वैद्युत आवेश तथा क्षेत्र

स्थिर वैद्युतकीय→ इसमे स्थिर आवेश एवं उसके प्रभावों का अध्ययन किया जाता है।

वैधुत आवेश → जब दो पदार्थों को आपस में रगडा जाता है तो ये पदार्थ हल्की-हल्की वस्तुओं को आकर्षित करने लगते है इस स्थिति मे ये पदार्थ आवेशमय या वैंधुतमय कहलाते है। उदा० → काँच की छड एवं रेशम।

Note:- किसी वस्तु पर इलेक्ट्रानों की अधिकता या कमी को वैंधुत आवेश कहते है।

1. यदि वस्तुओं पर इलेक्ट्रॉनों की अधिकता है तो वह ऋणावेशित होगी।
2. यदि वस्तुओं पर इलेक्ट्रानों की कमी है तो वह वस्तु धनावेशित होगी।

आवेश के प्रकार (Types of charge)

आवेश दो प्रकार के होते हैं:-

1. धावेश (Positive charge)= e^- की कमी
2. ऋणावेश (Negative charge) = e^- की अधिकता

Note:-

1. समान आवेश (धनावेश एवं धनावेश या ऋणावेश एवं ऋणावेश) एक दूसरे को प्रतिकर्षित करते है।
2. विपरीत आवेश (धनावेश एवं ऋणावेश) एक दूसरे को आकर्षित करते हैं।

वैद्युत आवेश का मात्रक (Unit of electric charge)

Fazalnotes.com

MKS पद्धति मे आवेश का मात्रक = कूलाम

विमा = [A][T] => [AT]

विमा = [AT]

$i=\frac{q}{t}$

$q= \frac{q}{t}$

$q= i \times t$

q= एम्पीयर x सेकंड

= कूलॉम

वैद्युत आवेश संरक्षण का नियम

इस नियम के अनुसार " आवेश को न तो उत्पन्न किया जा सकता है, और न ही नष्ट किया जा सकता है"। एक प्रकार के आवेश को दूसरे प्रकार के आवेश मे केवल परिवर्तित किया जा सकता है।

मूल आवेश(Fundamental Charge)

किसी आवेशित कण पर जितना न्यूनतम आवेश रह सकता है, उसे मूल आवेश कहते है। इसे 'e' से प्रदर्शित करते है।

$e = \pm 1.6 \times 10^{-19}$ C

आवेश का क्वाण्टीकरण या परमाणुकता

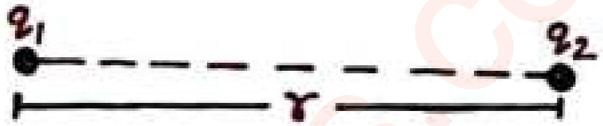
आवेश को अनिश्चित रूप से विभाजित नही किया जा सकता। किसी आवेशित कण पर आवेश ± e, ± 2e, ± 3e...... हो सकता है, लेकिन इसकी

tazanotes.com

भिन्न के रूप में कभी नहीं हो सकता। इसे ही आवेश का क्वाण्टीकरण या परमाणुकता कहते हैं।

कूलाम का नियम (Coulomb's law)

इस नियम के अनुसार, "दो स्थिर बिन्दु आवेशों के बीच लगने वाला वैद्युत बल (आकर्षण या प्रतिकर्षण) उन आवेशो के परिमाणो के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती तथा उनके बीच के दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता हैं।



माना कि q_1 व q_2 आवेश एक दूसरे से r दूरी पर स्थित हैं, तब इनके बीच लगने वाला वैद्युत बल –

$F \times \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ $\quad$ $F \times q_1 q_2$ --------(1)

$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ $\quad$ $F \times \frac{1}{r^2}$ -----------(2)

वायु अथवा निर्वात के लिए-

$K = \frac{1}{4\pi\epsilon^\circ}$ $\quad$ ($\in^\circ$ =वायु , निर्वात की विद्युतशीलता)

