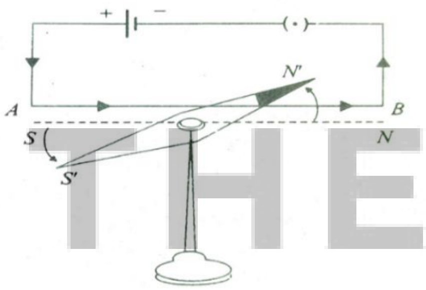
भूमिका

❖ धारा का चुंबकीय प्रभाव : ऐतिहासिक टिप्पणी।

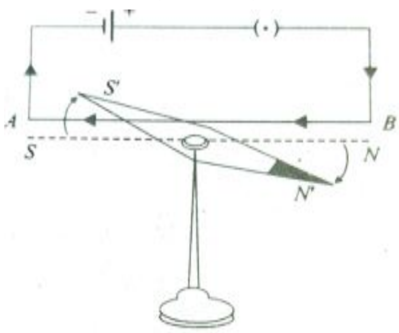
- 18वीं शताब्दी के प्रारम्भ में इटली के दो वैज्ञानिकों डोमीनोको एवं रोमेग्नासी ने यह पाया कि जब किसी चालक तार में धारा प्रवाहित की जाती है तो तार के पास रखो चुम्बकीय सुई विक्षेपित होती है, लेकिन इस घटना पर तत्काल कोई कार्य नहीं हुआ।
- सन् 1820 में Danish वैज्ञानिक ऑरस्टेड ने प्रयोग किए तथा यह बताया कि जब किसी चालक तार में से विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो चालक तार के चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है और इसी कारण चुम्बकीय सुई विक्षेपित होती है
- **ओर्स्टेड का प्रयोग:-** एक स्टैंड पर घूमी हुई चुंबकीय सुई SN पर विचार करें। एक तार AB को सुई SN के समानांतर पकड़ें और इसे एक सेल और एक प्लग-कुंजी से जोड़े करें

ऐसा देखा गया है

1. जब तार को सुई के ऊपर रखा जाता है और धारा दक्षिण से उत्तर की ओर प्रवाहित होती है, तो चुंबकीय सुई का उत्तरी ध्रुव पश्चिम की ओर विक्षेपित हो जाता है



2. जब धारा की दिशा उलट दी जाती है, ताकि वह उत्तर से दक्षिण की ओर प्रवाहित हो, तो चुंबकीय सुई का उत्तरी ध्रुव पूर्व की ओर विक्षेपित हो जाता है



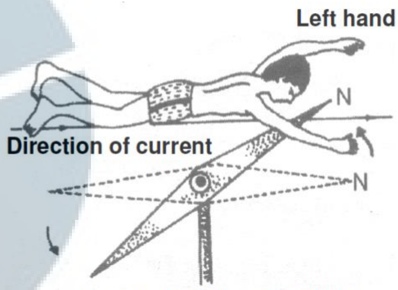
3. जब तार को सुई के नीचे रखा जाता है, तो सुई के विक्षेपण की दिशा पुन:विपरीत होती है
4. जब तार में धारा प्रवाहित होना बंद हो जाता है, तो चुंबकीय सुई वापस अपनी प्रारंभिक स्थिति में आ जाती है।

➢ उपरोक्त प्रयोग से यह पता चला कि **"एक धारावाही चालक अपने चारों ओर एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है।"**

एम्पीयर का तैराकी नियम. यह नियम ओर्स्टेड के प्रयोग में चुंबकीय सुई के विक्षेपण की दिशा की भविष्यवाणी करता है।

इसे इस प्रकार कहा जा सकता है:

कल्पना कीजिए कि एक आदमी तार के साथ धारा के प्रवाह की दिशा में तैर रहा है और उसका चेहरा हमेशा चुंबकीय सुई की ओर है, तो सुई का उत्तरी ध्रुव उसके बाएं हाथ की ओर विक्षेपित हो जाएगा।



Ampere's Swimming Rule

Trick:-SNOW

The letters in SNOW stand for:

S: South, N: North, O: Over, W: West

शब्द की सहायता से भी दिशा को याद किया जा सकता है।

if an electric current is flowing from **S**outh to **N**orth through a conductor and a magnetic compass is placed **O**ver the wire, the compass needle will deflect to the **W**est.

यदि किसी चालक के माध्यम से दक्षिण से उत्तर की ओर विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है और तार के ऊपर एक चुंबकीय कंपास रखा गया है, तो कंपास की सुई पश्चिम की ओर विक्षेपित हो जाएगी।

➢ चुंबकीय क्षेत्र:- चुंबकीय क्षेत्र चुंबक के चारों ओर का वह क्षेत्र है जिसमें चुंबकत्व का प्रभाव महसूस होता है।

स्रोत:-धाराएँ या गतिमान आवेश विद्युत क्षेत्र और चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करते हैं, जिसे $\vec{B}$ द्वारा दर्शाया जाता है।

➢ चुंबकीय क्षेत्र विद्युत क्षेत्र की तरह एक सदिश क्षेत्र है।

➢ चुंबकीय क्षेत्र का प्रतीक $\vec{B}$ or H है I

➢ चुंबकीय क्षेत्र की S I इकाई टेस्ला(T) है

इसे अंतरिक्ष में प्रत्येक बिंदु पर परिभाषित किया गया है और यह समय पर निर्भर हो सकता है। प्रायोगिक तौर पर यह अध्यारोपण (सुपरपोज़िशन) के सिद्धांत का पालन करता हुआ पाया गया है। कई स्रोतों का चुंबकीय क्षेत्र प्रत्येक विशिष्ट स्रोत के चुंबकीय क्षेत्र का सदिश योग है।

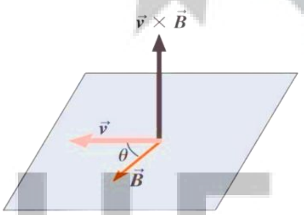
कागज़ के तल से बाहर की ओर निर्गत विद्युत धारा अथवा क्षेत्र (विद्युत अथवा चुंबकीय) को एक बिंदु (⊙) द्वारा व्यक्त किया जाता है। कागज़ के तल में भीतर की ओर जाती विद्युत धारा अथवा विद्युत क्षेत्र को एक क्रॉस (⊗) द्वारा व्यक्त किया जाता है।

❖ **चुंबकीय बल या किसी चुंबकीय क्षेत्र में गतिशील आवेश पर चुंबकीय बल(Magnetic force or FORCE ON A MOVING CHARGE IN A MAGNETIC FIELD)**

जब एक बिंदु आवेश q चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में वेग $\vec{v}$ से इस प्रकार गति करता है कि $\vec{v}$ तथा $\vec{B}$ के साथ कोण θ बनाता है, तो आवेश पर एक बल का अनुभव होगा जिसे चुंबकीय बल कहा जाता है।

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

चुम्बकीय बल का सत्यापन



1. बल चुंबकीय क्षेत्र के परिमाण के समानुपाती होता है।

$$F \propto B ....1$$

2. बल आवेश q के समानुपाती होता है।

$$F \propto q ....2$$

3. बल क्षेत्र B की लंबवत दिशा में वेग v के घटक के समानुपाती होता है|

$$F \propto V\sin\theta ....3$$

समीकरण 1 ,2 एवं 3 से,

$$F \propto BqV\sin\theta$$
$$F = kBqv\sin\theta$$

S.I मात्रक में , k =1

$$F = Bqv\sin\theta$$

सदिश रूप में ,

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

विशेष स्थिति (Special Cases)

Case 1. यदि V =0, तब F=0

इस प्रकार एक स्थिर आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र में किसी भी बल का अनुभव नहीं करता है।

Case 2. यदि $\theta=0°$ और 180°, तब $F=0$

इस प्रकार **चुंबकीय क्षेत्र के समानांतर या प्रतिसमानांतर गति करने वाला आवेशित कण चुंबकीय क्षेत्र में किसी भी बल का अनुभव नहीं करता है।**

Case 3. यदि $\theta=90°$, तब $F = qVB\sin 90°$

$$F = qVB$$

इस प्रकार एक **आवेशित कण जब चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत गति करता है तो उसे अधिकतम बल का अनुभव होता है।**

- **चुम्बकीय क्षेत्र की परिभाषा**

हम जानते है कि,

$$B = \frac{F}{qv\sin\theta}$$

यदि

$q = 1$, $V = 1$ $\theta=90°$

तब $B = F_m$

इस प्रकार किसी बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र को क्षेत्र की दिशा के समकोण पर एक इकाई वेग से गतिमान एक इकाई आवेश पर लगने वाले बल के रूप में परिभाषित किया जा सकता है।

❖ चुम्बकीय क्षेत्र का SI मात्रक

$$B = \frac{F}{qV\sin\theta}$$

यदि

$F = 1N$, $q = 1C$, $V = 1ms^{-1}$ और $\theta = 90°$

तब ,

∴ B का SI मात्रक

$$B = \frac{1N}{1C.1ms^{-1}.\sin 90^0}$$

$$B = \frac{1N}{1A.1m} \quad [\because Cs^{-1} = A]$$

$$B = 1NA^{-1}m^{-1} = 1tesla$$

➢ चुंबकीय क्षेत्र की SI इकाई टेस्ला (T) है।

➢ एक टेस्ला वह चुंबकीय क्षेत्र है जिसमें 1 C का आवेश क्षेत्र के लम्बवत पर $1ms^{-1}$ के वेग से चलते हुए एक न्यूटन के बल का अनुभव करता है।

➢ टेस्ला चुंबकीय की सबसे बड़ी मात्रक है

➢ चुंबकीय क्षेत्र की छोटी मात्रक गॉस(G) है

1 Gauss(गॉस)= 10^{-4} Tesla(टेस्ला)

चुम्बकीय क्षेत्र कि विमा .

$$[B] = \frac{[F]}{[q][V][sin\theta]}$$
$$= \frac{[MLT^{-2}]}{[AT].[LT^{-1}].1}$$
$$= [MT^{-2}A^{-1}]$$

