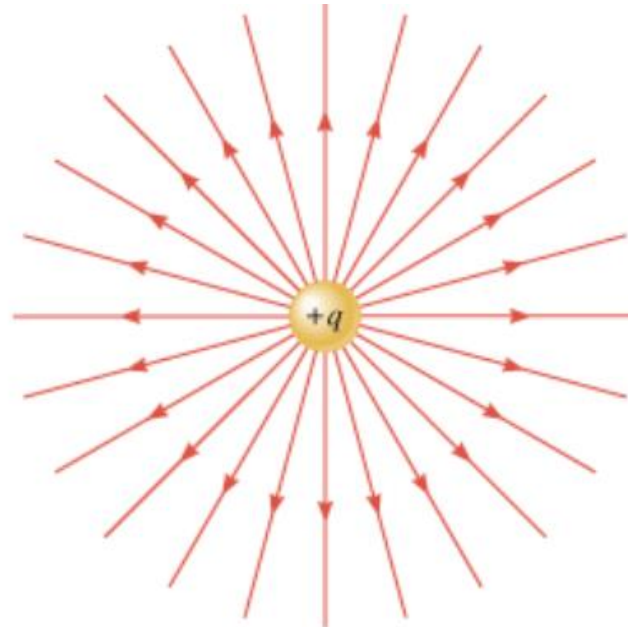


שטף חשמלי

אנחנו מאוד אוהבים לחשב שדה חשמלי 😊 לפעמים זה די פשוט...



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

מטען נקודתי

נושאים:

1. קשה לחשב שדה חשמלי
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

קשה לחשב שדה חשמלי

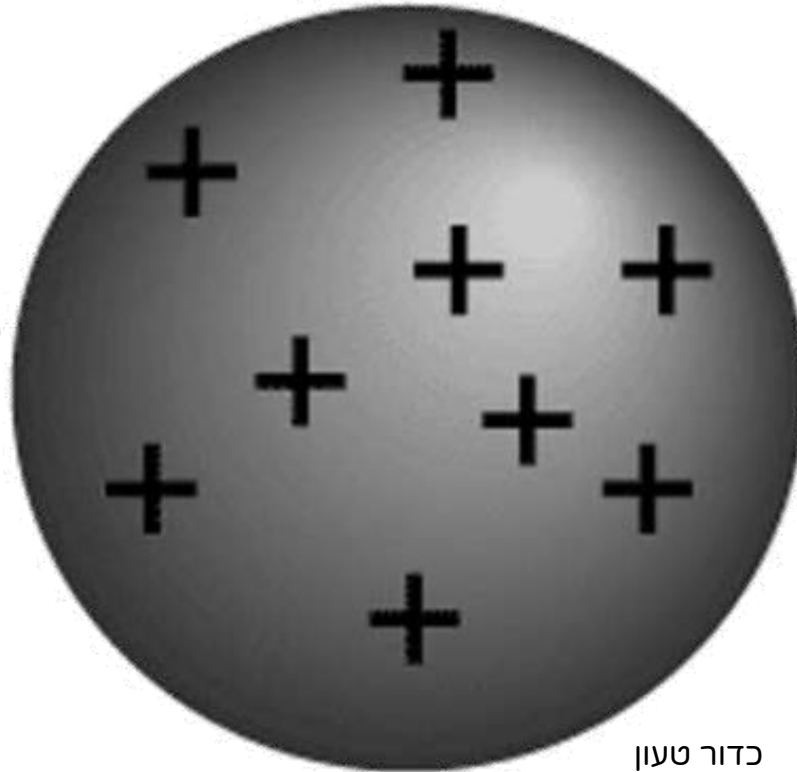
נושאים:

1. קשה לחשב שדה חשמלי
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

אנחנו מאוד אוהבים לחשב שדה חשמלי 😞 אך ברוב המקרים זה קשה.