$\therefore \mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon^\circ}\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ --------------(3)

पुनः वायु अथवा निर्वात के लिए-

$$K = 9.0 \times 10^9 \frac{N - m^2}{r^2}$$

Tazanotes.com

$\therefore F = 9 \times 10^9 \dfrac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$

यदि दोनों बिन्दु आवेश किसी कुचालक माध्यम (जैसे- कागज, मोम, कांच) में स्थित हो तो-

$F_m = \frac{1}{4\pi \in^\circ K} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ ------------(4)

जहां K= परावैद्युत माध्यम का परावैद्युतांक

समी॰ (3) व (4) से-

$$\frac{F}{F_m} = \frac{\frac{1}{4\pi \in^\circ} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}}{\frac{1}{4\pi \in^\circ K} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}}$$

$\frac{F}{F_m} = K$ या $(F = KF_m)$

$\in^\circ$ का आंकिक मान, मात्रक तथा विमीय सूत्र-

$\in^\circ$ का आंकिक मान

$= 8.85 \times 10^{-2} \dfrac{C^2}{N^{-m^2}}$

$\in^\circ$ का विमीय सूत्र

$= M^{-1} L^{-3} T^4 A^2$

Note:

1. माध्यम का परावैद्युतांक बढ़ने पर वैद्युत बल कम होने लगता है।

Tazanotes.com

2.वैद्युत बल की प्रकृति आकर्षणात्मक अथवा प्रतिकर्षणात्मक होती है।

3.यदि दोनों आवेशित कणों को परस्पर स्पर्श कराकर हटा लिया जाये तो दोनों पर आवेश की मात्रा समान हो जाती है। अतः

$$Q_1 = Q_2 \frac{q_1 + q_2}{2}$$

4.यदि दोनों आवेशों के बीच का माध्यम कोई धातु हो तो k=∞ होने के कारण उनके बीच आकर्षित बल शून्य हो जाता है।

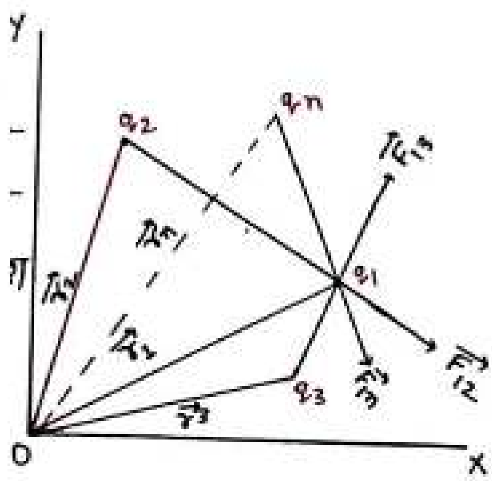
5. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon^{\circ}K} . \frac{q_1 q_2}{r^2}$ में $\epsilon^{\circ}K$ के स्थान पर ϵ° भी लिख सकते है। (जहाँ ϵ परावैद्युत की वैद्युतशीलता है।)

इस प्रकार

$K = \frac{\epsilon}{\epsilon^{\circ}}$

बलो के अध्यारोपण का सिद्धान्त

इस नियम के अनुसार "किसी बिन्दु आवेश पर, अन्य सभी आवेशो के कारण लगने वाला परिणामी बल, उस बिन्दु आवेश पर प्रत्येक आवेश द्वारा लगाए गए सभी बलो का सदिश योग होता है।



$F_1 = F_{12} + F_{13} + \text{-----} + F_{1n}$

Tazanotes.com

माना किसी निकाय मे n आवेश q_1, q_2, q_3 ----q_n उपस्थित हैं तथा q_2, q_3 ----q_n सापेक्ष q_1 के स्थिति सदिश $\vec{r_{12}}, \vec{r_{13}}$ ----$\vec{r_{1n}}$ तो q_1 पर अन्य सभी आवेशो द्वारा लगने वाला वैद्युत बल-

$$\vec{F_{12}} = \frac{1}{4\pi \in_\circ} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2} \widehat{r_{12}}$$

$$\vec{F_{13}} = \frac{1}{4\pi \in_\circ} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{13}^2} \widehat{r_{13}}$$