विविध भौतिक परिस्थितियों में चुंबकीय क्षेत्रों के परिमाणों की कोटि

भौतिक परिस्थिति	B का परिमाण (टेस्ला, T में)
न्यूट्रॉन तारे का पृष्ठ	10^8
प्रयोगशाला में प्रातिनिधिक उच्च क्षेत्र	1
छोटे छड़ चुंबक के समीप	10^{-2}
पृथ्वी के पृष्ठ पर	10^{-5}
मानव तंत्रिका तंतु	10^{-10}
अंतरातारकीय दिक्स्थान	10^{-12}

❖ लोरेन्ज बल (LORENTZ FORCE)

किसी ऐसे क्षेत्र में घूम रहे आवेशित कण द्वारा अनुभव किया जाने वाला कुल बल, जहां विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र दोनों मौजूद हैं, लोरेंज बल कहलाता है।

विद्युत क्षेत्र $(\vec{E})$ में एक आवेश (q) विद्युत बल का अनुभव करता है,

$$\vec{F_e} = q\vec{E}$$

यह बल विद्युत क्षेत्र $(\vec{E})$ की दिशा में कार्य करता है और आवेश के वेग से स्वतंत्र होता है।

चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में वेग $\vec{V}$ से गतिमान आवेश (q) द्वारा अनुभव किया जाने वाला चुंबकीय बल इस प्रकार दिया जाता है,

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

यह बल $\vec{v}$ और $\vec{B}$ के तल पर लंबवत कार्य करता है और आवेश के वेग$\vec{v}$ पर निर्भर करता है।

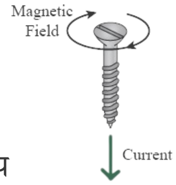
विद्युत और चुंबकीय क्षेत्र दोनों के कारण आवेश q द्वारा अनुभव किया जाने वाला कुल बल, या लोरेंज बल,

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

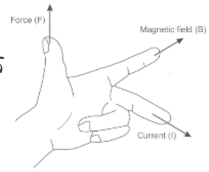
❖ चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत गति करने वाले आवेशित कण पर बल की दिशा ज्ञात करने के नियम।

1.दाएं हाथ के अंगूठे का नियम :- यदि किसी धारावाही चालक तार को दाएं हाथ से इस प्रकार पकड़े की अंगूठा विद्युत धारा की दिशा को प्रदर्शित करें तो मुड़ी हुई उंगलियां चुंबकीय क्षेत्र कीदिशा को प्रदर्शित करती है।

2.मैक्सवेल का कॉर्क पेच नियम :- यदि किसी दक्षिणावर्त कॉर्क पेच को इस प्रकार घुमाया जाए की इसकी नोक चालक में बहने वाला धारा की दिशा में आगे बढ़े तो जिस दिशा में पेच को घुमाने के लिए अंगूठे को घुमाना पड़ता है वह चुंबकीय क्षेत्र की दिशा को व्यक्त करता है।

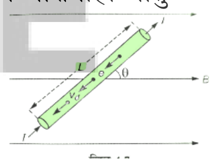


3. फ्लेमिंग के बाएं हाथ का नियम:-फ्लेमिंग के बाएं हाथ के नियम में कहा गया है कि हाथ की तर्जनी, मध्यमा और अंगूठे को इस तरह फैलाएं कि वे एक-दूसरे के परस्पर लंबवत हों। यहां, तर्जनी चुंबकीय क्षेत्र की दिशा को इंगित करती है, मध्यमा उंगली चालक में धारा की दिशा को इंगित करती है, अंगूठा चालक पर लगाए गए बल की दिशा को इंगित करता है।



❖ धारावाही चालक पर चुंबकीय बल(Magnetic force on a current carrying conductor)

माना L लम्बाई तथा A परिच्छेद क्षेत्रफल का धारावाही धातु चालक एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र B में स्थित है। चालक की लम्बाई क्षेत्र की दिशा से θ कोण बनाती है



धारा मुक्त इलेक्ट्रॉनों की गति के कारण होती है। माना इलेक्ट्रॉनों का अनुगमन वेग $\vec{v}_d$ तथा इलेक्ट्रॉन पर आवेश e है। अतः प्रत्येक इलेक्ट्रॉन पर कार्यरत चुम्बकीय बल

$$\vec{F_1} = -e(\vec{v}_d \times \vec{B})$$

बल का परिमाण

$$F_1 = ev_dBsin\theta \dots\dots(i)$$

यदि चालक के प्रति एकांक आयतन में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या n हो तो चालक में कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या nAL होगी। चूँकि प्रत्येक इलेक्ट्रॉन का

अनुगमन वेग समान है अतः प्रत्येक इलेक्ट्रॉन पर कार्यरत चुम्बकीय बल का परिमाण व दिशा समान होगी। अतः पूरे चालक पर कार्यरत चुम्बकीय बल

$$F = (nAL)F_1$$
$$F = (nAL)ev_d B sin\theta$$
$$F = (neAv_d)LBsin\theta \dots\dots (ii)$$

चालक में धारा,

$$I = neAv_d \dots\dots\dots (iii)$$

सभी गतिमान मुक्त इलेक्ट्रॉनों पर यह कुल बल चुंबकीय क्षेत्र में रखे गए धारावाही चालक पर लगने वाला बल का परिमाण ।

समीकरण(ii) एवं (iii)से

$$F = ILBsin\theta$$

सदिश रूप में,

$$\vec{F} = I(\vec{L} \times \vec{B})$$

❖ Special case

i.यदि चालक को चुंबकीय क्षेत्र की दिशा में रखा जाए,तो θ=0°

इसलिए बल $F = 0$

यदि चालक की लम्बाई चुम्बकीय क्षेत्र के समान्तर हो तो चालक पर कार्यरत बल शून्य (अर्थात् न्यूनतम) होगा।

ii. यदि चालक को चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत रखा गया है, तो θ=90°

$$F = BIl.$$

अतः यदि चालक की लम्बाई चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् हो तो चालक पर कार्यरत बल अधिकतम होगा।

❖ एक समान चुंबकीय क्षेत्र में आवेशित कण की गति(MOTION OF A CHARGED PARTICLE IN A UNIFORM MAGNETIC FIELD)

जब एक आवेशित कण जिसका आवेश q और वेग $\vec{v}$ है, चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में प्रवेश करता है, तो उस पर एक बल का अनुभव होता है

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

इस बल की दिशा $\vec{v}$ और $\vec{B}$ दोनों के लंबवत है। इस बल का परिमाण है

$$F = qvBsin\theta$$

निम्नलिखित तीन स्थितियाँ संभव हैं:

i.जब प्रारंभिक वेग चुंबकीय क्षेत्र के समानांतर होता है|

तब

$$\theta = 0° \text{ या } 180°$$

$$F = qvB\, sin0° = 0$$
$$F = 0$$
$$\text{या } F = qvB\, sin180°$$
$$F = 0$$

इस प्रकार समानांतर चुंबकीय क्षेत्र गतिमान आवेशित कण पर कोई बल नहीं लगाता है। आवेशित कण बल रेखा के अनुदिश गति करता रहेगा।

अतः कण का पथ एक सरल रेखा होगी

ii.जब प्रारंभिक वेग चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत हो।

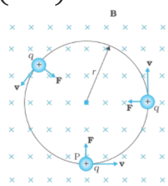
तब $\theta = 90°$

$$F = qvB\, sin90°$$
$$F = qvB = \text{अधिकतम बल}$$

अतः पथ के प्रत्येक बिन्दु पर बल का परिमाण (qvB) नियत होगा तथा बल की दिशा कण के वेग के लम्बवत् होगी। अतः एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में क्षेत्र के लम्बवत् **गतिमान कण का पथ वृत्ताकार होता है**। वृत्ताकार पथ पर गति करने के लिये आवश्यक अभिकेन्द्र बल चुम्बकीय बल से प्राप्त होता है।

माना r वृत्ताकार पथ की त्रिज्या है।

$$\text{अभिकेन्द्रीय बल}(C) = \text{चुम्बकीय बल } (Fm)$$



$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$
$$r = \frac{mv}{qB}$$

यदि कण का संवेग P हो तो

$$p = mv$$
$$\therefore \quad r = \frac{p}{qB}$$

अतः कण के वृत्ताकार पथ की त्रिज्या कण के संवेग के अनुक्रमानुपाती होती है।

वृतीय पथ पर कण का परिक्रमण काल

$$\text{परिक्रमण काल} = \frac{\text{वृत्त की परिधि}}{\text{चाल}}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

r का मान रखने पर ,

$$T = \frac{2\pi}{v}\left(\frac{mv}{qB}\right)$$
$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

स्पष्टतः, समयावधि(परिक्रमण काल) v और r से स्वतंत्र है। यदि कण तेजी से चलता है, तो त्रिज्या बड़ी होती है, उसे एक

बड़े वृत्त के साथ चलना पड़ता है ताकि लगने वाला समय समान हो।

परिक्रमण की आवृत्ति $f_c/\nu = \frac{1}{T}$

$$\nu = \frac{qB}{2\pi m}$$

इस आवृत्ति को साइक्लोट्रॉन आवृत्ति कहा जाता है।

यदि कण कि कोणीय आवृति ω हो तो ,

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$\omega = 2\pi \times \frac{qB}{2\pi m}$$

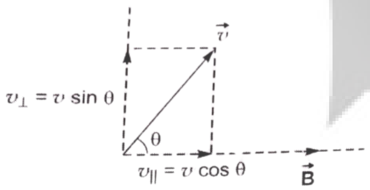
$$\omega = \frac{qB}{m}$$

iii. जब कण के वेग व चुम्बकीय क्षेत्र के बीच बने कोण का मान 0°, 180° अथवा 90° से भिन्न है –