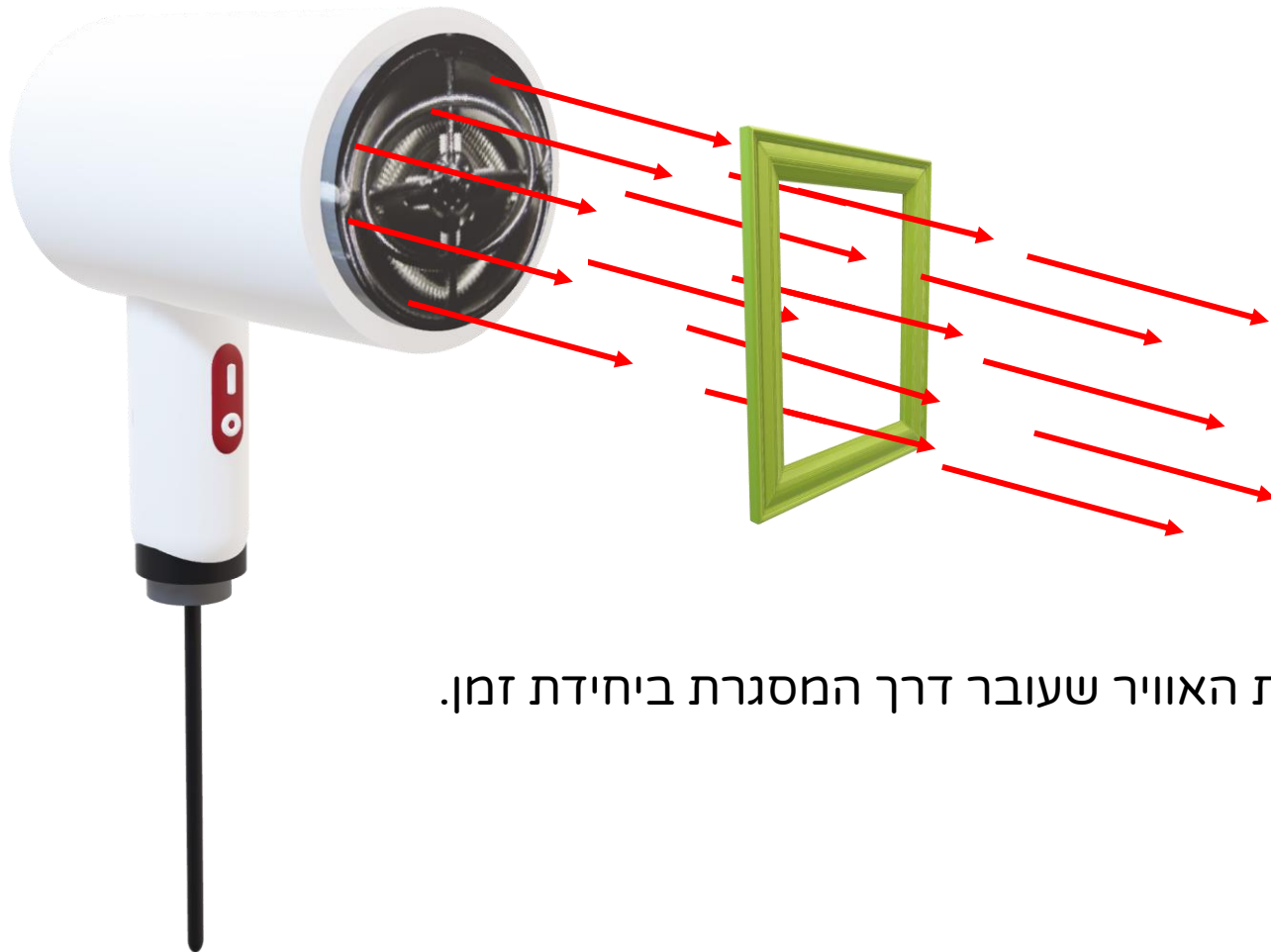


פעם הוכחתי
משפט
מתמטי שיכול
לעזור לכן.



כדור טעון

שטף של אוויר



שטף - מדד לכמות האוויר שעובר דרך המסגרת ביחידת זמן.

מייבש שיער

נושאים:

1. קשה לחשב שדה חשמלי
2. שטף של אוויר (חומר)
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של אוויר



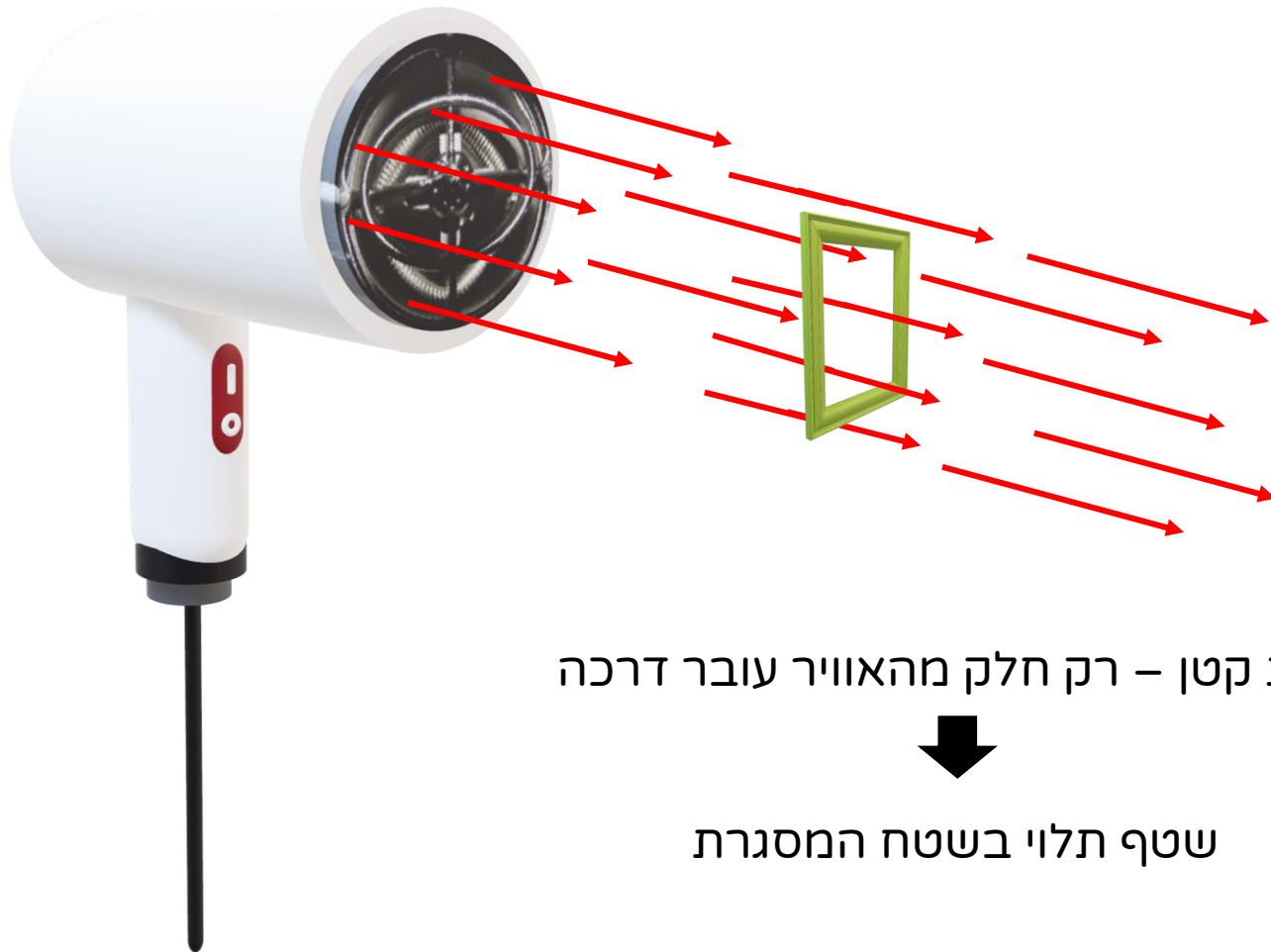
שטח המסגרת גדול – כל האוויר עובר דרכה

מייבש שיער

נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של אוויר



שטח מסגרת קטן – רק חלק מהאוויר עובר דרכה

שטף תלוי בשטח המסגרת

מייבש שיער

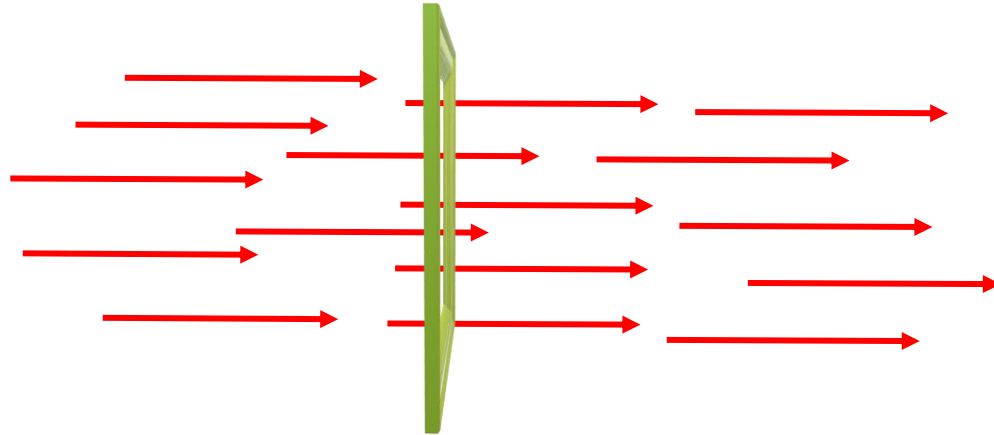
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של אוויר