इस प्रकार

$$\vec{F_{1n}} = \frac{1}{4\pi \in_\circ} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{1n}^2} \widehat{r_{1n}}$$

अध्यारोपण के सिद्धांत से-

$$\vec{F_1} = \vec{F_{12}} + \vec{F_{13}} + ------ \vec{F_{1n}}$$

$$\vec{F_1} = \frac{1}{4\pi \in_\circ} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2} \widehat{r_{12}} + \frac{1}{4\pi \in_\circ} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{13}^2} \widehat{r_{13}} + - -- \frac{1}{4\pi \in_\circ} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{1n}^2} \widehat{r_{1n}}$$

$$\vec{F_1} = \frac{q_1}{4\pi \in_\circ} [\frac{q_2}{r_{12}^2} \widehat{r_{12}} + \frac{q_3}{r_{13}^2} . \widehat{r_{13}} + --- + \frac{q_n}{r_{1n}^2} . \widehat{r_{1n}}]$$

वैद्युत क्षेत्र (Electric Field)

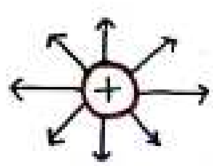
Tazanotes.com

किसी आवेश अथवा आवेशो के समुदाय के चारों ओर का वह क्षेत्र जिसमे किसी अन्य आवेशो को लाने पर उस पर आकर्षण या प्रतिकर्षण बल कार्य करता है, वैद्युत क्षेत्र कहलाता है।

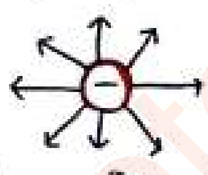
Note- वैद्युत क्षेत्र को वैधुत बल रेखाओ द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

वैद्युत बल रेखाएँ (Electric lines of force)

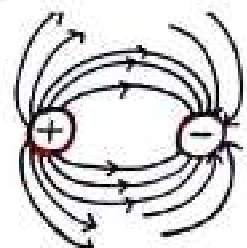
वैधुत बल रेखाएँ, वैद्युत क्षेत्र मे खीचा गया वह काल्पनिक एवं निष्कोण वक्र हैं, जो उस स्थान पर वैद्युत क्षेत्र का अविरल (लगातार) प्रदर्शन करती हैं।



(i) धनावेश की वैद्युत बल रेखाएँ



(ii) ऋणावेश की वैद्युत बल रेखाएँ



(iii) धनावेश एवं ऋणावेश की संयुक्त बल रेखाएँ

वैद्युत बल रेखाओ के गुण (properties of electric lines of force)

- वैधुत बल रेखाएँ धनावेश से निकलकर वक्र बनाती हुई ऋणावेश पर जाकर समाप्त हो जाती हैं।
- दो वैधुत बल रेखाएँ कभी भी एक दूसरे को नहीं काटती। अगर ये काटेगी तो कटान बिन्दु पर दो स्पर्श रेखाएँ होगी अर्थात वैद्युत बल की दो दिशाए होगी जो कि असंभव हैं।
- वैधुत बल रेखाओ का पास - पास होना प्रबल वैद्युत क्षेत्र को तथा वैद्युत बल रेखाओ का दूर - दूर होना दुर्बल बल रेखाओं को प्रदर्शित करता है।

Tazanotes.com

वैद्युत बल रेखाओ एवं चुम्बकीय बल रेखाओ मे क्या अंतर है ?

