דף נוסחאות – פיסיקה 2 - חשמל ומגנטיות

חוק קולומב והשדה החשמלי

חוק קולומב
כח שפועל בין שני מטענים נקודתיים

$$\vec{F} = \frac{kq_1q_2}{|r|^2} \cdot \hat{r}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \, [\frac{N*m^2}{C^2}]$$

שדה חשמלי בנקודה מסויימת

$$\vec{E}(r) = \frac{kq}{|r|^2} \cdot \hat{r}$$

אלמנט שדה חשמלי שיוצר אלמנט מטען

$$d\vec{E} = \frac{Kdq}{|r|^2} \cdot \hat{r}$$

$$\vec{r}_{1,2} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

$$|\vec{r}_{1,2}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\hat{r} = \frac{\vec{r}_{1,2}}{|\vec{r}_{1,2}|}$$

הכח שפועל על מטען בשדה חשמלי
(כח חשמלי שמפעיל שדה חשמלי על מטען)

$$\vec{F} = \vec{E} \cdot q = \int \vec{E} \cdot dq$$

השדה הכולל בנקודה מסויימת -ע"פ עיקרון הסופרפוזיציה
חיבור רכיבי השדות (כלל ההרכבה)

$$\vec{E}_{total} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

מטען אלקטרון (המטען היסודי)

$$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} [c]$$

מטען פרוטון

$$q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} [c]$$

מסת אלקטרון

$$m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} [kg]$$

מסת פרוטון

$$m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} [kg]$$

חוק גאוס

שטף חשמלי - הגדרה
מדד לכמות קווי השדה שעובר דרך יחידת שטח מסויים.
אינטגרל של מכפלה סלקרית בין ווקטור השדה החשמלי לווקטור אלמנט שטח.

$$\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad [\frac{N \cdot m^2}{C}]$$

שטף חשמלי – צורה ווקטורית
שימושי כאשר השדה החשמלי נתון ברכיביו

$$\phi_E = \int (E_x, E_y, E_z) \cdot (ds_x, ds_y, ds_z)$$

שטף חשמלי – צורה סקלרית (גדלים בלבד)

$$\phi_E = \int E \cdot ds \cdot cos\theta$$

שטף חשמלי דרך צורה סגורה
עבור צורה סגורה – נבחר אלמנט שטח ds שמכוון כלפי חוץ הצורה.

$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

חוק גאוס
השטף החשמלי דרך צורה סגורה שווה למטען הכולל הכלוא
חלקי קבוע (אפסילון אפס)
צורה סגורה (נפח כלוא) נקראית גם מעטפת גאוסית.

$$\phi_E = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$$

$$\varepsilon_0 = 8.854 * 10^{-12} \quad [\frac{C^2}{N \cdot m^2}]$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 * 10^9 \ [\frac{N*m^2}{C^2}]$$

שטף עבור סימטריה כדורית
כאשר השדה תלוי רק ב r כלומר שדה רדיאלי

$$\phi_E = E(r) \cdot 4\pi r^2 \quad [\frac{N \cdot m^2}{C}]$$

שטף עבור סימטריה גלילית
L אורך הגליל

$$\phi_E = E(r) \cdot 2\pi rL$$

שטף עבור סימטריה מישורית
Aשטח חתך

$$\phi_E = E(z) \cdot 2A$$

שדה חשמלי בתוך מוליך שווה אפס

$$\mathrm{E} = 0$$

שדה חשמלי היוצר כדור מלא טעון בצפיפות מטען נפחית אחידה
כיוון השדה רדיאלי

$$\vec{E}(r<R)=\frac{\rho_0 r}{3\varepsilon_0}$$

$$\vec{E}(r>R)=\frac{\rho_0 R^3}{3\epsilon_0 r^2}$$

שדה חשמלי היוצרת קליפה כדורית טעונה בצפיפות מטען משטחית אחידה

הערה- שדה חשמלי בצפיפות מטען משטחית, בפני המוליך לא מוגדר ולכן בפונקציית השדה לא רושמים גדול שווה / קטן שווה.