מייבש שיער



כל האוויר עובר דרך המסגרת



שטף מקסימלי

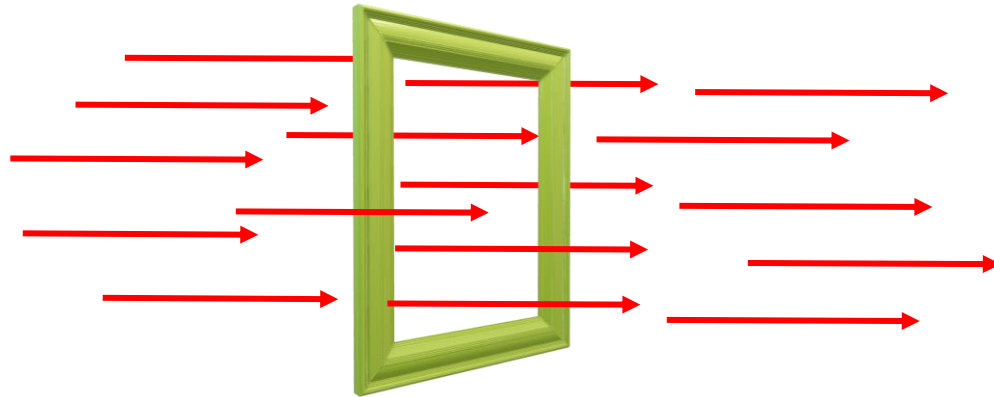
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של אוויר



מייבש שיער



חלק מהאוויר עובר דרך המסגרת

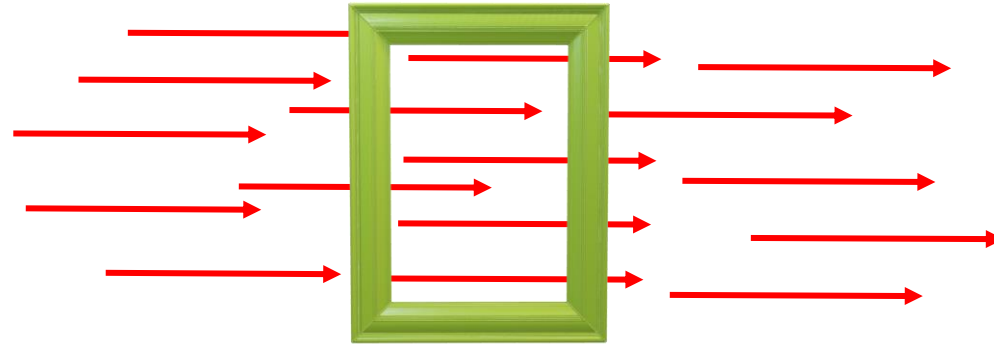
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של אוויר



מייבש שיער



האוויר בכלל לא עובר דרך המסגרת

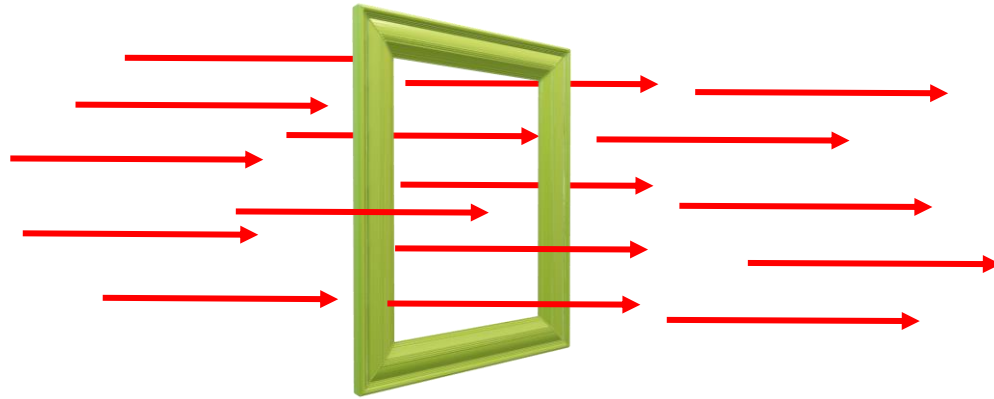


שטף שווה לאפס

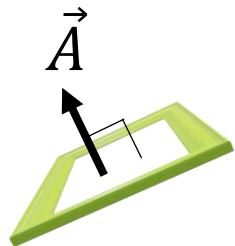
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של אוויר

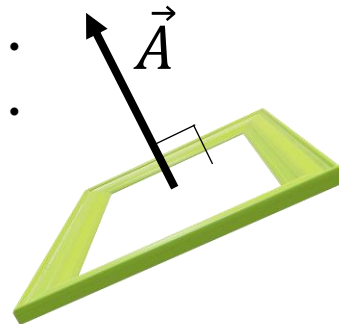


איך נציין את **כיוון** המסגרת ביחס לזרימה?
ניתן לשטח משמעות של ווקטור!



שטח קטן יותר – גודל של \vec{A} קטן יותר

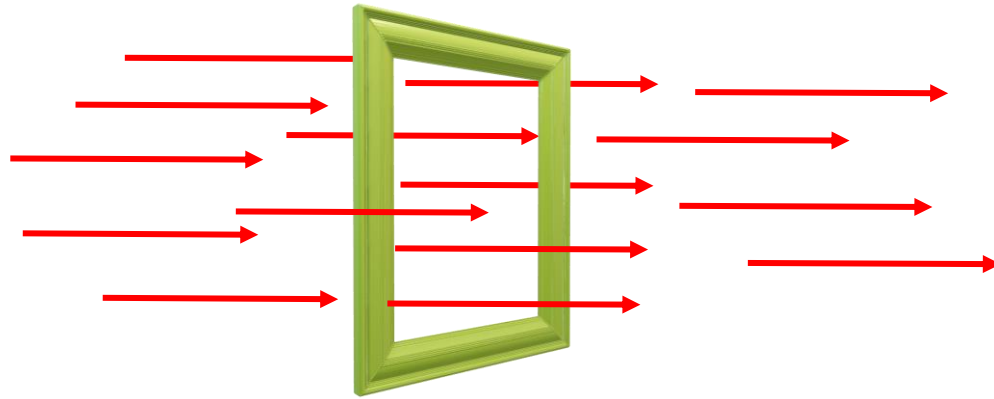
- כיוון \vec{A} ניצב למישור
- אורך של \vec{A} מצוין את גודל שטח המישור.