- वैद्युत बल रेखाएँ धनावेश से निकलकर वक्र बनाती हुई ऋणावेश पर जाकर समाप्त हो जाती है, इस प्रकार वैद्युत बल रेखाएँ बन्द वक्र नहीं बनाती।
- चुम्बकीय बल रेखाएँ एक बन्द वक्र बनाती है।

परीक्षण आवेश (Test charge)

बहुत ही छोटा आवेश जो स्थान पर वैद्युत क्षेत्र को प्रभावित न करे, परीक्षण आवेश कहलाता है।

वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता (Intensity of Electric field)

वैद्युत क्षेत्र मे एकांक परीक्षण आवेश पर लगने वाले वैद्युत बल को वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता कहते है। इसे 'E' से प्रदर्शित करते है।

यदि q_0 परीक्षण आवेश पर लगने वाला वैद्युत बल F हो तो वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता:-

$$E = \frac{F}{q^{\circ}}$$

मात्रक- $\frac{\text{न्यूटन}}{\text{कूलाम}}$ **या** $E = \frac{V}{d}$

राशि:- सदिश राशि

विमीय सूत्र -

E का विमीय सूत्र= $\frac{[MLT^{-2}]}{(AT)}$

$= MLT^{-3}A^{-1}$

बिन्दु आवेश के कारण वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता

माना कि कोई बिन्दु आवेश +q किसी ऐसे परावैद्युत माध्यम मे स्थित हैं, जिसका परावैद्युतांक K है। इससे r दूरी पर कोई बिन्दु p है, जहाँ $+q^{\circ}$ परीक्षण आवेश रखा हुआ है। इसलिए दोनो आवेशो के बीच लगने वाला वैद्युत बल :-

कूलाम के नियम से-

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon^{\circ}K} \quad \frac{q1.q2}{r^2}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon^{\circ}K} \quad \frac{q.q^{\circ}}{r^2} \text{ या } \frac{F}{q^{\circ}} = \frac{1}{4\pi\epsilon^{\circ}K} \quad \frac{q}{r^2}$$

लेकिन $\frac{F}{q^{\circ}} = E$ (वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता)

इसलिए $E = \frac{1}{4\pi\epsilon^{\circ}K} \quad \frac{q}{r^2}$

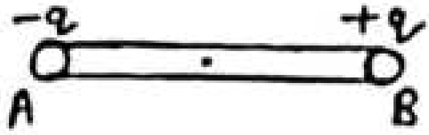
वायु अथवा निर्वात के लिए K=1

$$\therefore E = \frac{1}{4\pi\epsilon^{\circ}} \quad \frac{q}{r^2} \text{ या } E = 9 \times 10^9 \frac{q}{r^2}$$

वैद्युत द्विध्रुव (Electric Dipole)

Tazanotes.com

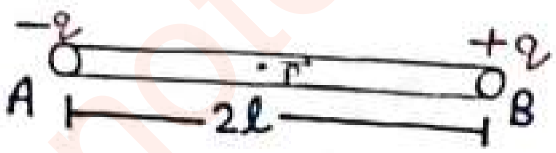
यदि दो बराबर तथा विपरीत आवेश एक दूसरे से अल्प दूरी पर स्थित हो तो इस संरचना को वैधुत विध्रुव कहते हैं।



Ex. = HCl, H_2O, NH_3 etc

वैधुत द्विध्रुव आघूर्ण (Electric Dipole Moment)

वैधुत द्विध्रुव मे किसी एक आवेश का परिमाण तथा दोनो आवेशो के बीच की दूरी के गुणनफल को वैधुत द्विध्रुव आघूर्ण कहते हैं। इसे 'p' से प्रदर्शित करते हैं।



$p = q \times 2l$

मात्रक = कूलाम- मीटर

विमा = [AT] [L]

= [LTA]

राशि = सदिश

दिशा = वैधुत द्विध्रुव की अक्ष के अनुदिश ऋणावेश से धनावेश की ओर।

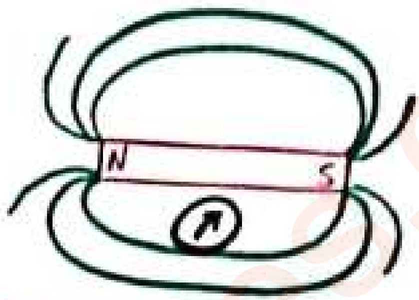
वैधुत द्विध्रुव आघूर्ण के कारण वैधुत क्षेत्र की तीव्रता