इस स्थिति में वेग $\vec{v}$ को दो घटकों में वियोजित किया जा सकता है -

i क्षेत्र B के समान्तर घटक $v_{||} = v\cos\theta$

ii क्षेत्र B के लम्बवत् घटक $v_{\perp} = v\sin\theta$

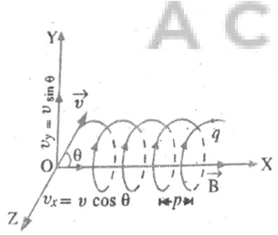


समान्तर घटक $(v_{||})$ के कारण कण का पथ ऋजुरेखीय रहता है जबकि लम्बवत् घटक $(v_{\perp})$ के कारण वृत्तीय हो जाता है। इन दोनों का परिणामी पथ एक कुण्डलिनी (helix) के रूप में प्राप्त होता है जिसकी अक्ष चुम्बकीय क्षेत्र के समान्तर होती है। कुण्डलिनी में वृत्त का तल क्षेत्र के लम्बवत् होता है।

अब

वृताकार पथ कि त्रिज्या ,

$$r = \frac{mv\sin\theta}{qB}$$



कण का आवर्तकाल,

$$T = \frac{2\pi r}{v\sin\theta}$$

$$T = \frac{2\pi}{v\sin\theta} \times \frac{mv\sin\theta}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

आवर्तकाल आवेशित कण के वेग पर निर्भर नहीं करता |

आवृति $\nu = \frac{1}{T}$

$$\nu = \frac{qB}{2\pi m}$$

इस स्थिति में, आवेशित कण वेग के क्षैतिज घटक $((v\cos\theta)$ के कारण चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा के अनुदिश तथा साथ ही वेग $(v\sin\theta)$ घटक के कारण वृत्ताकार पथ पर गति करता है।

अतः कण का परिणामी पथ सर्पिलाकार होता है जिसका अक्षीय $\vec{B}$ क्षेत्र के समानान्तर होता है।

एक घूर्णन के दौरान कण द्वारा तय की गई रेखीय दूरी सर्पिल की पिच (Pitch) कहलाती है,अर्थात्

$$p = (v\cos\theta) \times T$$

$$p = v\cos\theta \times \frac{2\pi m}{qB}$$

$$p = \frac{2\pi m v\cos\theta}{qB}$$

❖ संयुक्त विद्युत क्षेत्र तथा चुम्बकीय क्षेत्र में गति (MOTION IN COMBINED ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS)

❖ वेग वरणकर्ता

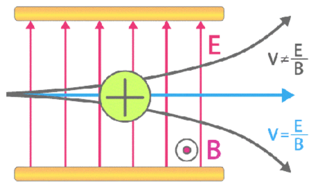
☞ वेग वरणकर्ता एक ऐसा क्षेत्र है जहां हम एक समान विद्युत क्षेत्र और एक चुंबकीय क्षेत्र पाते हैं।

☞ इसे विल्हेम वियेन के नाम पर वियेन फिल्टर के नाम से भी जाना जाता है, जिन्होंने एनोड किरणों के अध्ययन के लिए इसे 1898 में विकसित किया था।

➢ वेग फिल्टर अथवा वेग वरणकर्ता (Velocity Selector)-"एक ही क्षेत्र में साथ-साथ परस्पर लम्बवत् कार्य करने वाले वैद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्र की एक ऐसी व्यवस्था जो विभिन्न वेगों से गतिमान आवेशित कणों के पुंज में से एक निश्चित वेग के आवेशित कणों को पृथक्

करने के लिए प्रयुक्त की जाती है, वेग फिल्टर अथवा वेग वरणकर्ता कहलाती है।"

- परस्पर लम्बवत् वैद्युत एवं चुम्बकीय क्षेत्र क्रॉसित क्षेत्र कहलाते हैं।



वेग वरणकर्ता सूत्र

वेग वरणकर्ता के लिए, विद्युत क्षेत्र और चुंबकीय क्षेत्र एक समान होने चाहिए।

विद्युत क्षेत्र में कोई भी आवेश बल का अनुभव करेगा

$F = qE$

इसी प्रकार, चुंबकीय क्षेत्र के प्रभाव में कण द्वारा अनुभव किया जाने वाला बल है $F = qvB$.

जब दो बल विपरीत दिशाओं में समान परिमाण में हों

$$\therefore \quad F_e = F_m$$

$$q\,E = q\,v\,B$$

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

यह वेग वरणकर्ता के लिए आवश्यक वेग का सूत्र है।

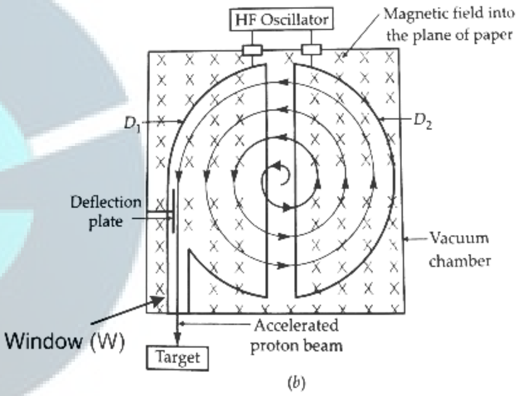
- इसका उपयोग त्वरक द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमेट्री में आवेशित कणों को उनके वेग के आधार पर चुनने के लिए किया जाता है।
- जे.जे. थॉमसन ने 1897 में एक इलेक्ट्रॉन के आवेश-द्रव्यमान अनुपात (e/m) को मापने के लिए वेग वरणकर्ता के सिधांत का प्रतिपादन किया |
- **स्पेक्ट्रोमीटर - एक उपकरण जो आवेशित कणों (आमतौर पर आयनों) को उनके द्रव्यमान और आवेश अनुपात के अनुसार अलग करता है।**

❖ साइक्लोट्रोन(Cyclotron)

साइक्लोट्रोन एक प्रकार का युक्ति है जो उच्च उर्जा के द्वारा धनावेशित कण जैसे *Protons, Deuterons,* ∝-कण *etc* को त्वरित करने में प्रयोग किया जाता है |

- इसका आविष्कार ई.ओ.लॉरेंस और एम.एस.लिविंगस्टन ने 1932 में बर्कले, कैलिफोर्निया विश्वविद्यालय में किया था।

सिद्धांत:- एक आवेशित कण को मध्यम विद्युत क्षेत्र से कई बार गुजारकर बहुत अधिक ऊर्जा तक त्वरित किया जा सकता है। यह एक लंबवत चुंबकीय क्षेत्र की सहायता से किया जा सकता है जो आवेशित कण को वृताकार गति कराता है, जिसकी आवृत्ति कण की गति और वृताकार कक्षा की त्रिज्या पर निर्भर नहीं करती है।



(b)

❖ साइक्लोट्रॉन का रचना:-

इसमें निम्नलिखित मुख्य भाग होते हैं

1. इसमें दो छोटे खोखले धात्विक अर्ध-गोलाकार D_1 और D_2 होते हैं जिन्हें डीज कहा जाता है क्योंकि वे D के आकार के होते हैं।

2.ये एक निर्वात कक्ष के अंदर एक शक्तिशाली विद्युत चुम्बक के ध्रुवों के बीच लगे होते हैं |

3.डीज़ कुछ सौ किलोवोल्ट के उच्च आवृत्ति वाले प्रत्यावर्ती वोल्टेज के स्रोत से जुड़े होते हैं।

4. त्वरित किए जाने वाले आवेशित कणों की किरण को चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत तल में, उनके केंद्र में डीज में अन्त:क्षेपण (इंजेक्ट) किया जाता है।

5. आवेशित कणों को एक विक्षेपक प्लेट (जो ऋणात्मक रूप से आवेशित होती है) द्वारा खिड़की *W* के माध्यम से डीज़ से बाहर निकाला जाता है।

6. पूरा उपकरण उच्च निर्वात (दबाव ~10^{-6} mm Hg) में होता है ताकि हवा के अणु बने रहें और आवेशित कणों से न टकराएं।

कार्यविधि:- मान लीजिए एक धनावेशित कण (एक प्रोटॉन) दो डीज़ के बीच के अन्तराल में प्रवेश करता है और डीज D_1 को ऋणात्मक पाता है। यह धनावेशित कण डीज D_1 की ओर त्वरित हो जाता है। जैसे ही यह डीज D_1 में प्रवेश करता है, धात्विक डीज के परिरक्षण प्रभाव के कारण इसे किसी भी विद्युत क्षेत्र का अनुभव नहीं होता है। लंबवत चुंबकीय क्षेत्र इसे एक वृताकार पथ में फेंक देता है। जैसे ही प्रोटॉन डीज D_1 से बाहर आता है, वह डीज D_1 को धनात्मक और डीज D_2 को ऋणात्मक पाता है। यह अब डीज D_2 की ओर त्वरित हो जाता है। यह पहले की तुलना में बड़े अर्धवृत्त का अनुसरण करते हुए D_2 के माध्यम से तेजी से आगे बढ़ता है। इस प्रकार यदि आरोपित वोल्टेज की आवृत्ति को प्रोटॉन की परिक्रमण की आवृत्ति के समान रखा जाता है, तो हर बार प्रोटॉन दोनों के डीज के अन्तराल तक पहुंच जाता है। विद्युत क्षेत्र उलट जाता है और प्रोटॉन को एक दबाव मिलता है और अंततः यह बहुत अधिक ऊर्जा प्राप्त कर लेता है। इसे साइक्लोट्रॉन की अनुनाद स्थिति कहा जाता है। प्रोटॉन एक सर्पिल पथ का अनुसरण करता है। त्वरित प्रोटॉन विक्षेपित वोल्टेज द्वारा खिड़की से बाहर निकलता है और लक्ष्य से टकराता है।

❖ सिद्धांत:- मान लीजिए कि आवेश q और द्रव्यमान m का एक कण चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में वेग $\vec{v}$ के साथ प्रवेश करता है। कण एक वृत्ताकार पथ का अनुसरण करता है,जिसके लिए आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल चुंबकीय क्षेत्र द्वारा प्रदान किया जाता है।

इसलिए,

आवेश q पर चुंबकीय बल = आवेश q पर अभिकेन्द्रीय बल

$$qvB\sin\theta = \frac{mv^2}{r}$$

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

आवेशित कण की परिक्रमण अवधि ,

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$T = \frac{2\pi}{v}\cdot\frac{mv}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

अतः कण की परिक्रमण आवृत्ति होगी,

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$\nu = \frac{qB}{2\pi m}$$

स्पष्टतः, यह आवृत्ति कण के वेग और कक्षा की त्रिज्या दोनों से स्वतंत्र होती है और इसे साइक्लोट्रॉन आवृत्ति या चुंबकीय अनुनाद आवृत्ति कहा जाता है।