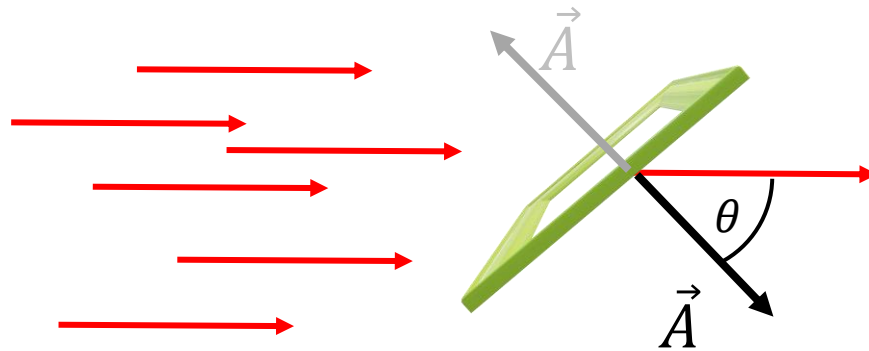
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של אוויר



נוכל למדוד זווית בין ניצב למישור לבין כיוון הזרימה:



הערה: יש שתי דרכים לשרטט ניצב למישור. נבחר אותו ככה שזווית θ תהיה חדה.

נושאים:

1. מבוא

2. מושג השטף

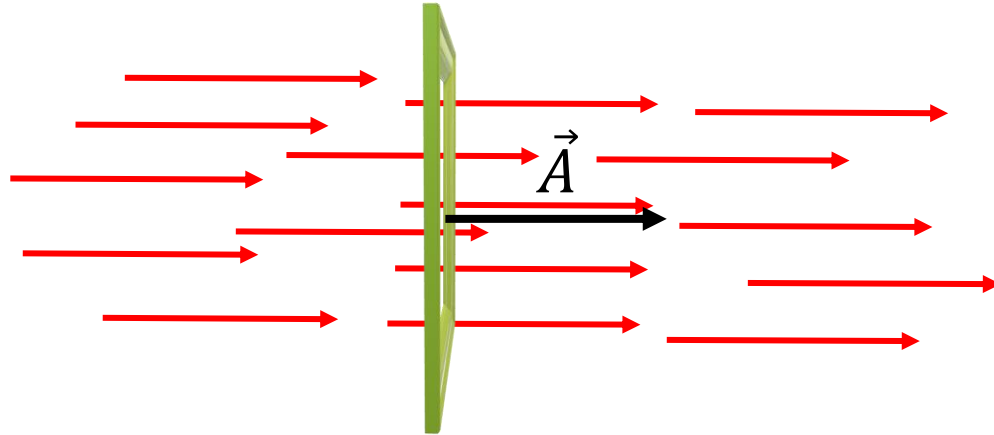
3. ניסוח חוק גאוס

4. דוגמה פשוטה לשימוש

5. הוכחה של חוק גאוס

6. שימושים של חוק גאוס

שטף של אוויר



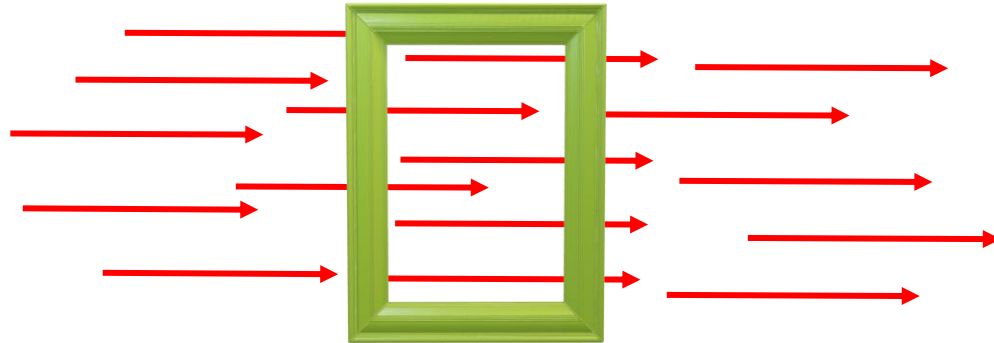
למה שווה זווית בין הזרימה למישור?

$$\theta = 0^\circ$$

נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של אוויר



למה שווה זווית בין הזרימה למישור?

$$\theta = 90^\circ$$

(\vec{A} ניצב למסך – לא נוח לשרטט אותו)

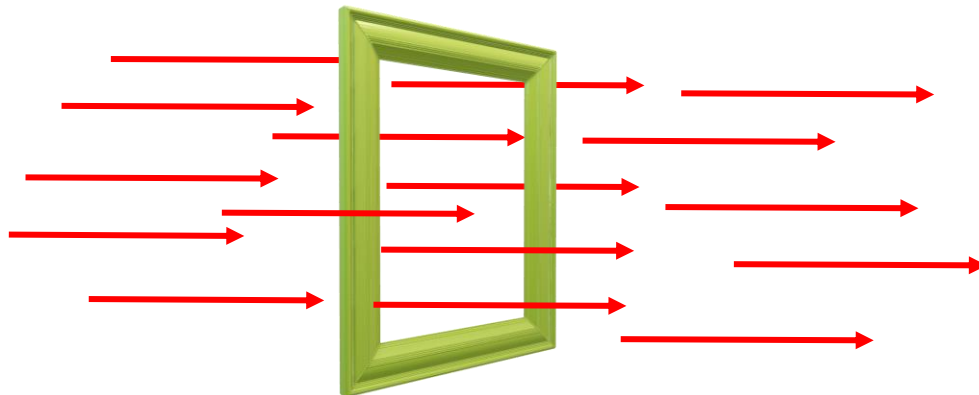
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

מושג השטף

סיכום ביניים:

1. שטף הוא מושג מתמטי מופשט, המתאר כמות של "משהו" (אוויר, מים, קווי שדה חשמלי) שעובר דרך משטח מסוים.
2. שטף תלוי בשלושה גורמים:
 - "עוצמת" הזרימה של "משהו"
 - גודל המשטח
 - זווית בין כיוון הזרימה למשטח.