Tazanotes.com

गतिमान आवेश और चुंबकत्व

चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic field):-

किसी चुम्बक के चारों ओर का वह क्षेत्र जिसमे चुम्बकीय सुई मे बल - आघूर्ण आरोपित होता है, जिससे चुम्बकीय सुई एक निश्चित दिशा मे आकर ठहरती है, ऐसे क्षेत्र को चुम्बकीय क्षेत्र कहते है।

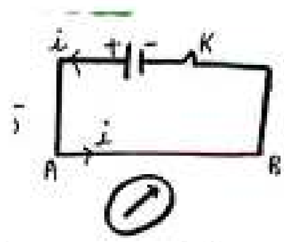


वैधुत धारा का चुम्बकीय प्रभाव

जब किसी चालक मे विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो उस चालक के चारों ओर एक वैधुत क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है, इस घटना को विद्युत धारा का चुम्बकीय प्रभाव कहते है।

ओर्स्टेड का प्रयोग (Oersted's Experiment)

विद्युत धारा के प्रवाह से चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति को स्पष्ट करने के लिए एक बैटरी, कुंजी K और चालक तार AB को सम्बन्धित किया गया और उसके समीप एक चुम्बकीय सुई रखी गई जिससे नि०लि० प्रेक्षण प्राप्त हुए।



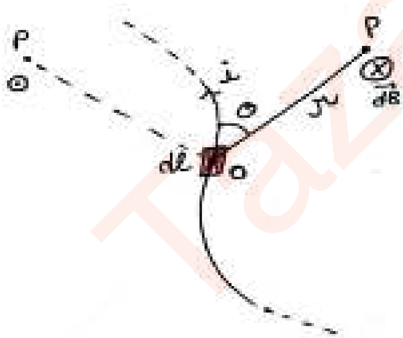
(i) जब तक चालक तार मे धारा प्रवाहित नहीं होती तब तक चुम्बकीय सुई में कोई विक्षेप उत्पन्न नही होता है।

(ii) जैसे ही चालक तार AB में धारा प्रवाहित होती है, वैसे ही चुम्बकीय सुई में विक्षेप उत्पन्न हो जाता है।

(iii) जब धारा की प्रबलता को बढ़ा दिया जाता है तो चुम्बकीय सुई के विक्षेप मे वृद्धि हो जाती है।

(iv) बैटरी की ध्रुवता बदलने पर विक्षेप विपरीत दिशा में होने लगता है अतः चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता एक सदिश राशि है।

धारावाही चालक के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र : बायो-सेवर्ट नियम



अल्पांश *dl* के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता *dB* निम्नलिखित तथ्यों पर निर्भर करती है -

Tazanotes.com

$dB \propto i$ ... (i)

$dB \propto dl$ ... (ii)

$dB \propto \sin\theta$ ... (iii)

$dB \propto \frac{1}{r^2}$ ... (iv)

चारों समीकरणों को संयुक्त करने पर:

$$dB \propto \frac{i \cdot dl \cdot \sin\theta}{r^2}$$

यह संबंध बायो-सेवर्ट नियम कहलाता है।

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl\sin\theta}{r^2}$$

जहां $\frac{\mu_0}{4\pi}$ एक नियतांक है।

या

$$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}\,\mathrm{N/A^2}$$

$$dB = 10^{-7} \cdot \frac{i\,dl\sin\theta}{r^2}$$

μ_0 -> वायु अथवा निर्वात की चुंबकशीलता

सदिश स्वरूप:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cdot dl \cdot r \cdot \sin\theta}{r^3}$$

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,(\vec{dl} \times \vec{r})}{r^3}$$

Tazanotes.com

चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता के मात्रक:

न्यूटन/एम्पियर-मीटर = वेबर/मीटर^2 = टेस्ला = 10^4 गौस

(N/A-m) (Wb/m2)