त्वरित आयनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा:-

आयन डीज़ की परिधि के निकट अधिकतम वेग प्राप्त करेंगे। यदि V आयनों द्वारा अर्जित अधिकतम वेग है और r आयनों की त्रिज्या है

तब $$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

$$v = \frac{qBr}{m}$$

आयनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा होगी

$$k = {}^1/_2\, mv^2$$

$$k = \frac{1}{2}m\left(\frac{qBr}{m}\right)^2$$

$$k = \frac{q^2B^2r^2}{2m}$$

यह साइक्लोट्रॉन में आवेशित कण का अधिकतम गतिज ऊर्जा का व्यंजक है |

❖ साइक्लोट्रॉन के उपयोग(Uses of cyclotron)

1.साइक्लोट्रॉन में उत्पन्न उच्च ऊर्जा कणों का उपयोग नाभिक पर बमबारी करने और परिणाम का अध्ययन करने

के लिए किया जाता है और परमाणु संरचना की जांच की जाती है।

2. उच्च ऊर्जा कणों का उपयोग टकराव द्वारा अन्य उच्च ऊर्जा कणों, जैसे न्यूट्रॉन, का उत्पादन करने के लिए किया जाता है।इन तीव्र न्यूट्रॉनों का उपयोग परमाणु रिएक्टर में किया जाता है।

3. इसका उपयोग आयनों को ठोस पदार्थों में प्रत्यारोपित करने और संशोधित करने के लिए किया जाता है उनके गुण या यहां तक कि नई सामग्रियों का संश्लेषण भी करते हैं।

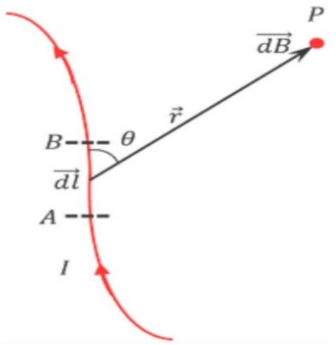
4. इसका उपयोग रेडियोधर्मी आइसोटोप का उत्पादन करने के लिए किया जाता है निदान और उपचार के लिए अस्पतालों में उपयोग किया जाता है।

❖ विधुत धारा अवयव के कारण चुम्बकीय क्षेत्र,

बायो सावर्ट नियम(MAGNETIC FIELD DUE TO A CURRENT ELEMENT, BIOT-SAVART LAW)

बायोट-सावर्ट नियम एक समीकरण है जो **धारा वही चालक तार द्वारा बनाए गए चुंबकीय क्षेत्र का वर्णन करता है,** और विभिन्न बिंदुओं पर इसकी तीव्रता की गणना करता है।

माना कि एक धारा वाही चालक XY के $(d\vec{l})$ है जिसमें धारा I प्रवाहित हो रहा है। मान लीजिए कि P वह बिंदु है जहां अल्पांश के कारण चुंबकीय क्षेत्र की गणना की जानी है। माना अल्पांश $(d\vec{l})$ के सापेक्ष बिंदु P का स्थिति सदिश $(\vec{r})$ है। माना कि उनके बीच का कोण θ है।



बायो-सावर्ट नियम के अनुसार:-

1. चुंबकीय क्षेत्र $(d\vec{B})$ का परिमाण चालक से प्रवाहित होनी वाली धारा I के समानुपाती होता है,

$$d\vec{B} \propto I \ldots\ldots\ldots\ldots.1$$

2. चुंबकीय क्षेत्र $(d\vec{B})$ का परिमाण चालक अल्पांश के dl समानुपाती होता है,

$$d\vec{B} \propto dl \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.2$$

3.चुंबकीय क्षेत्र $(d\vec{B})$ का परिमाण $\sin\theta$ के समानुपाती होता है,

$$d\vec{B} \propto \sin\theta \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.3$$

4. चुंबकीय क्षेत्र $(d\vec{B})$ का परिमाण अल्पांश से बिंदु P की दूरी (r) वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

$$d\vec{B} \propto \frac{1}{r^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots.4$$

इन चारों कारकों को मिलाने पर,

$$dB \propto \frac{I\,dl\sin\theta}{r^2}$$

$$dB = k\frac{I\,dl\sin\theta}{r^2}$$

आनुपातिकता स्थिरांक k मध्यम पर निर्भर करता है।

मुक्त स्थान के लिए और $S.I$ में,

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

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

और, $k = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}TmA^{-1}$ ($Wbm^{-1}A^{-1}$)

यहाँ μ_0 एक स्थिरांक है जिसे मुक्त स्थान की चुम्बकशीलता कहा जाता है।

बायो-सावर्ट नियम का सदिश रूप,

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}$$

$$(|d\vec{l}\times\hat{r}| = dl\sin\theta)$$

❖ बायोट-सावर्ट नियम की कूलम्ब के नियम से तुलना।

बायोट-सावर्ट नियम और कूलम्ब के नियम के बीच समानता:

1.दोनों क्षेत्र दूरी के वर्ग व्युत्क्रम नियम पर निर्भर करते हैं।

2. दोनों लंबी दूरी के क्षेत्र यानी दीर्घ परासी हैं।

3. दोनों अध्यारोपण (सुपरपोजिशन) का सिद्धांत का पालन करता है |

4. दोनों माध्यम पर निर्भर करता है |

5.दोनों का स्रोत रैखिक है |

बायोट-सावर्ट नियम और कूलम्ब के नियम के बीच अंतर(Difference between Biot-Savart law and Coulomb's law):

S.l. no.	**बायो-सावर्ट नियम**	**कूलम्ब का नियम**
1.	चुंबकीय क्षेत्र एक सदिश स्रोत द्वारा उत्पन्न होता है अर्थात ,अल्पांश धारा $I\,d\vec{l}$ से.	स्थिरवैद्युत क्षेत्र एक अदिश स्रोत अर्थात , विद्युत आवेश द्वारा उत्पन्न होता है|
2.	बायोट-सावर्ट का नियम कोण पर निर्भर है। अर्थात् किसी बिंदु पर धारा अल्पांश के कारण चुंबकीय क्षेत्र धारा अल्पांश के बीच के कोण पर निर्भर करता है,अर्थात $(I\,d\vec{l})$ और अवलोकन बिंदु का स्थिति सदिश $(\vec{r})$	कूलम्ब का नियम कोण स्वतंत्र है। अर्थात् दो बिंदु आवेशों के बीच स्थिरवैद्युत बल कोण पर निर्भर नहीं करता।
3.	बायो-सावर्ट का नियम मुक्त स्थान की पारगम्यता (μ_0) को ध्यान में रखता है।	कूलम्ब का नियम मुक्त स्थान की पारगम्यता (ε_0) को ध्यान में रखता है।

प्र. μ_0, ε_0 और C के बीच संबंध लिखिए।

हम वह जानते हैं

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2C^{-1} \text{ ....(i)}$$

तथा $$\mu_0 = 10^{-7} \times 4\pi\, TmA^{-1} \text{....... (ii)}$$

समीकरण (ii)में (i) से भाग देने पर,

$$\frac{\mu_0}{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}} = \mu_0 \times 4\pi\varepsilon_0 = 10^{-7} \times 4\pi \times \frac{1}{9 \times 10^9}$$

$$\mu_0 \times \varepsilon_0 = \frac{10^{-7}}{4\pi} \times 4\pi \times \frac{1}{9 \times 10^9}$$

$$\therefore \quad \mu_0 \times \varepsilon_0 = 10^{-7} \times \frac{1}{9\times10^9}$$

$$\mu_0 \times \varepsilon_0 = \frac{1}{9\times10^{16}} = \frac{1}{(3\times10^8)^2}$$

$$\mu_0 \times \varepsilon_0 = \frac{1}{(3 \times 10^8)^2}$$

लेकिन 3×10^8 ms^{-1} = निर्वात में प्रकाश कि चाल (C)

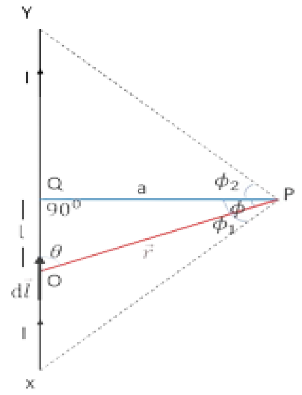
$$\therefore \quad \mu_0\varepsilon_0 = \frac{1}{C^2}$$

$$C^2 = \frac{1}{\mu_0\varepsilon_0}$$

$$c = \sqrt{\frac{1}{\mu_0\varepsilon_0}}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$$

❖ **लंबे सीधे धारावाही चालक के कारण चुंबकीय क्षेत्र.(बायोट-सावर्ट नियम का अनुप्रयोग)(MAGNETIC FIELD DUE TO A LONG STRAIGHT CURRENT CARRYING CONDUCTOR) (Application of Biot- savart law)**:-धारा I प्रवाहित करने वाले एक सीधे चालक XY पर विचार करें। हम बिंदु P पर इसका चुंबकीय क्षेत्र ज्ञात करना चाहते हैं, जिसकी तार से लंबवत दूरी a है, अर्थात $PQ = a$



$d\vec{l}$ लम्बाई के अल्प धारावाही अल्पांश कि कल्पना कीजिए,जिसकी लम्बाई O सेQ ,L है अर्थात $OQ = L.$

माना कि धारा अल्पांश dl और बिंदु P के बीच स्थिति सदिश $\vec{r}$ तथा अल्पांश dl और r के बीच का कोण θ है |

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl\sin\theta}{r^2}........(i)$$

समकोण Δ OQP से,

$$\theta + \phi = 90^0$$

$$\theta = 90^0 - \phi$$

$$\sin\theta = \sin(90^0 - \phi) = \cos\phi$$

फिर भी, $\cos\phi = \frac{a}{r}$

$$r = \frac{a}{\cos\phi} = a\frac{1}{\cos\phi} = a\sec\phi$$

$$\tan\phi = \frac{l}{a}$$

$$\therefore \quad l = a\tan\phi$$

अवकलन करने पर हमें प्राप्त होता है,

$$dl = a\sec^2\phi\,d\phi$$

तब समी. (i) में ,

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I(a\sec^2\phi\,d\phi)\cos\phi}{a^2\sec^2\phi}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi\,d\phi$$