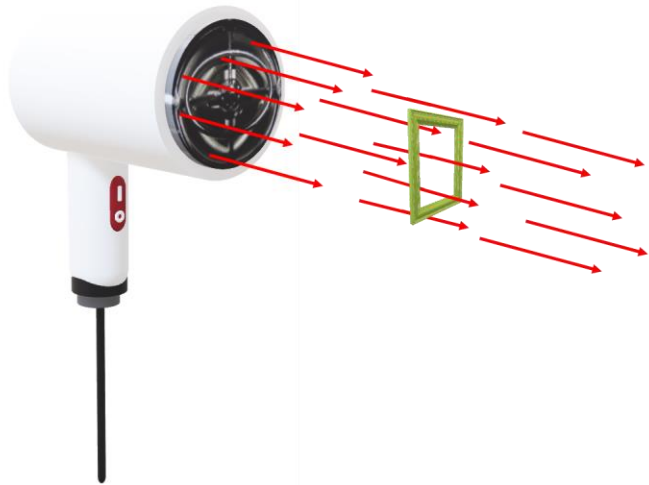
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

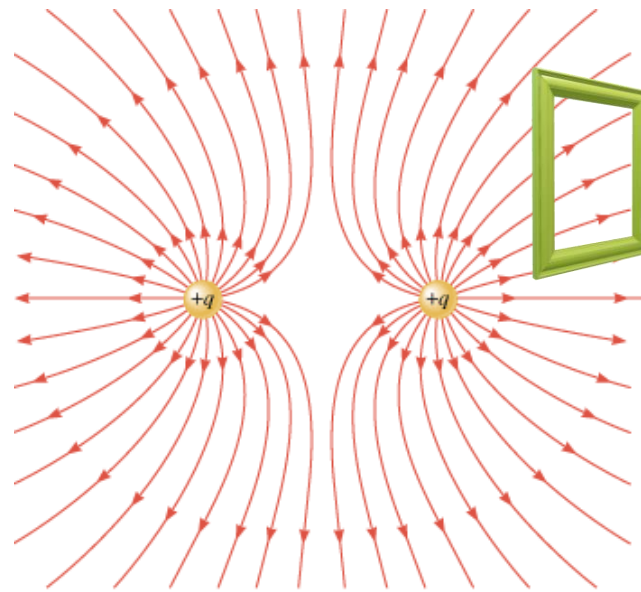
שטף של שדה חשמלי



"עוצמת" הזרימה של משהו?



עבור מייבש שיער "משהו" הוא מהירות חלקיקי אוויר.



באלקטרוסטטיקה "משהו" זה קווי השדה החשמלי!

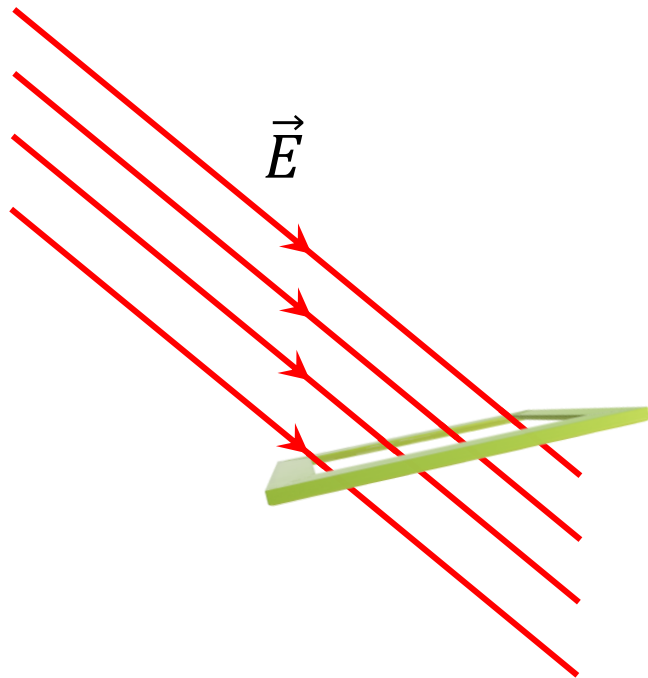
מתמטיקה של שטף זהה לשתי התופעות!

נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי

נפתח נוסחה לשטף של שדה חשמלי אחיד:



נושאים:

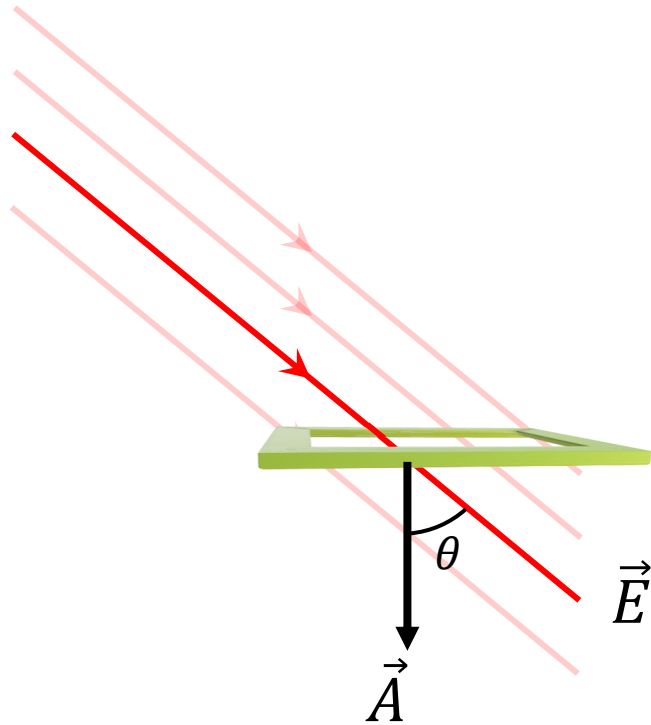
1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי

ביטוי מתמטי לשטף של שדה חשמלי אחיד:

שטף תלוי בשלושה גורמים:

- עוצמת השדה החשמלי
- גודל המשטח
- זווית בין כיוון השדה למשטח.



$$\Phi_{el} = |\vec{E}| \cdot |\vec{A}| \cdot \cos\theta$$

שטף
חשמלי

עוצמת
השדה
החשמלי

שטח
המסגרת

קוסינוס
הזווית בין
כיוון
השדה
למשטח

למה להכפיל ב $\cos\theta$?