μ_0 का मात्रक = (न्यूटन/एम्पियर^2)

μ_0 का विमीय सूत्र = $\frac{[MLT^{-2}]}{[A^2]}$

$[MLT^{-2}A^{-2}]$

निर्वात अथवा वायु की चुंबकशीलता ($\mu 0$) तथा विद्युतशीलता ($\epsilon 0$) में संबंध:-

$$\therefore \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}\,\mathrm{N/A^2}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{N/A^2} \quad \cdots \text{(i)}$$

$$\therefore \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9\,\mathrm{N \cdot m^2/C^2}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9}\,\mathrm{C^2/N \cdot m^2} \quad \cdots \text{(ii)}$$

समीकरण (i) और (ii) का गुणा करने पर

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\frac{N}{A^2} \times \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} \times \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

Tazanotes.com

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{9 \times 10^{16}} \times \frac{C^2}{A^2 \cdot m^2}$$

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{9 \times 10^{16}} \left(\frac{C}{A \cdot m}\right)^2 \quad \{C = A \cdot s\}$$

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{(3 \times 10^8)^2} \quad \left(\frac{A \cdot s}{A \cdot m}\right)^2$$

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{(3 \times 10^8 \text{ m/s})^2}$$

$$\mu_0 \times \epsilon_0 = \frac{1}{(3 \times 10^8 \text{ m/s})^2}$$

$$\therefore C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

जहाँ C निर्वात में प्रकाश की चाल

$$\mu_0 \cdot \epsilon_0 = \frac{1}{C^2} \quad \text{या} \quad C^2 = \frac{1}{\mu_0 \cdot \epsilon_0} \Rightarrow C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$$

C की विमा

$$= \frac{1}{\sqrt{[MLT^{-2}A^{-2}][M^{-1}L^{-3}T^4A^2]}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{[L^{-2}T^2]}} \Rightarrow \frac{1}{[L^{-1}T^1]^2} \Rightarrow \frac{1}{[L^{-1}T^1]}$$

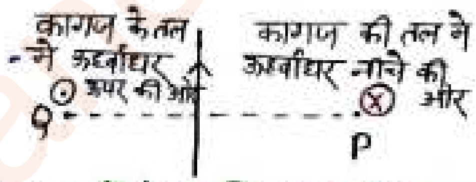
$$\Rightarrow [LT^{-1}]$$

Tazanotes.com

धारावाही चालक के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की दिशा-

धारावाही चालक के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के लिए दो नियम निम्नलिखित हैं।

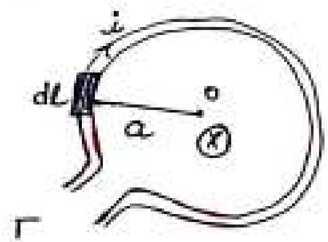
(i) दाये हाथ की हथेली का नियम नं. 1:- (Right hand Palm Rule No. 1)- यदि हम अपने हाथ के पंजे को इस प्रकार से फैलाये कि अंगूठा चालक में प्रवाहित धारा की दिशा मे हो और चारो ऊंगलिया उस बिन्दु की ओर संकेत करे जिस पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात करनी है, तो हथेली के लम्बवत् हथेली से धक्का देने की दिशा चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित करती है।



(ii) मैक्सवेल का दक्षिणावर्ती पेंच नियम (Maxwell's Right-handed Screw Law):- यदि किसी पेंचकस को दाये हाथ में लेकर चारो अंगुलियो और अँगूठे की सहायता से इस प्रकार घुमाये कि पेचकश की नोक प्रवाहित धारा की दिशा में हो तो अँगूठे की चलने की दिशा चुम्बकीय बल रेखाओं की दिशा को प्रदर्शित करती है।

tazanotes.com

धारावाही वृत्ताकार लूप अथवा कुण्डली के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र-