इसलिए पूरे चालक के कारण बिंदु P पर कुल क्षेत्र $\vec{B}$ उपरोक्त समीकरण को सीमा - ϕ_1 और ϕ_2 के साथ समाकलन करके प्राप्त किया जा सकता है।

$$\int dB = \int_{-\phi_1}^{\phi_2}\frac{\mu_0 I}{4\pi a}\cos\phi\,d\phi$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}\int_{-\phi_1}^{\phi_2}\cos\phi\,d\phi$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}[\sin\phi]_{-\phi_1}^{\phi_2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}[\sin\phi_2 - \sin(-\phi_1)]$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}[\sin\phi_2 + \sin\phi_1]$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}[\sin\phi_1 + \sin\phi_2]$$

यह समीकरण तार के सिरों द्वारा अवलोकन बिंदु पर अंतरित कोणों के संदर्भ में एक परिमित तार के कारण चुंबकीय क्षेत्र देता है।

❖ विशेष स्थितियां

1. यदि चालक XY अनंत रूप से लंबा है और बिंदु P चालक(कंडक्टर) के मध्य के पास स्थित हो तो ,

$$\phi_1 = \phi_2 = \frac{\pi}{2} = 90°$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}[\sin 90° + \sin 90^0]$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}[1 + 1]$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

2. यदि चालक XY अपरिमित रूप से लंबा है लेकिन बिंदु P अंत Y या X के निकट स्थित है,

तब

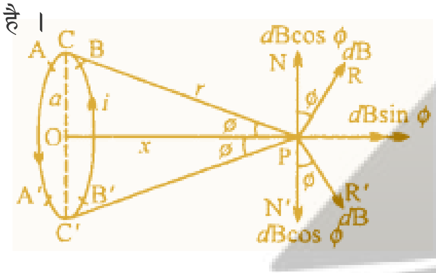
$$\phi_1 = 90^0 \text{ और } \phi_2 = 0^0$$

$$\therefore \quad B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}[\sin 90^0 + \sin 0^0]$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}$$

❖ एक वृत्ताकार धारा पाश/लूप की अक्ष पर चुंबकीय क्षेत्र(बायोट-सावर्ट नियम का अनुप्रयोग) MAGNETIC FIELD ON THE AXIS OF A CIRCULAR CURRENT LOOP (Application of Biot-savart law)

माना a त्रिज्या के वृताकार लूप में I धारा प्रवाहित हो रही है | हमें केंद्र O से दूरी x पर एक अक्षीय बिंदु P पर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात करनी है ।



तब बायोट-सावर्ट नियम से, dl धारा अल्पांश के कारण बिंदु P पर चुम्बकीय क्षेत्र है

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

$\because \quad dl \perp r \quad \therefore \quad \theta = 90^0$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}$$

अल्पांश AB के कारण dB को दो आयताकार घटकों में विघटित किया जा सकता है।

1 . $dB\ sin\ \phi$ (OP या अक्ष के अनुदिश)

2. $dB\ cos\ \phi$ (PN के अनुदिश या अक्ष के लंबवत)

पुनः अल्पांश $A'B'$ के कारण dB को दो आयताकार घटकों में विघटित किया जा सकता है।

1 .$dBsin\ \phi$ (OP या अक्ष के अनुदिश)

2.$dB\ cos\ \phi$ (PN' के अनुदिश या अक्ष के लंबवत)

लूप की अक्ष के लंबवत घटक ($dB\ cos\ \phi$) बराबर और विपरीत होंगे और निरस्त हो जाएंगे।

उनके अक्षीय घटक($dBsin\ \phi$) एक ही दिशा में होंगे, यानी OP के दिशा वाला जुड़ जाएंगे।

$\therefore$ OP की दिशा में बिंदु P पर कुल चुंबकीय क्षेत्र है

$$B = \int dB\sin\phi$$

लेकिन $\qquad \sin\phi = \frac{a}{r}$

तथा $\qquad dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}$

$\therefore \qquad B = \int \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl}{r^2}\cdot\frac{a}{r}$

$$B = \int \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dla}{r^3}$$

चूँकि μ_0 और I नियत हैं, और r और a वृत्ताकार लूप पर सभी बिंदुओं के लिए समान हैं,

$$B = \frac{\mu_0 Ia}{4\pi r^3}\int dl$$

लेकिन $\int dl$= वृत्त कि परिधि $= 2\pi a$

$\therefore \qquad B = \frac{\mu_0 Ia}{4\pi r^3}\cdot 2\pi a$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2\pi Ia^2}{r^3}$$

लेकिन $\quad r = \sqrt{a^2+x^2} \quad = r = (a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2\pi Ia^2}{(a^2+x^2)^{3\cdot\frac{1}{2}}} \qquad B = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2\pi Ia^2}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

या $\qquad B = \frac{\mu_0 Ia^2}{2(a^2+x^2)^{3/2}}$

यदि कुंडली में N लपेट हैं, तो

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2\pi NIa^2}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} \ldots\ldots\ldots (i)$$

या $\qquad B = \frac{\mu_0 NIa^2}{2(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 Ia^2}{2(r^2+x^2)^{3/2}}\ \hat{\imath}$$

❖ विशेष स्थिति

1. धारा लूप के केंद्र पर, $x = 0$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2\pi NIa^2}{(a^2+0^2)^{\frac{3}{2}}}$$

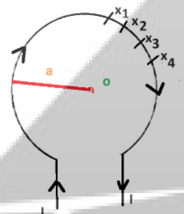
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2\pi N I a^2}{(a^3)}$$

या $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi N I}{a}$

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

❖ धारावाही वृताकार लूप या पाश के केंद्र पर चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic field at the centre of a current carrying circular loop)

माना की एक वृतीय *loop* है जिसकी त्रिज्या a है जिसमे प्रवाहित धारा I है जिसकी अल्पांश x_1, x_2, x_3 एवं x_4 है |



बायोट-सावर्ट नियम से

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

कुंडली के अल्पांश पर $\theta = 90°$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I\, dl}{r^2}$$

$$\because r = a$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I\, dl}{a^2}$$

अल्पांश x_1, x_2 के लिए

$$dB_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I x_1 x_2}{a^2}$$

अल्पांश x_2, x_3 के लिए

$$dB_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I x_2 x_3}{a^2}$$

... ...

....

परिणामी चुम्बकीय क्षेत्र

$$B = dB_1 + dB_3 + \ldots\ldots\ldots$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I x_1 x_2}{a^2} + \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I x_2 x_3}{a^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a^2} [x_1 x_2 + x_2 x_3]$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a^2} [2\pi a]$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2a}$$

यदि फेरों की संख्या N हो तो,

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

❖ एम्पीयर का परिपथीय नियम(AMPERE'S CIRCUITAL LAW)

एम्पीयर का परिपथीय नियम चुंबकीय क्षेत्र B के रेखीय समाकलन और इस क्षेत्र को उत्पन्न करने वाली कुल धारा I के बीच एक संबंध देता है।

एम्पीयर के परिपथीय नियम के अनुसार

‘किसी भी बंद परिपथ के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ का रेखीय समाकलन, इस बंद परिपथ से गुजरने वाली कुल धारा I के μ_0 (पारगम्यता स्थिरांक) गुना के बराबर है ”

गणितीय रूप में $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$

जहां

μ_0 = निर्वात कि पारगम्यता ($i.e.$, $4\pi \times 10^{-4}\ TmA^{-1}$)

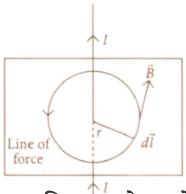
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ = एक बंद पथ के चारों ओर $\vec{B}$ की रेखा समाकलन

साधारण रूप में , एम्पीयर का परिपथीय नियम बताता है कि यदि क्षेत्र $\vec{B}$ एक बंद वक्र की परिधि L पर प्रत्येक बिंदु की स्पर्श रेखा के अनुदिश निर्देशित है और इसका परिमाण वक्र के अनुदिश स्थिर है

तब $BL = \mu_0 I$

जहां I बंद परिपथ से घिरा कुल धारा है। बंद वक्र को एम्पीयर लूप कहा जाता है जो एक ज्यामितीय इकाई है न कि वास्तविक तार लूप।

प्रमाण



माना कि एक अनंत लंबे सीधे चालक में I धारा प्रवाहित हो रही है। बायोट-सावर्ट नियम के अनुसार, इससे दूर r बिंदु पर धारा प्रवाहित करने वाले चालक के कारण चुंबकीय क्षेत्र B का परिमाण इस प्रकार दिया जाता है $\quad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

क्षेत्र $\vec{B}$ तार को केंद्र मानकर त्रिज्या r वाले वृत्त की परिधि के अनुदिश निर्देशित है। क्षेत्र $\vec{B}$ का परिमाण वृत्त पर सभी बिंदुओं के लिए समान है। वृत्त के अनुदिश चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ के रेखीय समाकलन का परिकलन करने के लिए, हम वृत्त के अनुदिश एक छोटे धारा अल्पांश $d\vec{l}$ पर विचार करते हैं। वृत्त के प्रत्येक बिंदु पर, $\vec{B}$ और $d\vec{l}$ दोनों वृत्त के स्पर्शरेखा हैं ताकि उनके बीच का कोण शून्य हो।

$$\therefore \qquad \vec{B}\cdot d\vec{l} = Bdl\cos 0^0 = Bdl$$

अतः वृत्ताकार पथ के अनुदिश चुंबकीय क्षेत्र का रेखीय समाकलन है

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \oint B\,dl = B\oint dl$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.l$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.2\pi r$$

$$\therefore \qquad \oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I \qquad (H.P.)$$

इससे एम्पीयर का नियम सिद्ध होता है।

❖ **परिनालिका तथा टोरॉइड(THE SOLENOID AND THE TOROID)**

➢ परिनालिका तथा टोरॉइड ऐसे दो उपकरण हैं जो चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करते हैं।