נושאים:

1. מבוא

2. מושג השטף

3. ניסוח חוק גאוס

4. דוגמה פשוטה לשימוש

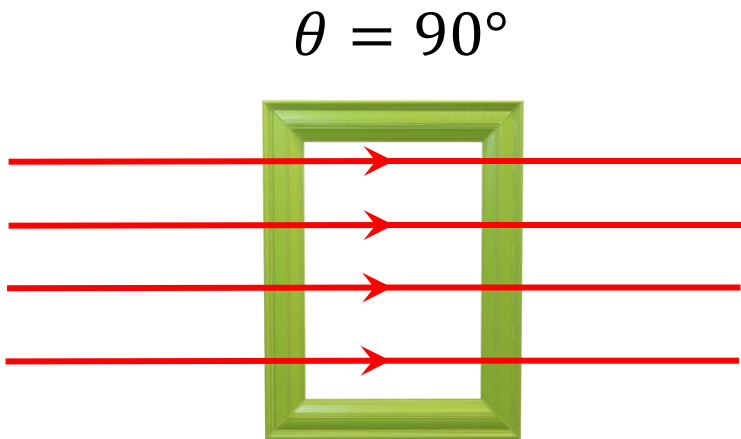
5. הוכחה של חוק גאוס

6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי

$$\Phi_{el} = |\vec{E}| \cdot |\vec{A}| \cdot \cos\theta$$

למה להכפיל ב $\cos\theta$?



קווי שדה בכלל לא עוברים דרך המסגרת



$$\theta = 90^\circ \rightarrow \cos 90^\circ = 0 \rightarrow \Phi_{el} = 0$$

שטף שווה לאפס

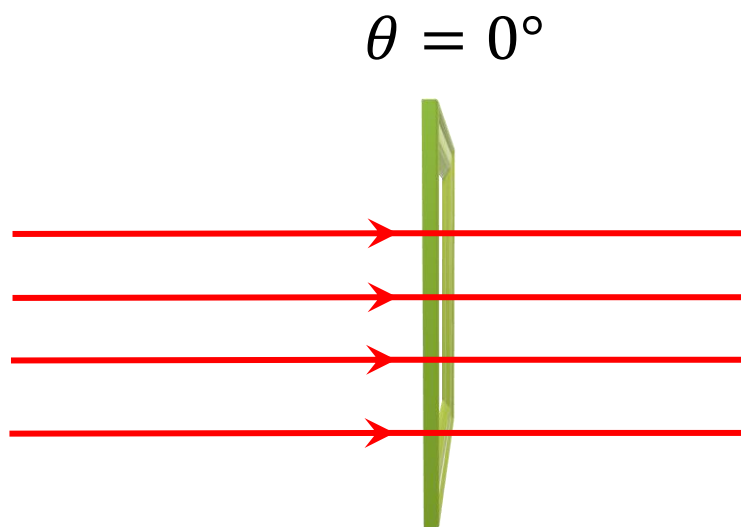
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי

$$\Phi_{el} = |\vec{E}| \cdot |\vec{A}| \cdot \cos\theta$$

למה להכפיל ב $\cos\theta$?



כל הקווי שדה עוברים דרך המסגרת



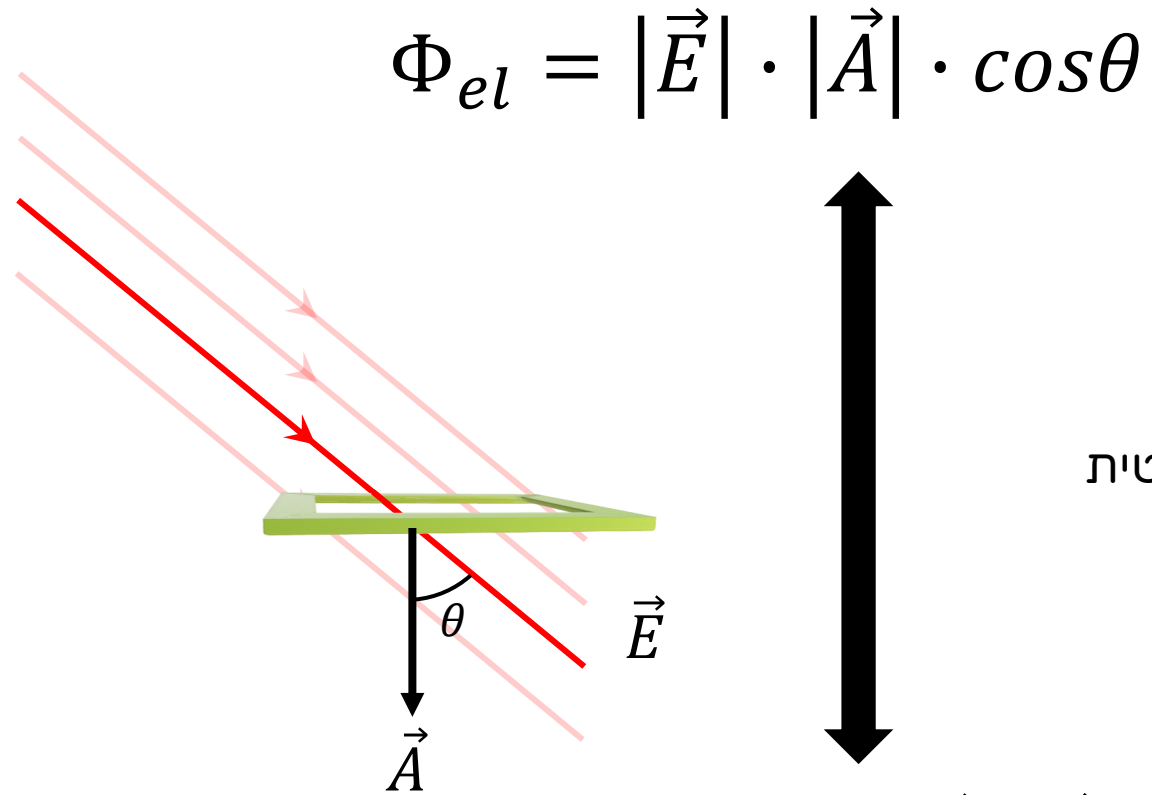
$$\theta = 0^\circ \rightarrow \cos 0^\circ = 1 \rightarrow \Phi_{el} = |\vec{E}| \cdot |\vec{A}|$$

שטף מקסימלי

נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי



הביטויים שקולים מתמטית

$$\Phi_{el} = \vec{E} \cdot \vec{A}$$

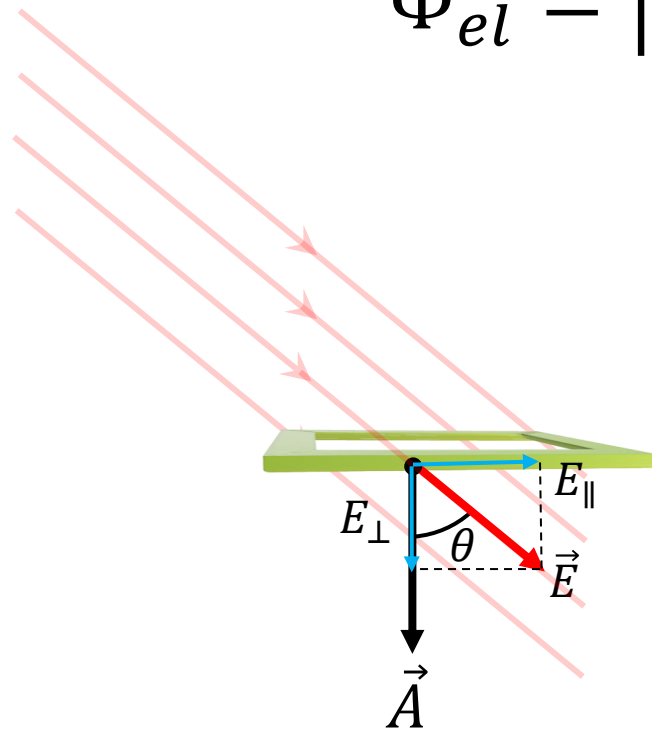
מכפלה סקרלית של שני וקטורים:

נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי

$$\Phi_{el} = |\vec{E}| \cdot |\vec{A}| \cdot \cos\theta$$



$$\Phi_{el} = E_{\perp} \cdot A$$

כל הביטויים נכונים רק כאשר שדה חשמלי שווה בכל נקודה על המשטח - שדה אחיד!

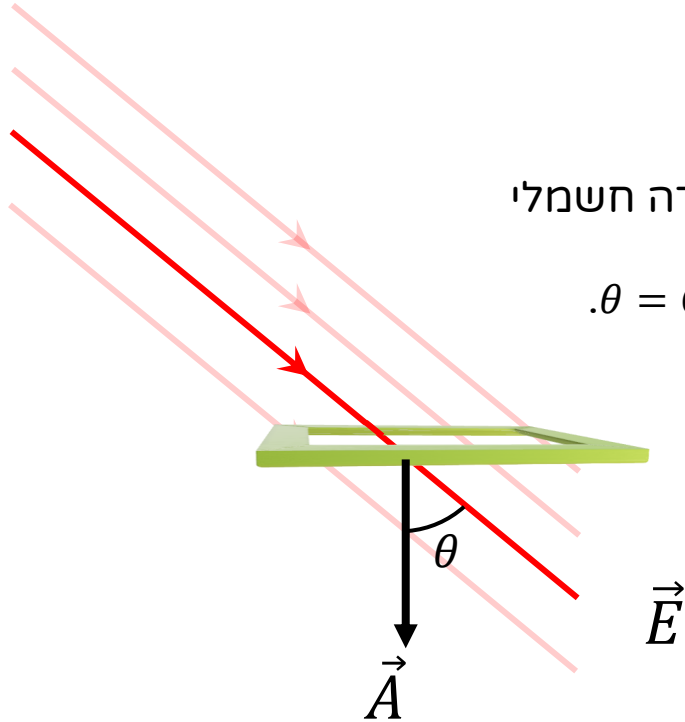
הביטויים שקולים מתמטית

רכיב אנכי של השדה כפול שטח המסגרת

נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי



דוגמה 1:

מסגרת ריבועית עם אורך צלע $a = 4[cm]$ נמצאת בשדה חשמלי

אחיד שגודלו $E = 5000 \left[\frac{N}{C} \right]$. המסגרת נטויה בזווית $\theta = 60^\circ$.

מהו השטף דרך המסגרת?

פתרון:

$$\Phi_{el} = |\vec{E}| \cdot |\vec{A}| \cdot \cos\theta$$

$$\Phi_{el} = 5000 \cdot 0.04^2 \cdot \cos 60^\circ = 4[?]$$

$$\Phi_{el} = 4 \left[\frac{N \cdot m^2}{C} \right]$$

עבדנו קשה על מנת להגדיר גודל פיזיקלי חדש, אבל עדיין לא ברור בשביל מה צריכים אותו!

נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי



איך כל זה
עוזר לחשב
שדה
חשמלי?

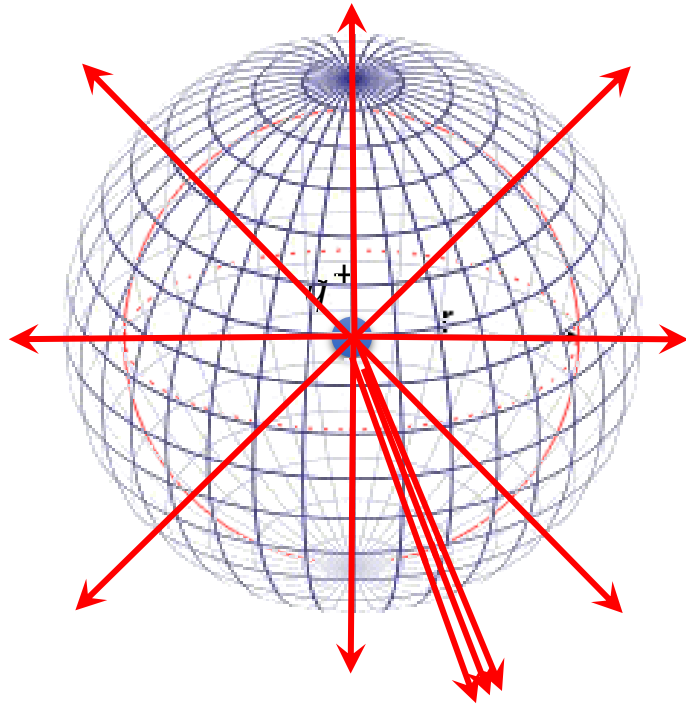
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

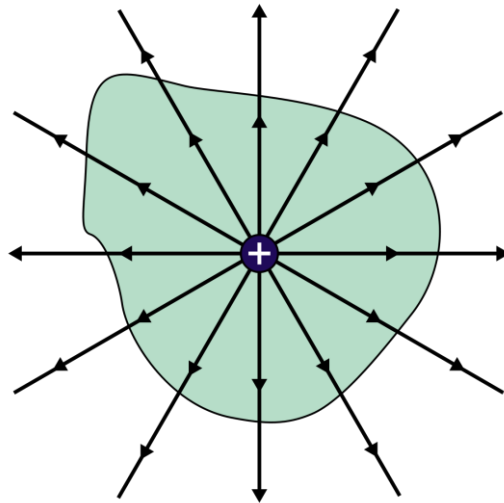
שטף של שדה חשמלי

חוק גאוס טוען:

שטף שדה חשמלי דרך משטח סגור (במרחב) – משטח גאוס, פרופורציוני לכמות המטען החשמלי הנמצא בתוך המשטח.