$$\vec{E}(r<R)=0$$

$$\vec{E}(r>R)=\frac{\sigma_0 R^2}{\varepsilon_0 r^2}$$

שדה חשמלי שיוצר תיל אינסופי טעון בצפיפות מטען קווית אחידה
r מרחק אנכי מהתיל , כיוון השדה רדיאלי

$$E(r)=\frac{\lambda_0}{2\pi r\varepsilon_0}$$

שדה חשמלי שיוצר לוח אינסופי בעל עובי d ,טעון בצפיפות מטען נפחית אחידה
כיוון השדה אנכית מהלוח

$$E(z)=\frac{\rho_0 z}{\varepsilon_0}\quad |z|<\frac{d}{2}$$

$$E(z)=\frac{\rho_0 d}{2\varepsilon_0}\quad |z|>\frac{d}{2}$$

שדה חשמלי שיוצר גליל אינסופי טעון בצפיפות מטען נפחית רדיאלית
כיוון השדה רדיאלי

$$E(r<R)=\frac{\rho_0 r^3}{4\varepsilon_0}$$

$$E(r>R)=\frac{\rho_0 R^4}{4\varepsilon_0 r}$$

שדה חשמלי שיוצרת קליפה גלילית אינסופית טעונה בצפיפות מטען משטחית אחידה
R רדיוס הקליפה הגלילית (קליפה של צינור)

$$E(r<R)=0$$

$$E(r>R)=\frac{\sigma_0 R}{\varepsilon_0 r}$$

שדה חשמלי שיוצרת טבעת בעלת רדיוס R, הטעונה בצפיפות מטען קווית אחידה,
בנקודה כלשהיא בגובה Z מעל מרכז הטבעת

$$\vec{E}=\frac{k2\pi R\lambda z}{(R^2+z^2)^{\frac{3}{2}}}\cdot\hat{r}$$

אנרגיה ופוטנציאל חשמלי

אנרגיה חשמלית
סך העבודה הדרושה בכדי לבנות מערך מטענים

$$U = \frac{Kq_1q_2}{r_{1,2}}$$

אנרגיה אלקטרוסטטית של מערכת מטענים בדידה

$$U = \frac{1}{2}\sum_{i,j}^{i\neq j}\frac{Kq_iq_j}{r_{i,j}}$$

פוטנציאל חשמלי (סקלר)
הפוטנציאל שיוצר מטען q במרחק r ממנו (r הוא גודל)

$$\vec{r}_{1,2} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

$$\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{r}) = \frac{\boldsymbol{Kq}}{|\boldsymbol{r}|}$$

$$[Volt] = \frac{N\cdot m}{c}$$

$$|\vec{r}_{1,2}| = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2}$$

אנרגיה פוטנציאלית חשמלית
הפוטנציאל שיוצר מטען q1 בנקודה מסויימת כפול מטען q2 שמוצב בנקודה.

$$U = \varphi_1(r)\cdot q_2$$

$$\Delta U = q\Delta\varphi = -\int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{r}$$

עבודת כח חשמלי

$$W_{\vec{r}_1\to\vec{r}_2} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2}\vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} q\vec{E}\cdot d\vec{r}$$

העבודה המושקעת בכדי להזיז מטען חשמלי

$$W_{\vec{r}_1\to\vec{r}_2} = -\Delta U = -q\Delta\varphi = -q\left(\varphi(\vec{r}_2) - \varphi(\vec{r}_1)\right)$$

הקשר בין פוטנציאל לשדה חשמלי (ווקטורי)

הפוטנציאל של נקודה 2 ביחס לפוטנציאל בנקודה 1

$$V_{1\to2} = \varphi(\vec{r}_2) - \varphi(\vec{r}_1) = -\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2}\vec{E}(r')\cdot d\overrightarrow{r'}$$

הפוטנציאל החשמלי גדל נגד כיוון קווי השדה
הפוטנציאל החשמלי קטן עם כיוון קווי השדה

$$\vec{E}(r) = -\nabla\varphi = -\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\cdot\hat{x}, \frac{\partial\varphi}{\partial y}\cdot\hat{y}, \frac{\partial\varphi}{\partial z}\cdot\hat{z}\right)$$

פוטנציאל חשמלי בכל נקודה במוליך זהה ושווה לפוטנציאל על שפת המוליך, מכיוון שבתוך מוליך השדה שווה אפס. (לא משנה הצורה של המוליך)

פוטנציאל חשמלי היא פונקציה רציפה ולכן ניתן תמיד לרשום גדול שווה / קטן שווה.