➢ सिंक्रोट्रॉन में आवश्यक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करने के लिए इन दोनों का संयुक्त रूप से उपयोग किया जाता है।

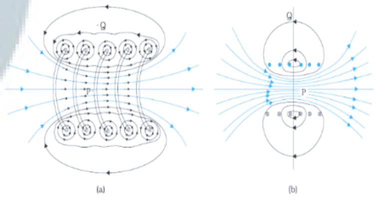
➢ परिनालिका तथा टोरॉइड दोनों में ही हमें उच्च सममिति की ऐसी स्थिति देखने को मिलती है जिनमें ऐम्पियर- नियम आसानी से लागू किया जा सकता है।

❖ परिनालिका:- परिनालिका का अर्थ है कुंडलिनी के रूप में बारीकी से लपेटा गया एक इनैमलित तांबे का तार

➢ पास पास लिपटे विद्युतरोधी ताँम्बे के तार की बेलन की आकृति की अनेक फेरों वाली कुंडली को परिनालिका (सोलनॉयड) कहते हैं।

➢ यह तार से बना एक बेलनाकार कुंडल है जब इसमें विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो यह चुंबक की तरह कार्य करता है।

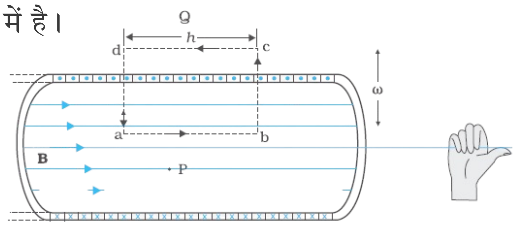
➢ सोलनॉइड शब्द ग्रीक शब्द से आया है जिसका अर्थ चैनल है और इसका उपयोग सबसे पहले एम्पीयर द्वारा किया गया था।



एक लंबी सीधी परिनालिका के अंदर चुंबकीय क्षेत्र की गणना:-

परिनालिका के विभिन्न मोड़ों पर,कागज़ के तल से बाहर की ओर निर्गत विद्युत धारा अथवा क्षेत्र (विद्युत अथवा चुंबकीय) को एक बिंदु (⊙) द्वारा व्यक्त किया जाता है। कागज़ के तल में भीतर की ओर जाती विद्युत धारा अथवा विद्युत क्षेत्र को एक क्रॉस(⊗) द्वारा व्यक्त किया जाता है।

मान लीजिए कि एक आयताकार बंद पथ $abcd$ एम्पीयर लूप के रूप में है।



एम्पियर का परिपथीय नियम के अनुसार ,

$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \times \mu_0 \times$लूप $abcd$ के माध्यम से कुल धारा

लूप $abcd$ के माध्यम से कुल धारा

अब

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_b^c \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_c^d \vec{B}\cdot d\vec{l} + \int_d^a \vec{B}\cdot d\vec{l}$$

लेकिन $\int_b^c \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_b^c Bdl\cos 90^0 = 0$

और $\int_d^a \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_d^a Bdl\cos 90^0 = 0$

और फिर $\int_c^d \vec{B}\cdot d\vec{l} = 0$

(परिनालिका के बाहर बिंदुओं के लिए $B = 0$)

$\therefore$ $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{B}\cdot d\vec{l}$

$$= \oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_a^b Bdl\cos 0^0$$

$$= B\int_a^b dl$$

$$= Bl$$

जहां

l = आयताकार लूप के किनारे ab की लंबाई।

माना कि उनकी प्रति इकाई लंबाई परिनालिका में फेरों की संख्या $= n$ है

तो परिनालिका की लंबाई l में घुमावों की संख्या $= nl$

इस प्रकार परिनालिका का धारा I लूप को $abcd$, में nl बार फैलता है।

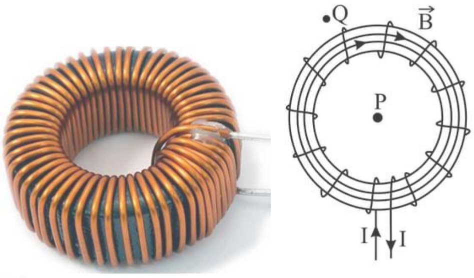
$\therefore$ लूप $abcd$ को फैलाने वाली कुल धारा $= nlI$

अत: $Bl = = \mu_0 nlI$

$$B = \mu_0 nI$$

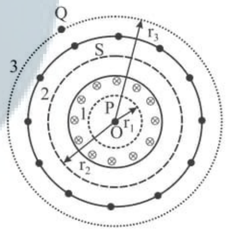
क्षेत्र कि दिशा दक्षिण हस्त नियम से प्राप्त होती है |परिनालिका का सामान्यत: उपयोग एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र प्राप्त करने के लिए किया जाता है |

❖ टोरॉयड :- एक बंद वलय के रूप में मुड़ी हुई परिनालिका को टोरॉयड कहा जाता है।



हम देखेंगे कि चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ का टोरॉयड के अंदर हर जगह एक स्थिर परिमाण होता है जबकि टोरॉयड के खुले स्थान आंतरिक (बिंदु P) और बाहरी (बिंदु Q) में यह शून्य होता है।

मान लीजिए यह एक टोरॉयड का एक अनुपरस्थ काट है। वृत्ताकार लूपों के लिए दाहिने हाथ के अंगूठे के नियम के अनुसार अंदर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा दक्षिणावर्त है। तीन गोलाकार एम्पेरियन लूप्स को डैश रेखा द्वारा दिखाया गया है।



1. **टोरॉयड के आंतरिक खुले स्थान में बिंदुओं के लिए।**

मान लीजिए B_1, त्रिज्या r_1 के एम्पीयर $loop_1$ के अनुदिश चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण है

लूप 1 की लम्बाई, $L_1 = 2\pi r_1$

चूँकि लूप में कोई धारा नहीं होती, इसलिए $I = 0$

एम्पीयर के परिपथीय नियम को लागू करने पर,

$$B_1 L_1 = \mu_0 I$$

$$B_1 2\pi r_1 = \mu_0 0$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 0}{2\pi r_1}$$

$$B_1 = 0$$

➢ **इस प्रकार टोरॉइड के आंतरिक खुले स्थान में किसी भी बिंदु P पर चुंबकीय क्षेत्र शून्य है।**

1. टोरॉयड के अंदर बिंदुओं के लिए।

मान लीजिए B, त्रिज्या r के एम्पेरियन $loop_2$के अनुदिश चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण है

$loop_2$ कि लम्बाई, $L_2 = 2\pi r$

यदि N टोरॉयड में फेरों की कुल संख्या है और I टोरॉयड में धारा है, तो $loop_2$से घिरी कुल धारा $=NI$

एम्पीयर के परिपथीय नियम को लागू करने पर,

$$B \times 2\pi r = \mu_0 \times NI$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

यदि टोरॉइड की औसत त्रिज्या r और प्रति इकाई लंबाई में फेरों की संख्या n हो, तो

$$N = 2\pi r$$

$$\therefore \quad B = \mu_0 I$$

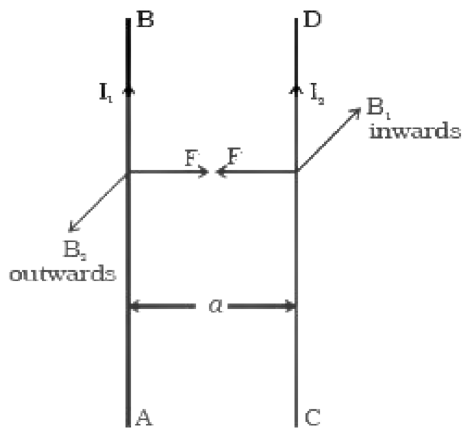
2. टोरॉयड के बाहर खुले स्थान में बिंदुओं के लिए।

टोरॉयड का प्रत्येक फेरे एम्पेरियन $loop_3$से घिरे क्षेत्र से दो बार गुजरता है। लेकिन प्रत्येक फेरे के लिए, कागज के तल से निकलने वाली धारा कागज के तल में जाने वाली धारा द्वारा रद्द कर दी जाती है।

इस प्रकार $I = 0$ और इसलिए $B_3 = 0$

❖ **दो समानांतर धारावाही चालकों के बीच बल - एम्पीयर की परिभाषा**

मान लीजिए AB और CD निर्वात में a दूरी पर रखे गए दो सीधे बहुत लंबे समानांतर चालक हैं। इनमें क्रमशः I_1और I_2 धाराएं प्रवाहित होती हैं।



दूरी a पर AB में धारा I_1 के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र है,

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

यह चुंबकीय क्षेत्र कागज के तल के लंबवत और अंदर की ओर कार्य करता है। I_2 धारा वाला चालक CD इस चुंबकीय क्षेत्र में स्थित है। अतः, चुंबकीय क्षेत्र B_1 के कारण CD की लंबाई l वाले भाग पर बल है,

$$F = B_1 I_2 l$$

समीकरण (1) प्रतिस्थापित करने पर,

$$F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2\, l}{2\pi a} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम के अनुसार, F बायीं ओर कार्य करता है। इसी प्रकार दूरी a पर CD में प्रवाहित धारा I_2 के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र है,

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi a} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

यह चुंबकीय क्षेत्र कागज के तल के लंबवत और बाहर की ओर कार्य करता है। धारा I_2 के साथ चालक AB, इस क्षेत्र में स्थित है। अतः चुंबकीय क्षेत्र B_2 के कारण AB की लंबाई l वाले भाग पर बल है,

$$F_2 = B_2 I_1 l$$

समीकरण (3) प्रतिस्थापित करने पर,

$$F_2 = \frac{\mu_0 I_1 I_2\, l}{2\pi a} \ldots\ldots\ldots\ldots 4$$

फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम के अनुसार, यह बल दाहिनी ओर कार्य करता है। समीकरण (2) और (4) में दी गई ये दोनों बल एक-दूसरे को आकर्षित करती हैं।

➢ इसलिए, एक ही दिशा में धारा प्रवाहित करने वाले दो समानांतर तार/चालक एक दूसरे को आकर्षित करते हैं और यदि वे विपरीत दिशा में धारा प्रवाहित करते हैं, तो एक दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं।