माना किसी तार को *a* त्रिज्या के वृत्त के रूप में मोड़कर उसमें *i* प्रबलता की विद्युत धारा प्रवाहित की जा रही है। हमें इस वृत्ताकार कुण्डली के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र ज्ञात करना है।

अल्पांश *dl* के कारण बिंदु *O* पर चुंबकीय क्षेत्र:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl\,\sin 90^\circ}{a^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl}{a^2} \quad \cdots (i)$$

अब कुण्डली के केंद्र पर परिणामी चुंबकीय क्षेत्र:

$$B = \sum dB = \sum \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\,dl}{a^2}$$

$\{ \sum dl = 2\pi a \}$

$$B = \frac{\mu_0}{2\,4\pi} \cdot \frac{i}{a^2} \times 2\pi a$$

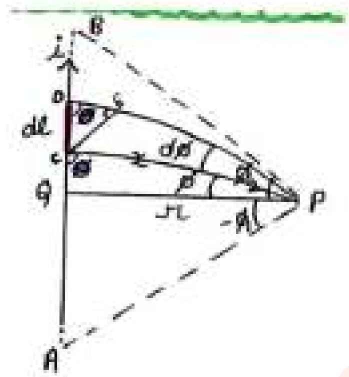
$$\left[B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2a} \right]$$

यदि कुण्डली में फेरों की संख्या *N* है, तो:

Tazanotes.com

$$B = \frac{\mu_0 N i}{2a}$$

अनंत लंबाई के ऋजुरेखीय धारावाही चालक के कारण चुंबकीय क्षेत्र



माना $\angle CPD = d\phi$, $\angle QPC = \phi$,
$\angle CDP = \theta$

$\therefore$ dl अत्यंत अल्प है $\therefore \angle QCP = \theta$

$PQ = r$ & $PC = x$

अल्पांश *dl* के कारण बिंदु *P* पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\, dl \sin(180^\circ - \theta)}{x^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\, dl \sin\theta}{x^2}$$

$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\, CE}{x^2}$ $dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\, x\, d\phi}{x^2}$	$d\phi = \frac{CE}{x}$ $CE = x \cdot d\phi$	समकोण $\triangle CED$ में: $\sin\theta = \frac{CE}{dl}$ $CE = dl \sin\theta$

Tazanotes.com

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i\, d\phi}{r/\cos\phi}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cos\phi\, d\phi}{r}$$

समकोण $\triangle CQP$ में:

$$\cos\phi = \frac{x}{r} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{r}{\cos\phi}$$

अब सम्पूर्ण धारावाही चालक के कारण बिंदु P पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता-

$$B = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} dB \Rightarrow B = \int_{-\phi_1}^{\phi_2} \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cos\phi\, d\phi}{r}$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} \int_{-\phi_1}^{\phi_2} \cos\phi\, d\phi \qquad \int \cos\theta\, d\theta = \sin\theta$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} [\sin\phi]_{-\phi_1}^{\phi_2}$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} (\sin\phi_2 - \sin(-\phi_1)) \qquad \{\sin(-\vartheta) = -\sin\vartheta\}$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} (\sin\phi_2 + \sin\phi_1)$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} (\sin\phi_1 + \sin\phi_2)$$

Case - I: अनंत लंबाई के चालक हेतु

$\phi_1 = \phi_2 = 90^\circ$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} (\sin 90^\circ + \sin 90^\circ)$$

Tazanotes.com

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r}(1+1)$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r} \times 2$$

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$

Case - 2: यदि $\phi_1 = 90°$ & $\phi_2 = 0°$

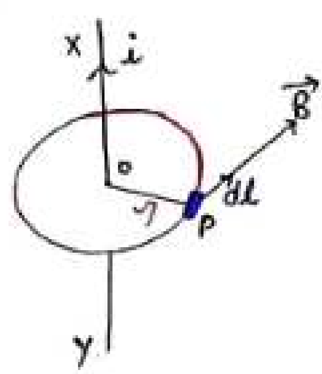
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r}\left(\sin 90° + \sin 0°\right)$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r}(1+0)$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i}{r}$$