פוטנציאל חשמלי שיוצרת טבעת טעונה בצפיפות מטען קווית אחידה, על ציר Z העובר במרכזה.

λ – צפיפות קווית אחידה
R – רדיוס הטבעת
Z – הגובה מעל מרכז הטבעת

$$\varphi(0,0,z) = \frac{2\pi K\lambda R}{\sqrt{R^2+z^2}} = \frac{KQ}{\sqrt{R^2+z^2}}$$

פוטנציאל חשמלי שיוצרת קליפה כדורית טעונה בצפיפות מטען אחידה

$$\varphi(r) = \frac{KQ}{r} \quad r \geq R$$

$$\varphi(r) = \frac{KQ}{R} \quad r \leq R$$

קיבול חשמלי

קיבול של קבל

$$[\frac{coulombs}{volt}=Farad]$$

קיבול של קבל לוחות

קיבולו של קבל תלוי בגורמים גיאומטריים בלבד

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$$

$$\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \left[\frac{F}{m}\right] = [\frac{C^2}{N \cdot m^2}]$$

הכנסת חומר דיאלקטרי (מבודד) מנחית את השדה החשמלי בתוך החומר המבודד

חומר דיאלקטרי מקטין את השדה החשמלי בתוך החומר המבודד, ולכן מקטין את הפרש הפוטנציאלים בין לוחות הקבל, ולכן מגדיל את הקיבול

$$\varepsilon_r = \frac{|E_{ext}|}{|E_{total}|}$$

אנרגיה שאגורה בקבל
(קבל מהווה מאגר של אנרגיה חשמלית)

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CV^2}{2} = \frac{QV}{2}$$

קיבול שקול - חיבור קבלים במקביל

$$C_{total} = C_1 + C_2$$

קיבול שקול - חיבור קבלים בטור

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

קיבול של קבל גלילי ארוך מאוד
R2 רדיוס חיצוני
R1 רדיוס פנימי

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0 L}{ln\left|\frac{R_2}{R_1}\right|}$$

מגנטיות

ווקטור הכח המגנטי הפועל על מטען נע
ווקטור התוצאה של המכפלה הווקטורית – מאונך למישור
הווקטורים המוכפלים, ומכוון ע"פ כלל יד ימין.
במידה ומדובר במטען שלילי אז הכח הפועל עליו הוא מנוגד

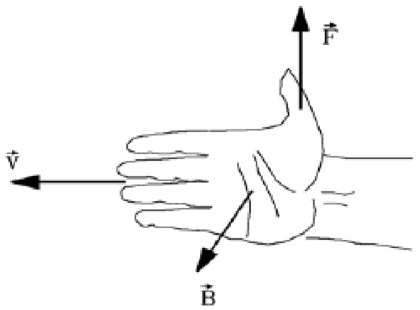
$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

גודל הכח המגנטי

$$|\vec{F}| = |q \cdot v \cdot B \cdot sin\theta|$$

1. הכוח המגנטי על מטען נקודתי הנע במהירות $\vec{v}$:

מניחים יד פתוחה כך שהאצבעות בכיוון תנועת החלקיק, והשדה המגנטי יוצא מכף היד. כיוון האגודל הוא כיוון הכוח על החלקיק אם הוא חיובי. אם החלקיק שלילי,כיוון הכוח הפוך ב 180^o.