$$\Phi_{el} = 4\pi k \cdot Q_{in}$$

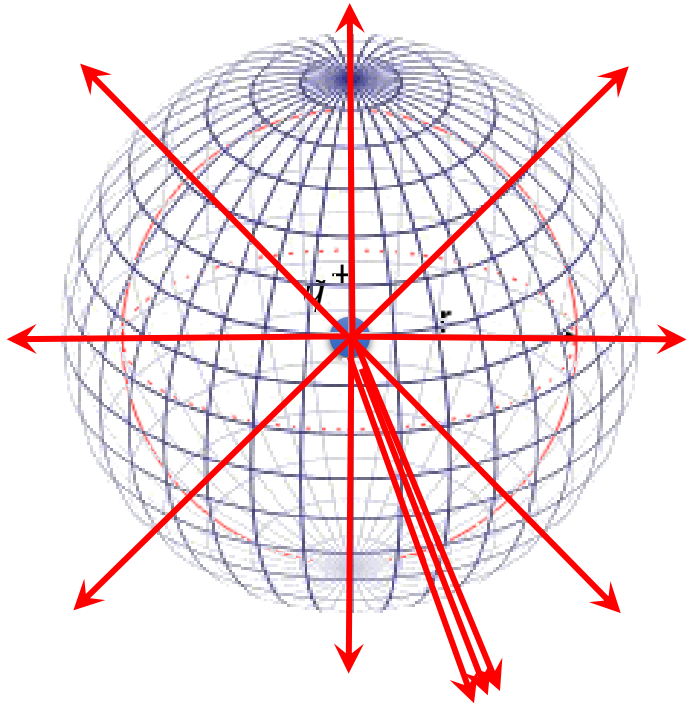


נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה פשוטה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי

נראה באמצעות חוק גאוס ששדה חשמלי הנוצר על ידי מטען נקודתי: $E = \frac{kq}{r^2}$



$$\Phi_{el} = 4\pi k \cdot Q_{in}$$

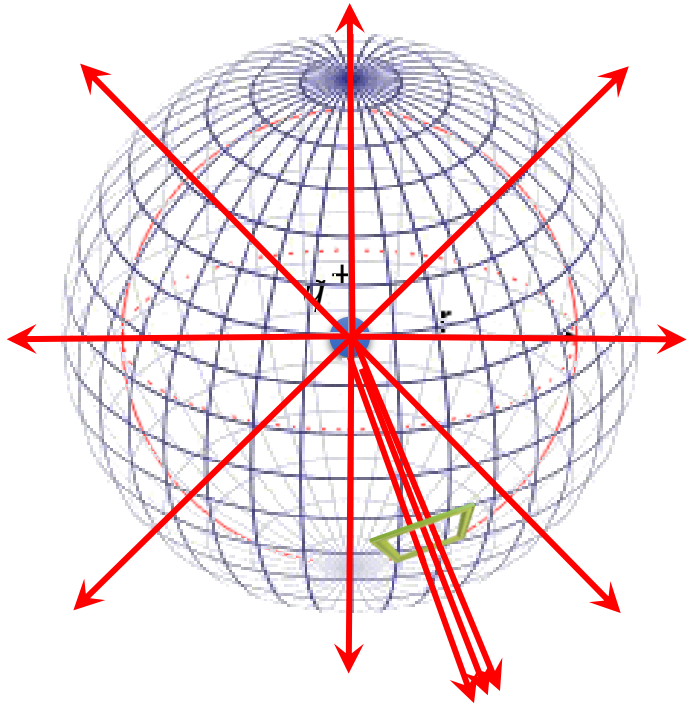
נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי

נוכח באמצעות חוק גאוס ששדה חשמלי הנוצר על ידי מטען נקודתי: $E = \frac{kq}{r^2}$

- נבחר משטח סגור להיות כדור עם q במרכז.
- לא מדובר בשדה אחיד - קווי שדה לא מקבילים.
- אבל אם נבחר מסגרת קטנה dA על המעטפת, קווי שדה שואפים להיות מקבילים.



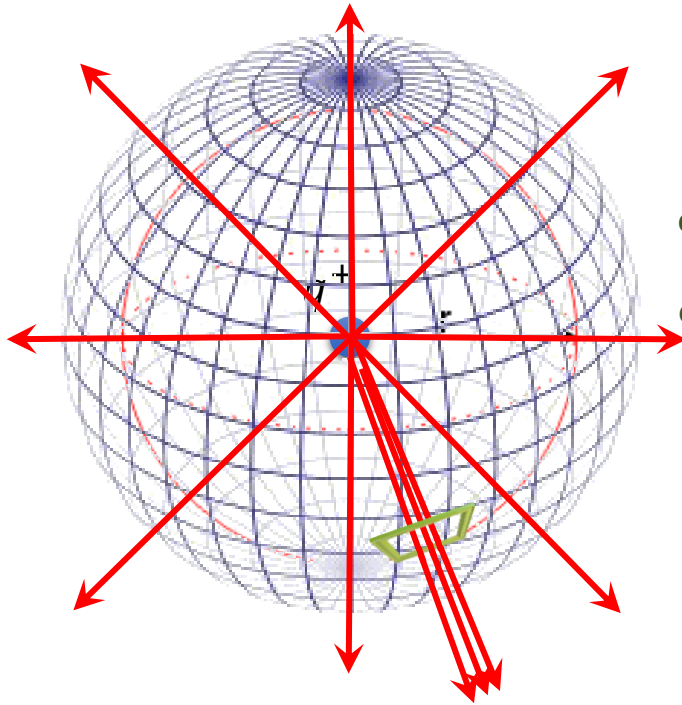
$$\Phi_{el} = 4\pi k \cdot Q_{in}$$

נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס

שטף של שדה חשמלי

נוכח באמצעות חוק גאוס ששדה חשמלי הנוצר על ידי מטען נקודתי: $E = \frac{kq}{r^2}$



- נבחר משטח סגור להיות כדור עם q במרכז.
- לא מדובר בשדה אחיד - קווי שדה לא מקבילים.
- אבל אם נבחר מסגרת קטנה dA על המעטפת, קווי שדה שואפים להיות מקבילים.

• נחשב שטף דרך המסגרת: $\Phi_{el} = |\vec{E}| \cdot |\vec{A}| \cdot \cos\theta$

$$\Phi_{el} = E \cdot dA \cdot 1$$

- על מנת לקבל שטף דרך כל המשטח מכפילים

בשטח של כדור בעל רדיוס r : $A = 4\pi r^2$

$$\Phi_{el} = E \cdot 4\pi r^2$$

- מציבים בחוק גאוס: $\Phi_{el} = 4\pi k \cdot Q_{in}$

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

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

נושאים:

1. מבוא
2. מושג השטף
3. ניסוח חוק גאוס
4. דוגמה לשימוש
5. הוכחה של חוק גאוס
6. שימושים של חוק גאוס