ऐम्पियर का परिपथीय नियम (Ampere's Circuital Law)

कथन- किसी बन्द परिपथ की सीमा के अनुदिश चुम्बकीय क्षेत्र (B) का रेखीय समाकलन पथ द्वारा घिरी नेट धारा i का μ_0 गुना होता है।



$$\oint \vec{B}\, \vec{dl} = \mu_0 i$$

Tazanotes.com

उपपत्ति (Proof)- माना कागज के तल के लंबवत तार XY है जिसमें i प्रबलता विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। माना r त्रिज्या का एक वृतीय पथ है जिसका केंद्र O तार पर है। वृतीय पथ के किसी बिंदु P पर चुंबकीय क्षेत्र B का परिमाण:-

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r}$$ ----------(i)

चुंबकीय क्षेत्र B का पथ के अनुदिश रेखीय समाकलन-

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B\, dl\, \cos 0^\circ \quad \{B \text{ और } dl \text{ एक ही दिशा में हैं}\}$$

$= \oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ (cos 0° =1)

समीकरण (i) से,

$$= \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \oint dl$$

$\{\oint dl = 2\pi r\}$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \times 2\pi r$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i$$

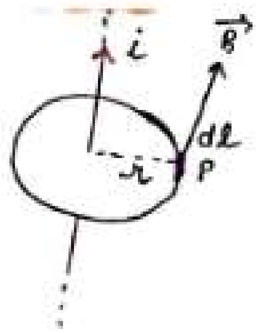
जहाँ μ_0 => निर्वात की चुम्बकशीलता

एम्पियर के नियम के अनुप्रयोग

1. अनंत लंबाई के सीधे धारावाही तार के कारण चुंबकीय क्षेत्र

Tazanotes.com

एम्पियर के परिपथीय नियम से:



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i \quad \{\vec{A} \cdot \vec{B} = AB\cos\theta\}$$

B & dl एक ही दिशा में हैं, तो *ϑ=0*

$$\oint B\, dl \cos 0^\circ = \mu_0 i$$

$$B \oint dl \times 1 = \mu_0\, i$$

$$B \oint dl = \mu_0\, i \quad \{\oint dl = 2\pi r\}$$

$$B \times 2\pi r = \mu_0 \cdot i$$

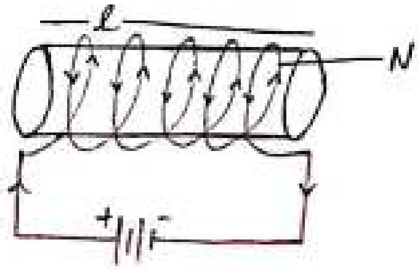
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad \text{or} \quad B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2i}{r}$$

2. धारावाही परिनालिका के कारण चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता

माना परिनालिका की लंबाई *l* तथा इसमें लपेटे गए फेरों की संख्या *N* है।

Fazanotes.com

इसमें *i* प्रबलता की विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है, परिनालिका के केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता *B* अग्रलिखित तथ्यों पर निर्भर करती है:-



1. $B \propto i$ ... (i)
2. $B \propto \frac{N}{l}$ ... (ii)

समीकरण (i) और (ii) को संयुक्त करने पर:

$$B \propto \frac{N \cdot i}{l}$$

$$B = \frac{\mu_0 N i}{l}$$ जहाँ μ_0 एक नियतांक है।

$$\left\{\frac{N}{l} = n\right\}$$

$$B = \mu_0 n i$$

परिनालिका के सिरों पर चुंबकीय क्षेत्र

$B_{\text{किनारे}} = \frac{1}{2} \times$ केंद्र पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता

$$\left[B_{\text{किनारे}} = \frac{1}{2}\mu_0 \, n \, i = \frac{\mu_0 \, n \, i}{2}\right]$$

एक समान चुंबकीय क्षेत्र में गतिमान आवेश पर बल: लारेन्ज बल

Tazanotes.com