של התפלגות מטענים, אפשר לחלק את המטענים לקבוצות, למצוא בנפרד את השדה של כל קבוצה, ובסוף לחבר את כל השדות (בחיבור ווקטורי).

נמצא את השדה של כל קליפה בנפרד (לפי השקף הקודם). החיבור הווקטורי הוא פשוט, כי כל קליפה בנפרד מייצרת שדה רדיאלי, אז גם הסכום רדיאלי.

יש שלשה אזורים: **בפנים** $(r<R_1)$: $E=0+0=0$



בין הקליפות ($R_1<r<R_2$):

בגלל שהקליפה ב- R_2 תורמת 0.

$$E=\frac{kq}{r^2}$$

בחוץ ($r>R_2$):

$$E=\frac{kq}{r^2}-\frac{kq}{r^2}=0$$

2) ישירות מחוק גאוס.

בגלל הסימטריה הכדורית, שוב מקבלים:

$$\Phi_E=4\pi r^2E$$

והתשובה תמיד:

$$E=\frac{kq_{\mathrm{in}}}{r^2}$$

כאשר סה"כ המטען בתוך משטח גאוסי ברדיוס r הוא:

בפנים: $q_{\mathrm{in}}=0$

בין הקליפות: $q_{\mathrm{in}}=q$

בחוץ: $q_{\mathrm{in}}=q-q=0$