רדיוס תנועה מעגלית עבור מטען נע בשדה מגנטי אחיד

$$R = \frac{mv}{qB}$$

כח לורנץ
כח כולל הפועל על מטען שנע באזור בו שורר שדה חשמלי ושדה מגנטי

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

מהירות מטען היוצא מבורר מהירויות

$$v = \frac{E}{B}$$

ווקטור הכח הפועל על תיל נושא זרם הנמצא בשדה מגנטי חיצוני
(אינטגרציה על אורך התיל בכיוון הזרם)

$$\vec{F} = \int_{\text{התיל}}^{\text{אורך}} I(d\vec{L} \times \vec{B})$$

ווקטור dL עבור קשת מעגלית

$$d\vec{L} = dL \cdot \hat{\varphi} = dL(-sin\theta', cos\theta') = Rd\theta'(-sin\theta', cos\theta')$$

חוק ביו-סבר – שדה מגנטי הנוצר ע"י תיל נושא זרם

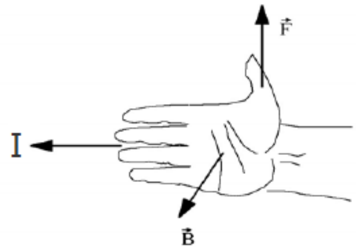
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \int \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{T \cdot m}{A}\right]$$

$$[T] = \left[\frac{N \cdot s}{C \cdot m}\right] = \left[\frac{N}{A \cdot m}\right] = \left[\frac{V \cdot s}{m^2}\right]$$

2. הכוח המגנטי על תיל נושא זרם:

מניחים יד פתוחה כך שהאצבעות בכיוון הזרם המוסכם, והשדה המגנטי יוצא מכף היד. כיוון האגודל הוא כיוון הכוח על התיל.



שדה מגנטי שיוצר תיל נושא זרם מכופף לקשת מעגלית הנשען על זווית טטה, בנקודה שנמצאת במרכז הקשת

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \cdot \theta$$

שדה מגנטי מערבולתי שיוצר תיל נושא זרם בנקודה כלשהיא במרחק אנכי D מהתיל ובזוויות ראיה טטה 1 וטטה 2

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi D} \cdot (sin\theta_1 + sin\theta_2)$$

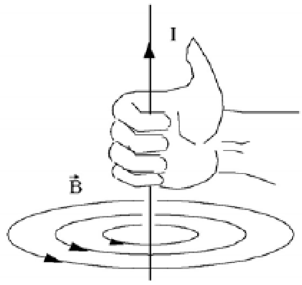
$\vec{B} =$

שדה מגנטי מערבולתי שיוצר תיל אינסופי נושא זרם, בנקודה הנמצאת במרחק אנכי Dמהתיל.

מקרה פרטי של הנוסחא מעל

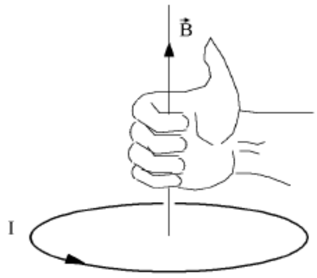
3. השדה המגנטי הנוצר על ידי תיל נושא זרם ישר:

האגודל בכיוון הזרם בתיל, האצבעות בכיוון קווי השדה המגנטי:



4. השדה המגנטי הנוצר במרכז כריכת זרם או סליל:

האצבעות בכיוון הזרם בתיל, האגודל בכיוון השדה המגנטי במרכז הכריכה:



שדה מגנטי שנוצר בסילונית

השדה המגנטי מחוץ לסילונית הוא זניח, ועבור סילונית ארוכה מאוד (אינסופית) הוא אפס

השדה המגנטי בתוך הסילונית אחיד

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I$$

צפיפות ליפופים בסילונית

$$n = \frac{N}{m}$$

זרם דרך לולאת אמפר בסילונית

$$I_{enc} = I \cdot N$$

חוק אמפר

$$\Gamma = \oint \vec{B} \cdot d\vec{L} = \mu_0 \cdot I_{enclosed}$$

סרקולציה עבור שדה מגנטי מערבולתי אחיד ע"פ רדיוס, כאשר לולאת אמפר היא מעגלית

$$\Gamma = \oint \vec{B} \cdot d\vec{L} = \oint B(r) \cdot d\vec{L} = B(r) \oint dL = B(r) 2\pi r$$