❖ एम्पीयर की परिभाषा(Definition of ampere)

लंबाई l के एक भाग पर धारा प्रवाहित करने वाले दो समानांतर तारों के बीच बल है

$$F_1 = F_2 = F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} l$$

∴ चालक की प्रति इकाई लंबाई पर बल है,

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

यदि $I_1 = I_2 = 1\,A.,\quad a = 1m$

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0\,1 \times 1}{2\pi \times 1} = \frac{F}{l} = \frac{4\,\pi \times 10^{-7}}{2\pi}$$

$$2\pi \times 10^{-7}\ Nm^{-1}$$

➢ एक ऐम्पियर वह अपरिवर्ती विद्युत धारा है जो दो लंबे, सीधे उपेक्षणीय अनुप्रस्थ काट के निर्वात में एक दूसरे से $1m$ दूरी पर स्थित समांतर चालकों में प्रवाहित हो, तो इनमें से प्रत्येक चालक की प्रति मीटर लंबाई पर $2 \times 10^{-7}\ N$ का बल उत्पन्न होता है।

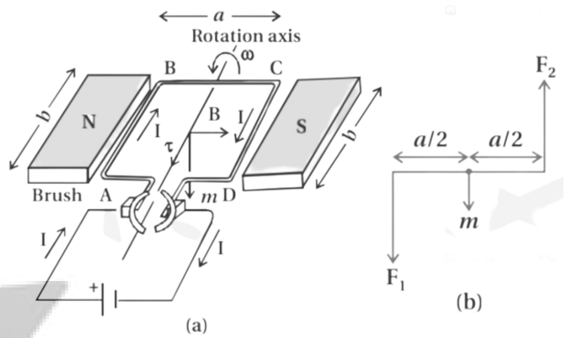
➢ 'ऐम्पियर' की यह परिभाषा सन् 1946 में अपनायी गई थी। यह एक सैद्धांतिक परिभाषा है।

❖ 4.10 TORQUE ON CURRENT LOOP, MAGNETIC DIPOLE

❖ 4.10.1 Torque on a rectangular current loop in a uniform magnetic field

❖ हम जानते हैं कि, जब एक धारावाही पाश या लूप को एक समान चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो उस पर कार्य करने वाला कुल बल शून्य होता है, लेकिन बलाघूर्ण (टॉर्क) के लिए यह समान नहीं है।

माना कि एक $ABCD$ आयताकार पाश चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ तल में स्थित है |



क्षेत्र लूप की दो भुजाओं AD और BC पर कोई बल नहीं आरोपित करता है। यह लूप की भुजा AB के लंबवत है और इस पर एक बल $\vec{F}_1$ आरोपित करता है जो लूप के तल में भीतर की है। इसका परिमाण है,

$$\vec{F}_1 = IbB$$

इसी प्रकार , चुम्बकीय क्षेत्र भुजा CD पर एक बल $\vec{F}_2$ आरोपित कराता है जो पाश की तल के बाहर की है, इसका परिमाण है,

$$\vec{F}_2 = IbB$$

$$\therefore \qquad \vec{F}_1 = \vec{F}_2$$

इसी प्रकार पाश पर आरोपित नेट बल शून्य है। बलों $\vec{F}_1$ तथा $\vec{F}_2$ के युगल के कारण पाश पर एक बल आघूर्ण कार्य करता है। चित्र (b) में AD सिरे से पाश का एक दृश्य दिखाया गया है। यह स्पष्ट करता है कि यह बल आघूर्ण पाश में वामावर्त घूर्णन की प्रवृत्ति उत्पन्न करता है। इस बल आघूर्ण का परिमाण है :

$$\tau = F_1 \frac{a}{2} + F_2 \frac{a}{2}$$

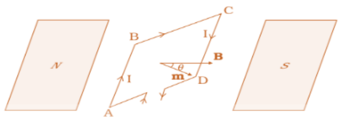
$$\tau = IbB \frac{a}{2} + IbB \frac{a}{2}$$

$$\tau = IbB\left(\frac{a}{2} + \frac{a}{2}\right)$$

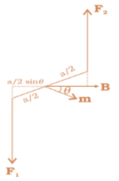
$$\tau = I(ab)B$$

$$\tau = IAB \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(a)$$

जहाँ $A = ab$ आयत का क्षेत्रफल है।



(a)



(b)

आइए उस स्थिति पर विचार करें जब लूप का तल चुंबकीय क्षेत्र के अनुदिश नहीं है।

मान लीजिए कि क्षेत्र और कुंडली के अभिलंब के बीच का कोण θ द्वारा दिया गया है। हम देख सकते हैं कि भुजाओं BC और DA पर बल हमेशा एक दूसरे के विपरीत कार्य करेंगे और परिमाण में बराबर होंगे। चूँकि ये बल सभी बिंदुओं पर समान विपरीत और संरेख हैं, वे एक-दूसरे के प्रभाव को रद्द कर देते हैं और इसके परिणामस्वरूप शून्य-बल या टॉर्क होता है। भुजाओं AB और CD पर बल $\vec{F_1}$ और $\vec{F_2}$ द्वारा दिए गए हैं। ये बल परिमाण में समान और दिशा में विपरीत हैं और इन्हें निम्न द्वारा दिया जा सकता है:

$$F_1 = F_2 = IbB$$

लेकिन, ये बल संरेख नहीं हैं और इस प्रकार कुंडली पर एक बलघूर्ण उत्पन्न होता हैं। इस बल आघूर्ण (टॉर्क) का परिमाण इस प्रकार दिया जा सकता है,

$$\tau = F_1 \frac{a}{2} \sin\theta + F_2 \frac{a}{2} \sin\theta$$

$$\tau = IabB \sin\theta$$

$$\tau = IAB \sin\theta ....(b)$$

यदि आयताकार लूप में N फेरे हैं, तो बल आघूर्ण (टॉर्क) N गुना बढ़ जाता है यानी,

$$\tau = NIAB \sin\theta$$

❖ **धारावाही लूप पर बल आघूर्ण (टॉर्क) - चुंबकीय आघूर्ण**

धारावाही लूप का चुंबकीय आघूर्ण को लूप में प्रवाहित होने वाली धारा (I) और आयताकार लूप के क्षेत्र ($\vec{A}$) के गुणनफल के रूप में परिभाषित किया जा सकता है।

गणितीय रूप में, $\vec{M} = I\vec{A}$

जहां क्षेत्र क्षेत्र सदिश $\vec{A}$ की दिशा दाहिने हाथ के अंगूठे के नियम द्वारा दी गई है और जो कागज के तल के भीतर निर्देशित है।

फिर चूँकि $\vec{M}$ और $\vec{B}$के बीच का कोण θ है, तब समीकरण (a) और (b) को एक व्यंजक द्वारा व्यक्त किया जा सकता है,

$$\vec{\tau} = \vec{M} \times \vec{B}$$

$$\tau = MB \sin\theta \dots\dots\dots\dots .1$$

यदि पाश ($loop$) में पास – पास सटे हुए N फेरे हैं तो ,

$$\vec{M} = NI\vec{A}$$

(तब समीकरण 1 होगा) $\vec{\tau} = N\vec{M} \times \vec{B}$

- यह स्थिरवैधुतिकी के अनुरूप है (विद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ में द्विध्रुव का विद्युत द्विध्रुव ($\vec{P_e}$))

$$\vec{\tau} = \vec{P_e} \times \vec{E}$$

- चुंबकीय आघूर्ण का मात्रक Am² है |

$$\because \quad \tau = MB \sin\theta$$

$$\therefore \frac{\tau}{B} = M$$

$$M = \frac{\tau}{B} = \frac{Nm}{\frac{N}{Am}} = Am.m = Am^2$$

- चुम्बकीय आघूर्ण का विमाएं $[AL^2]$ है |

❖ विशेष स्थिति

(i) जब $\vec{M}$, $\vec{B}$ के समानांतर हो, i.e. $\theta = 0°$

(समीकरण 1 से. $\vec{\tau}$ =0

जब $\vec{M}$ तथा $\vec{B}$ समांतर होते हैं तो साम्यावस्था स्थायी होती है। कुंडली में कोई भी घूर्णन होने पर बल आघूर्ण उत्पन्न होता है जो कुंडली को वापस उसकी मूल स्थिति में ला देता है।

(ii) जब $\vec{M}$, $\vec{B}$ के प्रतिसमानान्तर हो, i.e. θ = 180°

समीकरण 1 से. $\vec{\tau}$ =0

जब ये प्रतिसमांतर होते हैं तो साम्यावस्था अस्थायी होती है क्योंकि कुंडली में कोई घूर्णन होने पर एक बल आघूर्ण उत्पन्न होता है जो इस घूर्णन में वृद्धि कर देता है।

अर्थात ,जब $\vec{M}$ चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$ के समांतर अथवा प्रतिसमांतर होता है

तो बल आघूर्ण τ विलुप्त हो जाता है। जब कुंडली पर बल आघूर्ण नहीं होता तो यह साम्यावस्था की ओर इंगित करता है

(iii) जब $\vec{M}$, $\vec{B}$ के लंबवत हो, i.e. θ = 90°

सामी.1 से , $\vec{\tau} = mB\sin 90^0$

$$\vec{\tau} = mB$$

जब $\vec{M}$, $\vec{B}$ के लंबवत होता है तो अधिकतम टॉर्क लूप या कुंडली पर कार्य करता है। चुंबकीय क्षेत्र जो लूप या कुंडली के समतल के समानांतर होता है, धारावाही लूप या कुंडली को इस तरह से संरेखित किया जाता है कि कुंडली का तल रेडियल चुंबकीय क्षेत्र कहलाता है।

वृत्ताकार विद्युत धारा पाश चुंबकीय द्विध्रुव(Circular current loop as a magnetic dipole

हम पहले ही जान चुके है कि a त्रिज्या वाले वृताकार पाश से अपरिवर्ति विधुत धारा I प्रवाहित होती है तो पाश के अक्ष पर चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण निम्न होता है |

$$B=\frac{\mu_0 I a^2}{2(r^2+a^2)^{3/2}}$$

इसकी दिशा अक्ष के अनुदिश थी जिसे दक्षिण हस्त अंगूठा नियम द्वारा प्राप्त किया गया था । यहाँ पर r पाश के केंद्र से उसके अक्ष के अनुदिश दूरी है। यदि $r >> a$ है, तो हम उपरोक्त व्यंजक के हर से a^2 की उपेक्षा कर सकते हैं।

इस प्रकार, $B=\frac{\mu_0 I a^2}{2r^3}$

$$B=\frac{\mu_0 I\pi a^2}{2\pi r^3}$$

ध्यान दें कि लूप का क्षेत्रफल A = πa².