סרקולציה עבור זרם שזורם בלולאת אמפר מעגלית בתיל גלילי בעל צפיפות זרם משתנה רדיאלית

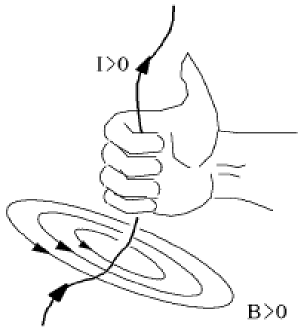
$$\Gamma = \mu_0 \cdot I_{enclosed} = \mu_0 \int_0^{r<R} j(r) \cdot 2\pi r' \cdot dr'$$

צפיפות זרם ליחידת שטח

$$j_{[\frac{A}{m^2}]} = \frac{I_{total}}{S}$$

5. קביעת סימן הזרם והשדה המגנטי בחוק אמפר, $\Gamma = 2\pi r B(r) = \mu_0 I_{tot}$:

מניחים את האצבעות בכיוון המסלול שלאורכו מבצעים את האינטגרציה על פני השדה המגנטי. השדה נחשב חיובי אם הוא מכוון בכיוון האצבעות, שלילי אם הוא מכוון בכיוון ההפוך. הזרם נחשב חיובי אם הוא זורם בכיוון האגודל, שלילי אם הוא זורם בכיוון ההפוך.



06/11/2014

השראה אלקטרומגנטית

חוק פארדיי – לנץ
כא"מ מושרה = מתח מושרה
שינוי בשטף המגנטי יוצר מתח מושרה ונקבל זרם מושרה.
N מספר הליפופים של התיל שזורם בו הזרם המושרה

$$\varepsilon_{ind\,[Volt]} = -N \cdot \frac{d\phi_B}{dt}$$

צורה אינטגרלית

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

שטף מגנטי

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{s} = \int B \cdot ds \cdot cos\theta = BScos\theta$$

השטף המגנטי צריך להיות תלוי זמן, אחרת אם הוא קבוע אז הנגזרת שלו היא אפס, ואז אין מתח מושרה

$$[Wb] = [weber] = [T \cdot m^2] = [V \cdot s] = [\frac{j}{A}]$$

שטף מגנטי עבור צורה סגורה

$$\phi_B = \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

חוק אוהם

$$I = \frac{V}{R}$$

זרם מושרה

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R}$$

התנגדות של מוליך

$$R_{[\Omega]} = \frac{\rho l}{A}$$

זרם חשמלי

$$I = \frac{dq}{dt}$$

הספק – חוק ג'ול

$$P = I^2R = \frac{V^2}{R} = IV$$

חוק לנץ – הזרם המושרה יהיה בכיוון שיתנגד לאפקט היווצרותו
אפקט היווצרותי = שינוי בשטף המגנטי

אם השטף המגנטי גדל אז השדה המגנטי המושרה יהיה בכיוון שמקטין את השדה המגנטי – כלומר הפוך לשדה המגנטי החיצוני

אם השטף המגנטי קטן אז השדה המגנטי המושרה יהיה בכיוון שמגדיל את השדה המגנטי כלומר יווצר שדה מגנטי מושרה בכיוון השדה המגנטי החיצוני

06/11/2014

גיאומטריה

שטל של משולש מחצית המכפלה של שתי צלעות וסינוס הזווית שביניהן	$\frac{a * b * sin\theta}{2}$
שטח של מעגל	$\pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$
שטח פנים של כדור (מעטפת כדורית/קליפה כדורית)	$4\pi r^2$
שטח פנים של גליל (צילינדר)	$2\pi r(h + r)$
שטח פנים של קוביה בעלת מקצוע a	$6a^2$
שטח דיסקה	$\pi(R^2 - r^2)$ $\int_r^R 2\pi r \cdot dr'$
נפח של גליל	$\pi R^2 H$
נפח של כדור	$\frac{4}{3}\pi R^3$
מיקום קרטזי ע"ג מעגל	$\vec{r} = (Rcos\theta, Rsin\theta)$
אורך קשת מעגלית	$s = R\theta_{[rad]}$
ווקטור יחידה בכיוון המשיק למעגל נכון כאשר הזווית מוגדרת ביחס לציר X	$\hat{\varphi} = (-sin\theta', cos\theta')$

06/11/2014

חדו"א

נגזרת של מכפלה

$$f(x)*g(x)=\dot{f}(x)*g(x)+f(x)*\dot{g}(x)$$

נגזרת של פונקציה מורכבת (כלל השרשרת)

$$f\big(g(x)\big)\triangleq\dot{f}\big(g(x)\big)*\dot{g}(x)$$

נגזרת של מנה

$$\frac{f(x)}{g(x)}\triangleq\frac{g(x)*\dot{f}(x)-f(x)*\dot{g}(x)}{g(x)^2}$$

פולינום (טור) טיילור
לפונקציה , סביב x0=0
(מקלורן)

$$(1+x)^n\cong1+nx+\frac{n^2-n}{2!}*x^2+\frac{n^3-3n^2+2n}{3!}*x^3+\cdots+\frac{f^k}{k!}*x^k$$

אינטגרלים מיידים

$$\int x^n dx=\frac{x^{n+1}}{n+1}+c$$

$$\int(ax+b)^n\,dx=\frac{1}{a}\frac{(ax+b)^{n+1}}{n+1}+c$$

$n\neq-1$

$$\int\frac{1}{x}dx=ln|x|+c$$

$$\int\frac{1}{ax+b}dx=ln|ax+b|+c$$

$$\int e^x dx=e^x+c$$

$$\int e^{ax+b}dx=\frac{1}{a}e^{ax+b}+c$$

$$\int k^x dx=\frac{k^x}{\ln(k)}+c$$

$$\int k^{ax+b}dx=\frac{k^{ax+b}}{a\ln(k)}+c$$

$$\int cosx\,dx=sinx+c$$

$$\int\cos(ax+b)\,dx=\frac{1}{a}\sin(ax+b)+c$$

$$\int sinx\,dx=-cosx+c$$

$$\int sin(ax+b)\,dx=-\frac{1}{a}\cos(ax+b)+c$$

$$\int tanx\,dx=ln|cosx|+c$$

$$\int\tan(\mathrm{ax+b})\,\mathrm{dx}=-\frac{1}{a}ln|\cos(ax+b)|+c$$

$$\int\frac{1}{cos^2x}dx=tanx+c$$

$$\int\frac{1}{cos^2(ax+b)}dx=\frac{1}{a}\tan(ax+b)+c$$

$$\int lnx\,dx=xlnx-x$$

צפיפויות מטען

צפיפות מטען קווית	$\lambda(\vec{r}')\frac{C}{m}$
צפיפות מטען קווית אחידה אורך בו המטען מפוזר L	$Q_{total} = \lambda L\frac{C}{m}$
צפיפות מטען משטחית	$\sigma(\vec{r}')\frac{C}{m^2}$
צפיפות מטען משטחית אחידה שטח עליו מפוזר המטען = S	$Q_{total} = \sigma S\frac{c}{m^2}$
צפיפות מטען נפחית	$\rho(\vec{r}')\frac{C}{m^3}$
צפיפות מטען נפחית אחידה נפח בו המטען מפוזר = V	$Q_{total} = \rho V[\frac{c}{m^3}]$

Metric Prefixes

Prefix	Symbol		
peta	P	10^{15}	ביליארד
tera	T	10^{12}	ביליון
giga	G	10^{9}	מיליארד
mega	M	10^{6}	מיליון
Kilo	k	10^{3}	אלף
hecto	h	10^{2}	מאה
deca	da	10^{1}	עשר
		10^{0} = 1	
deci	d	10^{-1}	עשירית
centi	c	10^{-2}	מאית
mili	m	10^{-3}	אלפית
micro	μ	10^{-6}	מיליונית
nano	n	10^{-9}	מיליארדית
pico	p	10^{-12}	ביליונית
femto	f	10^{-15}	ביליארדית