इस प्रकार $B=\frac{\mu_0 IA}{2\pi r^3}$

$$\vec{B}=\frac{\mu_0 \vec{m}}{2\pi r^3}$$

अंश और हर में 2 से गुना करने पर

$$\vec{B}=\frac{\mu_0 2\vec{m}}{2\pi\, 2r^3}$$

$$\vec{B}=\frac{\mu_0 2\vec{m}}{4\pi r^3}\text{..........(1)}$$

उपरोक्त व्यंजक एक द्विध्रुव के विद्युत क्षेत्र के लिए पहले प्राप्त व्यंजक के समान है।

$$\vec{E}=\frac{2\vec{p}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

यदि दोनों के बीच तुलना करें तो समानता देखी जा सकती है

$$\mu_0 \to \frac{1}{\varepsilon_0}$$

$\vec{M} = \vec{P}$ (स्थिरववैधुतिकी द्विध्रुव आघूर्ण)

$\therefore$ $\vec{B} = \vec{E}$ (स्थिरवैधुतीय क्षेत्र)

तब हमें प्राप्त होता है ,

$$\vec{E}=\frac{2\vec{p}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

जो अपनी अक्ष पर एक बिंदु पर विद्युत द्विध्रुव के लिए सटीक क्षेत्र है।

इस सादृश्य को यह दिखाने के लिए आगे बढ़ाया जा सकता है कि केंद्र से दूरी r पर लूप के तल में बिंदु के लिए चुंबकीय क्षेत्र $\vec{B}$, $r >> R$ के लिए

$\because \quad \vec{E} \approx \frac{\vec{P_e}}{4\pi r^3} \qquad (r >> a)$

जहाँ r द्विध्रुव से दूरी है। यदि हम उपरोक्त संबंध में $\vec{P} = \vec{m}$ तथा $\mu_{0\,0} \rightarrow \frac{1}{\varepsilon_0}$ से प्रतिस्थापित करें, तो हमें पाश के तल में किसी बिंदु जिसकी केंद्र से दूरी r है, के लिए $\vec{B}$ के परिणाम प्राप्त हो सकते हैं

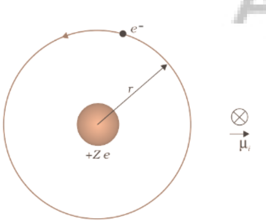
$r >> R$ के लिए

इस प्रकार यह कहा जा सकता है कि, एक समतल धारा लूप द्विध्रुव आघूर्ण $\vec{M} = I\vec{A}$ के चुंबकीय द्विध्रुव के बराबर है जो विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण $\vec{P}$ के अनुरूप है।

Note:- हालाँकि, एक मूलभूत अंतर: एक विद्युत द्विध्रुव दो मूल इकाइयों - आवेशों (या विद्युत एकध्रुवों मोनोपोल) से बना होता है। चुंबकत्व में, चुंबकीय द्विध्रुव (या धारा लूप) एक अत्यंत मूल तत्व है। चुम्बकत्व में विधुत आवेशों के तरह एकध्रुवों, का अस्तित्व अब तक अज्ञात है

4.10.3 परिक्रमी इलेक्ट्रॉन का चुंबकीय द्विध्रुव आघूर्ण(The magnetic dipole moment of a revolving electron)

- 1911 में, डेनिश भौतिक विज्ञानी नील्स बोर ने हाइड्रोजन जैसे (एकल इलेक्ट्रॉन) परमाणुओं के लिए एक मॉडल प्रस्तावित किया।
- बोर के मॉडल में, इलेक्ट्रॉन (एक ऋणात्मक आवेशित कण) एक धणात्मक आवेशित नाभिक के चारों ओर घूमता है।



किसी स्थिर भारी नाभिक जिसका आवेश $+Ze$ है, के चारों ओर $(-e)$ आवेश का इलेक्ट्रॉन ($e = +1.6 \times 10^{-19}C$) एकसमान वर्तुल गति करता रहता है। इससे विद्युत धारा I बनती है। यहाँ ,

$$I = \frac{e}{T}$$

$$(\because \quad I = \frac{e}{T})$$

$$T = \frac{2\pi r}{V}$$

$$\therefore \quad I = \frac{eV}{2\pi r}$$

$$IA = \frac{ev}{2\pi r}\pi r^2$$

$$IA = \frac{evr}{2}$$

$$\mu_l = \frac{e}{2m_e}(m_e vr)$$

$$\mu_l = \frac{e}{2m_e}(l) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

$$(\because \quad l = m_e vr)$$

$$\vec{\mu_l} = -\frac{e}{2m_e}\vec{l}$$

यहाँ ऋणात्मक चिह्न यहाँ यह संकेत देता है कि इलेक्ट्रॉन के कोणीय संवेग की दिशा चुंबकीय आघूर्ण की दिशा के विपरीत है। यदि हमने इलेक्ट्रॉन (जिस पर आवेश $-e$ है) के स्थान पर $(+q)$ आवेश का कोई कण लिया होता तो कोणीय संवेग तथा चुंबकीय आपूर्ण दोनों की एक ही दिशा होती।

अनुपात $\frac{\mu_l}{l} = \frac{e}{2m_e}$ को घूर्ण चुंबकीय अनुपात कहते हैं तथा यह एक नियतांक है। इलेक्ट्रॉन के लिए इस अनुपात का मान $8.8 \times 10^{10}\ C/kg$ है जिसे प्रयोगों द्वारा सत्यापित किया जा चुका है

❖ चल कुण्डली धारामापी (Moving Coil Galvanometer)

चल कुण्डली धारामापी एक ऐसा उपकरण है जो वैद्युत परिपथ मे धारा को संसूचित करने के काम आता है।

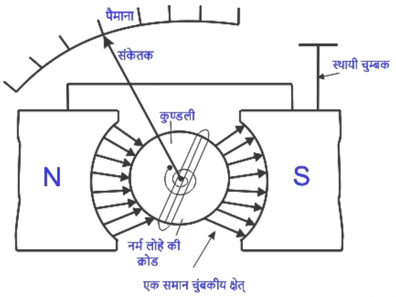
इसकी क्रिया विधि दो सिद्धान्तों के संयोजन पर आधारित है :

(i) एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में धारावाही कुण्डली पर बल आघूर्ण लगता है ।

(ii) किसी तार अथवा कमानी को ऐंठने पर उसमें प्रत्यानयन बल आघूर्ण उत्पन्न हो जाता है जो उसे साम्य स्थिति मे लाने का प्रयास करता है।

चल कुंडली धारामापी की रचना :-

इसमें तांबे के पतले तारों से लिपटी एक कुंडली होती है। तथा यह कुंडली दो शक्तिशाली चुंबकों के बीच रखी जाती है। इस कुंडली से एक संकेतक लगाया जाता है।



चल कुंडली धारामापी

जब कुंडली में I धारा प्रवाहित की जाती है तो कुंडली पर आरोपित बल आघूर्ण $\tau = NIAB\sin\theta$

यहां N कुंडली में फेरों की संख्या, B चुंबकीय क्षेत्र तथा A कुंडली का क्षेत्रफल है। एवं उपरोक्त सूत्र में कुंडली पर अभिलंब समकोण दिशा में होगा। अर्थात $\theta = 90°$तो बल आघूर्ण

$$\tau = NIAB$$

माना साम्यावस्था में ऐंठन का कोण ϕ रेडियन है। तथा ऐंठन बल-युग्म C हो तो ऐंठन कोण क के लिए बल युग्म का आघूर्ण $C\phi$ होगा।

साम्यावस्था में

विक्षेपक बल युग्म का आघूर्ण= ऐंठन बल युग्म का आघूर्ण

$$NIAB = C\phi$$

$$I = \frac{C}{NBA}\phi$$

अथवा $I = k\phi$

जहां k एक नियतांक है। जिसे धारामापी का धारा परिवर्तन गुणांक कहते हैं। अतः

$$I \propto \phi$$

➢ तो इस प्रकार कुंडली में प्रवाहित धारा, उसमें उत्पन्न विक्षेप के अनुक्रमानुपाती होती है।

चल कुंडली धारामापी की सुग्राहिता :-

☛ धारामापी में धारा तथा वोल्टेज दोनों की सुग्राहिता होती है।

❖ **धारामापी की धारा सुग्राहिता -**

कुंडली में प्रवाहित धारा तथा उत्पन्न विक्षेप के अनुपात से मापी जाती है।

धारा सुग्राहिता= $\frac{\phi}{I} = \frac{NAB}{c}$

इस प्रकार N, A तथा B के मान बढ़ाकर और C का मान कम करके धारामापी की सुग्राहिता बढ़ाई जा सकती है।

❖ **धारामापी की वोल्टेज सुग्रहिता**

यदि कुंडली के सिरों पर वोल्टेज हो तो चल कुंडली धारामापी की सुग्राहिता विक्षेप तथा वोल्टेज के अनुपात को कहते हैं।

वोल्टेज सुग्राहिता $= \frac{\phi}{V}$

वोल्टेज सुग्राहिता $= \frac{\phi}{IR}$ (ओम के नियम से $V = IR$)

$\frac{\phi}{I}$ का मान धारा सुग्राहिता के सूत्र से रखने पर

वोल्टेज सुग्राहिता $= \frac{NAB}{CR}$

इस प्रकार स्पष्ट है कि N, A तथा B का मान बढ़ाकर और c तथा R का मान कम करके चल कुंडली धारामापी की वोल्टेज सुग्राहिता बढ़ायी जा सकती है |