קינמטיקה

וקטור מיקום בכל רגע – רדיוס ווקטור

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \int_{t_1}^{t_2} \vec{v}(t) \cdot dt$$

ווקטור מהירות בכל רגע

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \int_{t_1}^{t_2} \vec{a}(t) \cdot dt$$

ווקטור תאוצה בכל רגע
(נגזרת לפי זמן של ווקטור מהירות בכל רגע)

$$\vec{a}(t) = \frac{\vec{v}(t) \cdot dt}{t \cdot dt}$$

ווקטור מהירות בכל רגע
(נגזרת לפי זמן של ווקטור מיקום בכל רגע)

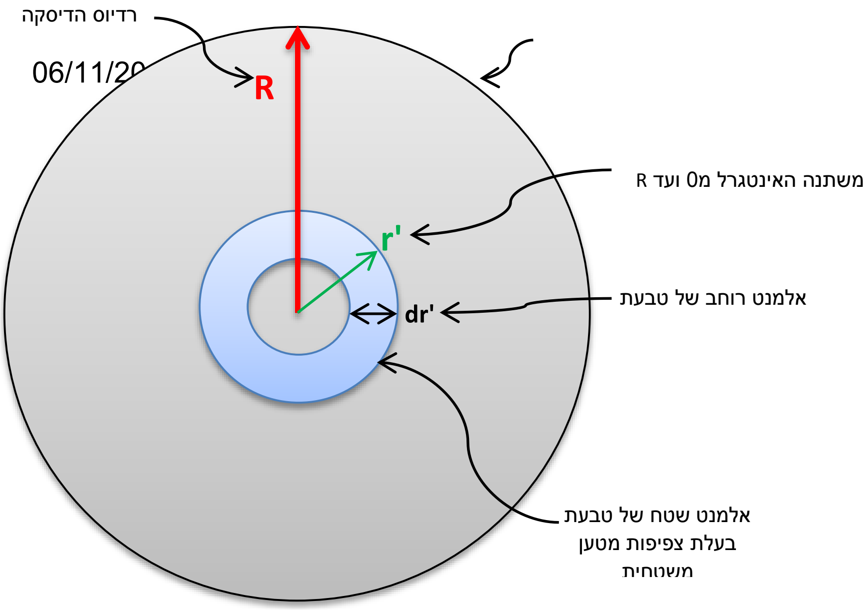
$$\vec{v}(t) = \frac{\vec{r}(t) \cdot dt}{t \cdot dt}$$

ווקטור מיקום בכל רגע – תקף עבור תאוצה קבועה

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

ווקטור מהירות בכל רגע – תקף עבור תאוצה קבועה

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

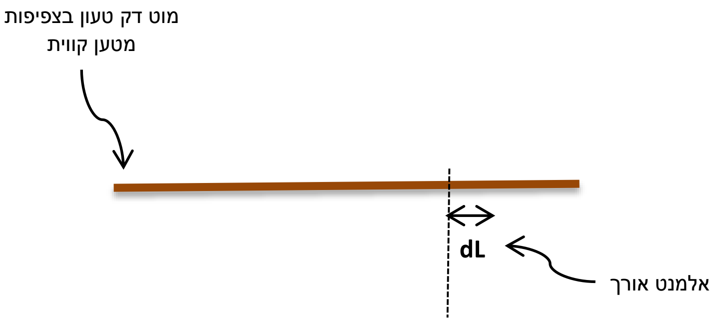


אלמנט שטח של טבעת

$$dS = 2\pi r' dr'$$

מטען שנמצא על אלמנט שטח של טבעת

$$dq = \sigma \cdot dS = \sigma 2\pi r' dr'$$



אלמנט אורך

$$dL = dx'$$

מטען שנמצא על אלמנט אורך

$$dq = \lambda dL = \lambda d'$$